نشریه علمی - پژوهشی

پژوهشهای زراعی ایران

جلد۱۳ شماره۳

سال ۱۳۹٤

شاپا: ۱٤۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

ارزیابی اثر دوگونه میکوریزا و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) در یک نظام زراعی اکولوژیک ۴۳۵

پرویز رضوانی‌مقدم- محمد بهزاد امیری- علی نوروزیان- حمیدرضا احیایی

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد ۴۴۸

علیرضا کوچکی- سارا بختیاری- مرزبان خرم‌دل- ویدا مختاری- شهرباد طاهر آبادی

عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب پنج رقم سورگوم (*Sorghum bicolor*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در کرمان ۴۶۱

حمید وحیدی- غلامرضا حواجویی نژاد- عباس رضائی استخروئیه

تأثیر قارچ میکوریزا (*Glomus* spp.) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticumaestivum*) تحت تأثیر کمبود آب ۴۷۱

سمانه حبیبی- موسی مسکرباشی- معصومه فرزانه

اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و تراکم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) ..۴۸۵

علی سپهری- مریم حمیدی

بررسی تنوع گونه‌ای، ساختاری و کارکردی علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های ارگانیک و رایج برنج (*Oryza sativa*) ۴۹۶

سید یوسف موسوی مخانی- پرویز رضوانی مقدم- مهدی نصیری محلاتی- محمدرضا دماوندیان

بررسی خصوصیات کمی وکیفی دو توده شبدر ایرانی (*Trifolium* sp.) در تلقیح با باکتری‌های ریزوبیوم و سودوموناس ۵۱۳

رضا اعظمی- محمدرضا زدکانی- مسعود گلماریان

ارزیابی تحمل به تنش رطوبتی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از شاخص‌های انتخاب ۵۲۴

مانداتا محسنی- سید محمد مهدی مرتضویان- حسینعلی رامشینی- بهروز فرقی

مدل‌سازی جوانه‌زنی بذر کرچک (*Ricinus communis* L.) با استفاده از مدل هیدروترمال تایم توسعه‌یافته بر مبنای توزیع ویبول ۵۴۲

حامد اکبری- ابوالفضل درختان- بهمن کامکار- سید محمد علی مدرس ثانوی

ارزیابی تأثیر تناوب و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) و شاخص‌های کارآیی نیتروژن ۵۵۳

رضا نصری- علی کاشانی- فرزاد پاک نژاد- سعید وزان- مهرشاد بی ری

بررسی اثر فواصل کاشت و روش برداشت بر صفات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ۵۷۰

هادی خزاعی- احمد زارع فیض آبادی

ارزیابی تحمل به خشکی چهار رقم کلزا (*Brassica napus* L.) براساس خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ۵۸۳

احد جمشیدی زیناب- طاهره حسنلو- امیر محمد تاجی

اثر میزان بذر و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum*) در بقایای گیاهی ذرت (*Zea mays*) (بی‌خاک‌ورزی) ۵۹۸

داود امیدی نسب- محمدحسین قرینه- عبدالمهدی بخشنده- مهران نرمی‌زاده- علیرضا نافعی نیا- عزیزه سفالی

ارزیابی جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) حاصل از ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف در گرگان ۶۱۱

مرتضی گرزین- فرشید قادری فر- ابراهیم زینلی- سید اسماعیل رضوی

اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کنترل علف‌هرز شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) ۶۲۳

فهیمه مردانی- حمیدرضا بلوچی- علیرضا بدوی- امین صالحی

بررسی اثرات روش‌های کم آبیاری بر صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی ۶۳۷

حسرو پرویزی- علی قدمی فیروز آبادی

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

«نشریه علمی - پژوهشی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

با شماره ثبت ۱۲۴/۷۸۵۷ از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و
۸۲/۵/۲۷

درجه علمی- پژوهشی شماره ۳/۱۱/۷۴۵۰۹ از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
۸۹/۱۰/۲۱

جلد ۱۳ **شماره ۳** **سال ۱۳۹٤**

صاحب امتیاز: دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول: پرویز رضوانی مقدم — استاد- اگرواکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)

سردبیر: حمیدرضا خزاعی — استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی(دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیات تحریریه:

یحیی امام	استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)
عبد الرضا باقری	استاد- ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
محمدعلی بهدانی	دانشیار- اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)
محمد بنایان اول	دانشیار- مدلسازی سیستمهای کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)
مجید جامی الاحمدی	دانشیار- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)
حمید رحیمیان مشهدی	استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)
غلامرضا زمانی	دانشیار- فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)
احمد زارع فیض آبادی	استاد- اکولوژی گیاهان زراعی (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی)
فرج اله شهریاری احمدی	استاد- ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)
محمد کافی	استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی(دانشگاه فردوسی مشهد)
احمد نظامی	استاد- فیزیولوژی گیاهان زراعی(دانشگاه فردوسی مشهد)
داریوش مظاهری	استاد- اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)
مهدی نصیری محلاتی	استاد- مدل سازی گیاهان زراعی(دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۷۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، نشریه پژوهشهای زراعی ایران صندوق پستی ۱۱۶۳-۹۱۷۷۵

نمابر: ۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت https://jcesc.um.ac.ir به‌صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاه‌های زیر نمایه می‌شود:

پایگاه استنادی جهان اسلام(**ISC**) پایگاه اطلاعات علمی جهاد دانشگاهی(**SID**) بانک اطلاعات نشریات کشور(**MAGIRAN**)

بسم الله الرحمن الرحیم

مندرجات

ارزیابی اثر دوگونه میکوریزا و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) در یک نظام زراعی اکولوژیک ۴۳۵

پرویز رضوانی‌مقدم- محمد بهزاد امیری- علی نوروزیان- حمیدرضا احیایی

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد ۴۴۸

علیرضا کوچکی- سارا بخشائی- سرور خرم‌دل- ویدا مختاری- شهربانو طاهر آبادی

عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب پنج رقم سورگوم (*Sorghum bicolor*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در کرمان ۴۶۱

حمید وحیدی- غلامرضا خواجویی نژاد- عباس رضائی استخروئیه

تأثیر قارچ میکوریزا (*Glomus* spp.) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticumaestivum*) تحت تأثیر کیفیت آب ۴۷۱

سمانه حبیبی- موسی مسکرباشی- معصومه فرزانه

اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و تراکم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*) ۴۸۵

علی سپهری- مریم صمدی

بررسی تنوع گونه‌ای، ساختاری و کارکردی علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های ارگانیک و رایج برنج (*Oryza sativa*) ۴۹۶

سید یوسف موسوی طغانی- پرویز رضوانی مقدم- مهدی نصیری محلاتی- محمدرضا دماوندیان

بررسی خصوصیات کمی وکیفی دو توده شبدر ایرانی (*Trifolium* sp.) در تلقیح با باکتری‌های *ریزوبیوم و سودوموناس* ۵۱۳

رضا اعظمی- محمدرضا اردکانی- مسعود گماریان

ارزیابی تحمل به تنش رطوبتی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از شاخص‌های انتخاب ۵۲۴

ماندانا محسنی- سید محمد مهدی مرتضویان- حسینعلی رامشینی- بهروز فوقی

مدل‌سازی جوانه‌زنی بذر کرچک (*Ricinus communis* L.) با استفاده از مدل هیدروترمال تایم توسعه‌یافته بر مبنای توزیع ویبول ۵۴۳

حامد اکبری- ابوالفضل درخشان- بهنام کامکار- سید محمد علی مدرس ثانوی

ارزیابی تأثیر تناوب و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum L.*) و شاخص‌های کارآیی نیتروژن ۵۵۳

رضا نصری- علی کاشانی- فرزاد پاک نژاد- سعید وزان- مهرشاد براری

بررسی اثر فواصل کاشت و روش برداشت بر صفات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) ۵۷۰

هادی خزاعی- احمد زارع فیض آبادی

ارزیابی تحمل به خشکی چهار رقم کلزا (*Brassica napus* L.) براساس خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی ۵۸۳

احد جمشیدی زیناب- طاهره حسنلو- امیر محمد ناجی

اثر میزان بذر و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum*) در بقایای گیاهی ذرت (*Zea mays*) (بی‌خاک‌ورزی) ۵۹۸

داود امیدی نسب- محمدحسین قرینه- عبدالمهدی بخشنده- مهران شرفی‌زاده- علیرضا شافعی‌نیا- عزیزه سقلی

ارزیابی جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) حاصل از ارقام و تاریخ کاشت‌های مختلف در گرگان ۶۱۱
مرتضی گرزین- فرشید قادری فر- ابراهیم زینلی- سید اسماعیل رضوی

اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کنترل علف‌هرز شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) و انیسون (*Pimpinella anisum* L.) ۶۲۳
فهیمه مردانی- حمیدرضا بلوچی- علیرضا یدوی- امین صالحی

بررسی اثرات روش‌های کم آبیاری بر صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی ۶۳۷
خسرو پرویزی- علی قدمی فیروز آبادی

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۴۷-۴۳۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 435-447

ارزیابی اثر دوگونه میکوریزا و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر (*Allium sativum* L.) در یک نظام زراعی اکولوژیک

پرویز رضوانی‌مقدم[1*]- محمد بهزاد امیری[2]- علی نوروزیان[3]- حمیدرضا احیایی[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۹/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶

چکیده

در سال‌های اخیر همواره استفاده از نهاده‌های بیولوژیک به‌عنوان یکی از راهکارهای اساسی در جهت توسعه پایدار محصولات زراعی و به‌ویژه گیاهان دارویی مطرح بوده‌اند. به‌منظور بررسی اثر گونه‌های مختلف میکوریزا و کود زیستی نیتروکسین بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار انجام شد. عوامل مورد بررسی شامل گونه‌های مختلف میکوریزا (*Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و شاهد بدون میکوریزا) و کود زیستی (کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.)) بودند. نتایج آزمایش نشان داد که تلقیح با دو گونه میکوریزا صفات مورد مطالعه را نسبت به شاهد افزایش دادند. وزن سوخ در بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر گونه‌های مختلف میکوریزا قرار گرفت، به‌طوری‌که گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن سوخ در بوته را به‌ترتیب ۴۸ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند. تلقیح با نیتروکسین به‌طور معنی‌داری بر طول و قطر سوخک تأثیر داشت، به‌طوری‌که به‌ترتیب باعث افزایش ۱۳ و ۸ درصدی طول و قطر سوخک نسبت به شاهد شد. با توجه به نتایج آزمایش، تلقیح با *Glomus mosseae* در تلقیح و عدم‌تلقیح با نیتروکسین، در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به سایر تیمارها برتر بود. اثر متقابل تلقیح نیتروکسین و گونه‌های مختلف میکوریزا بر تمامی صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود. نیتروکسین اثر تمامی گونه‌های میکوریزای مورد مطالعه را در مقایسه با شرایطی که این میکوریزاها به تنهایی به‌کار رفتند تشدید کرد. بیشترین (۴۳۰۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۶۶۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اقتصادی به‌ترتیب در تیمارهای تلقیح *Glomus mosseae* توأم با تلقیح نیتروکسین و عدم میکوریزا + عدم تلقیح نیتروکسین به‌دست آمد. به‌طور کلی با توجه به یافته‌های این پژوهش، به نظر می‌رسد می‌توان با استفاده از نهاده‌های بیولوژیک ضمن کاهش مصرف کودهای شیمیایی و مخاطرات زیست‌محیطی ناشی از آنها، پایداری تولید را در درازمدت حفظ نمود.

واژه‌های کلیدی: حجم سوخ، عملکرد زیستی، عملکرد سوخ، کود بیولوژیک

مقدمه

سیر (*Allium sativum* L.) گیاهی بومی مناطق مرکزی آسیا است، که دارای دامنه وسیعی از تنوع در مورفولوژی و تولیدمثل است (۳۸). از این گیاه به‌طور وسیعی در آشپزی به‌عنوان مکمل و طعم‌دهنده گوشت استفاده می‌شود (۴۲). سیر برای درمان بسیاری از بیماری‌ها به‌ویژه بیماری‌های قلبی‌عروقی و سرطان‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد (۷). از دیگر خواص دارویی سیر می‌توان به تنظیم سطوح لیپید پلاسما و اثرات ضد مسمومیتی، ضد باکتریایی و ضد دیابتی آن اشاره کرد (۱ و ۳۹).

در دهه‌های اخیر، استفاده از ریزموجودات همزیست با گیاهان به‌عنوان سیستمی کم‌نهاده توسعه یافته است، به‌طوری‌که حاصلخیزی خاک، افزایش عناصر غذایی و حفظ سلامت بوم‌نظام‌ها را به همراه داشته است (۱۵). میکوریزاها احتمالاً فراوانترین قارچ‌های موجود در خاک‌های کشاورزی هستند. آنها ۵ تا ۵۰ درصد زیست‌توده میکروبی خاک را تشکیل می‌دهند (۳۲). زیست‌تودهٔ هیف‌های آنها ۵۴ تا ۹۰۰ کیلوگرم در هکتار است (۵۳) و برخی تولیدات حاصل از آنها دارای وزنی بیش از ۳۰۰۰ کیلوگرم است (۲۹). میسلیوم‌های خارجی این قارچ‌ها ۳ درصد وزن ریشه را تشکیل می‌دهند (۲۴). میکوریزا با ۷۰ تا ۹۰ درصد گونه‌های گیاهی همزیستی اجباری دارد (۴۱ و ۵۲)، به‌طوری‌که کربن مورد نیاز برای کامل کردن چرخه زندگی‌اش را از گیاه میزبان به‌دست می‌آورد (۶). میکوریزا ضمن افزایش عناصر معدنی خاک، تحمل به تنش‌های زنده و غیرزنده را افزایش می‌دهد

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب استاد دانشگاه فردوسی مشهد، استادیار مجتمع آموزش عالی گناباد و دانشجوی دکتری گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir)

(۳۷ و ۴۶). بسیاری از محققین (۲۸ و ۵۲) به نقش مثبت میکوریزا بر خصوصیات رشدی گیاهان اشاره کرده‌اند. احتمالاً میکوریزا از طریق بهبود جذب و انتقال عناصر غذایی (۲۱) و تولید متابولیت‌ها (۳۳) و هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین باعث افزایش رشد گیاه (۹ و ۳۰) می‌شود. بن‌عبدالله و همکاران (۹) گزارش کردند که میکوریزا به‌طور وسیعی هدایت روزنه‌ای را کاهش و محتوای رطوبت نسبی برگ را افزایش می‌دهد، لذا تحمل تنش‌های محیطی آسان می‌گردد. لاتف و چاکسینگ (۲۸) گزارش کردند که *Glomus mosseae* باعث افزایش میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی و پروتئین‌های قابل حل برگ‌های گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) شد.

یکی از شیوه‌های بیولوژیکی برای افزایش تولید در کشاورزی، استفاده بالقوه از میکروارگانیزم‌های مفید خاکزی است که می‌توانند به روش‌های مختلف باعث افزایش رشد و عملکرد گیاهان شوند. ازجمله این موجودات می‌توان به ریزوباکترهای محرک رشد گیاه[1] اشاره کرد (۴۴). این ریزموجودات از طریق مکانیسم‌هایی نظیر تولید فیتوهورمون‌ها (اکسین‌ها، سیتوکینین‌ها و جیبرلین‌ها) و سیدروفورها، افزایش دسترسی گیاه به عناصر غذایی، افزایش جوانه‌زنی، توسعه سیستم ریشه‌ای، فعالیت‌های آنزیمی نظیر ACC– دآمیناز و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن باعث افزایش رشد گیاه می‌شوند (۳۴ و ۴۰). فلاحی (۱۴) با بررسی اثر کودهای آلی و بیولوژیک مختلف بر خصوصیات کمی و کیفی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla*) گزارش کرد که نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات به‌ترتیب باعث تولید بیشترین قطر کاپیتول و بیشترین عملکرد اسانس شدند.

برخی باکتری‌های موجود در خاک باعث تحریک همزیستی میکوریزا با گیاهان می‌شوند، که البته هنوز مکانیزم‌هایی که باعث بروز این پدیده می‌شوند به درستی شناخته نشده‌اند. فری–کلت و همکاران (۱۶) عنوان کردند که باکتری‌ها باعث افزایش رشد میکوریزا قبل از همزیستی آنها با گیاهان می‌شوند. این فرضیه توسط مطالعات دیگری نیز مورد تأیید قرار گرفته است (۱۵ و ۱۹). باکتری‌ها باعث تقویت مکانیزم‌های تشخیص در دو همزیست می‌شوند (۱۵). برخی محققین گزارش کردند که تلقیح همزمان میکوریزا و ریزوباکترهای‌محرک رشد گیاه باعث بروز اثرات هم‌افزایی[2] آنها می‌گردد (۴۹). وندرحاجیدن (۴۳) همزیستی میکوریزا و ریزوبیوم را برای لگوم‌ها ضروری می‌داند. در شرایط تنش نیز میکوریزا و باکتری‌ها قادرند که به‌صورت هم‌افزایی عمل کنند، به‌طوری‌که در این شرایط باکتری‌ها باعث افزایش جوانه‌زنی و رشد قارچ می‌شوند (۱۱) و با افزایش نفوذپذیری سلول‌های ریشه، جذب آب و عناصر غذایی را افزایش می‌دهند (۳). رواستی و همکاران (۳۶) اثر استفاده همزمان میکوریزا و باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات را بر خصوصیات رشدی گندم (*Triticum aestivum*) مثبت گزارش کردند.

دستیابی به عملکرد بالا در سیر، کاربرد وسیع نهاده‌های دخیل در امر تولید را در پی دارد، این در حالی است که عاری بودن گیاهان دارویی از بقایای شیمیایی، شرط لازم و اساسی در کلیه مراحل تولید، فرآوری و عرضه آنهاست. لذا به نظر می‌رسد حتی در صورتی‌که عملکرد این گیاهان در نتیجه استفاده از میکوریزا و کودهای زیستی، کمتر و یا برابر با عملکرد آنها در نتیجه مصرف کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده‌های بیولوژیک، راه حل مناسبی برای تولید داروهای گیاهی سالم باشد. با این حال، اطلاعات موجود در مورد تأثیر میکوریزا و کودهای زیستی و فراهم ساختن شرایط ارگانیک در تولید این گیاه بسیار محدود است، بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی اثر میکوریزا و کودهای زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد سیر و همچنین ثبات محصول در سیستم تولید ارگانیک بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۹–۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۳۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا اجرا شد. این بررسی به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی بود. عوامل مورد بررسی شامل گونه‌های میکوریزا (*Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و عدم میکوریزا) و کود زیستی (کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azotobacter* sp. و *Azospirillum* sp.، با 10^8 CFU=C/ml در زمان تولید کود)) بودند. قبل از انجام آزمایش، از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک محل آزمایش نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی–شیمیایی آن تعیین گردید (جدول ۱).

به‌منظور بهبود خواص فیزیکی خاک، کود گاوی کاملاً پوسیده بر مبنای ۲۰ تن در هکتار در آبان‌ماه ۱۳۸۸ در سطح کلیه کرت‌های آزمایشی پخش و به‌طور یکنواخت با خاک مخلوط شد. برای آماده‌سازی زمین عملیات دیسک‌زنی و تسطیح زمین توسط تراکتور انجام شد. منشأ سیر مورد استفاده در آزمایش تودهٔ بیرجند بود.

1- Plant Growth Promoting Rhizobacteria
2- Synergistic

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Soil characteristics of experiment place

بافت خاک Soil texture	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorous (%)	پتاسیم Potassium (%)	هدایت الکتریکی Ec ($dS\ m^{-1}$)	pH
لومی‌سیلتی Silty loam	0.15	0.14	0.12	1.2	7.47

برای اعمال گونه‌های مختلف میکوریزا، براساس توصیه شرکت تولیدکننده[1] به‌ازای هر سوخک کشت شده ۵۰ گرم میکوریزا در محل کشت استفاده شد. برای اعمال کود زیستی، سوخک‌ها به مدت ۱۵ دقیقه در مایه تلقیح خیسانده و سپس در کرت‌هایی به ابعاد ۱۲ مترمربع با فاصلهٔ ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر در ردیف‌هایی به فاصله ۵۰ سانتی‌متر در آذرماه ۱۳۸۸ کشت شدند. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی از نیمهٔ دوم اسفندماه به فاصله هر هفت روز یکبار تا آخر فصل رشد به روش کرتی انجام شدند. برای کنترل علف‌های هرز دو نوبت وجین‌دستی به‌ترتیب در اواخر اسفندماه ۱۳۸۸و اواخر فروردین‌ماه ۱۳۸۹ انجام شد. در زمان آماده‌سازی زمین و در طول دورهٔ رشد هیچ‌گونه علف‌کش، آفت‌کش و قارچ‌کش شیمیایی استفاده نشد.

در انتهای فصل رشد، پس از زرد شدن برگ‌ها، تمام سطح کرت‌های آزمایشی برداشت و عملکرد اقتصادی و بیولوژیک آنها تعیین شدند. قبل از برداشت، تعداد پنج بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفاتی نظیر وزن خشک اندام هوایی، طول و قطر سوخک، تعداد سوخک در بوته، حجم سوخ در بوته و وزن سوخ در بوته اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی و وزن سوخ در بوته از ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم استفاده شد. طول و قطر سوخک با استفاده از کولیس و حجم سوخ در بوته با استفاده از ارلن تعیین شدند.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های آزمایش و رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS Ver. 9.1 و Excel Ver. 14 انجام شد. مقایسهٔ میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

وزن خشک اندام هوایی

اثر گونه‌های مختلف میکوریزا بر وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که *Glomus mosseae* به‌ترتیب باعث افزایش ۴۲ و ۵۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به تیمارهای *Glomus intraradices* و شاهد شد (جدول ۳). *Glomus intraradices* نیز وزن خشک اندام هوایی را ۱۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد که اختلاف معنی‌داری با شاهد نشان نداد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که میکوریزا از طریق افزایش سرعت تجزیهٔ مواد آلی و در نتیجه فراهمی عناصر غذایی به‌ویژه فسفر باعث بهبود خصوصیات کمی گیاه شده است (۲۷). کاراگیانیدیس و همکاران (۲۵) گزارش کردند که *Glomus mosseae* وزن خشک گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) و بادمجان را به‌ترتیب ۱۱۴ و ۱۰۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اگرچه بین کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین از نظر وزن خشک اندام هوایی تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۲)، ولی کاربرد نیتروکسین وزن خشک اندام هوایی را ۱۱ درصد نسبت به عدم کاربرد آن افزایش داد (جدول ۳). یادگاری و همکاران (۵۰) گزارش کردند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (حاوی *Pseudomonas fluorescens* و *Azospirillum lipoferum*) باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی لوبیا (*Phaseolis vulgaris*) نسبت به شاهد شد.

اثر متقابل گونه‌های میکوریزا و نیتروکسین بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، به‌طوری‌که در دو گونه میکوریزای مورد مطالعه، کاربرد نیتروکسین اثر میکوریزا را تشدید کرد، بدین ترتیب که استفاده همزمان از نیتروکسین و هر یک از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب باعث افزایش ۲ و ۴ درصدی وزن خشک اندام هوایی نسبت به کاربرد جداگانه این میکوریزاها شد (گرچه این افزایش معنی‌دار نبود) (جدول ۴). تلقیح با *Glomus mosseae* در شرایط استفاده و عدم‌استفاده از نیتروکسین از نظر وزن خشک اندام هوایی نسبت به سایر تیمارها برتری داشت (جدول ۴). بسیاری از محققین (۲۶، ۲۷ و ۴۵) بیان کرده‌اند که گونه‌های مختلف میکوریزا باعث افزایش زیست‌توده میکروبی خاک می‌شوند، لذا به نظر می‌رسد که میکوریزاهای مورد استفاده در آزمایش از این طریق باعث افزایش کارایی ریزوباکترهای محرک رشد گیاه شده‌اند و در نتیجه وزن خشک اندام هوایی گیاه افزایش یافته است. ویواس و همکاران (۴۵) اثر *Glomus mosseae* و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (حاوی *Bacillus* sp.) را بر رشد اندام‌های هوایی کاهو (*Lactuca sativa* L.) مثبت گزارش کردند.

۱- شرکت فن‌آوری زیستی مهرآسیا

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) برخی صفات کمی کنجد در شرایط استفاده از کودهای زیستی مختلف

Table 2- Analysis of variance (means of square) for some quantitative characteristics of garlic in condition of different biofertilizers application

منبع تغییرات Source of variation	وزن خشک اندام هوایی در بوته Shoot dry matter weight per plant	طول سوخک Bulblet length	قطر سوخک Bulblet diameter	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant	حجم سوخ Bulb volume	وزن سوخ در بوته Bulb weight per plant	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد اقتصادی Economic yield
دو گونه میکوریزا Two mycorrhiza species	1.98**	1.55**	1.63**	0.97ns	12217**	4.82**	5843374**	1549610**
نیتروکسین Nitroxin	0.10ns	1.74**	0.41**	6.13**	4679**	0.91ns	1108974ns	1994153ns
میکوریزا×نیتروکسین Mycorrhiza×Nitroxin	0.05ns	0.06ns	0.07ns	28.12**	8245**	0.21ns	265898ns	587884ns
خطای آزمایشی Experimental error	0.11	0.16	0.02	0.56	146.48	0.38	4700890	709281
ضریب تغییرات (٪) CV (%)	24.58	8.98	4.27	6.17	4.89	22.21	22.21	18.27

**، * و ns به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد و عدم‌معنی‌دار.

**, * and ns are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد سیر در شرایط استفاده از کودهای زیستی مختلف

Table 3- Mean comparison of yield and yield components of garlic in condition of different biofertilizers application

	وزن خشک اندام هوایی در بوته (گرم) Shoot dry matter weight per plant (g)	طول سوخک (سانتی‌متر) Bulblet length (cm)	قطر سوخک (سانتی‌متر) Bulblet diameter (cm)	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant	حجم سوخ (میلی‌لیتر) Bulb volume (ml)	وزن سوخ در بوته (گرم) Bulb weight per plant (g)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg ha^{-1})
Mycorrhiza میکوریزا								
Glomus mosseae	2.03a	4.88a	4.15a	12.15a	265.08b	3.74a	4114a	6350a
Glomus intraradices	1.16b	4.61a	3.88b	12.62a	281.08a	2.73b	3005b	4291b
عدم میکوریزا (شاهد) Non-application of mycorrhiza (control)	0.94b	3.90b	3.14c	11.81a	196.16c	1.95b	2146b	3183c
Biofertilizer کود زیستی								
نیتروکسین Nitroxin	1.45a	4.77a	3.87a	11.61b	231.32b	3.03a	3337a	4941a
عدم نیتروکسین (شاهد) Non-application of nitroxin (control)	1.30a	4.15b	3.57b	12.78a	263.57a	2.58a	2840a	4275a

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند.

In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p \leq 0.01$).

جدول ٤- مقایسه‌میانگین اثرات متقابل دو گونه میکوریزا و کود زیستی نیتروکسین بر برخی خصوصیات کمی سیر

Table 4- Mean comparison of interaction effects of two mycorrhiza species and nitroxin on some quantitative characteristics of garlic

		وزن خشک اندام هوایی در بوته (گرم) Soot dry matter weight per plant (g)	طول سوخک (سانتی‌متر) Bulblet length (cm)	قطر سوخک (سانتی‌متر) Bulblet diameter (cm)	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant	حجم سوخ (میلی‌لیتر) Bulb volume (ml)	وزن سوخ در بوته (گرم) Bulb weight per plant (g)	عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	عملکرد اقتصادی (کیلوگرم در هکتار) Economic yield (kg ha^{-1})
کاربرد نیتروکسین Application of Nitroxin	*Glomus mosseae*	2.05a	5.10a	4.23a	13.65b	270.03ab	3.91a	6563.5a	4306.5a
	Glomus intraradices	1.19b	5.03a	4.16a	9.80e	204.91c	2.79ab	4389b	3076.9ab
	Non-application of mycorrhiza	1.13b	4.20bc	3.23c	11.38cd	263.25abc	2.38bc	3872bc	2627.8bc
عدم کاربرد نیتروکسین Non-application of Nitroxin	*Glomus mosseae*	2.01a	4.66ab	4.06a	10.65de	229.55bc	3.56ab	6137.8a	3923.3ab
	Glomus intraradices	1.14b	4.20bc	3.60b	15.44a	263.14abc	2.66bc	4193.8b	2933.3bc
	Non-application of mycorrhiza	0.75b	3.60c	3.05c	12.25c	294.01a	1.51c	2495.7c	1665.3c

در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، در سطح احتمال ۵ درصد، بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

In each column, means followed by the same letters are not significantly different ($p\leq0.05$).

طول و قطر سوخک

طول سوخک به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر گونه‌های مختلف میکوریزا قرار گرفت (جدول ۲)، به‌طوری‌که تلقیح با هر یک از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب باعث افزایش ۲۰ و ۱۵ درصد طول سوخک نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). با توجه به جدول ۳، تفاوت بین گونه‌های مختلف میکوریزا از نظر قطر سوخک معنی‌دار بود، به‌طوری‌که تلقیح با هر یک از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب باعث افزایش ۲۴ و ۱۹ درصدی قطر سوخک در مقایسه با شاهد شدند (جدول ۳). *Glomus mosseae* قطر سوخک را بیشتر از طول آن تحت‌تأثیر قرار داد، به‌طوری‌که تفاوت *Glomus mosseae* با *Glomus intraradices* از نظر قطر سوخک معنی‌دار و از نظر طول آن معنی‌دار نشد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که قارچ‌های میکوریزا از طریق بهبود ساختار خاک (۳۶) باعث بهبود رشد سوخک‌ها شده‌اند. وو و زو (۴۸) اثر تلقیح *Glomus mosseae* را بر خصوصیات رشدی اندام‌های هوایی و زیرزمینی *Citrus tangerine* مثبت گزارش کردند. کاربرد نیتروکسین به‌طور معنی‌داری بر طول و قطر سوخک تأثیر داشت، به‌طوری‌که طول و قطر سوخک را به‌ترتیب ۱۳ و ۸ درصد در مقایسه با شاهد افزایش داد (جدول ۳). به نظر می‌رسد که باکتری‌های موجود در نیتروکسین از طریق تولید هورمون‌های گیاهی نظیر اکسین (۵) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه شده‌اند. غلامی و همکاران (۲۰) گزارش کردند که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و سودوموناس) باعث بهبود خصوصیات رشدی ذرت (*Zea mays*) شدند.

اثر متقابل نیتروکسین و میکوریزا بر طول سوخک معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که در تمامی گونه‌های میکوریزای مورد مطالعه طول سوخک در کاربرد نیتروکسین بیشتر از عدم کاربرد آن بود (جدول ۴). در ارتباط با طول سوخک *Glomus intraradices* بیشتر از *Glomus mosseae* تحت‌تأثیر نیتروکسین قرار گرفت، به‌طوری‌که تفاوت بین *Glomus intraradices* در کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین معنی‌دار بود، در حالی‌که بین *Glomus mosseae* در کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). در بررسی اثر متقابل کود زیستی و میکوریزا مشاهده شد که قطر سوخک در هر یک از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در کاربرد نیتروکسین به‌ترتیب ۴ و ۱۳ درصد بیشتر از گونه‌های مشابه در عدم کاربرد نیتروکسین بود (جدول ۴). تلقیح با *Glomus mosseae* حتی زمانی‌که از نیتروکسین استفاده نشد بر قطر سوخک تأثیر به‌سزایی داشت، به‌طوری‌که تلقیح با *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* در کاربرد نیتروکسین تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که

استفاده توأم از میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق افزایش دسترسی گیاه به مواد غذایی و جلوگیری از آلودگی به عوامل بیماری‌زایی گیاهی باعث بروز اثرات هم‌افزایی این عوامل شده (۴) و درنتیجه خصوصیات رشدی گیاه بهبود یافت. گامالرو و همکاران (۱۸) گزارش کردند که استفاده توأم از *Glomus mosseae* و *Pseudomonas fluorescens* نسبت به کاربرد جداگانهٔ هر یک از این عوامل دارای تأثیر بیشتری بر خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill) بود.

تعداد سوخک در بوته

با وجود اینکه اثر گونه‌های مختلف میکوریزا بر تعداد سوخک در بوته معنی‌دار نبود (جدول ۲)، ولی تلقیح با گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب باعث افزایش ۳ و ۶ درصدی تعداد سوخک در بوته نسبت به شاهد شدند (جدول ۳). اثر نیتروکسین بر تعداد سوخک در بوته در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲) و موجب کاهش ۹ درصدی تعداد سوخک در بوته در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). در بررسی هیوآت و همکاران (۲۲) مشاهده شد که میکوریزا اثر چندانی در بهبود رشد گیاهچه *Azadirachta excels* نداشت. نتایج اثرات متقابل نشان داد که اثر متقابل نیتروکسین و میکوریزا بر تعداد سوخک در بوته معنی‌دار بود (جدول ۴). با توجه به جدول ۴، اثر نیتروکسین در گونه‌های مختلف میکوریزا متفاوت بود، به‌طوری‌که در *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش تعداد سوخک در بوته شد (جدول ۴). بیشترین و کمترین تعداد سوخک در بوته به‌ترتیب در تیمارهای *Glomus intraradices* بدون کاربرد نیتروکسین (۱۵ سوخک) و *Glomus intraradices* به‌علاوهٔ نیتروکسین (۱۰ سوخک) به‌دست آمد (جدول ۴). در برخی مطالعات (۱۷) به اثرات مثبت و در برخی دیگر (۴۷) به اثرات منفی استفاده توأم میکوریزا و ریزوباکترهای محرک رشد گیاه بر خصوصیات رشدی گیاهان اشاره شده است. به نظر می‌رسد که باکتری‌های موجود در نیتروکسین در *Glomus mosseae* از طریق همکاری و در *Glomus intraradices* از طریق رقابت به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش تعداد سوخک در بوته شده‌اند.

حجم و وزن سوخ در بوته

بین گونه‌های مختلف میکوریزا از نظر حجم سوخ در بوته تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد وجود داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که هر دو گونه میکوریزای مورد استفاده در آزمایش حجم سوخ در بوته را نسبت به شاهد افزایش دادند (جدول ۳).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات مورد مطالعه در شرایط استفاده از دو گونه میکوریزا و کاربرد کود زیستی نیتروکسین در گیاه سیر

Table 5- Correlation coefficients between studied characteristics in condition of two mycorrhiza species and nitroxin application in garlic

صفت Trait	وزن خشک اندام هوایی Shoot dry matter weight (A)	طول سوخک Bulblet lenghth (B)	قطر سوخک Bulblet diameter (C)	تعداد سوخک در بوته Bulblet number per plant (D)	حجم سوخ Bulb volume (E)	وزن سوخ در بوته Bulb weight per plant (F)	عملکرد اقتصادی Economic yield (G)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (H)
A	1							
B	0.50*	1						
C	0.66**	0.75**	1					
D	-0.005ns	-0.13 ns	-0.14 ns	1				
E	0.29 ns	0.15 ns	0.38 ns	0.74**	1			
F	0.74**	0.64**	0.74**	0.05 ns	0.37 ns	1		
G	0.74**	0.64**	0.74**	0.05 ns	0.37 ns	1.00**	1	
H	0.89**	0.63**	0.76**	0.03 ns	0.36 ns	0.96**	0.96**	1

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد.

** and * are significant at the 0.01 and 0.05 of probability level, respectively.

تلقیح با *Glomus intraradices* برترین تیمار از نظر حجم سوخ در بوته بود، به‌طوری‌که به‌ترتیب باعث افزایش ۶ و ۳۰ درصدی حجم سوخ در بوته نسبت به تلقیح با *Glomus mosseae* و شاهد شد (جدول ۳). احتمالاً میکوریزا از طریق کاهش تنش‌های محیطی (۸) باعث بهبود خواص رشدی گیاه نظیر حجم سوخ در بوته شده‌است.

نیتروکسین به‌طور معنی‌داری بر حجم سوخ در بوته تأثیر داشت (در سطح احتمال ۵ درصد) (جدول ۲)، به‌طوری‌که حجم سوخ در بوته با کاربرد نیتروکسین ۱۲ درصد نسبت به عدم کاربرد آن کمتر بود (جدول ۳). با توجه به ضرایب همبستگی محاسبه شده بین صفات مختلف (جدول ۵)، بین حجم سوخ در بوته و تعداد سوخک در بوته همبستگی مثبت و معنی‌دار (r=۰/۷۴) در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، لذا با توجه به اینکه استفاده از گونه‌های مختلف میکوریزا و نیتروکسین به‌ترتیب باعث افزایش و کاهش تعداد سوخک در بوته شدند (جدول ۳)، افزایش و کاهش حجم سوخ در بوته به‌ترتیب در شرایط استفاده از گونه‌های مختلف میکوریزا و کود زیستی نیتروکسین منطقی به‌نظر می‌رسد.

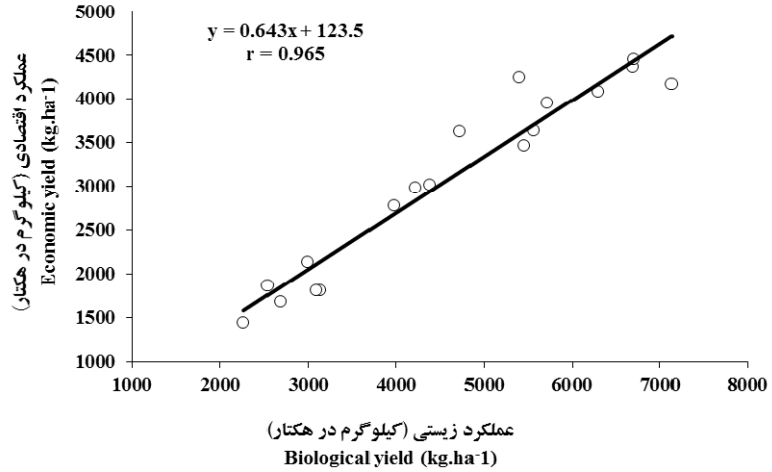
با توجه به نتایج اثرات متقابل (جدول ۴)، به‌جز تیمارهای *Glomus intraradices* به‌علاوهٔ نیتروکسین و *Glomus mosseae* بدون نیتروکسین که حجم سوخ در بوته را نسبت به شاهد کاهش دادند بین سایر تیمارها از این نظر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت.

وزن سوخ در بوته به‌طور معنی‌داری تحت‌تأثیر گونه‌های مختلف میکوریزا قرار گرفت (جدول ۲)، به‌طوری‌که هریک از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* وزن سوخ در بوته را به‌ترتیب ۴۸ و ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش دادند، که البته از این نظر *Glomus intraradices* با شاهد تفاوت معنی‌داری نداشت (جدول ۳). از آنجایی که میزان مواد غذایی و مواد آلی خاک محل آزمایش اندک بود (جدول ۳)، به نظر می‌رسد که میکوریزا از طریق بهبود فراهمی عناصرغذایی (۴۹) باعث افزایش وزن سوخ در بوته شده است. بن‌عبدالله و همکاران (۹) گزارش کردند که میکوریزا وزن خشک اندام هوایی و ریشهٔ شبدر سفید (*Trifolium repens*) را به‌ترتیب ۱۳۲ و ۹۵ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. اثر نیتروکسین بر وزن سوخ در بوته معنی‌دار نبود، ولی نیتروکسین باعث افزایش ۱۵ درصدی وزن سوخ در بوته در مقایسه با شاهد شد (جدول ۳). منا-ویولانت و اولالد-پروتوگال (۳۱) گزارش کردند که باکتری‌های محرک رشد گیاه (*Bacillus subtilis*) وزن میوه گوجه‌فرنگی را نسبت به شاهد افزایش دادند.

در بررسی اثرات متقابل کود زیستی و میکوریزا بر وزن سوخ در بوته مشاهده شد که در تمامی گونه‌های میکوریزای مورد مطالعه وزن سوخ در بوته در کاربرد نیتروکسین بیشتر از عدم کاربرد آن بود، به‌طوری‌که هر یک از گونه‌های *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* زمانی که همراه نیتروکسین به‌کار رفتند به‌ترتیب باعث افزایش ۹ و ۵ درصدی وزن سوخ در بوته در مقایسه با گونه‌های مشابه بدون نیتروکسین شدند (جدول ۴). بیشترین و کمترین وزن سوخ در بوته به‌ترتیب در تیمارهای *Glomus mosseae* به‌علاوهٔ نیتروکسین (۳/۹۱ گرم) و عدم میکوریزا بدون نیتروکسین (۱/۵۱ گرم) به‌دست آمد (جدول ۴). بسیاری از محققین (۲ و ۳) به اثرات مثبت استفاده همزمان میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه اشاره کرده‌اند. به نظر می‌رسد که ریزوباکترهای محرک رشد گیاه از طریق کمک به استقرار مناسب‌تر میکرویزا بر اندام‌های زیرزمینی گیاه (۴۵) توانسته‌اند باعث افزایش کارایی این قارچ‌ها شده و در نتیجه وزن سوخ در بوته افزایش یافت. رواستی و همکاران (۳۶) گزارش کردند که استفاده همزمان از میکوریزا و باکتری‌های محرک رشد گیاه (*Pseudomonas* spp.) خصوصیات رشدی گندم را چه در شرایط گلخانه و چه در شرایط مزرعه افزایش داد.

عملکرد زیستی

گونه‌های مختلف میکوریزا از نظر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری داشتند (جدول ۲)، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب در تلقیح با *Glomus mosseae* (۶۳۵۰ کیلوگرم در هکتار) و شاهد (۳۱۸۳ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (جدول ۳). با تلقیح *Glomus intraradices* عملکرد زیستی ۲۶ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). احتمالاً میکوریزاهای مورد استفاده در آزمایش از طریق تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه نظیر اکسین (۳۰) باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه شده‌اند و در نتیجه عملکرد زیستی افزایش یافت. گامالرو و همکاران (۱۸) گزارش کردند که میکوریزا ازطریق بهبود فراهمی عناصر غذایی برای گیاه باعث بهبود خصوصیات رشدی گوجه‌فرنگی شد. گرچه بین کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین از نظر عملکرد بیولوژیک تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، ولی در کاربرد نیتروکسین عملکرد بیولوژیک ۱۳ درصد بیشتر از شاهد بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که کودهای بیولوژیک از طریق قابل دسترس ساختن عناصر غذایی (۵۳) و افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زا (۳۴) باعث افزایش عملکرد بیولوژیک شد. جهان و همکاران (۲۳) با بررسی اثر کودهای بیولوژیک بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد (*Sesamum indicum* L.) گزارش کردند که هر یک از کودهای نیتروکسین، بیوفسفر و بیوسولفور به‌ترتیب باعث افزایش ۴۴، ۲۸ و ۲۶ درصدی عملکرد زیستی در مقایسه با تیمار شاهد شدند.



شکل ۱- همبستگی بین عملکرد اقتصادی و عملکرد زیستی

Figure 1- Correlation between economic yield and biological yield

اثرات متقابل کود زیستی و میکوریزا در جدول ۴ نشان داده شده است. چه در کاربرد نیتروکسین و چه در عدم کاربرد آن، *Glomus mosseae* دارای بیشترین عملکرد زیستی در مقایسه با سایر تیمارها بود (جدول ۴). *Glomus intraradices* نیز در هر دو شرایط کاربرد و عدم کاربرد نیتروکسین باعث افزایش عملکرد زیستی نسبت به شاهد شد (جدول ۴). احتمالاً میکوریزاهای مورد استفاده در آزمایش از طریق افزایش انشعابات ریشه، سطح جذب عناصر غذایی را از ریشه افزایش داده (۵۱) و درنتیجه عملکرد زیستی افزایش یافت. رضوانی‌مقدم و همکاران (۳۵) اثر کودهای بیولوژیک مختلف را بر عملکرد و اجزای عملکرد کنجد بررسی و گزارش کردند که تیمارهای بیوفسفر و نیتروکسین به‌علاوهٔ باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفات دارای بیشترین تأثیر بر عملکرد زیستی کنجد بودند.

عملکرد اقتصادی

بین گونه‌های مختلف میکوریزا از نظر عملکرد اقتصادی تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲)، به‌طوری‌که در تمامی گونه‌های میکوریزای مورد مطالعه عملکرد اقتصادی بیشتر از شاهد بود (جدول ۳). بیشترین (۴۱۱۴ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۲۱۴۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اقتصادی به‌ترتیب در تیمارهای *Glomus mosseae* و شاهد به‌دست آمد، ضمن اینکه *Glomus intraradices* نیز عملکرد اقتصادی را ۲۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داد (جدول ۳). نیتروکسین باعث افزایش ۱۵ درصدی عملکرد اقتصادی نسبت به شاهد شد که البته با شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت (جدول ۳). با توجه به شکل ۱، بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار (R^2=۰/۹۳) در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت، لذا با توجه به اینکه گونه‌های مختلف میکوریزا و نیتروکسین عملکرد بیولوژیک را افزایش دادند (جدول ۳)، افزایش عملکرد اقتصادی در شرایط استفاده از این نهاده‌های بیولوژیک منطقی به‌نظر می‌رسد. احتمالاً قارچ‌های میکوریزا و کودهای بیولوژیک از طریق افزایش سرعت تجزیهٔ مواد آلی خاک (۲۷)، باعث بهبود جذب عناصر غذایی توسط گیاه شده‌اند و درنتیجه عملکرد اقتصادی افزایش یافت. درزی و همکاران (۱۲) گزارش کردند که کاربرد میکوریزا و بیوفسفات باعث افزایش وزن دانه در رازیانه (*Foeniculum vulgare* Mill) شد که به تبع آن عملکرد اقتصادی افزایش یافت.

همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود، هر دو گونه میکوریزای مورد مطالعه در شرایط کاربرد نیتروکسین و عدم کاربرد آن عملکرد اقتصادی را نسبت به شاهد افزایش دادند. نیتروکسین اثر دو گونه میکوریزای مورد مطالعه را در مقایسه با تلقیح میکوریزا به تنهایی تشدید کرد (شکل ۴). بیشترین (۴۳۰۶ کیلوگرم در هکتار) و کمترین (۱۶۶۵ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اقتصادی به‌ترتیب از تیمارهای *Glomus mosseae* به‌علاوهٔ نیتروکسین و عدم میکوریزا + عدم کاربرد نیتروکسین به‌دست آمد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد که باکتری‌های محرک رشد گیاه از طریق تولید متابولیت‌های فعال نظیر ویتامین‌ها و آمینواسیدها باعث استقرار و رشد بهتر قارچ‌های میکوریزا شده‌اند (۴۵) و درنتیجه کارایی این قارچ‌ها در بهبود خصوصیات رشدی گیاه افزایش یافت. اِرمان و همکاران (۱۳) گزارش کردند که میکوریزا به تنهایی و در ترکیب با ریزوباکترهای محرک رشد گیاه (ریزوبیوم)، باعث افزایش عملکرد و اجزای عملکرد نخود[1] نسبت به شاهد شد.

1- *Cicer arietinum* L.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج آزمایش نشان داد که هر دو گونه میکوریزای مورد مطالعه در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به شاهد برتر بودند. با توجه به جدول ۳، بیشترین وزن خشک اندام هوایی، طول و قطر سوخک، وزن سوخ در بوته و عملکرد بیولوژیک و عملکرد اقتصادی در *Glomus mosseae* و بیشترین تعداد سوخک در بوته و حجم سوخ در بوته در *Glomus intraradices* مشاهده شد. استفاده همزمان از نیتروکسین و گونه‌های مختلف میکوریزا در تمامی صفات مورد مطالعه به جز تعداد سوخک در بوته و حجم سوخ در بوته باعث تشدید اثر آنها شد. با توجه به جدول ۴، چه در کاربرد نیتروکسین و چه در عدم کاربرد آن، *Glomus mosseae* در اکثر صفات مورد مطالعه نسبت به سایر تیمارها برتر بود. با توجه با شکل ۱، بین عملکرد اقتصادی و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت و معنی‌دار وجود داشت، بنابراین به نظر می‌رسد با استفاده از نهاده‌هایی نظیر کودهای زیستی و میکوریزا که رشد اندام‌های هوایی را در سیر تقویت می‌کنند می‌توان عملکرد اقتصادی را افزایش داد.

References

1. Abdalla, F. H., Bellé, L. P., De Bona, K. S., Bitencourt, P. E., Pigatto, A. S., and Moretto, M. B. 2009. *Allium sativum* L. extract prevents methyl mercury-induced cytotoxicity in peripheral blood leukocytes (LS). Food and Chemical Toxicology 48: 417-421.
2. Alarcon, A., Davies, F. T., Egilla, N. J., Fox, T. C., Estrada-Luna, A. A., and Ferrera-Cerrato, R. 2002. Short term effects of *Glomus claroideum* and *Azospirillum brasilense* on growth and root acid phosphatase activity of *Carica papaya* L. under phosphorus stress. Review Latinoam Microbiology 44: 31-37.
3. Artursson, V., Finlay, R. D., and Jansson, J. K. 2005. Combined bromodeoxyuridine immunocapture and terminal restriction fragment length polymorphism analysis highlights differences in the active soil bacterial metagenome due to *Glomus mosseae* inoculation or plant species. Environmental Microbiology 7: 1952-1966.
4. Artursson, V., Finlay, R. D., and Jansson, J. K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. Environmental Microbiology 8: 1-10.
5. Aslantas, R., Cakmakci, R., and Sahin, F. 2007. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on young apple tree growth and fruit yield under orchard conditions. Scientia Horticulturae 111: 371-377.
6. Bago, B., Pfeffer, P. E., and Shachar-Hill, Y. 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. Plant Physiology 124: 949-958.
7. Banerjee, S. K., and Maulik, S. K. 2002. Effect of garlic on cardiovascular disorders: A review. Nutrition Journal 1: 1-14.
8. Barea, J. M., Azcon, R., and Azcon-Aguilar, C. 2002. Mycorrhizosphere interaction to improve plant fitness and soil quality. Antonie van Leeuwenhoek 81: 343-351.
9. Benabdellah, K., Abbas, Y., Abourouh, M., Aroca, R., and Azcon, R. 2011. Influence of two bacterial isolates from degraded and non-degraded soils and arbuscular mycorrhizae fungi isolated from semi-arid zone on the growth of *Trifolium repens* under drought conditions: Mechanisms related to bacterial effectiveness. European Journal of Soil Biology 47: 303-309.
10. Cardoso, I. M., and Kuyper, T. W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.
11. Carpenter-Boggs, L., Loynachan, T. E., and Stahl, P. D. 1995. Spore germination of *Gigaspora margarita* stimulated by volatiles of soil-isolated actinomycetes. Soil Biology and Biochemistry 27: 1445-1451.
12. Darzi, M. T., Galavand, A., Rejali, F., and Kon, F. S. 2007. Effect of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare*). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22: 276-292.
13. Erman, M., Demir, S., Ocak, E., Tufenkci, S., Oguz, F., and Akkopru, A. 2011. Effects of Rhizobium, arbuscular mycorrhiza and whey applications on some properties in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under irrigated and rainfed conditions 1-Yield, yield components, nodulation an AMF colonization. Field Crops Research 122: 14-24.
14. Fallahi, J. 2009. Effect of biofertilizers and chemical fertilizers on quantitative and qualitative characteristics of *Matricaria chammomilla*. MS thesis of Agroecology, Faculty of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
15. Founoune, H., Dponnois, R., Meyer, J. M., Thioulose, J., Mass, D., Chotte, J. L., and Neyra, M. 2002. Interactions between ectomycorrhizal symbiosis and fluorescent pseudomonads on *Acacia holosericea*: isolation of mycorrhiza helper bacteria (MHB) from a Soudano-Sahelian soil. FEMS Microbiology Ecology 41: 37-46.
16. Frey-Klett, P., Pierrat, J. C., and Garbaye, J. 1997. Location and survival of mycorrhiza helper *Pseudomonas fluorescens* during establishment of ectomycorrhizal symbiosis between *Laccaria bicolor* and *Douglas fir*. Applied and Environmental Microbiology 63: 139-144.
17. Galleguillos, C., Aguirre, C., Barea, J. M., and Azcon, R. 2000. Growth promoting effect of two *Sinorhizobium Meliloti* strains (a wild type and its genetically modified derwvative) on a non-legume plant species in specific interaction with two arbuscular mycorrhizal fungi. Plant Science 159: 57-63.
18. Gamalero, E., Trotta, A., Massa, N., Copetta, A., Martinotti, M. G., and Berta, G. 2004. Impact of two fluorescent

pseudomonads and and arbuscular mycorrhizal fungus on tomato plant growth, root architecture and P acquisition. Mycorrhiza 14: 185-192.
19. Garbaye, J., and Bowen, G. D. 1987. Effect of different microflora on the success of ectomycorrhizal inoculation of Pinus radiate. Canadian Journal of Forest Research 17: 941- 943.
20. Gholami, A., Biari, A., and Nezarat, S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. World Academy of Science, Engineering and Technology 49: 19-24.
21. Hawkes, C. V., Hartley, I. P., Ineson, P., and Fitter, A. H. 2008. Soil temperature affects carbon allocation within arbuscular mycorrhizal networks and carbon transport from plant to fungus. Global Change Biology 14: 1181-1190.
22. Huat, O. K., Awang, K., Hashim, A., and Majid, N. M. 2002. Effects of fertilizers and vesicular-arbuscular mycorrhizas on the growth and photosynthesis of *Azodirachta excels* (Jack) Jacobs seedlings. Forest Ecology and Management 158: 51-58.
23. Jahan, M., Amiri, M. B., Ehyaee, H. R. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. And Persian clover (*Trifolium respinatum* L.). Agroecology 5: 1-15. (in Persian with English abstract).
24. Jakobsen, I., and Rosendahl, L. 1990. Carbon flow into soil and external hyphae from roots of mycorrhizal cucumber roots. New Phytologist 115: 77-83.
25. Karagiannidis, N., Bletsos, F., and Stavropoulos, N. 2002. Effect of verticillium wilt (*Verticillium dahliae* Kleb.) and mycorrhiza (*Glomus mosseae*) on root colonization, growth and nutrient uptake in tomato and eggplant seedlings. Scientia Horticulturae 94: 145-156.
26. Kohler, J., Caravaca, F., Carrasco, L., and Roldan, A. 2007. Interactions between a plant growth-promoting rhizobacterium, and AM fungus and a phosphate-solubilising fungus in the rhizosphere of *Lactuca sativa.* Applied Soil Ecology 35: 480-487.
27. Larsen, J., Cornejo, P., and Barea, J. M. 2009. Interactions between the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus intraradices* and the plant growth promoting rhizobacteria *Paenibacillus polymyxa* and *P. macerans* in the mycorrhizosphere of *Cucumis sativus*. Soil Biology and Biochemistry 41: 286-292.
28. Latef, A. A. H. A., and Chaoxing, H. 2010. Arbuscular mycorrhizal influence on growth, photosynthetic pigments, osmotic adjustment and oxidative stress in tomato plants subjected to low temperature stress. Acta Physiologiae Plantarum.
29. Lovelock, C. E., Wright, S. F., Clark, D. A., and Ruess, R. W. 2004. Soil stocks of glomalin produced by arbuscular mycorrhizal fungi across a tropical rain forest landscape. Journal of Ecology 92: 278-287.
30. Marulanda, A., Barea J. M., and Azcon, R. 2009. Stimulation of plant growth and drought tolerance by native microorganisms (AM fungi and bacteria) from dry environments. Mechanisms related to bacterial effectiveness. Journal of Plant Growth Regulation 28: 115-124.
31. Mena-Violante, H. G., and Olalde-Portugal, V. O. 2007. Alteraction of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. Scientia Horticulturae 113: 103-106.
32. Olsson, P. A., Thingstrup, I., Jakobsen, I., and Baath, E. 1999. Estimation of the biomass of arbuscular mycorrhizal fungi in a linseed field. Soil Biology and Biochemistry 31: 1879-1887.
33. Paradis, R., Dalpe, Y., and Charest, C. 1995. The combined effect of arbuscular mycorrhizas and short-term cold exposure on wheat. New Phytologist 129: 637-642.
34. Pirlak, L., and Kose, M. 2009. Effects of plant growth promoting rhizobacteria on yield and some fruit properties of strawberry. Journal of Plant Nutrition 32: 1173-1184.
35. Rezvani Moghaddam, P., Amiri, M. B., and Ehyaee, H. R. 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. In Press. (in Persian with English abstract).
36. Roesti, D., Gaur, R., Johri, B. N., Imfeld, G., Sharma, S., Kawaljeet, K., and Aragno, M. 2006. Plant growth stage, fertilizer management and bio-inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil Biology and Biochemistry 38: 1111-1120.
37. Sawers, R. J. H., Gutjahr, C., and Paszkowski, U. 2008. Cereal mycorrhiza: an ancient symbiosis in modern agriculture. Trends in Plant Science 13: 93-97.
38. Senula, A., and Keller, R. J. 2000. Morphological characterization of a garlic core collection and establishment of a virus-free in vitro genebank. Allium Improvement Newsletter 10: 3-5.
39. Sharma, V., Sharma, A., and Kansal, L. 2010. The effect of oral administration of *Allium sativum* extracts on lead nitrate induced toxicity in male mice. Food and Chemical Toxicology 48: 928-936.
40. Singh, J. S., Pandey, V. C., and Singh, D. P. 2011. Efficient soil microorganisms: A new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems and Environment 140: 339-353.
41. Smith, S. E., and Read, D. J. 2008. Mycorrhizal symbioses. 3nd edition. Academic Press. London.

42. Tang, X., and Cronin, D. A. 2007. The effects of brined onion extracts on lipid oxidation and sensory quality in refrigerated cooked Turkey breast rolls during storage. Food Chemistry 100: 712-718.
43. Van der Heijden, M. G. A., Bakker, R., Verwaal, J., Scheublin, T. R., Rutten, M., van Logtestijn, R. S. P., and Staehelin, C. 2006. Symbiotic bacteria as a determinant of plant community structure and plant productivity in dune grassland. FEMS Microbiology Ecology 56: 178-187.
44. Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, Plant Soil 255: 571-586.
45. Vivas, A., Barea, J. M., Biro, B., and Azcon, R. 2006. Effectiveness of autochthonous bacterium and mycorrhizal fungus of Trifolium growth, symbiotic development and soil enzymatic activities in Zn contaminated soil. Journal of Applied Microbiology 100: 587-598.
46. Vivas, A., Marulanda, A., Ruiz-Lozano, J. M., Barea, J. M., and Azcon, R. 2003. Influence of *Bacillus* sp. on physiological activities of two arbuscular mycorrhizal fungi and on plant responses to PEG-induced drought stress. Mycorrhiza 13: 249-256.
47. Walley, F. L., and Germida, J. J. 1997. Response of spring wheat (*Triticum aestivum*) to interactions between Pseudomonas species and *Glomus clarum* NT4. Biology and Fertility of Soils 24: 365-371.
48. Wu, Q. S., and Zou, Y. N. 2010. Beneficial roles of arbuscular mycorrhizas in citrus seedlings at temperature stress. Scientia Horticulturae 125: 289-293.
49. Xavier, L. J. C., and Germida, J. J. 2002. Response of lentil under controlled conditions to coinoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia varying in efficacy. Biology and Fertility of Soils 34: 181-188.
50. Yadegari, M., Asadirahmani, H., Noormohammadi, G., and Ayneband, A. 2010. Plant growth promoting rhzobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolis vulgaris*. Journal of Plant Nutrition 33: 1733-1743.
51. Yin, B., Wang, Y., Liu, P., Hu, J., and Zhen, W. 2010. Effects of vesicular-arbuscular mycorrhiza on the protective system in strawberry leaves under drought stress. Frontiers of Agriculture in China 4: 165-169.
52. Zhu, C. X., Song, B. F., and Xu, W. H. 2010. Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. Plant Soil 331:129-137.
53. Zhu, Y. G., and Miller, R. M. 2003. Carbon cycling by arbuscular mycorrhizal fungi in soil-plant systems. Trends in Plant Science 8: 407-409.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 435-447

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۴۷-۴۳۵

Evaluation of Two Mycorrhiza Species and Nitroxin on Yield and Yield Components of Garlic (*Allium sativum* L.) in an Ecological Agroecosystem

P. Rezvani Moghaddam[1*]- M. B. Amiri[2]- A. Norozian[3]- H. R. Ehyaee[3]

Received: 28-11-2011
Accepted: 06-05-2013

Introduction

Maintenance of soil fertility is one of the most important issues affecting the sustainability of food production. The application of ecological inputs such as mycorrhiza and biofertilizers are one of those approaches which are needed to maintain soil fertility Biofetilizers include different types of free living organisms that convert unavailable nutrients to available forms and enhance root development and better seed germination. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) occupy the rhizosphere of many plant species and have beneficial effects on the host plant. They may directly and indirectly influence the plant growth. A direct mechanism would be to increase plant growth by supplying the plant with nutrients and hormones. Indirect mechanisms, on the other hand, include reduced susceptibility to diseases and acting as a form of defense referred to as induces systematic resistance. Mycorrhiza arbuscular fungi are other coexist microorganisms that improve soil fertility, nutrients cycling and agroecosystem health. Mycorrhizal fungi are the most abundant organisms in agricultural soils. Many researchers have pointed to the positive roles of mycorrhizal fungi on plants growth characteristics. Arbuscular mycorrhizas are found in 85% of all plant families and occur in many crop species. Mineral nutrients such as potassium, calcium, copper, zinc and iron are assimilated more quickly and in greater amounts by mycorrhizal plants. Arbuscular mycorrhizal inoculation has also been shown to increase plant resistance of pathogen attack. Garlic (*Allium sativum* L.) is a very powerful medicinal plant that is often underestimated. Garlic is easy to grow and can be grown year-round in any mild climates. Garlic cloves are used for consumption (row and cooked) or for medicinal purposes. They have a characteristic pungent, spicy flavor that mellows and sweetens considerably with cooking. Despite of many studies on the effects of mycorrhiza and biofertilizers on different crops, information on the effects of these factors for many medicinal plants such as garlic is scarce; therefore, in this study the effects of mycorrhiza and biofertilizers on quantitative characteristics of garlic in a low input cropping system were studied.

Materials and Methods

In order to study the effects of two mycorrhiza species and nitroxin on yield and yield components of garlic (*Allium sativum* L.), an experiment was conducted in a factorial arrangement based on a randomized completed block design with three replications in the growing seasons of 2010 at the experimental farm of College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The experimental factors were all combination of two mycorrhiza species (*Glomus mosseae, Glomus intraradices*) and control and also inoculation with and without nitroxin (include *Azotobacter* sp. and *Azospirillum* sp.) as a biofertilizer.

Results and Discussion

The results showed that both two mycorrhiza species had superior effects on most of the study traits compared with control. Bulb weight per plant was significantly affected by mycorrhiza species. *Glomus mosseae*، and *Glomus intraradices* increased bulb weight per plant by 48 and 29 percent compared with control, respectively. Nitroxin had a significant effect on length and diameter of bulbs. Length and diameter of bulbs were increased by 13 and 8 percent using nitroxin compared with control, respectively. Interactive effects of mycorrhiza and nitroxin on all study traits also were significant. Interactive effects of study treatments showed that *Glomus mosseae* had better effect on most of study traits at with and without nitroxin treatments. On the other hand, nitroxin had synergistic effect on mycorrhiza treatments compared when these treatments were used

1, 2 and 3- Professor of Ferdowsi University of Mashhad, Assistant Professor of Gonabad University and Ph.D. Student of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, respectively
(*- Corresponding Author Email: rezvani@um.ac.ir)

without nitroxin. Highest (4306 kg ha^{-1}) and lowest (1665 kg ha^{-1}) economic yield (bulb yield) were obtained from *Glomus mosseae* + Nitroxin and control (without mycorhiza and nitroxin), respectively. In general, results revealed that using biological inputs may decrease chemical fertilizers application and their environmental effects, and will increase sustainablity of crop production in long term.

It seems that different species of mycorrhiza improved quantitative characteristics of garlic due to provide better conditions to absorption and transportation of nutrient to the plant. It has been reported that this ecological input provides favorable conditions for plant growth and development through improvement of physical, chemical and biological properties of the soil. It can be concluded that improvement of most of study traits in the present study were due to use of mycorrhiza and biofertilizers.

Acknowledgements

This research (grant number 18/P., 11 March 2010) was funded by Vice Chancellor of Research of the Ferdowsi University of Mashhad, which is hereby acknowledged.

Keywords: Biofertilizer, Biological yield, Bulb volume, Bulb yield

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۶۰-۴۴۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 448-460

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد (*Sesamum indicum* L.) تحت تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری در شرایط مشهد

علیرضا کوچکی[1*]- سارا بخشائی[2]- سرور خرم‌دل[3]- ویدا مختاری[2]- شهربانو طاهر آبادی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱۲/۲۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۵/۲۹

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب گیاه دانه کنجد (*Sesamum indicum* L.)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به‌صورت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. کرت اصلی سه سطح آبیاری شامل ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ متر مکعب آبیاری در هکتار و کرت‌های فرعی تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا شامل *Glomus mosseae* و *G. intraradices* و شاهد بود. نتایج نشان داد که اثر سطوح آبیاری بر تمام اجزای عملکرد به‌جز وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک و دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود. با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار عملکرد بیولوژیک و دانه به‌ترتیب برابر با ۵۲ و ۱۱۸ درصد بهبود یافت. افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار بهبود ۲۲ درصدی کارایی مصرف آب کنجد براساس عملکرد دانه را موجب شد. تلقیح با گونه‌های میکوریزا اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک و دانه، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب کنجد براساس عملکرد بیولوژیک و دانه را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد ($p\leq$۰/۰۵). تلقیح با*G. mosseae* عملکرد دانه را به‌ترتیب برابر با ۷ و ۱۲ درصد در مقایسه با *G. intraradices* و شاهد بهبود بخشید. میزان این بهبود برای کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با ۷ و ۲۴ درصد بود. تلقیح با میکوریزا با بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزایش فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی موجب بهبود کارایی مصرف آب گردیده است که این تأثیر برای گونه *G. mosseae* بالاتر از گونه *G. intraradices* بود.

واژه‌های کلیدی: توسعه سیستم ریشه‌ای، دانه روغنی، کشاورزی پایدار، همزیستی میکوریزایی

مقدمه

ازجمله راهکارهای مهم در زمینه حفظ محیط زیست و بهره‌برداری متعادل از طبیعت در راستای توجه به اصول کشاورزی پایدار، استفاده از پتانسیل ژنتیکی گیاهان برای دستیابی به بالاترین عملکرد و بهبود کارآیی مصرف منابع و استفاده از ریزموجودات همزیست و همیار به‌منظور افزایش رشد گیاه و جذب عناصر غذایی می‌باشد (۱۳). نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که امروزه بزرگترین چالش، افزایش تولید غذا است؛ به‌طوری‌که به محیط زیست آسیب وارد نشود و سلامت مصرف‌کنندگان نیز حفظ شود (۳۶).

همزیستی گیاهان با قارچ میکوریزا، پس از همزیستی تیره بقولات با *ریزوبیوم*‌ها، یکی از مهم‌ترین روابط دوگانه‌ای است که بین گیاهان و قارچ‌ها وجود داشته و برای افزایش رشد و بهبود جذب عناصر غذایی به میزان زیادی مورد توجه اکثر محققین قرار گرفته است. قارچ‌های میکوریزا عمدتاً رشد گیاهان را از طریق بهبود جذب عناصر غذایی تحت تأثیر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای بهبود می‌بخشند (۴ و ۳۳). بدین‌ترتیب، یکی از مهم‌ترین اثرات میکوریزا، افزایش عملکرد گیاهان زراعی است که این امر تحت تأثیر افزایش سطح جذب فعال سیستم ریشه‌ای از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک بوده و در نتیجه به دلیل تماس بیشتر با خاک منجر به بهبود دسترسی به آب و عناصر غذایی می‌شود (۱۴). نتایج برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که تلقیح با قارچ میکوریزا جذب عناصر غیرمتحرک به‌ویژه فسفر و گوگرد را توسط گیاه میزبان افزایش می‌دهد (۲۸). تأثیر مثبت تلقیح با قارچ میکوریزا بر بهبود رشد و تغذیه برخی گیاهان زراعی و علوفه‌ای ازجمله گندم، سورگوم، پیاز، شبدر، یونجه و ذرت بررسی و تأیید شده است (۱۳).

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب استاد، دانشجوی دکتری بوم شناسی، استادیار و دانشجوی سابق کارشناس ارشد زراعت گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: (Email: akooch@um.ac.ir

شرایط خاص اقلیمی کشور ایران ازجمله بروز تنش‌های ناگهانی خشکی که منجر به پراکنش نامناسب زمانی و مکانی بارندگی شده است، واقعیتی گریزناپذیر است که در نتیجه تولید مواد غذایی و محصولات کشاورزی را منوط به استفاده صحیح و منطقی از منابع محدود نظیر آب نموده است. بر این اساس، چنین به‌نظر می‌رسد که در شرایط اقلیمی کشور، آبیاری مهم‌ترین نهاده به‌منظور حفظ سطح تولید محصولات کشاورزی است (۲۲). با توجه به کارایی پایین آبیاری در بخش کشاورزی، می‌توان با انتخاب و به‌کارگیری راهکارهای پایدار و مناسب در زمینه بهبود کارایی مصرف آب و بهینه‌سازی آن در گیاهان، علاوه بر کاهش هزینه‌های تولید، با حفظ آب، کارایی مصرف آن را به میزان زیادی بهبود بخشید (۱۶).

کنجد (*Sesamum indicum* L.) یکی از مهمترین و قدیمی‌ترین گیاهان دانه روغنی- صنعتی شناخته شده است (۱۰) که به‌دلیل محتوی روغن نسبتاً بالا (۵۲-۴۷ درصد) و همچنین مقاومت نسبتاً بالا نسبت به بروز تنش خشکی مورد توجه برخی محققین قرار گرفته است (۲۱). عملکرد دانه در کنجد به تعداد بوته، شاخه‌های فرعی، کپسول، دانه و وزن هزار دانه بستگی دارد (۷). دیلیپ و همکاران (۸) گزارش کردند که افزایش دفعات آبیاری به‌طور معنی‌داری تعداد شاخه‌های فرعی، دانه و زیست توده کنجد را افزایش داد. کیومار و همکاران (۲۴) گزارش کردند که آبیاری در ۳۰ و ۶۰ روز بعد از کاشت، سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد کنجد را بهبود بخشید.

هاول (۱۶) کارایی مصرف آب (WUE)[1] را با مفهوم نسبت ماده خشک تولید شده در گیاه به میزان آب مصرف شده به‌صورت تبخیر و تعرق تعریف کرد که بر حسب گرم ماده خشک به‌ازای متر مکعب آب مصرف شده بیان می‌شود. کارایی مصرف آب در گیاهان زراعی سه کربنه و چهارکربنه به‌ترتیب برابر با ۳-۱ و ۵-۲ گرم ماده خشک بر مترمکعب آب مصرفی گزارش شده است (۵). کاساب و همکاران (۲۱) با بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری براساس ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی کنجد دریافتند که تیمار ۱۰۰ درصد آبیاری باعث بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد شد که درنتیجه بالاترین کارایی مصرف آب را نیز به همراه داشت. بدین ترتیب، این محققین نتیجه گرفتند که با افزایش آبیاری، عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد بهبود یافت.

بدین ترتیب، با توجه به تعریف کارایی مصرف آب (۱۶) و همچنین وجود همبستگی مثبت بین عملکرد و محتوی رطوبتی خاک (۳۵)، مشخص است که به‌کارگیری هر عامل مدیریتی که منجر به بهبود عملکرد گردد، افزایش کارایی مصرف آب را به دنبال دارد. در همین راستا، به نظر می‌رسد که عملیات زراعی از قبیل مدیریت مناسب گیاه در مرحله داشت و انتخاب گونه‌ها و ارقام مناسب (۱) با جلوگیری از هدررفت آب می‌تواند کارایی مصرف آب را به میزان زیادی بهبود بخشد (۳۰). نتایج برخی بررسی‌ها تأیید نموده است که به‌کارگیری هرگونه عملیات مدیریتی که موجب افزایش دسترسی گیاه به محتوی رطوبتی بیشتر و بهبود جذب آن شود، می‌تواند افزایش کارآیی مصرف آب را به دنبال داشته باشد (۱۲). نتایج دیگر مطالعات (۱۷) مؤید این مطلب است که بهبود حاصلخیزی خاک از طریق مصرف کودهای آلی به دلیل تأثیر مثبت بر بهبود خصوصیات رشدی و عملکرد، قادر است میزان کارایی مصرف آب را بهبود بخشد.

میکوریزا به‌عنوان یکی از قارچ‌های همزیست اثرات مثبتی بر بهبود خصوصیات رویشی و عملکرد گیاهان میزبان دارد. برخی بررسی‌ها مؤید این مطلب است که همزیستی با میکوریزا، موجب بهبود سطح فعال سیستم ریشه‌ای برای افزایش جذب آب و مواد غذایی به‌ویژه در شرایط پایین بودن محتوی فسفر خاک (۲۰) می‌شود، همچنین افزایش کارایی مصرف آب (۳۲)، بهبود مقاومت گیاه میزبان نسبت به تنش‌های محیطی نظیر شوری و خشکی (۱۹) و بهبود خصوصیات خاک (۲۶) را به دنبال دارد. بدین ترتیب، چنین به‌نظر می‌رسد که تلقیح با قارچ میکوریزا علاوه بر بهبود رشد و عملکرد گیاهان، از طریق افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای نیز قادر است کارایی مصرف آب را بهبود بخشد.

از آنجا که برقراری همزیستی در روابط آب، خاک و گیاه (۱) و همچنین مطالعات اکولوژیکی، از اهمیت زیادی برخوردار است، این تحقیق به‌منظور بررسی و مطالعه اثر همزیستی دو گونه قارچ میکوریزا در سطوح آبیاری و تأثیر این قارچها بر کارایی مصرف آب گیاه دانه روغنی کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با هدف ارزیابی اجزای عملکرد، عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد در شرایط تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد (طول جغرافیایی ´۲۸ °۵۹ شرقی و عرض جغرافیایی ´۱۵ °۳۶ شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا)، در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ به‌صورت اسپلیت پلات در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. سه سطح ۲۰۰۰، ۳۰۰۰ و ۴۰۰۰ متر مکعب آبیاری در هکتار و تلقیح با دو گونه قارچ میکوریزا شامل *Glomus mosseae* و *G. intraradices* و شاهد به‌ترتیب به‌عنوان فاکتورهای اصلی و فرعی مد نظر قرار گرفتند. به‌منظور بررسی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، نمونه‌برداری از عمل ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک به‌صورت تصادفی با استفاده از آگر انجام شد که نتایج آن در جدول ۱ نشان داده شده است.

1- Water Use Efficiency

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک

Table 1- Physical and chemical characteristics of soil

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی (دسی‌زیمنس بر متر) EC ($dS\ m^{-1}$)	پتاسیم در دسترس Available K	فسفر در دسترس Available P	نیتروژن کل Total N
			(میلی‌گرم بر کیلوگرم) ($mg\ kg^{-1}$)		
سیلتی–لوم Silty- loam	8.03	1.04	117	34	395

ابعاد هر کرت فرعی ۲×۱/۵ متر انتخاب شد. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها، فاصله بین کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب برابر با یک و دو متر در نظر گرفته و به‌طور کامل مسدود شد. پس از عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح، فاروهایی با فاصله‌ی ۰/۵ متر ایجاد شد. به‌ازای هر بوته، ۱۵۰ گرم مایه تلقیح شده میکوریزایی (به‌صورت خاک میکوریزایی شده) همزمان با کاشت زیر بذر قرار داده شد. عملیات کاشت دستی به‌صورت ردیفی با فاصله روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر در نیمه دوم خرداد ماه هر دو سال انجام گرفت. به‌منظور تسهیل و یکنواختی در سبز شدن، اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت. پس از اطمینان از سبز شدن کامل و رسیدن به مرحله ۴-۳ برگی، بوته‌ها برای رسیدن به تراکم موردنظر تنک شدند. میزان آب مورد نیاز برای آبیاری کنجد در شرایط آب و هوایی مشهد توسط نرم‌افزار AGWAT (۲) برابر با ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار محاسبه شد. از سیستم آبیاری لوله‌کشی به‌صورت نشتی تحت فشار با کنتور حجمی با دقت ۰/۰۰۰۱ متر مکعب، به فاصله هر هفت روز یکبار و به‌طور جداگانه برای هر تیمار استفاده شد. قابل ذکر است به‌منظور جلوگیری از تأثیر بارندگی بر تأمین آب مورد نیاز گیاه، میزان آب وارده به خاک از طریق بارندگی در طول فصل رشد با استفاده از داده‌های ایستگاه هواشناسی مشهد به‌طور دقیق محاسبه و مقادیر آن از آب آبیاری کسر شد.

در پایان فصل رشد، بوته‌ها از سطح ۰/۵ متر مربع جمع‌آوری و برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی، کپسول، دانه، وزن هزار دانه و عملکرد بیولوژیک و اقتصادی (دانه) به آزمایشگاه انتقال داده شدند. شاخص برداشت براساس نسبت عملکرد دانه به بیولوژیک و میزان کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد بر حسب کیلوگرم عملکرد بر متر مکعب آب مصرفی (آب آبیاری+بارندگی) طبق معادله (۱) محاسبه شد (۲۳):

(۱) آب بارندگی (میلی‌متر)+ آب آبیاری (متر مکعب در هکتار) / عملکرد (کیلوگرم در هکتار) = کارآیی مصرف آب

آنالیز واریانس و تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار Mstat-C صورت گرفت. مقایسه میانگین‌ها نیز براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. از نرم‌افزار Excel برای رسم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس مقدار آبیاری و تلقیح با گونه‌ها قارچ میکوریزا بر اجزای عملکرد، عملکرد، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب گیاه دانه روغنی کنجد در جدول ۲ نشان داده شده است.

اثر سطوح مختلف آبیاری بر عملکرد اجزای عملکرد کنجد

اثر سطوح آبیاری بر تمام اجزای عملکرد کنجد به‌جز وزن هزار دانه معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۱) بود (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که با افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار، تعداد شاخه جانبی، کپسول و دانه به‌ترتیب ۵۰، ۷۱ و ۳۹ درصد بهبود یافت (جدول ۳). افزایش آبیاری با بهبود شرایط برای رشد بوته‌ها تحت تأثیر تحریک رشد رویشی، موجب افزایش تولید و تجمع ماده خشک شده (۱۹) که این امر در نهایت، افزایش اجزای عملکرد را به دنبال داشته است. البته به نظر می‌رسد از آنجا که وزن هزار دانه آخرین جزء عملکرد است، لذا گیاه با تحمل کم‌آبی سعی نموده است تا این جزء کمتر تحت تأثیر قرار گیرد. البته با مقایسه اثر سطوح آبیاری بر وزن هزار دانه مشخص است که افزایش آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار با بهبود شرایط رشدی و تجمع ماده خشک، بهبود سه درصدی وزن هزار دانه را به دنبال داشته است. مهرابی و احسان زاده (۲۵) اظهار داشتند که وزن هزار دانه تحت کنجد تأثیر رژیم آبیاری قرار نگرفت. جویبان و موسوی (۱۹) نیز اعلام نمودند که با کاهش فاصله آبیاری از ۸ به ۶ روز تعداد کپسول و دانه کنجد به‌ترتیب برابر با ۳۴/۸ و ۲۰/۷ درصد بهبود یافت. این محققین اظهار داشتند که با افزایش فاصله آبیاری به دلیل کاهش رشد رویشی، اجزای عملکرد کنجد ازجمله تعداد شاخه جانبی و کپسول کاهش یافت (۱۹). نتایج مطالعه دیوتا و همکاران (۹) نیز نشان داد که افزایش بروز تنش خشکی تحت تأثیر افزایش فاصله آبیاری، اجزای عملکرد دانه کنجد به‌ویژه تعداد کپسول را کاهش داد. ال- نعیم و همکاران (۱۷) نیز پی بردند که با افزایش میزان آبیاری، اجزای عملکرد کنجد بهبود یافت.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر مقدار آبیاری و تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر اجزای عملکرد، عملکرد، شاخص برداشت و کارایی مصرف آب کنجد

Table 2- Analysis of variance for the effect of irrigation level and inoculation with mycorrhiza species on components yield, yield, harvest index and water use efficiency of sesame

منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares								
		تعداد شاخه جانبی Branches number	تعداد کپسول Capsules number	تعداد دانه Seeds number	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000-seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index	کارایی مصرف آب Water use efficiency	
									براساس عملکرد بیولوژیک Based on biological yield	براساس عملکرد دانه Based on biological yield
سال (Y) Year (Y)	1	0.167	26.727	31.130	0.021	23276917.653	957742.556	36.671	2.9455	0.144
تکرار (R) Replication (R)	4	2.259	16.326	418.352	0.364	920273.243	53096.774	9.505	0.151	0.005
مقدار آبیاری (A) Irrigation level (A)	2	21.352**	736.178**	1437.798**	0.017ns	2564.268.548**	7159781.334**	416.001**	1.100*	0.011*
R×A	2	0.056	5.287	21.130	0.054	2420909.948	48978.137	13.212	0.341	0.020
خطای اصلی Main error	8	0.176	21.635	40.323	0.046	684287.077	11133.005	13.548	0.163	0.004
تلقیح با میکوریزا (B) Inoculation with mycorrhizal (B)	2	7.352**	1486.813**	7163.352**	5.065**	449817.643*	965153.587**	209.447**	0.065*	0.113**
Y×B	2	0.056	20.802	13.463	0.142	1553900.368	9967.198	0.170	0.146	0.0001
A×B	4	0.0046**	17.9596ns	4.2546ns	0.008ns	93707.4818ns	17323.3583ns	6.344ns	0.0076ns	0.0009ns
Y×A×B	4	0.028	4.817	16.880	0.028	4149618.935	29059.845	17.587	0.215	0.003
خطای فرعی Sub error	24	0.204	27.677	11.306	0.062	740877.577	11697.921	4.090	0.031	0.002
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		8.89	17.28	12.52	9.35	12.27	17.56	13.20	8.90	11.58

ns، * و **: به‌ترتیب نشان‌دهنده غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, * and **: are non-significant and significant at 5 and 1 probability levels, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات ساده سطوح آبیاری و تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر اجزای عملکرد کنجد

Table 3- Mean comparisons for the simple effect of irrigation levels and inoculation with mycorrhiza species on the yield components of sesame

تیمار Treatment		تعداد شاخه جانبی (تعداد در بوته) Number of branches (No.plant^{-1})	تعداد کپسول (تعداد در بوته) Number of capsules (No.plant^{-1})	تعداد دانه (تعداد در کپسول) Number of seeds (No.capsule^{-1})	وزن ۱۰۰۰ دانه (گرم) 1000-seed weight (g)
مقدار آبیاری (متر مکعب بر هکتار) Irrigation level ($m^3.ha^{-1}$)	2000	3.44c*	20.76b	45.89b	2.52a
	3000	4.33b	30.62ab	56.39ab	2.54a
	4000	5.61a	35.42a	63.67a	2.60a
تلقیح با میکوریزا Inoculation with mycorrhiza	*G. mosseae*	5.11a	37.20a	65.67a	3.16a
	G. intraradices	4.44ab	32.07a	54.33b	2.45b
	شاهد Control	3.83b	19.54b	45.94c	2.12c

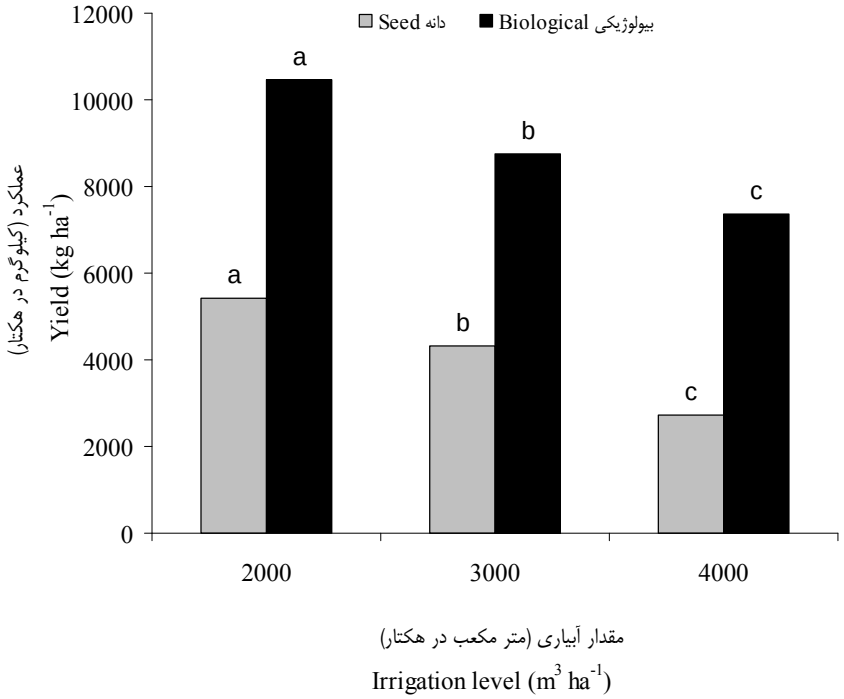
*میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر فاکتور، اختلاف معنی‌داری براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند (p≤۰/۰۵).

* Means with the same letter(s) in each column are not significantly different based on Duncan's test (p≤0.05).

آنها بیان داشتند که با افزایش فراهمی رطوبت، دسترسی و انتقال مواد غذایی در خاک بهبود یافت که این امر به دلیل تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و انتقال بهتر آنها، موجب تجمع مواد فتوسنتزی در دانه‌ها به‌عنوان مخزن گردیده که افزایش اجزای عملکرد را به دنبال داشته است.

مقدار آبیاری به‌طور معنی‌داری عملکرد بیولوژیک و اقتصادی کنجد را تحت تأثیر قرار داد (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب موجب بهبود عملکرد بیولوژیک و اقتصادی به‌ترتیب برابر با ۵۲ و ۱۱۸ درصد شد (شکل ۱). به‌نظر می‌رسد که افزایش آبیاری با تحریک رشد اندام‌های فتوسنتزی و بهبود ارتفاع گیاه، بهبود عملکرد بیولوژیک و دانه را تحت تأثیر افزایش میزان تولید و تجمع مواد فتوسنتزی موجب شده است. هانگ و همکاران (۱۵) نیز اظهار داشتند که کاهش حجم آبیاری با بروز تنش خشکی موجب کاهش عملکرد دانه کنجد از ۸/۵ تن به ۳/۴ تن در هکتار گردید. آنها دلیل اصلی این امر را به کاهش ارتفاع بوته اصلی نسبت دادند. ال- نعیم و همکاران (۱۰) نیز پی بردند که با افزایش میزان آبیاری، عملکرد دانه کنجد به‌طور معنی‌داری بهبود یافت. این محققین دلیل این امر را به بهبود تعداد کپسول در مرحله رسیدگی گیاه تحت تأثیر افزایش طول دوره رسیدگی نسبت دادند. نتایج مطالعه جویبان و موسوی (۱۹) نیز مؤید این مطلب است که کاهش فاصله آبیاری از ۸ به ۶ روز موجب بهبود عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد به‌ترتیب برابر با ۴۴/۵ و ۴۴/۱ درصد شد.

اثر مقدار آبیاری بر شاخص برداشت کنجد معنی‌دار (p≤۰/۰۱) بود (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار بهبود ۵۶ درصدی شاخص برداشت را موجب گردید (شکل ۲). اگرچه شاخص برداشت تا حد زیادی به قابلیت ژنتیکی گیاه در تبدیل و تخصیص ماده فتوسنتزی به مخزن ارتباط دارد، ولی نتایج برخی تحقیقات نشان‌دهنده این مطلب است که شاخص برداشت متأثر از عوامل مختلفی از جمله رقم، مقدار آب، کود نیتروژن، تراکم و تاریخ کاشت می‌باشد (۳۲). طبق نتایج به‌دست آمده مشخص شد که کاهش مقدار آبیاری، افت شاخص برداشت کنجد را به دنبال داشته است. بنابراین، به نظر می‌رسد که تغییرات شاخص برداشت در سطوح مختلف آبیاری به میزان تنش خشکی وارد شده بر اندام‌های رویشی و زایشی بستگی دارد؛ به‌طوری‌که اگر کاهش آبیاری تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک داشته باشد، کاهش شاخص برداشت را موجب خواهد شد، در صورتی‌که اگر تأثیر کاهش سطوح آبیاری بر عملکرد بیولوژیک بیشتر باشد باعث افزایش شاخص برداشت خواهد گردید. بنابراین، در این آزمایش به‌نظر می‌رسد که تأثیر منفی کاهش سطوح آبیاری بر اندام‌های زایشی بیشتر از رویشی بوده است، لذا در اثر کاهش سطوح آبیاری، شاخص برداشت کاهش یافته است. از طرف دیگر، نتایج برخی پژوهش‌ها (۲۱) مؤید این مطلب است که با افزایش میزان آبیاری و کاهش فاصله آبیاری، به دلیل افزایش تولید ماده فتوسنتزی تحت تأثیر تحریک رشد رویشی و در نتیجه عملکرد، شاخص برداشت افزایش یافت. البته بیشتر محققین (۱۹ و ۲۱) بر این عقیده‌اند که افزایش آبیاری با افزایش تولید ماده فتوسنتزی و بهبود ذخیره آن در مخزن موجب افزایش عملکرد دانه می‌گردد که این امر افزایش شاخص برداشت را به دنبال دارد. سخارا و ردی (۳۲) نیز بیان داشتند که به منظور انتخاب رقم مناسب برای کاشت کنجد بایستی از ارقام دارای شاخص برداشت بالاتر استفاده کرد، زیرا هرچه قابلیت گیاه برای ذخیره ماده فتوسنتزی بیشتر باشد، میزان عملکرد دانه افزایش خواهد یافت. بدین ترتیب، مشخص است که برای انتخاب ارقام و گونه‌های مناسب برای کاشت در مناطق نیمه‌خشک می‌توان از گیاهان دارای شاخص برداشت بالاتر برای دستیابی به عملکرد اقتصادی بهره جست.

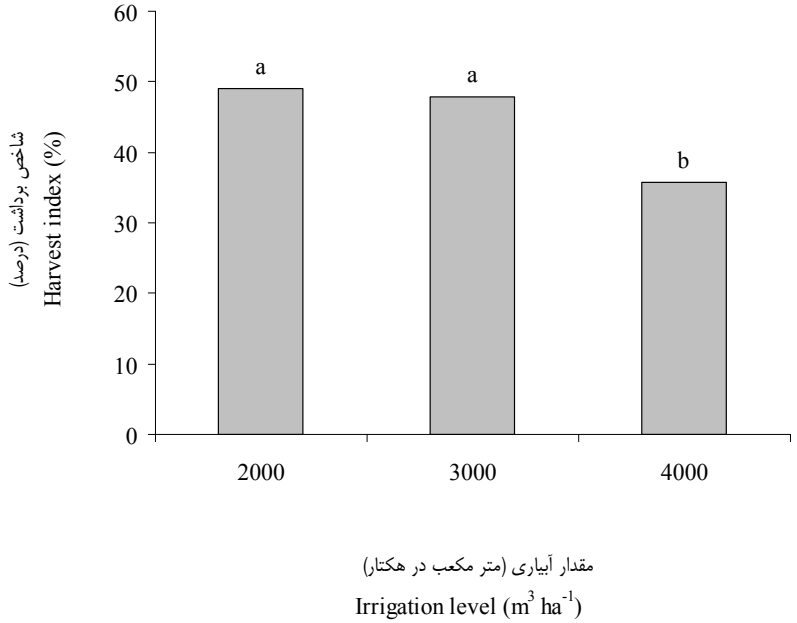


شکل ۱- اثر مقادیر آبیاری بر عملکرد دانه و بیولوژیک کنجد

Figure 1- Effect of irrigation level on seed and biological yield of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).



شکل ۲- اثر مقادیر آبیاری بر شاخص برداشت کنجد

Figure 2- Effect of irrigation level on harvest index of sesame

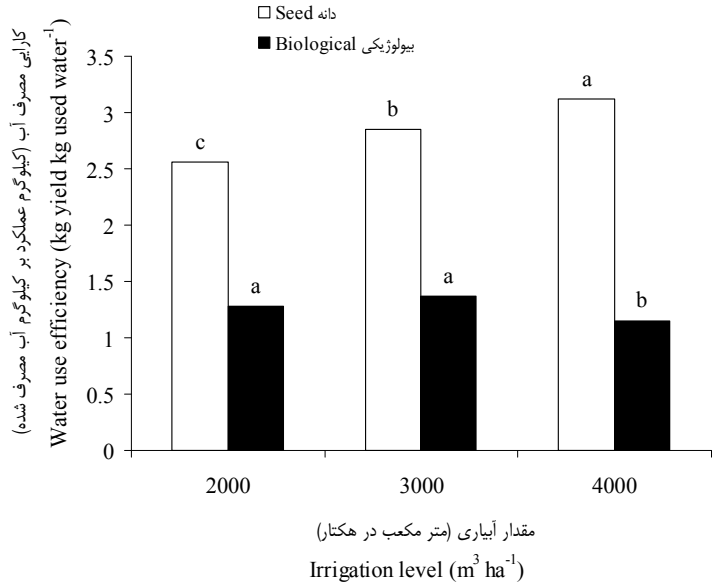
میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

سطوح آبیاری به‌طور معنی‌داری کارایی مصرف آب کنجد براساس عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار دادند (p≤۰/۰۵) (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که افزایش مقدار آبیاری از ۲۰۰۰ به ۴۰۰۰ متر مکعب در هکتار بهبود ۲۲ درصدی کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه را موجب شد؛ در حالی‌که با افزایش مقدار آبیاری کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک ۱۰ درصد کاهش یافت (شکل ۳). به نظر می‌رسد که با افزایش آبیاری، به‌دلیل بهبود فراهمی آب در دسترس گیاه، جذب مواد غذایی افزایش یافته که این امر افزایش کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه را در پی داشته است. از طرف دیگر، با توجه به معادله کارایی مصرف آب (۱۶) به نظر می‌رسد که افزایش آبیاری به دلیل تحریک رشد رویشی و افزایش عملکرد بیولوژیک، موجب افزایش تعرق و مصرف آب (مخرج کسر) شده است که این امر در نهایت، کاهش کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک را موجب گردیده است. کاساب و همکاران (۲۱) با بررسی اثر تیمارهای مختلف آبیاری براساس نیاز آبی کنجد اعلام نمودند که با افزایش مقدار آبیاری از ۶۰ به ۱۰۰ درصد آبیاری، شاخص‌های رشدی و عملکرد دانه بهبود یافت که این امر موجب بهبود کارایی مصرف آب از ۰/۵۳ به ۰/۵۷ کیلوگرم ماده خشک به‌ازای متر مکعب آب مصرف شده براساس عملکرد دانه گردید؛ در حالی‌که نتایج مطالعه آلن و موزیک (۳) نشان داد که کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک در سطوح پایین آبیاری به مراتب بالاتر از دیگر سطوح بود.

اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر عملکرد اجزای عملکرد کنجد

تلقیح با گونه‌های میکوریزا کلیه اجزای عملکرد کنجد را به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد (p≤۰/۰۱) (جدول ۲)؛ به‌طوری‌که تلقیح با *G. mosseae* باعث بهبود اجزای عملکرد شامل تعداد شاخه جانبی، کپسول، دانه و وزن هزار دانه به‌ترتیب برابر با ۱۵، ۱۶، ۲۱ و ۲۹ درصد در مقایسه با دیگر گونه میکوریزا شد؛ در حالی‌که میزان این بهبود به‌ترتیب برابر با ۳۳، ۹۰، ۴۳ و ۴۹ درصد در مقایسه با شاهد بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد که بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای در شرایط تلقیح با گونه‌های میکوریزا (۲۰)، دسترسی به منابع از جمله رطوبت و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر را بهبود بخشیده است که این امر در نهایت، افزایش اجزای عملکرد را به دنبال داشته است. جمشیدی و همکاران (۱۸) نیز تأثیر معنی‌دار تلقیح با قارچ همزیست میکوریزا را بر اجزای عملکرد آفتابگردان گزارش کردند.



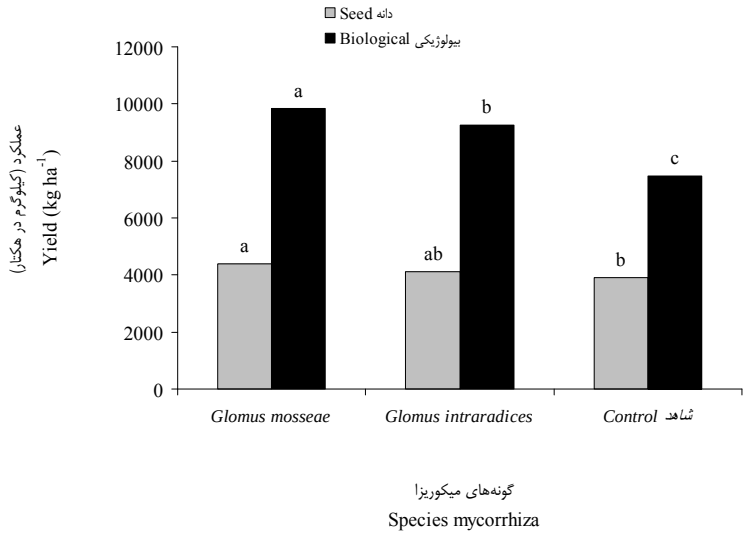
شکل ۳- اثر مقادیر آبیاری بر کارایی مصرف آب کنجد براساس عملکرد دانه و بیولوژیک

Figure 3- Effect of irrigation level on water use efficiency based on seed and biological yield of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) بود (جدول ۲). تلقیح با *G. mosseae* عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با *G. intraradices* و شاهد به‌ترتیب برابر با ۳۲ و ۳۲ درصد و عملکرد دانه را به‌ترتیب برابر با ۷ و ۱۲ درصد بهبود بخشید (شکل ۴). به نظر می‌رسد که همزیستی با گونه‌های میکوریزا به دلیل افزایش فتوسنتز (۲۹)، باعث تحریک تولید مواد فتوسنتزی و افزایش راندمان انتقال مواد فتوسنتزی به مخازن زایشی شده که این امر در نهایت، منجر به افزایش عملکرد بیولوژیک و دانه شده است. نتایج مطالعه جمشیدی و همکاران (۱۸) نشان داد که تلقیح با میکوریزا عملکرد بیولوژیک و دانه آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشید.

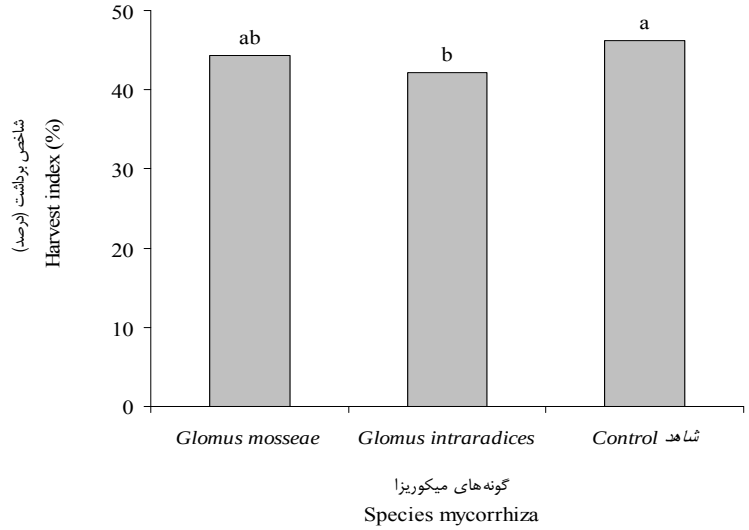


شکل ٤- اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد

Figure 4- Effect of inoculation with mycorrhiza species on seed and biological yield of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

Means with the same letter(s) in each component have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).



شکل ٥- اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر شاخص برداشت کنجد

Figure 5- Effect of inoculation with mycorrhiza species on harvest index of sesame

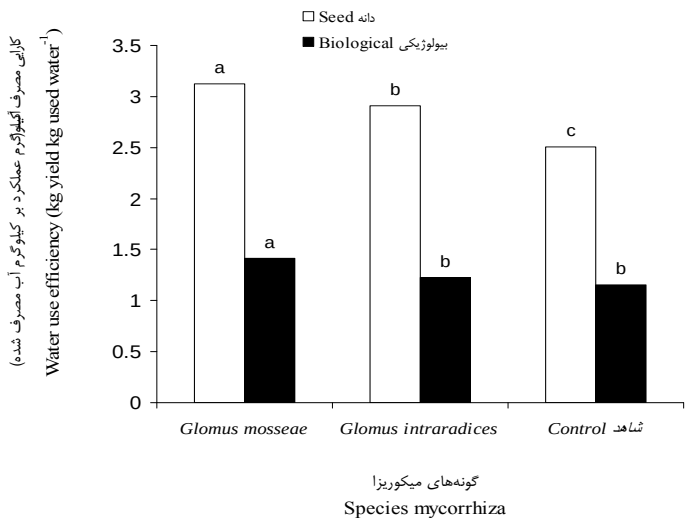
میانگین‌های دارای حروف مشترک براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند ($p\leq$۰/۰۵).

Means with the same letter (s) have not significantly difference based on Duncan's test ($p\leq0.05$).

شاخص برداشت کنجد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تلقیح با گونه‌های میکوریزا قرار گرفت (p≤۰/۰۱) (جدول ۲). با توجه به کاهش ۴ و ۹ درصدی شاخص برداشت کنجد به‌ترتیب برای گونه‌های *G. mosseae* و *G. intraradices* میکوریزا در مقایسه با شاهد به‌نظر می‌رسد که تلقیح با این قارچ‌های همزیست، به دلیل تأثیر بیشتر بر بهبود عملکرد بیولوژیک در مقایسه با عملکرد دانه، کاهش شاخص برداشت کنجد در مقایسه با شاهد را موجب گردیده است (شکل ۵).

اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر کارایی مصرف آب براساس عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد معنی‌دار (p≤۰/۰۵) بود (جدول ۲). تلقیح با قارچ همزیست گونه *G. mosseae* کارایی مصرف آب را براساس عملکرد بیولوژیک در مقایسه با *G. intraradices* و شاهد به‌ترتیب برابر با ۱۵ و ۲۲ درصد بهبود بخشید؛ در حالی‌که میزان این افزایش برای کارایی مصرف آب براساس عملکرد دانه به‌ترتیب برابر با ۷ و ۲۴ درصد بود (شکل ۶). بدین ترتیب، چنین به‌نظر می‌رسد که تلقیح با میکوریزا با توسعه سیستم ریشه‌ای و درنتیجه افزایش فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی در نهایت، موجب بهبود کارایی مصرف آب گردیده است.

با مقایسه تأثیر دو گونه قارچ همزیست میکوریزا در شرایط تلقیح با کنجد مشخص است که گونه *G. mosseae* در برقراری رابطه همزیستی به مراتب مؤثرتر از *G. intraradices* عمل کرده است. با توجه به نتایج برخی بررسی‌ها (۱۹) که نشان داده است در محدوده وسیعی از خاک‌ها با افزایش ماده آلی، قابلیت دسترسی به آب افزایش پیدا می‌کند، به نظر می‌رسد به‌کارگیری هر عملیاتی که موجب افزایش محتوی آب در منطقه ریزوسفر شود، با افزایش دسترسی به آب و جذب عناصر غذایی اثرات مثبتی روی کارآیی مصرف آب خواهد داشت. نتایج برخی بررسی‌ها نشان داده است که همزیستی با میکوریزا به‌ویژه در شرایط حاصلخیزی پایین خاک باعث افزایش دسترسی به عناصر غذایی و انتقال بهتر آن به گیاه شده که در نتیجه افزایش عملکرد را موجب می‌شود. کلیک و همکاران (۶) نتیجه گرفتند که تلقیح با میکوریزا باعث بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و افزایش عملکرد گیاه شد. جمشیدی و همکاران (۱۸) بیان داشتند که عملکرد آفتابگردان به‌واسطه همزیستی با گونه‌های میکوریزا در شرایط تنش آبی نسبت به شرایط بدون تنش بهبود یافت. همچنین، تلقیح با میکوریزا به دلیل بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه باعث افزایش تحمل در برابر تنش کم‌آبی شد؛ به‌طوری‌که از افت زیاد عملکرد در مقایسه با گیاهان شاهد جلوگیری نمود. این محققین نتیجه گرفتند که تأثیر گونه‌های میکوریزا بر عملکرد و تحمل شدت خسارت تنش خشکی متفاوت بود؛ به‌طوری‌که قارچ *G. mosseae* قدرت همزیستی بالاتری با آفتابگردان نسبت به *G.hoi* داشت. آنها دلیل این امر را به تأثیر بیشتر این قارچ بر بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای آفتابگردان در مقایسه با دیگر گونه میکوریزا نسبت دادند که در نتیجه موجب افزایش فراهمی و دسترسی به آب برای بوته‌ها شده است.



شکل ٦- اثر تلقیح با گونه‌های میکوریزا بر کارایی مصرف آب کنجد براساس عملکرد دانه و بیولوژیک

Figure 6- Effect of inoculation with mycorrhiza species on water use efficiency based on seed and biological yield of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک برای هر صفت، براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن با یکدیگر تفاوت معنی‌داری ندارند (p≤۰/۰۵).

Means with the same letter (s) in each component have not significantly difference based on Duncan's test (p≤0.05).

با توجه به این موضوع که بهبود روش‌های مدیریت خاک همچون افزایش میزان ماده آلی، تأثیر به‌سزایی بر میزان تأثیر تلقیح با این قارچ برای گونه همزیست به همراه دارد (۱۷)، قابل ذکر است که با در نظر گرفتن معادله کارایی مصرف آب، به‌کارگیری هر عامل مدیریتی که باعث بهبود عملکرد شود، افزایش کارایی مصرف آب را به دنبال خواهد داشت. عوامل متعددی از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاه، عملکرد دانه و همچنین میزان تلفات آب از گیاه را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه کارایی مصرف آب را متأثر می‌سازند (۳۰ و ۳۴). ساجدی و ساجدی (۳۱) بیشترین میزان کارآیی مصرف آب بر حسب عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) را در شرایط استفاده از تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی برابر با ۱/۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب بدون تلقیح با میکوریزا گزارش نمودند. نامبردگان اظهار نمودند که به‌منظور دستیابی به عملکرد قابل قبول معادل با عملکرد دانه و بیولوژیک در شرایط آبیاری مطلوب، در راستای استفاده بهینه از منابع آب و عناصر غذایی، می‌توان با آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف کودهای بیولوژیک به‌ویژه میکوریزا به نتایج قابل قبولی دست یافت.

نتیجه‌گیری

از آنجا که توجه بیشتر به مدیریت خاک و به‌کارگیری عملیاتی که تنوع زیستی و جمعیت میکروبی خاک را بهبود می‌بخشد، موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک خواهد شد، لذا استفاده از هر عملیاتی که به نوعی بهبود توسعه سیستم ریشه‌ای را به دنبال داشته باشد، موجب افزایش کارایی مصرف آب و بهبود جذب عناصر غذایی می‌گردد. به‌طور کلی، نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش آبیاری خصوصیات رشدی، عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب کنجد بهبود یافت. همچنین، تلقیح با گونه‌های میکوریزا علاوه بر بهبود عملکرد و اجزای عملکرد، موجب افزایش کارایی مصرف آب گردید که در این میان تلقیح با گونه *G. mosseae* تأثیر بیشتری بر خصوصیات رشدی، عملکرد و فیزیولوژیکی کنجد نسبت به *G. intraradices* به همراه داشت. بدین ترتیب، چنین به‌نظر می‌رسد که میکوریزا علاوه بر بهبود عملکرد تحت تأثیر افزایش توسعه سیستم ریشه‌ای و در نتیجه افزاش فراهمی رطوبت و دسترسی به عناصر غذایی، می‌تواند در کاهش اثرات کمبود آبیاری در گیاه کنجد نیز تأثیر مثبتی داشته باشد.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهه طرح شماره ۱۵۲۲۷/۲ مصوب ۱۳۸۹/۴/۱ معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Alizadeh, A., and Alizadeh, A. 2007. Effects of mycorrhiza in different conditions of soil humidity on nutrient absorption in cor. Research in Agricultural Sciences 3 (1): 101-108. (in Persian with English abstract).
2. Alizadeh, A., and Kamali, G. A. 2007. Water Requirement of Crops in Iran. Astan Qods of Razavi Publication, Mashhad, Iran. (in Persian).
3. Allen, R. R., and Musik, J. T. 1993. Planting date, Water management, and maturity length relations for corn yield and water use efficiency. European Journal of Agronomy 95: 1475-1482.
4. Bolan, N. S. 1991. A critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. Plant and Soil 134: 189-207.
5. Candon, A. G., Richards, R. A., Rebetzek, G. J., and Farquhar, G. D. 2004. Breeding for high water use efficiency. Journal of Experimental Botany 55: 2447-2460.
6. Celik, I., Ortas, I., and Kilic, S. 2004. Effects of compost, mycorrhiza, manure and fertilizer on some physical properties of a chromoxerert soil. Soil and Tillage Research 78: 59-67.
7. Chanbdrakar, B. L., Sekhar, N., Tuteja, S. S., and Tripathi, R. S. 1994. Effect of irrigation and nitrogen on growth and yield of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian Journal of Agronomy 39: 701-702.
8. Dilip, K., Ajumdar, M., and Roy, S. 1991. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation, row spacing and plant population. Indian Journal of Agronomy 37: 758-762.
9. Dutta, P. K., Bandyopadhyay, P., and Maity, D. 2000. Response of summer sesame (*Sesamum indicum*) to irrigation. Indian Journal of Agronomy 54: 613-616.
10. El Naim, A. M., Ahmed, M. F., and Ibrahim, K. A. 2010. Effect of irrigation and cultivar on seed yield, yield's components and harvest index of sesame (*Sesamum indicum* L.). Research Journal of Agriculture and Biological Sciences 6 (4): 492-497.
11. Estrada-Luna, A., and Davies, A. 2003. Arbuscular mycorrhizal fungi influence water, relations, gas exchange, abscisic acid and growth of micropropagated chile ancho pepper (*Capsicum annuum*) plantlets during acclimatization and post-acclimatization. Journal of Plant Physiology 160: 1073-1083.
12. Gregory, P. T., Simond, L. P., and Pilbeam, C. J. 2000. Soil type, climatic regime and the response of water use efficiency to crop management. Journal of Agricultural Science 92: 814-820.

13. Haji Boland, R., Ali Asgharzadeh, N., and Barzegar, R. 2007. Effect of rice inoculation with two arbuscular mycorrhizal species on growth, P and K absorption and pH changes in rhizosphere. Journal of Soil and Water Sciences 21 (1): 119-129. (in Persian with English abstract).
14. Harrison, M. J. 2005. Signaling in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Annual Review of Microbiology 59:19-42.
15. Hong, Y., Yu, J. M., and Chai, K. C. 1985. Effect of drought stress on major upland crops. Research Report of the Rural Development Administration Crop, Korea Republic (C.F. Computer Res.). International Agricultural Center and International Information 27: 148-155.
16. Howell, T. A. 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. Journal of Agricultural Science 93: 281-289.
17. Htfield, J. L., Sauer, T. J., and Prueger, J. H. 2001. Managing soils to achieve greater water use efficiency. A Review Journal of Agricultural Science 93: 971-280.
18. Jamshidi, A., Ghalavand, A., Salehi, A., Zare, M., and Jamshidi, A. 2009. Effect of arbuscular mycorrhizal in yield and yield components and agronomic traits of sunflower (*Helianthus annus* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 11 (2): 136-142. (in Persian with English abstract).
19. Jouyban, Z., and Moosavi, S. G. 2012. Effect of different irrigation intervals, nitrogen and superabsorbent levels on chlorophyll index, yield and yield components of sesame. Food, Agriculture and Environment 10 (1): 360-364.
20. Kapoor, R., Giri, B., and Mukerji, K. G. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* Mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.
21. Kassab, O. M., El-Noemani, A. A., and El-Zeiny, H. A. 2005. Influence of some irrigation systems and and water regimes on growth and yield of sesame plants. Journal of Agronomy 4 (3): 220-224.
22. Keshavarz, A., and Sadeghzadeh, K. 2000. Water management in agriculture, estimated future demand for drought crisis, current situation, future prospects and strategies to optimize water use. Organization f Agricultural Research, Education and Extension, Jihad-e- Keshavarzi. (in Persian).
23. Koocheki, A., and Khajeh Hosseini, M. 2008. Modern Agronomy. Jihad-e- Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran. (in Persian).
24. Kumar, A. S., Prasad, T. N., and Prasad, U. K. 1996. Effect of irrigation and nitrogen on growth, yield/oil content, nitrogen uptake and water-use of summer sesame (*Sesamum indicum*). Indian Journal of Agronomy 41: 111-115.
25. Mehrabi, Z., and Ehsanzadeh, P. 2011. A study on physiological attributes and grain yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) cultivars under different soil moisture regimes. Journal of Crops Improvement 13 (2): 75-88. (in Persian with English abstract).
26. Oehl, F., Sieverding, E., Mader, P., Dubois, D., Ineichen, K., Boller, T., and Wiemken, A. 2004. Impact of long-term conventional and organic farming on the diversity of arbuscular mycorrhizal fungi. Oecologia 138: 574-583.
27. Pinior, A., Grunewaldt-Stocker, G., Von Alten, H., and Strasser, R. J. 2005. Mycorrhizal impact on drought stress tolerance of rose plants probed by chlorophyll fluorescence, proline content and visual scoring. Mycorrhiza 15: 596-605.
28. Rice, R., Datnoff, L., Raid, R., and Sanchez, C. 2002. Influence of vesicular-arbuscular quality in *Foenisulum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. Bioresource Technology 93: 307-311.
29. Richte, J., Stutzer, M., and Schellenberg, I. 2005. Effects of mycorrhization on the essential oil content and composition of aroma components of marjoram (*Marjorana hortensis*), thyme (*Thymus vulgaris* L.) and ajwain (*Trachyspermum carvi* L.). 36th International Symposium on Essential Oils, 4-7 September, Budapest, Hungary.
30. Ritchie, J. T., and Basso, B. 2007. Water use efficiency is not constant when crop water supply is adequate or fixed: The role of agronomic management. European Journal of Agronomy 28 (3): 273-281.
31. Sajedi, N. A., and Sajedi, A. 2009. Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. Iranian Journal of Crop Sciences 11 (3): 202-221. (in Persian with English abstract).
32. Sekhara, B. C., and Reddy, C. R. 1993. Correlation and path coefficient analysis in sesame (*Sesamum indicum* L.). Annals of Agricultural Research 14: 178-184.
33. Smith, S. E., and Read, D. J. 1996. Mycorrhizal symbiosis. 2nd Edition, Academic Press, London.
34. Soltani, A., and Faraji, A. 2007. Principles of Soil and Plant Water Relations. Jihad-e- Daneshgahi Publication, Mashhad, Iran. (in Persian).
35. Tantawy, M. M., Ouda, S. A., and Khalil, F. A. 2007. Irrigation optimization for different sesame varieties grown under water stress conditions. Journal of Applied Sciences Research 3 (1): 7-12.
36. Tilman, D., Cassman, K. G., Matson, P. A., Naylor, R., and Polaskt, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive protection practices. Nature 418: 671-677.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 448-460

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۶۰-۴۴۸

Effect of Mycorrhiza Symbiosis on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Affected by Different Irrigation Regimes in Mashhad Condition

A. Koocheki[1*]- S. Bakhshaie[2]- S. Khorramdel[3]- V. Mokhtari[2]- Sh. Taher Abadi[4]

Received: 12-03-2012
Accepted: 20-08-2013

Introduction

Plant association with mycorrhiza has been considered as one of the options to improve input efficiency particularly for water and nutrient - (Allen and Musik, 1993; Bolan, 1991). This has been due to kncreasing the absorbing area of the root and therefore better contact with water and nutrients. Inoculation with mycorrhiza enhances nutrient uptake with low immobility such as phosphorus and solphur-, improve association and could be an option to drought and other environmental abnormalities such as salinity (Rice et al., 2002). Moreover, higher water use efficiency (WUE) for crops -has been reported in the literatures (Sekhara and Reddy, 1993).The sustainable use of scarce water resources in Iran is a priority for agricultural development. The pressure of using water in agriculture sector is increasing, so creating ways to improve water-use efficiency and taking a full advantage of available water are crucial.

Water stress reduce crop yield by impairing the growth of crop canopy and biomass. Scheduling water application is very crucial for efficient use of drip irrigation system, as excessive irrigation reduces yield, while inadequate irrigation causes water stress and reduces production.

The aim of present study was to evaluate the symbiotic effect of mycorrhiza on yield, yield components and water use efficiency of sesame under different irrigation regimes in Mashhad.

Material and Methods

In order to investigate the impact of inoculation with two species of Arbuscular mycorrhiza fungi on yield, yield components and water use efficiency (WUE) of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different irrigation regimes, an experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications during two growing seasons 2009-2010 and 2010-2011 at the Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.. The experimental factors were three irrigation regimes include 2000, 3000 and 4000 m^3 ha^{-1}, inoculation with two species of mycorrhiza fungi (*Glomus mosseae* and *G. intraradices*) and control allocated to the main and sub plots, respectively.

Results and Discussion

Results showed that the effect of irrigation regimes were significant ($p \leq 0.05$) on yield components except 1000-seed weight, biological yield, seed yield, harvest index (HI) and WUE based on biological yield and seed yield. By increasing the irrigation level from 2000 to 4000 m^3 ha^{-1} biological and seed yield enhanced up to 52% and 118%, respectively. Increasing the irrigation level from 2000 to 4000 m^3 ha^{-1} also improved WUE based on seed yield up to 22%. Inoculation with mycorrhiza species had significant effect on yield components, biological yield, seed yield, HI and WUE based on biological yield and seed yield $P \leq 0.05$). Inoculation with *G. mosseae* improved seed yield compared to *G. intraradices* and control with 7 and 12%, respectively. These improvement of WUE based on seed yield were 7% and 24%, respectively. In general, mycorrhiza inoculation enhanced WUE through root system development and nutrient availability as this effect for *G. mosseae* was higher than *G. intraradices*.

Conclusions

Yield and yield components of sesame were generally more responsive to irrigation level under mycorhiza inoculation. Sesame yield and its components were significantly affected by irrigation treatments. Increase the

1, 2, 3 and 4- Professor, PhD student in Agroecology, Graduated student in Agronomy and Assistant Professor in Agronomy Department respectively, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

irrigation level enhanced biological and seed yield- and also improved WUE. The water was used more efficiently in the deficit irrigation treatments where WUE increased with lower amounts of water. Inoculation with *G. mosseae* improved seed yield compared to *G. intraradices* and control. Mycorrhiza inoculation enhanced WUE due to root system development and nutrient availability. These results highlight the importance of determining the interaction effects between water level and mycorrhiza inoculation on yield of sesame to formulate proper management practices for sustainable production.

Keywords: Mycorrhiza symbiosis, Oil crop, Root system development, Sustainable agriculture

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۷۰-۴۶۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 461-470

عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب پنج رقم سورگوم (*Sorghum bicolor*) تحت رژیم‌های مختلف آبیاری در کرمان

حمید وحیدی[۱]- غلامرضا خواجویی نژاد[۲]- عباس رضائی استخروئیه[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۰/۱۲
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

برای مقابله با کمبود آب آبیاری، دستیابی به ارقام متحمل به کم‌آبی گیاهان ضروری است. به‌منظور بررسی تأثیر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزاء عملکرد پنج رقم سورگوم، در بهار ۱۳۹۰ تحقیقی انجام شد. این تحقیق در مزرعه دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در سه تکرار اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل سه رژیم آبیاری، I_1، I_2 و I_3 به‌ترتیب آبیاری پس از تبخیر ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر از تشت کلاس A و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم سورگوم به نام‌های اسپیدفید، پگاه، پیام، سپیده و کیمیا بودند. جهت تعیین نیاز آبی گیاه از لایسیمتر زهکش‌دار استفاده گردید. نتایج نشان داد رژیم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد دانه ارقام سورگوم تأثیر معنی‌داری نداشتند. عملکرد دانه، در رقم سپیده بالاترین مقدار (۷۸۰۶ کیلوگرم در هکتار) و در رقم پیام کمترین مقدار (۴۷۲۱/۹ کیلوگرم در هکتار) را دارا بود. رقم پگاه با ۳۰۳۶۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد بیولوژیک و رقم پیام با ۱۲۸۶۵ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بیولوژیک را به‌خود اختصاص دادند. بالاترین کارآیی مصرف آب عملکرد دانه و بیولوژیک به‌ترتیب ۱/۱۲ و ۴/۳۴ کیلوگرم بر متر مکعب آب، در رقم‌های سپیده و پگاه به‌دست آمد. حداقل نیاز آبی عملکرد دانه و بیولوژیک به‌ترتیب برابر با ۰/۹۱ و ۰/۲۹ متر مکعب آب بر کیلوگرم برای ارقام سپیده و اسپیدفید به‌دست آمد. در مجموع رقم سپیده مناسب‌ترین رقم برای تولید دانه در منطقه کرمان شناخته شد.

واژه‌های کلیدی: تبخیر- تعرق، تنش خشکی، شاخص برداشت، کم‌آبیاری، نیازآبی گیاه

مقدمه

خشکسالی یکی از مهمترین تنش‌های محیطی است که عملکرد محصولات کشاورزی را با محدودیت مواجه می‌سازد (۲۴). این مشکل در مناطقی مانند ایران حائز اهمیت بوده و لزوم استفاده صحیح از منابع آبی را امری اجتناب ناپذیر ساخته است. گیاهان زراعی در طول دوره رشد خود دائماً در معرض کمبود آب قرار دارند (۲۲). دراین میان سورگوم با دارا بودن صفاتی مانند روزنه‌های کوچک، قابلیت پیچش برگ‌ها، کنترل روزنه‌ها به گستره وسیعی از شرایط محیطی سازگاری دارد (۱۵).

عملکرد، حاصل‌ضرب چند جزء می‌باشد که اجزاء عملکرد نامیده می‌شوند. اجزاء عملکرد تحت تأثیر اعمال مدیریت، ژنوتیپ و محیط قرار گرفته و غالباً ما را در توجیه علت تغییر عملکرد یاری می‌رسانند (۱). شرایط محیطی موجود در زمان توسعه هر جزء عملکرد، بر سهم آن جزء از عملکرد اثر می‌گذارد. کاهشی که در یک جزء به علت شرایط محیطی نامساعد به‌وجود می‌آید پس از رفع تنش در صورت امکان به‌طور قابل ملاحظه‌ای توسط اجزاء بعدی جبران می‌گردد. با این حال جبران اجزاء عملکرد کامل نبوده و به ژنوتیپ گیاه، شدت کمبود آب و مرحله حادث شدن تنش بستگی دارد (۱۳). کمبود آب می‌تواند اثرات منفی بر عملکرد دانه سورگوم داشته باشد (۲۴).

در یک تحقیق اثر دو رقم پابلند و پا کوتاه سورگوم علوفه‌ای (*Sorghum bicolor*) با سطوح مختلف آبیاری در دو برداشت متوالی تابستانه و پاییزه مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد علوفه خشک و خصوصیات مورفولوژیک با تغییر میزان آب آبیاری از

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، بخش مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۲- دانشیار، بخش مهندسی زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
۳- استادیار، بخش مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: rezaei@mail.uk.ac.ir

۱۸۰ به ۲۵۰ میلی‌متر، اختلاف معنی‌داری نداشتند (۲۳). در تحقیق دیگری کاهش عملکرد دانه و علوفه هشت ژنوتیپ سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) تحت تأثیر سطوح مختلف کم آبی گزارش شد (۹). معاونی و حیدری (۱۴) سورگوم علوفه‌ای رقم اسپیدفید را در سه دور آبیاری ۴، ۷ و ۱۰ روزه، مورد بررسی قرار دادند. نتایج به‌دست آمده نشان داد که علوفه‌ی تر در سطوح آبیاری مختلف، در یک گروه آماری قرار داشتند.

گیاهانی که کارآیی مصرف آب بالاتری دارند در مواجه با خشکی شانس بقای بیشتری دارند (۱۲). کارآیی مصرف آب اساساً صفتی است که از توانایی گیاه برای تولید بالقوه مشتق شده است و ممکن است با شرایط محیطی (رژیم آبی) بر هم کنش داشته باشد (۷). کارآیی مصرف آب سورگوم علوفه‌ای در مدیریت‌های مختلف آبیاری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد با وجود یکسان بودن حجم آب آبیاری، تفاوت معنی‌داری در میزان عملکرد علوفه خشک به‌دست آمد (۱۹). افزایش معنی‌داری در کارآیی مصرف آب سورگوم با توجه به رقم و مقدار آب مشاهده می‌شود (۱۶). کارآیی مصرف آب سورگوم را در یک خاک لومی رسی به‌طور متوسط ۱/۴۶ کیلوگرم دانه بر متر مکعب گزارش شده است (۲۱). امام و همکاران (۴) اثر تنش خشکی و سطوح نیتروژن را بر عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای بررسی کردند. نتایج نشان داد تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ارتفاع بوته، شاخص برگ، وزن تر بوته، وزن خشک برگ و ساقه و عملکرد علوفه گردید و این کاهش در سطوح بالاتر تنش خشکی، شدیدتر بود.

با توجه به پژوهش‌های انجام شده، مصرف بهینه آب براساس نیازهای واقعی گیاه و شرایط اقلیمی، می‌تواند نقش مؤثری در افزایش کارآیی مصرف آب گیاه داشته باشد. هدف از انجام این تحقیق، بررسی عملکرد دانه و کارآیی مصرف آب ارقام سورگوم در رژیم‌های مختلف آبیاری در منطقه کرمان بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۱۷۵۳/۸ متر ارتفاع از سطح دریا، اجرا شد. براساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۴، میانگین دما در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی سالانه ۳۲ درصد و اقلیم کرمان براساس روش دومارتن، نیمه خشک می‌باشد (۲). اطلاعات هواشناسی منطقه و نتایج آزمون خاک مزرعه در جداول ۱ و ۲ آمده است. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. کرت‌های اصلی شامل سه رژیم آبیاری (آبیاری پس از تبخیر ۵۰، ۸۰ و ۱۱۰ میلی‌متر از تشت تبخیر کلاس A) و کرت‌های فرعی شامل پنج رقم سورگوم (اسپیدفید، پگاه، پیام، سپیده و کیمیا) بودند.

پس از آماده‌سازی زمین، کود مورد نیاز براساس آزمون خاک به زمین اضافه شد. برای کشت گیاه، طول خطوط برابر ۶/۸ متر، عرض هر کرت فرعی و اصلی به‌ترتیب برابر ۲/۷۶ و ۱۳/۸ متر انتخاب شد. بنابراین کرت‌های اصلی به ابعاد ۱۳/۸متر × ۶/۸ متر، معادل ۹۳/۸۴ متر مربع با فاصله ۱/۵ متری از یکدیگر در نظر گرفته شدند. جهت جلوگیری از نشت آب، از کرتی به کرت مجاور، فاصله دو متری بین تکرارها رعایت شد. در هر کرت فرعی چهار ردیف با فاصله ۶۵ سانتی‌متر از یکدیگر ایجاد شد. در تاریخ ۳۰ اردیبهشت، بذر ارقام مختلف سورگوم به‌صورت کپه‌ای (در هر کپه سه بذر) به فاصله ۱۰ سانتی‌متر از یکدیگر روی پشته‌ها کشت گردید.

جدول ۱- اطلاعات هواشناسی ایستگاه سینوپتیک کرمان، ۱۳۹۰

Table 1- Meteorological data in synoptic Kerman station, 2011

ماه Month	میانگین دما Mean temperature (°C)	رطوبت نسبی Relative humidity %	بارندگی Rainfall (cm)	تبخیر Evaporation (cm month^{-1})	ساعات آفتابی Sunny hours (hr month^{-1})
اردیبهشت April-May	21.9	26.9	0	31.75	300.3
خرداد May-June	26.7	21.0	0	41.16	339.3
تیر June-July	27.6	21.4	0	44.71	321.8
مرداد July-August	26.3	23.3	0	40.12	354.4
شهریور August-September	23.1	28.6	0	31.63	320.8

جدول ۲- تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

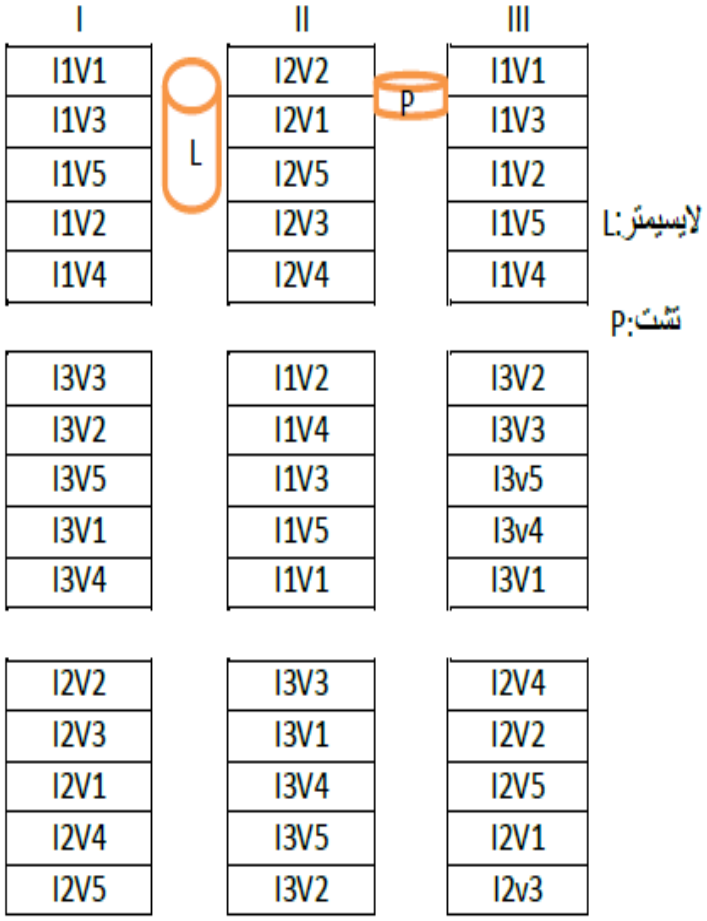
Table 2- Physical and chemical analysis of farm soil

بافت خاک Soil texture	شن Sand %	سیلت silt %	رس clay %	K meq lit^{-1}	Na meq lit^{-1}	Ca meq lit^{-1}	pH	EC dS m^{-1}
لوم رسی Clay Loam	35.6	26	38.4	44	9.12	21.9	7.69	8.34

پس از استقرار کامل گیاه، با دست تنک شده و تراکم ۱۵۰۰۰۰ بوته در هکتار حاصل شد. همه کرت‌ها تا سبز شدن کامل، به‌طور یکنواخت آبیاری و سپس از مرحله ۴ تا ۵ برگی، تیمارها اعمال شدند. برای تعیین نیاز آبی گیاه، از لایسیمتر بیلان آبی (زهکش‌دار) موجود در مزرعه استفاده گردید. براساس تبخیر- تعرق تجمعی انجام شده در لایسیمتر، آب مورد نیاز از رابطه ۱ محاسبه و با شیلنگ و کنتور حجمی در هر کرت اصلی مصرف شد.

$$V_W = \frac{S_a * V_L}{S_L} \qquad (۱)$$

در معادله ۱: Vw: حجم آب مورد نیاز کرت اصلی، Sa: مساحت کرت اصلی، VL: حجم آب مصرفی لایسیمتر و SL: مساحت لایسیمتر می‌باشد. جانمایی طرح در شکل ۱ آمده است.



شکل ۱- جانمایی طرح

Figure 1- Layout plan

در مجاورت لایسیمتر، تشت تبخیر کلاس A تعبیه گردید، تا هم‌زمان تبخیر از سطح آزاد آب اندازه‌گیری شود. دور آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشت تعیین و ارتفاع آب آبیاری براساس آب مصرف شده در لایسیمتر و مطابق رژیم‌های آبیاری انتخاب شد. عملیات داشت (وجین علف‌های هرز، مبارزه علیه آفت شته سبز و غیره) در دو مرحله، آبیاری و مراقبت علیه پرندگان تا رسیدگی فیزیولوژیک دانه‌ها انجام گرفت. در ۱۵ مهر ماه، با رعایت حاشیه، چهار متر مربع از دو خط میانی انتخاب شد. جهت تعیین عملکرد دانه و بیولوژیکی، نمونه‌های پانیکول بوته‌ها و ساقه‌ها از این سطح برداشت شد. نمونه‌ها با ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم) توزین شده و به مدت ۴۸ ساعت با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون حرارت داده شدند. پس از خشک شدن جهت تعیین وزن خشک هر نمونه، مجدداً توزین انجام شد.

برای محاسبه کارآیی مصرف آب دو اصطلاح مورد استفاده گرفت: الف- کارآیی مصرف آب (WUE) که عبارت است از نسبت محصول (عملکرد دانه یا عملکرد بیولوژیک) به تبخیر-تعرق و از رابطه ۲ به‌دست می‌آید.

$$WUE = \frac{Y}{ET_p} \qquad (۲)$$

در معادله ۲: WUE: کارآیی مصرف آب ($kg\ m^{-3}$)، Y: مقدار محصول (دانه یا کل ماده خشک) ($kg\ ha^{-1}$) و ETp: آب مصرف شده توسط گیاه ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد.

ب – کارآیی مصرف آب آبیاری (IWUE) عبارت است از نسبت محصول به آب آبیاری که طبق رابطه ۳ محاسبه شد.

$$IWUE = \frac{Y}{IR} \qquad (۳)$$

در معادله ۳: IWUE : کارآیی مصرف آب آبیاری، Y: مقدار محصول (دانه یا کل ماده خشک) ($kg\ ha^{-1}$) و IR: مقدار آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد (۱۷).

اگر در فصل رشد بارندگی وجود داشته باشد، مقدار آب آبیاری کمتر از تبخیر- تعرق خواهد بود. در زمان اجرای این تحقیق، بارندگی وجود نداشت، کرت‌های آزمایشی محصور بوده و روان آب سطحی نیز وجود نداشت بنابراین فرض می‌شود که تمام آب آبیاری به مصرف تبخیر- تعرق رسیده و کارآیی مصرف آب با کارآیی مصرف آب آبیاری برابر در نظر گرفته شد. مقدار آبی که گیاه در طول دوره رشد خود مصرف می‌کند تا مقدار معینی محصول تولید کند، نیاز آبی نامیده می‌شود (۱۲). نیاز آبی برای هر دو عملکرد دانه و بیولوژیک از روابط ۴ تا ۶ به‌دست آمد.

$$WR = \frac{ET_P}{Y} \qquad (۴)$$

$$WR = \frac{IR}{Y} \qquad (۵)$$

$$WR = \frac{1}{WUE} \qquad (۶)$$

در این روابط: WR: نیاز آبی ($m^3\ kg^{-1}$)، ETp: تبخیر – تعرق گیاه ($m^3\ ha^{-1}$)، Y: ماده خشک تولید شده (دانه یا کل ماده خشک) ($kg\ ha^{-1}$) و IR: آب آبیاری ($m^3\ ha^{-1}$) می‌باشد.

جهت محاسبات آماری از نرم‌افزار SAS(v.9.1) و جهت مقایسه میانگین‌ها از روش آزمون دانکن استفاده گردید. سطح احتمال به‌کار رفته در کلیه تجزیه و تحلیل‌ها پنج درصد بود.

نتایج و بحث

تأثیر رژیم‌های آبیاری بر صفات مورد مطالعه

نتایج تجزیه وتحلیل صفات مورد مطالعه در جداول ۳ و ۴ آمده است. تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر صفات از لحاظ آماری غیر معنی‌دار بود. همچنین حجم یکسان آب آبیاری و مصرف متعادل آن در رژیم‌های مختلف، طی مراحل رشد و نمو گیاه می‌باشد. در رژیم‌های I_3 و I_2 به دلیل ظرفیت بالای نگهداری آب، توسط خاک و نیز عدم وجود نفوذ عمقی از منطقه ریشه، فاصله زیادتر بین دو آبیاری، تأثیر چندانی بر عملکرد گیاه نداشت. برای بررسی تأثیر کمبود آب بر عملکرد گیاهان زراعی مطالعات زیادی انجام شده است. نتایج این تحقیقات نشان می‌دهد که میزان تأثیر کمبود آب (تنش خشکی) بر عملکرد دانه به سه عامل، مرحله نمو گیاه در هنگام وقوع کمبود، شدت کمبود و همچنین طول مدت کمبود بستگی دارد (۵ و ۲۰). از دیگر عوامل می‌توان به سیستم ریشه‌ای افشان، بسیار توانمند، گسترده و مقاومت به خشکی این گیاه (۸ و ۲۴) و فاصله کم دور آبیاری (۶) اشاره نمود. کلاک (۱۱) نشان داد که عملکرد سورگوم دانه‌ای به‌ازای ۷۲ درصد کاهش آب آبیاری تنها ۸ درصد کاهش یافت. در تحقیقات مشابه‌ای با کاهش ۱۰ درصدی تبخیر-تعرق، تغییری در عملکرد دانه گیاه سورگوم مشاهده نشد (۸).

تأثیر ارقام مختلف سورگوم بر صفات مورد مطالعه

عملکرد دانه

ارقام سورگوم به دو دسته علوفه‌ای و دانه‌ای تقسیم می‌شوند. در هر دو گروه تولید دانه اهمیت زیادی دارد. عملکرد دانه برای ارقام مختلف در سطح یک درصد با هم اختلاف معنی‌دار داشتند (جدول ۳).

جدول۳- تجزیه واریانس عملکرد، کارآیی مصرف آب، نیازآبی گیاه و شاخص برداشت در تیمارهای مختلف

Table 3- Analyses of variance yield, water use efficiency (WUE), crop water requirement (CWR) and harvest index in different treatment

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	عملکرد Yield		کارآیی مصرف آب WUE		نیاز آبی CWR		شاخص برداشت Harvest Index
		دانه Grain	بیولوژیک Biological	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
تکرار Repeat	2	1868372.64^{ns}	23587384^{ns}	0.04^{ns}	0.48^{ns}	0.05^{ns}	0.005^{ns}	0.0009^{ns}
آبیاری Irrigation	2	520077.44^{ns}	3205970^{ns}	0.01^{ns}	0.06^{ns}	0.03^{ns}	0.001^{ns}	0.0013^{ns}
خطای اصلی Main Error	4	972903.89	8498167	0.02	0.17	0.05	0.006	0.0005
ارقام Cultivar	4	11746543.8**	398486203**	0.24**	8.15**	0.41**	0.132**	0.0854**
رقم×آبیاری Irri*Cult	8	1462432.33^{ns}	9168840$^{n.s}$	0.03^{ns}	0.19^{ns}	0.06^{ns}	0.005^{ns}	0.0002^{ns}
خطای فرعی Minor Error	24	754909.62	827393	0.01	0.17	0.04	0.002	0.0005
ضریب تغییرات Cv		14.59	13.8	14.59	13.8	15.93	14.02	7.09

** و ns معنی‌داری تیمارها در سطح احتمال ۱٪ و عدم تفاوت معنی‌دار.

** and ns are significant at one percent and non- significant.

در بین ارقام، سپیده با تولید ۷۸۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار دانه بیشترین و پیام با عملکرد ۴۷۲۱/۹ کیلوگرم در هکتار کمترین مقدار را دارا بود (جدول ۴). بهشتی و بهبودی فرد عملکرد دانه برای سورگوم رقم سپیده را برابر با ۲۸۸۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که نسبت به نتایج این تحقیق کمتر می‌باشد (۳). سورگوم‌های علوفه‌ای (اسپیدفید و پگاه) تولید دانه متوسطی را دارا بودند، که می‌توان از آن‌ها برای کشت دو منظوره استفاده کرد. عملکرد دانه رقم کیمیا در شرایط بدون تنش ۴۱۴۴ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۲۴) که از میانگین عملکرد این آزمایش (۵۸۵۰/۶ کیلوگرم در هکتار) کمتر می‌باشد. عملکرد دانه ارقام پیام، سپیده و کیمیا با آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت به‌ترتیب برابر ۵۰۹۰، ۶۴۸۰ و ۲۹۵۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (۱۸).

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که عملکرد بیولوژیک ارقام در سطح یک درصد اختلاف معنی‌داری داشتند. رقم پگاه حداکثر تولید (۳۰۳۶۵ کیلوگرم در هکتار) و پیام حداقل تولید (۱۲۸۶۵ کیلوگرم در هکتار) را به‌خود اختصاص داد (جدول ۴). در آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A، عملکرد بیولوژیک ارقام پیام، سپیده و کیمیا به‌ترتیب ۱۶۱۱۰، ۱۸۱۹۰و ۱۸۵۴۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (۸). بهشتی و بهبودی فرد عملکرد بیولوژیک برای سورگوم رقم سپیده را برابر با ۲۰۷۹۰ کیلوگرم در هکتار گزارش کردند که نزدیک به نتایج این آزمایش می‌باشد (۳). عملکرد گزارش شده در رقم پیام کمتر و در بقیه ارقام مساوی با یافته این پژوهش می‌باشند. عملکرد بیولوژیک کیمیا در رژیم آبیاری بدون تنش (با تراکمی بیشتر از این آزمایش) ۱۰۳۹۰ کیلوگرم در هکتار اعلام گردید (۲۴) که از یافته این پژوهش کمتر می‌باشد.

شاخص برداشت

شاخص برداشت ارقام در سطح یک درصد معنی‌دار گردید (جدول ۳). بیشترین شاخص برداشت متعلق به رقم سپیده با ۴۳ درصد و کمترین آن مربوط به رقم پگاه با ۱۸ درصد بود (جدول ۴). بهشتی و بهبودی فرد (۱۳۸۹) شاخص برداشت برای سورگوم رقم سپیده را برابر با ۱۳/۹۶ گزارش کردند که نسبت به نتایج این تحقیق کمتر است (۳). شاخص برداشت حداکثری در سپیده به واسطه عملکرد دانه زیاد (۷۸۰۶/۷ کیلوگرم درهکتار) نسبت به عملکرد بیولوژیک آن است. رقم پیام با ۳۷ درصد شاخص برداشت در رده دوم قرار داشت. شاخص برداشت کم در رقم پگاه به دلیل عملکرد کل حداکثری این گیاه است، رزمی و قاسمی (۱۸) شاخص برداشت کمتری را برای ارقام سورگوم دانه‌ای نسبت به این تحقیق گزارش نمودند.

جدول ٤- مقایسه میانگین عملکرد، کارآیی مصرف آب، نیازآبی گیاه و شاخص برداشت در ارقام مختلف

Table 4- Mean comparisons of yield, water use efficiency (WUE), crop water requirement (CWR) and harvest index in different cultivars

ارقام Cultivars	عملکرد Yield (kg ha^{-1})		کارآیی مصرف آب WUE (kg m^{-3})		نیاز آبی CWR (m^3 kg^{-1})		شاخص برداشت Harvest Index
	دانه Grain	بیولوژیک Biological	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
اسپیدفید Speedfeed	5951.1^{b}	24153^{b}	0.85^{b}	3.45^{b}	1.21^{b}	0.29^{c}	25^{d}
پگاه Pegah	5444.4^{bc}	30365^{a}	0.78^{b}	4.34^{a}	1.32^{a}	0.23^{d}	18^{e}
پیام Payam	4721.9c	12865^{d}	0.86^{b}	2.33^{c}	1.12^{bc}	0.42^{a}	37^{b}
سپیده Sepideh	7806.7^{a}	18298^{c}	1.12^{a}	2.62^{c}	0.91^{c}	0.39^{b}	43^{a}
کیمیا Kimia	5850.6^{b}	18529^{c}	0.84^{b}	2.65^{c}	1.24^{b}	0.39^{b}	31^{c}

در هر ستون حروف مشابه نشانگر عدم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ براساس آزمون دانکن می‌باشد.

Means followed by the same letters in each parameter are not significantly different at five percent level of probability, according to Duncan's Test.

اما یونسی و همکاران (۲۴) در تیمار آبیاری کامل، شاخص برداشت ۳۹/۸۵ را برای رقم کیمیا (با تراکم بوته بیشتر از این طرح) گزارش نمودند. تراکم بوته می‌تواند عاملی برای بیشتر شدن شاخص برداشت باشد، که به واسطه رقابت بر سر جذب عناصر معدنی بین دانه‌ها و اندام رویشی ایجاد می‌شود.

کارآیی مصرف آب و نیاز آبی ارقام سورگوم

کارآیی مصرف آب عملکرد دانه: کارآیی مصرف آب عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بالاترین کارآیی برابر ۱/۱۲ را رقم سپیده و کمترین آن را اسپیدفید و پیام به‌ترتیب ۰/۸۵ و ۰/۸۶ (kg m^{-3}) به‌خود اختصاص دادند (جدول ۴). در تحقیقی، کارآیی مصرف آب برای ارقام پیام، سپیده و کیمیا به‌ترتیب معادل ۱/۰۸، ۱/۳۸ و ۰/۶۲ کیلوگرم دانه تولید شده به‌ازای هر مترمکعب آب مصرفی به‌دست آمد (۱۸). که همگی مشابه نتایج این آزمایش می‌باشند. کارآیی مصرف آب دانه برای رقم اسپیدفید در تیمارهای ۱۰۰ درصد و ۶۰ درصد نیاز آبی به‌ترتیب برابر با ۱/۲۱ و ۱/۷۸ کیلوگرم بر مترمکعب گزارش شد (۱۰). هاول و همکاران در آبیاری کامل و ۵۰ درصد تبخیر تعرق پتانسیل، کارآیی مصرف آبی معادل ۱/۴۵ و ۱/۶۴ کیلوگرم بر مترمکعب را برای سورگوم دانه‌ای در اسپانیا گزارش کردند (۸)، که از میانگین این پژوهش بیشتر است. زیاد بودن تبخیر در منطقه کرمان می‌تواند دلیل این امر باشد. کارآیی مصرف آب سورگوم در یک خاک لومی رسی به‌طور متوسط ۱/۴۶ کیلوگرم بر متر مکعب گزارش شده است (۲۱).

کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک

کارآیی مصرف آب عملکرد بیولوژیک در بین ارقام اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ایجاد کرد (جدول ۳). بیشترین کارآیی متعلق به رقم پگاه ۴/۳۴ و کمترین آن متعلق به رقم پیام ۲/۳۳ (kg m^{-3}) بود (جدول ۴). سورگوم به دلیل این‌که در گروه گیاهان چهار کربنه قرار دارد، توان تولید و ماده خشک بالا و کارآیی مصرف آب زیادی دارد. اختلافاتی نیز در ارقام مختلف سورگوم در این مورد مشاهده گردیده است (۱۲). بالا بودن راندمان مصرف آب آبیاری در دو رقم اسپیدفید و پگاه نسبت به سایر ارقام به دلیل رشد اولیه سریع برگ‌ها و کاهش تبخیر از سطح خاک می‌باشد. سعید و نادی اظهار نمودند: اعمال مقادیر مساوی ارتفاع آب تحت سه مدیریت دور آبیاری (کم، متوسط و زیاد) درکارآیی مصرف آب گیاه سورگوم علوفه‌ای تفاوت معنی‌داری نداشت (۱۹).

نیاز آبی عملکرد دانه

نیاز آبی براساس عملکرد دانه در بین ارقام، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ایجاد کرد (جدول ۳). این اختلاف با کمترین مقدار برای رقم سپیده ۰/۹۱ و بیشترین مقدار برای پگاه ۱/۳۲ (m^3 kg^{-1}) ثبت گردید (جدول ۴). نیازهای آبی به‌دست آمده نشان می‌دهد که سپیده مناسب‌ترین رقم جهت تولید دانه در مناطق خشک می‌باشد.

نیاز آبی عمکرد بیولوژیک

نیاز آبی عملکرد بیولوژیک در بین ارقام، اختلاف معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ایجاد کرد (جدول ۳). این صفت با کمترین مقدار برای رقم پگاه ۰/۲۳ و بیشترین مقدار برای رقم پیام ۰/۴۲ ($m^3\ kg^{-1}$) ثبت گردید (جدول ۴). جالب توجه این‌که رقم پگاه از لحاظ نیاز آبی در تولید عملکرد بیولوژیک، کارآمد ولی در تولید دانه ناکارآمد است. عملکرد کم دانه در رقم پگاه احتمالاً به دلیل محدود بودن مخزن یا همان دانه در جهت پذیرش مواد فتوسنتزی ذخیره شده در برگ‌ها و انتقال مجدد این مواد می‌باشد.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده در این تحقیق، رقم سپیده، با عملکرد دانه برابر با ۷۸۰۶/۷ کیلوگرم در هکتار و کارآیی مصرف آب دانه برابر با ۱/۱۲ کیلوگرم بر متر مکعب آب مصرفی مناسب منطقه معرفی می‌گردد. احتمالاً کاهش تولید ماده خشک در اندام‌های هوایی و تخصیص بیشتر فرآورده‌های فتوسنتزی به تولید دانه باعث بالا بودن عملکرد و کارآیی مصرف آب دانه این رقم گردیده است. در صورتی‌که هدف از کشت سورگوم، عملکرد بیولوژیک بوده و هدف دست‌یابی به کمترین نیاز آبی برای عملکرد بیولوژیک گیاه سورگوم در منطقه باشد، رقم پیشنهادی این پژوهش، رقم پگاه با نیاز آبی برابر با ۰/۲۳ مترمکعب آب برای تولید یک کیلوگرم عملکرد بیولوژیک می‌باشد. در این تحقیق کم‌آبیاری از طریق اختلاف در دور آبیاری اعمال شد. پیشنهاد می‌شود که در تحقیقات بعد، کم‌آبیاری از طریق تفاوت در مقدار ارتفاع آب در هر آبیاری و یا تلفیق این دو اعمال گردد.

Reference

1. Baghkhani, F. 2007. Effect of drought stress on yield and yield components and evaluation of tolerance indices of spring safflower varieties. M.Sc. thesis. Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman. 147 p. (in Persian).
2. Bakhtiari, B., Liaghat, A., Khalili, A., and Kjanjani, M. J. 2010. Evaluation of Two Hourly Combination Models for Estimation of Grass Reference Evapotranspiration (Case study: Climate of Kerman). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 13 (50): 13-26. (in Persian with English abstract).
3. Beheshti, A., and Behbodifard, B. 2010. Dry Matter Accumulation and Remobilization in Grain Sorghum Genotypes (Sorghum bicolor L. Moench) under Normal and Water Stress Conditions. Journal of Iranian Field Crop Research 8 (4): 717-725. (in Persian with English abstract).
4. Emam, Y., Maghsoudi, K., and Moghimi, N. 2014. Effect of Water Stress and Nitrogen Levels on Yield of Forage Sorghum. Journal of Crop Production and Processing 3 (10): 145-155. (in Persian with English abstract).
5. Gupta, U. S. 1940. Physiological aspects of dryland farming. New Delhi: Oxford and IBH Pub. Co. 391p.
6. Haji Hasani Asl, N., Moradi Aghdam, A., Shiranirad, A. H., Hosseini, N., and Rasaeifar, M. 2010. Effect of drought stress on forage yield and agronomical characters of millet, sorghum and cron in delay cropping. Journal of Crop Production Research 2 (1): 63-74. (in Persian with English abstract).
7. Hall, A. E., Richards, R. A., Condon, A. G., Wright, C. G., and Farquhar, G. D. 1994. Carbon isotope discrimination and plant breeding. Plant Breeding Reviews 12: 81-113.
8. Howell, T. A., Tolk, J. A., Evett, S. R., Copeland, K. S., and Dusek, D. A. 2007. Evapotranspiration of Deficit Irrigated Sorghum. Texas Experiment Station Field Day Handout, pp: 32-39.
9. Ibrahim, Y. M. 1995. Response of sorghum genotypes to different water levels. Sprinkler irrigation Annals of Arid zone, 34: 287-288.
10. Keykhaei, F., Ganji Khorramdel, N., Farzanjo, M., Keykha, G. H., Saghafi K., and Keykha, M. 2010. Deficit irrigation impact on crop yield and water use efficiency of forage sorghum in Sistan region. Journal of Water Research in Agriculture 24 (1): 41-49. (in Persian with English abstract).
11. Klocke, N. 2009. Corn and Grain Sorghum Production with Limited Irrigation. 21st Annual central plains irrigation conference, Kansas, Feb 24-25.
12. Maghsoudi Moud, A. A. 2008. Physiological, Morphological and Anatomical Bases of Drught Tolerance in Wheat. Shahid Bahonar University of Kerman Publications. 233p. (in Persian).
13. Matthews, K. B., Reddy, D. M., Rani, A. U., and Peacock, I. M. 2004. Response of four sorghum lines to midseason drought. I. Growth, water use and yield. Field Crop Research 25: 279-296.
14. Moaveni, P., and Heidari, U. 2005. Study of plant density and irrigation intervals on grain yield and some physiological traits in forage sorghum. Iranian Journal of Crop Science 6 (4): 374-382. (in Persian with English abstract).
15. Noor-mohammadi, Gh., Siadat, A., and Kashani, A. 2005. Grain Farming, vol 1. Ahwaz University Press, 446. (in Persian).

16. Onken, A. B., Wendt, C. W., Payne, W. A., and Drew, M. C. 1992. Soil phosphorus availability and pearl millet water use efficiency. Crop Science 32: 1010-1015.
17. Payero, J. O., Tarkalson, D. D., Irmak, S., Davison, D., and Petersen, J. L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use efficiency and dry mass. Agricultural Water Management 96: 1387-1397.
18. Razmi, N., and Chasmi, M. 2007. Effect of different irrigation regimes on growth, grain yield and its components of grain sorghum (*Sorghum bicolor* L.) cultivars under Isfahan conditions. Iranian Journal of Crop Sciences 9 (2): 169-183. (in Persian with English abstract).
19. Saeed, I. A. M., and EL-Nadi, A. H. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrigation Science 18: 67-71.
20. Stout, D. G., Kannangara, T., and Simpson, G. M. 1978. Drought resistance of sorghum bicolor.1: Drought avoidance mechanisms related of leaf water status. Canadian Journal of Plant Science 98: 213-224.
21. Tolk, J. A. and Howell, T. A. 2003. Water use efficiencies of grain sorghum grown in three USA southern Great Plains soils. Agricultural Water Management 59: 97-111.
22. William, G., Hopkins Norman, P., and Huner, A. 2008. Introduction to Plant Physiology (4_{th}ed). University of Western Ontario, Willey, 528p.
23. Yosef, E., Carmi, A., Nikbacht, M., Zenou, A., Umiel, N., and Miron, J. 2009. Characteristics of tall versus short-type varieties of forage sorghum grown under two irrigation levels, for summer and subsequent fall harvest, and digestibility by sheep of their silage. Animal feed Science and Technology 152: 1-11.
24. Younesi, O., Sharifzadeh, F., and Ahmadi, A. 2010. Effect of Irrigation Regime on Grain Yield, Yield Components and some Germination Attributes in Grain Sorghum (Sorghum bicolor L. C. V. Kimia). Iranian Journal of Field Crop Science 41 (1): 187-195. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 461-470

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۷۰-۴۶۱

Grain Yield and Water Use Efficiency of Five Sorghum Cultivars under Different Irrigation Regimes in Kerman

H. Vahidi[1]- Gh. R. Khajoie Nejad[2]- A. Rezaei Estakhroeih[3*]

Received: 01-01-2013
Accepted: 02-02-2015

Introduction

Reduction of the forage and grain yield of sorghum genotypes under different levels of deficit irrigation has been reported. The plants that have higher water use efficiency (WUE), have a better chance of survival in arid regions. On average, WUE of sorghum in clay, loamy soil has been reported equal to 1.46 kg m^{-3}. Effects of drought stress and different levels of nitrogen on yield of two cultivars of sorghum were investigated and results showed significant effects on plant height, leaf area index, fresh and dry weight of leaf, dry weight of stem and forage yield. The purpose of this research is to investigate the effect of deficit irrigation on grain yield and WUE of sorghum cultivars in Kerman.

Materials and Methods

This study has been conducted in the research station of Shahid Bahonar University of Kerman with 56° 58' E longitude, 30° 15' N latitude and 1753.8 altitudes. According to the regional information from 1952 to 2005, the average temperature is 17.1 °C, the average rainfall is 154.1 mm, the average annual relative humidity is 32%. The climate of Kerman according to De Martonne method can be classified as semiarid. The experimental design was split-plot based on RCBD with three replications. Three levels of irrigation (after 50, 80 and 110 mm evaporation from class A pan) were assigned to the main plots and the five sub-plots of sorghum cultivars (Speedfeed, Pegah, Payam, Sepideh and Kimia). On the 20th of May all sorghum cultivars were planted at the distance of 10 cm from each other on ridges. On the 7th of October, with considering margins, four square meters of the two middle lines were selected to determine the grain and biological yield. The samples were weighed with a digital scale and heated for 48 hours in the degree of 75 °C-and then the dry weight of each samples were measured again. Finally, the data were analyzed by SAS software (v. 9.1). Comparision of the averages attributes was performed using, Duncan's test at five percent level of significant.

Results and Discussion

The result of the analysis of variance (Table 3) has shown a non-significant effect of different irrigation regimes on the study attributes. Grain yields of different cultivars were shown to have a significant effect ($P < 0.01$) (Table 3). Among the cultivars, Sepideh with the production of 7806.7 kg ha^{-1} of grain had the highest and Payam with the production of 4721.9 kg ha^{-1} had the lowest yield (Table 4). The results of the analysis of variance (Table 3) showed that the biological yield of the cultivars were significantly different ($P < 0.01$). Pegah showed the maximum dry matter production with 30365 kg ha^{-1} and Payam showed the minimum dry matter production with 12865 $kg.ha^{-1}$ (Table 4). Harvest index of different cultivars was significantly ($P < 0.01$) different too (Table 3). The highest harvest index belonged to Sepideh with 43% and the lowest belonged to Pegah with 18% (Table 4). The highest WUE was 1.12 kg m^{-3} in Sepideh and the lowest of WUE were equal to 0.85 and 0.86 kg m^{-3} for Speedfeed and Payam, respectively (Table 4). The water use efficiency (WUE) based on the biological yield, between the cultivars was statistically significant different ($P < 0.01$) (Table 1). The highest WUE belonged to Pegah with 4.34 kg m^{-3} and the lowest belonged to Payam with 2.33 kg m^{-3} (Table 2). The lowest crop water requirement was 0.91 m^3 kg^{-1} for Sepideh and the highest was equal to 1.32 m^3 kg^{-1} for Pegah (Table 2). Overall, the results showed that Sepideh is the most appropriate cultivar for the grain yield in arid regions.

1- Former, M Sc. student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
3- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran
(*- Corresponding Author Email: Rezaei@mail.uk.ac.ir)

Conclusions

The cultivar Sepideh with producing grain yield of 7806.7 kg ha^{-1} and the water use efficiency (WUE) of 1.12 $kg.m^{-3}$ is the best choice for the region of Kerman. On the other hand, with the purpose of cultivating sorghum, biological yield, and achieving the minimum water requirement for biological yield of sorghum in this region, Pegah cultivar is the best suggestion.

Keywords: Crop water requirement, Deficit irrigation, Drought stress, Evapotranspiration, Harvest index

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۸۴-۴۷۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 471-484

تأثیر قارچ میکوریزا (*Glomus* spp.) بر عملکرد و اجزای عملکرد گندم (*Triticumaestivum*) تحت تأثیر کیفیت آب

سمانه حبیبی[۱]- موسی مسکرباشی[۲]- معصومه فرزانه[۳*]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۰

چکیده

باتوجه به کاهش کیفیت آب به دلیل شور شدن منابع آبی در اثر خشک‌سالی به‌عنوان یک عامل محدودکننده در تولید، مقابله با آثار مخرب آن به روش‌های مختلف مانند کاربرد قارچ‌های میکوریزا حائز اهمیت است. به‌منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم یک آزمایش گلدانی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شده عبارت بودند از فاکتور اصلی شامل شوری آب (کیفیت آب) در چهار سطح آب تصفیه (EC $\leq$۱ dS m^{-1})، آب شهری (EC =۱/۷-۳ dS m^{-1})، آب شهری همراه نمک و آب تصفیه همراه نمک (EC =۸ dS m^{-1}) و دو فاکتور استریلیزاسیون خاک شامل خاک استریل و خاک غیراستریل و فاکتور تلقیح با قارچ‌های میکوریزا با سه گونه *Glomusmosseae*، *G. intraradices*، *G. geosporum*، مخلوط سه گونه قارچ و شاهد (عاری از قارچ) به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی اعمال شد. از اجزای عملکرد و عملکرد در مرحله رسیدگی و از درصد کلونیزاسیون ریشه در مرحله گل‌دهی اندازه‌گیری به‌عمل آمد. نتایج نشان داد که اعمال شوری درصد کلونیزاسیون ریشه و تعداد دانه در سنبله را کاهش داد ولی بر عملکرد و دیگر اجزای عملکرد اثر معنی‌داری نداشت. تیمار خاک غیراستریل که شامل دیگر میکروارگانیسم‌ها نظیر قارچ‌های بومی خاک نیز بود با وجود افزایش درصد کلونیزاسیون ریشه سبب تغییرات معنی‌داری در عملکرد و اجزای عملکرد نشد. تلقیح با سه گونه قارچ میکوریزا موفقیت‌آمیز بوده و در میان تیمارهای تلقیح قارچ، به‌طور میانگین ۱۵ تا ۳۲ درصد کلونیزاسیون و ۷ تا ۱۳ درصد وابستگی میکوریزایی مشاهده شد و سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه، تعداد سنبله و تعداد دانه در بوته شد. علاوه بر درصد کلونیزاسیون در تمامی اجزای عملکرد به‌جز تعداد سنبله در بوته برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا معنی‌دار شد. در میان اجزای عملکرد برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا تنها بر سنبله در بوته و تعداد دانه در سنبله و درصد کلونیزاسیون معنی‌دار شد. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد کلونیزاسیون با تعداد سنبله، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه وجود داشت.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون ریشه، شوری، قارچ‌های بومی، وابستگی میکوریزایی

مقدمه

همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گیاهان این امکان را فراهم می‌سازد تا با گسترش هیف‌های خود حجم زیادی از خاک را اشغال کنند و با گسترش سطح جذب گیاه سبب افزایش جذب آب و عناصر غذایی شده (Sharma, 2002) و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار دهند که کمیت آن به‌وسیله پاسخ رشد میزبان محاسبه می‌شود و اصطلاحاً به آن وابستگی میکوریزایی[۴](MD) گفته می‌شود که توسط Gerdemann (۱۹۷۵) به‌عنوان سودمندی میکوریزایی یا درجه‌ای که گیاه بسته به وضعیت میکوریزایی بیشترین عملکرد و یا رشد را در یک سطح خاص حاصلخیزی تولید می‌کند، گفته می‌شود (Ortas, 2012). افزایش وابستگی میکوریزایی گندم (*Triticumaestivum*) به میکوریزا در شرایط تنش شوری به اثبات رسیده است (Abdel-Fattah & Asrar, 2012). تنش شوری تأثیر منفی بر رشد، عملکرد زیست توده و دیگر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاه دارد و زمانی‌که گیاه با قارچ میکوریزا تلقیح شود اثرات منفی شوری بر گیاه کاهش می‌یابد (El–Amri *et al.*, 2013). آزمایشات انجام شده در خاک‌هایی با

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
۳- استادیار گروه زراعت- فیزیولوژی علف‌های‌هرز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.farzaneh@scu.ac.ir

4- Mycorrhizal Dependency (MD)

غلظت اندک فسفر نشان می‌دهد کلونیزاسیون میکوریزا افزایش عملکرد گندم را به‌دنبال داشته است (Ruiz-Lozano & Azcon, 2000). همزیستی گیاه با میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه، جذب آب و عناصر غذایی به‌ویژه فسفر توسط هیف‌ها و انتقال آن به ریشه گیاه سبب بهبود وضعیت غذایی و کاهش اثرات منفی تنش شوری بر رشد و عملکرد گیاه می‌شود (Abdel-Fattah & Asrar, 2012; Alqarawi *et al.*, 2014). گندم میکوریزایی رشد بهتری در مقایسه با گندم غیرمیکوریزایی در شرایط تنش شوری دارد (Ibrahim *et al.*, 2011) چرا که تلقیح با قارچ میکوریزا با جلوگیری از جذب و انتقال سدیم به اندام هوایی اثرات شوری بر گندم را کاهش داده و با افزایش جذب فسفر در کاهش جذب سدیم مؤثر عمل کرده (Abdel-Fattah & Asrar, 2012) و با تجمع عناصر غذایی و نمک‌های محلول به تنظیم اسمزی و خنثی کردن خسارت اکسیداتیو ناشی از تنش شوری در ژنوتیپ‌های گندم کمک می‌کند (El –Amri *et al.*, 2013). البته گونه‌های مختلف قارچ ظرفیت متفاوتی در ایجاد کلونیزاسیون ریشه دارند و همچنین تأثیر متفاوتی بر رشد گیاه می‌گذارند. تنش شوری علاوه بر تأثیر بر گیاهان میزبان بر قارچ‌های میکوریزا نیز تأثیرگذار است (Ortas *et al.*, 2011). سمیت یونی و تنش اسمزی به‌وجود آمده بر اثر شوری از رشد هیف‌های قارچ جلوگیری می‌کند. علاوه بر تنوع گونه‌ای قارچ‌های میکوریزای موجود در خاک، کمیت و کیفیت نمک به‌کار رفته در محلول خاک نیز رشد هیف را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Mcmillen *et al.*, 1998; Ruiz-Lozano & Azcon, 2000; Hajiboland *et al.*, 2010). افزایش غلظت نمک‌ها در خاک و آب آبیاری سبب مختل شدن توانایی ایجاد کلونیزاسیون، جوانه‌زنی اسپور و رشد هیف‌های قارچی می‌شود (Juniper & Abbott, 1993; Evelin *et al.*, 2009). حضور قارچ‌های میکوریزا بهبود رشد گیاه در مواجه با شوری را به دنبال دارد (Juniper & Abbott, 1993). از طرفی توانایی قارچ‌های میکوریزا برای حفاظت گیاه در مقابل اثرات تنش شوری در میان گونه‌های قارچی متفاوت است (Evelin *et al.*, 2009) و البته بالا بودن جمعیت قارچ‌های میکوریزای بومی در خاک دلیل بالاتر بودن کلونیزاسیون قارچ در ریشه محسوب نمی‌شود (Füzy *et al.*, 2008). اهداف این تحقیق شامل مقایسه چند گونه قارچ میکوریزا در ترکیب با یکدیگر و کاربرد جداگانه آن‌ها و همچنین در تقابل با قارچ‌های میکوریزای بومی خاک در بهبود عملکرد دانه گندم و اجزای عملکرد و درصد کلونیزاسیون با توجه به کیفیت آب بوده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلدانی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز به‌اجرا درآمد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از کشت در جدول ۱ آمده است.

فاکتورهای بررسی‌شده شامل فاکتور اول (اصلی) سطوح شوری شامل آبیاری با آب تصفیه ($EC \leq 1 dS\ m^{-1}$) و آب شهری ($EC = 1/7-3\ dS\ m^{-1}$) و آب شهری همراه نمک و آب تصفیه همراه نمک ($EC = 8\ dS\ m^{-1}$) با نمک NaCl (مرک)، فاکتور دوم استریلیزاسیون خاک، شامل خاک استریل و خاک غیراستریل و فاکتور سوم تلقیح با قارچ میکوریزا شامل سه گونه *Glomusmosseae*، *G. intraradices*، *G. geosporum* مخلوط سه گونه قارچ (تیمار ترکیبی) و شاهد (عاری از قارچ) بود. ترکیبات عامل دوم و سوم به‌صورت فاکتوریل در سطوح فاکتور اصلی ایجاد شدند. خصوصیات شیمیایی آب آبیاری در جدول ۲ آمده است.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک عمق ۳۰- ۰ سانتی‌متر محل آزمایش

Table 1- Soil physical and chemical properties in 0-30 cm depth

بافت خاک (Soil texture)	هدایت الکتریکی (EC)	pH	نیتروژن کل (Total nitrogen)	فسفر قابل دسترس (Available P)	پتاسیم K^+	سدیم Na^+	مواد آلی (Organic matter)
	($dS\ m^{-1}$)		(%)	($mg\ kg^{-1}$)			(%)
لومی رسی (Clay loam)	5.38	7.6	0.071	13	151	165	0.55

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی آب آبیاری

Table 2- Chemical properties of irrigation water

آب آبیاری (Irrigation water)	EC	pH	K^+	Na^+	Cl^-	SO_4^{2-}	Ca^{+2}	Mg^{+2}
	($dS\ m^{-1}$)		($mg\ l^{-1}$)					
آب تصفیه (Water purification)	0.50	7.32	8.15	9.12	17.75	5.04	3.20	2.10
آب شهری (Urban water)	2	8.50	11.60	34	53.25	19.20	14.31	12.75

خاک استفاده‌شده (به نسبت ۳ سهم ماسه و ۱ سهم خاک) برای اعمال تیمارهای خاک استریل، قبل از پرشدن گلدان‌های ۵ کیلوگرمی به ابعاد ۲۰ ×۲۰ سانتی‌متر در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت استریل شد. مایه تلقیح شامل اسپور، ریشه قارچ و قطعات ریشه کلونیزه به میزان ۳۰ گرم در گلدان با خاک بستر بذر در زمان کاشت مخلوط شد (تهیه‌شده از زیست فناور توران). در تیمار ترکیبی، بذور گندم با مخلوطی ۳۰ گرمی به نسبت‌های مساوی از سه گونه قارچ مورد استفاده تلقیح شدند. به‌منظور یکسان‌سازی بین تیمارهای محتوی قارچ و شاهد، ۳۰ گرم از مخلوط ماده تلقیح هر سه گونه قارچ پس از استریل در دمای ۱۰۵ درجه سانتی‌گراد برای اطمینان از عدم زنده بودن قارچ به گلدان‌های تیمار شاهد (عاری از قارچ) اضافه شد. ۱۲ عدد بذر گندم (رقم چمران) ضدعفونی شده با هیپوکلریت سدیم یک درصد در بستر کشت روی ماده تلقیح مربوطه قرار گرفته سپس با لایه‌ای از شن و خاک پوشانده شدند (زمان کشت اوایل آذر). در مرحله ۲–۳ برگی، تعداد بوته‌ها در گلدان به ۸ بوته تنک شد. برای جلوگیری از وارد آمدن شوک به گیاه، تیمار شوری به‌صورت پلکانی در دو مرحله (اولین آبیاری با $EC = 4\ dS\ m^{-1}$) پس از استقرار کامل گیاهچه و قبل از شروع پنجه‌زنی هم‌زمان با هر بار آبیاری اعمال شد و همواره تا زمان رسیدگی کامل دانه (اواسط اردیبهشت) ادامه پیدا کرد. شوری آب ورودی و خروجی به هر گلدان در این مدت با دستگاه اندازه‌گیری هدایت الکتریکی (Multi Parameter PCTester 35) کنترل شد. برای تعیین تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه نمونه‌های گیاه در مرحله رسیدگی کامل برداشت شدند و در مورد درصد کلونیزاسیون ریشه در مرحله گل‌دهی اندازه‌گیری به‌عمل آمد. بعد از جداسازی سنبله‌ها، نمونه‌ها به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و سپس صفات مورد نظر بررسی شد. وابستگی میکوریزایی طبق رابطه (۱) محاسبه شد (Gerdemann, 1975).

$$MD = (Ym - Ynm)/Ym \qquad (۱)$$

که در آن وابستگی میکوریزایی با MD، وزن خشک گیاه میکوریزایی با Ym و وزن خشک گیاه غیرمیکوریزایی با Ynm نشان داده شده است.

برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه، از ریشه‌ها یک زیر نمونه به وزن یک گرم انتخاب و ریشه‌ها پس از شستشو و تمیز شدن به قطعات ۲–۱ سانتی‌متری برش داده شد. رنگ‌آمیزی ریشه‌ها با روش فیلیپس و هیمن انجام شد (Philips & Hayman, 1970). به‌منظور شفاف شدن ریشه‌ها در لوله آزمایش حاوی هیدروکسید پتاسیم ۱۰٪ به مدت ۴۵ دقیقه در بن‌ماری در دمای ۹۰–۸۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند و پس از شستشو در آب مقطر توسط محلول رنگی تریپان بلو ۰/۰۵ درصد به مدت ۳۰ دقیقه رنگ‌آمیزی شدند. ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده با استفاده از استریومیکروسکوپ به کمک روش خطوط متقاطع[1] (Giovannetti & Mosse, 1980) مورد مطالعه قرار گرفتند و درصد کلونیزاسیون ریشه تعیین شد (Giovannetti & Mosse, 1980). محاسبات آماری با کمک نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۱ و مقایسه میانگین‌ها با کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج آزمایش نشان داد شوری تأثیری معنی‌دار بر میزان کلونیزاسیون قارچ در ریشه داشت (جدول ۳). اعمال شوری سبب کاهش درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه شد (جدول ۴). بیشترین درصد کلونیزاسیون در تیمارهای با آب تصفیه و آب شهری به‌ترتیب ۳۱/۴۰ و ۳۰/۶۶ درصد بود که اختلاف بین این دو معنی‌دار نبود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان می‌دهد اعمال شوری (۸ دسی‌زیمنس بر متر) چه با آب تصفیه و چه با آب شهری، درصد کلونیزاسیون را کاهش داد ولی تیمار آب تصفیه همراه نمک نسبت به تیمار آب شهری همراه نمک سبب کاهش شدیدتر درصد کلونیزاسیون (سطح ۱٪) شد که درصد کلونیزاسیون در این دو تیمار به‌ترتیب ۷/۶۳ و ۲۲/۱۳ درصد بود (جدول ۴). به گزارش رجالی و همکاران با افزایش سطوح شوری از $EC = 4dS\ m^{-1}$ به ۸ دسی‌زیمنس بر متر درصد کلونیزاسیون ریشه گندم میکوریزایی (رقم چمران) کاهش یافت (Rejali *et al.*, 2010). شوری مانع از جوانه‌زنی اسپورهای قارچ میکوریزا شده و با جلوگیری از رشد هیف در خاک و گسترش هیف‌ها پس از آلودگی اولیه در خاک و کاهش تعداد آربوسکول سبب کاهش کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزا می‌شود (Garg & Manchanda, 2009).

نتایج آزمایش نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه داشت (جدول ۳) و در میان تیمارهای قارچی به‌طور متوسط ۱۵ تا ۳۲ درصد کلونیزاسیون ریشه مشاهده شد (جدول ۴). اختلاف تیمار ترکیبی با دیگر تیمارها معنی‌دار شد و بیشترین درصد کلونیزاسیون (۳۲/۸۰٪) را به‌خود اختصاص داد. درصد کلونیزاسیون حاصل از گونه‌های *G.mosseae* و *G.geosporum* اختلاف معنی‌داری با شاهد (عدم تلقیح) نشان داد و کمترین کلونیزاسیون در ریشه توسط گونه *G.intraradices* ایجاد شد (۱۷/۰۸٪) که با شاهد (۱۵/۰۴٪) اختلاف معنی‌داری نداشت (جدول ۴).

1- Gridline intercept method

جدول ۳-تجزیه واریانس(میانگین مربعات) درصد کلونیزاسیون قارچ در ریشه، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم تلقیح یافته با قارچ میکوریزا در شرایط شور

Table 3- Analysis of variance (means of squares) for root AMF colonization, yield and yield component of inoculated wheat with AMF under the salinity conditions

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	سنبله در بوته Spike per plant	دانه در سنبله Grain per spike	دانه در بوته Grain per plant	وزن هزار دانه Thousand grains weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وابستگی میکوریزایی Mycorrhizal dependency
بلوک (Block)	2	17.73	0.09	2.72	47.19	38/72	0.10	5.70	65.90
شوری (Salinity)	3	3656.42**	0.32$^{n.s}$	12.94**	551.90$^{n.s}$	2.98$^{n.s}$	0.59$^{n.s}$	717.27**	50.76$^{n.s}$
خطای اصلی (Error a)	6	5.88	0.20	1.40	177.32	43.28	0.16	88.34	134.48
استریلیزاسیون خاک (Soil sterilization)	1	7584.30**	0.01$^{n.s}$	9.07$^{n.s}$	20.62$^{n.s}$	0.19$^{n.s}$	0.03$^{n.s}$	9.63$^{n.s}$	43.94$^{n.s}$
میکوریزا (Mycorhiza)	4	1174.30**	0.07**	6.20$^{n.s}$	88.60**	16.17$^{n.s}$	0.18**	16.40**	739.26**
شوری × استریلیزاسیون (Salinity×Sterilization)	3	620.1**	0.01$^{n.s}$	2.76$^{n.s}$	41.21$^{n.s}$	6.47$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	4.66$^{n.s}$	35.52$^{n.s}$
شوری× میکوریزا (Salinity×Mycorhiza)	12	189.66**	0.01$^{n.s}$	16.76**	74.38**	25.92**	0.01$^{n.s}$	6.83$^{n.s}$	20.70$^{n.s}$
استریلیزاسیون × میکوریزا (Sterilization×Mycorhiza)	4	798.57**	0.05**	20.28**	1.54$^{n.s}$	1.58$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	10.86**	5.90$^{n.s}$
شوری × استریلیزاسیون× میکوریزا(Salinity×Sterilization×Mycorhiza)	12	62.45$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	6.00$^{n.s}$	24.51$^{n.s}$	9.03$^{n.s}$	0.01$^{n.s}$	4.49$^{n.s}$	23.50$^{n.s}$
خطای فرعی (Error b)	72	35.52	0.01	4.62	1144.92	9.80	0.01	4.05	27.18
ضریب تغییرات (CV)	-	25.83	7.20	6.77	8.34	10.57	6.23	7.05	27.38

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد; ns: غیر معنی‌دار ** and *: significant at the 1%, 5% probability levels, respectively;ns: not significant

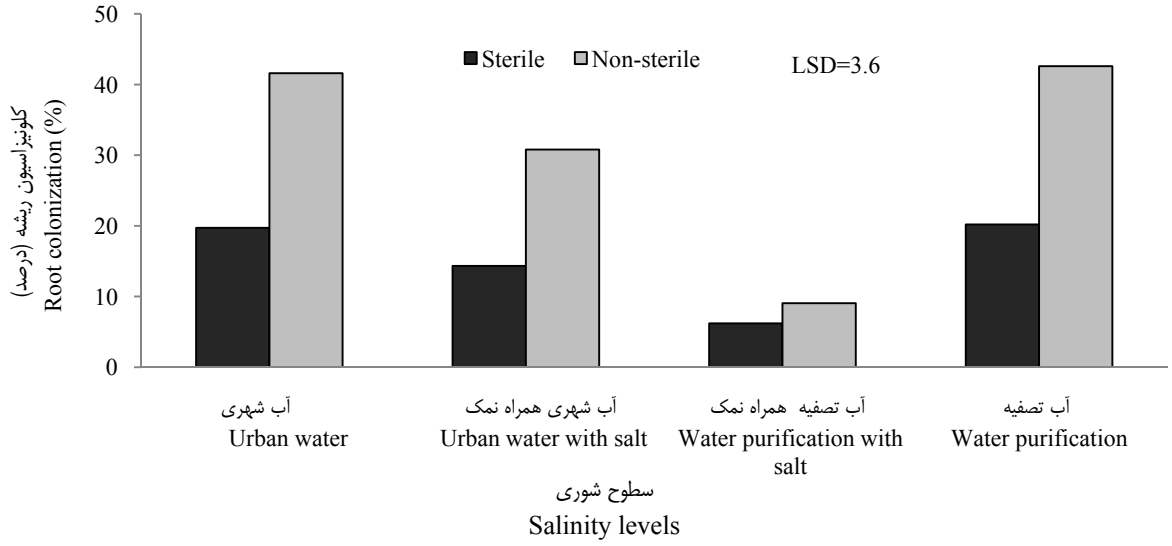
جدول ٤ - مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارهای شوری، استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر صفات مورد اندازه‌گیری

Table 4- Mean comparisons of salinity, Soil sterilization and mycorrhiza fungi treatments on measured traits

تیمارها Treatments	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (٪)	سنبله در بوته Spike per plant (Number)	دانه در سنبله Grain per spike (Number)	دانه در بوته Grain per plant (Number)	وزن هزار دانه Thousand grains weight (g)	عملکرد دانه Grain yield (g/plant)	شاخص برداشت Harvest index (٪)	وابستگی میکوریزایی Mycorrhizal dependency (٪)
آب تصفیه (Water purification)	31.40	1.69	32.43	54.45	29.81	1.60	25.06	8.37
آب شهری (Urban water)	30.66	1.70	32.13	54.20	29.79	1.61	25.26	7.66
آب شهری همراه نمک (Urban water with salt)	22.13	1.55	31.13	46.13	29.14	1.33	35.53	9.36
آب تصفیه همراه نمک (Water purification with salt)	7.63	1.50	31.12	47.87	29.66	1.41	28.33	10.48
LSD	3.2	ns	1.08	ns	ns	ns	9	ns
استریل (Steril)	15.11	1.61	31.45	50.25	29.56	1.47	28.83	8.48
غیراستریل (Non –steril)	31.01	1.60	32.00	51.08	29.64	1.50	28.26	9.69
LSD	2.86	ns	ns	ns	ns	ns	ns	ns
Glomusmosseae	29.50	1.67	32.08	52.81	29.98	1.56	28.16	13.10
Glomusintraradices	17.08	1.60	31.87	50.93	30.20	1.52	29.33	11.95
Glomusgeosporum	24.62	1.64	32.00	52.08	30.25	1.55	27.95	12.83
Mixture of species	32.08	1.62	30.83	49.40	29.24	1.44	27.75	7.56
Control	15.04	1.52	31.83	48.12	28.32	1.36	29.54	0.0
LSD	4.53	0.08	ns	3.2	ns	0.07	0.015	2.89

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد (در ستون شاخص برداشت در سطح ۵ درصد) اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

Different letters in each column indicate significant differences for means from three replicates at the 1% probability(in harvest index column: at the 5% probability)according to LSD.



شکل ۱- تأثیر شوری بر درصد کلونیزاسیون میکوریزای ریشه گندم در شرایط استریلیزاسیون خاک
Figure 1- Effect of salinity on percent of wheat root colonization under soil sterilization

نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و استریلیزاسیون خاک (شکل ۱) نشان می‌دهد بدون اعمال شوری همواره درصد کلونیزاسیون خاک‌های غیراستریل نسبت به خاک‌های استریل بیشتر بود در حالی‌که در زمان اعمال شوری این روند تا حدودی تغییر کرد. زمانی‌که شوری با آب تصفیه اعمال شد، درصد کلونیزاسیون گیاهان کاشته شده در خاک‌های غیراستریل به شدت کاهش یافت و با تیمارهای استریل در یک گروه آماری قرار گرفتند (سطح ۱٪) درحالی‌که در زمان اعمال شوری با آب شهری، تیمارهای غیراستریل نسبت به تیمارهای استریل برتری خود در درصد کلونیزاسیون را (همانند روند در سطوح غیرشور) حفظ کردند.

برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا در جدول ۵ نشان می‌دهد که در تیمارهای آب تصفیه و شهری، *G. mosseae* بعد از تیمار ترکیبی بالاترین درصد کلونیزاسیون را داشت و بعد از آن *G. geosporum* و *G. intraradices* قرار گرفتند که البته نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری داشتند. با اعمال شوری درصد کلونیزاسیون بسته به کیفیت آب فرق می‌کرد. با اعمال شوری با آب شهری باز هم درصد کلونیزاسیون ناشی از تمام گونه‌های قارچی به‌جز *G. intraradices* نسبت به شاهد افزایش معنی‌دار داشتند و اختلافات بین گونه‌ها نیز معنی‌دار شد. گونه *G. geosporum* (۳۲/۶۷٪) و تیمار ترکیبی (۳۰/۵۰٪) بیشترین درصد کلونیزاسیون را به‌خود اختصاص دادند و بعد از آن *G. mosseae* (۱۹/۵۰٪) و *G. intraradices* (۱۳/۱۶٪) قرار گرفتند. زمانی‌که شوری با آب تصفیه انجام شد، بیشترین درصد کلونیزاسیون (۱۰/۸۳٪) متعلق به *G. mosseae* بود که البته تفاوت درصد کلونیزاسیون بین تیمارهای قارچی معنی‌دار نبود در حالی‌که نسبت به شاهد افزایش معنی‌داری در درصد کلونیزاسیون نشان دادند.

برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید (جدول ۳). با توجه به جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) اثر استریلیزاسیون خاک بر درصد کلونیزاسیون ریشه نیز در سطح ۱٪ معنی دار گردید. برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان می‌دهد (جدول ۶) در خاک غیراستریل درصد کلونیزاسیون ریشه حاصل از قارچ‌های میکوریزای بومی (شاهد در خاک غیراستریل) با تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری نداشت و فقط تیمار ترکیبی نسبت به شاهد در رده آماری بالاتری قرار گرفت، در ریشه تیمارهای شاهد در خاک استریل، ریشه کلونیزه شده‌ای مشاهده نشد. درصد کلونیزاسیون ناشی از تیمارهای قارچی به‌جز گونه *G. mosseae* در خاک غیراستریل نسبت به استریل افزایش داشت، از طرفی در خاک استریل بین تمام تیمارهای قارچی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و به‌ترتیب *G. mosseae* (۲۵/۶۶٪)، تیمار ترکیبی (۲۵/۰۰٪)، *G. geosporum* (۲۰/۱۶٪) و *G. intraradices* (۴/۷۵٪) نسبت به شاهد (صفر) درصد کلونیزاسیون بالاتری داشتند در حالی‌که در خاک غیراستریل (علاوه بر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک هر تیمار شامل ماده تلقیحی قارچ مربوطه‌اش نیز بود) فقط تیمار ترکیبی نسبت به شاهد (شامل قارچ‌های میکوریزای بومی و فاقد قارچ تلقیحی) درصد کلونیزاسیون بیشتری تولید کرد ولی سه گونه قارچ نسبت به شاهد درصد کلونیزاسیون بیشتری ایجاد نکردند. درصد کلونیزاسیون مشاهده شده در تیمار شاهد (عاری از قارچ تلقیحی) خاک غیراستریل مربوط به قارچ‌های میکوریزای بومی موجود است که قادر به کلونیزاسیون ریشه‌های گندم بودند (جدول ۶). نتایج این آزمایش نشان داد که

کلونیزاسیون قارچ در شرایط غیراستریل بیشتر از استریل بود این موضوع نقشی که گونه‌های بومی قارچ میکوریزا و دیگر میکروارگانیسم‌های همزیست خاک در ایجاد کلونیزاسیون قارچ در ریشه دارند را آشکار می‌کند که با نتایج Marulanda و همکاران مطابقت دارد (Marulanda *et al.*, 2006).

نتایج به‌دست آمده از تیمارهای مورد آزمایش روی درصد کلونیزاسیون نیز نشان می‌دهد که اعمال شوری با هر دو نوع آب کاهش درصد کلونیزاسیون را به دنبال داشت ولی آب تصفیه همراه نمک اثر کاهشی بیشتر و معنی‌داری نسبت به آب شهری همراه نمک داشت که با توجه به EC برابر در هر دو تیمار بعد از اعمال شوری و مقایسه یونی آب‌ها قبل از اعمال شوری (جدول ۲) ممکن است این تفاوت ناشی از نسبت‌های یونی مختلف در این دو نوع آب باشد. اثر شوری به‌ویژه زمانی‌که با آب تصفیه اعمال شد علاوه بر گونه‌های قارچی بر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک نیز اثر منفی داشت تا جایی‌که اثر افزایشی قارچ‌های میکوریزای بومی در همکاری با قارچ‌های تلقیح شده برای کلونیزاسیون ریشه را خنثی ساخت. تأثیر شوری بر درصد کلونیزاسیون بسته به گونه قارچ و کیفیت آب متفاوت بود. *G. mosseae* بدون اعمال شوری درصد کلونیزاسیون بالایی داشت که تحت تأثیر شوری به شدت کاهش یافت درحالی‌که *G. geosporum* با حفظ درصد کلونیزاسیون در آب شهری همراه نمک، تحمل نسبی به شوری نشان داد ولی در تیمار آب تصفیه همراه نمک درصد کلونیزاسیون آن مانند دیگر تیمارها به شدت کاهش یافت (جدول ۵). این در حالی بود که درصد کلونیزاسیون حاصل از تیمارهای *G.mosseae* تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک قرار نگرفت در حالی‌که گونه *G. intraradices* و *G. geosporum* در خاک‌های غیراستریل تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزای بومی افزایش درصد کلونیزاسیون نشان دادند. از طرفی توانایی قارچ‌های میکوریزای بومی (شاهد بدون تلقیح گونه‌های قارچی در خاک غیراستریل) در ایجاد کلنی در ریشه با گونه‌های قارچی برابری می‌کرد (جدول ۶).

جدول ۵- مقایسه میانگین برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون ریشه و برخی اجزای عملکرد در گیاه گندم

Table 5- Mean comparisons of interaction effect of salinity stress and mycorrhizal fungi on root colonization and some yield component of wheat

تیمار شوری Salinity treatment	گونه‌های قارچ Fungi species	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (%)	دانه در سنبله Grain per spike (Number)	دانه در بوته Grain per plant (Number)	وزن هزار دانه Thousand grains weight (g)
آب تصفیه (Water purification)	*G. mosseae*	38.16	35.66	63.04	26.98
	G. intraradices	26.00	33.33	54.27	30.59
	G. geosporum	27.83	30.50	50.04	33.33
	ترکیب سه گونه قارچ	45.83	30.83	53.33	29.69
	شاهد	19.16	32.33	51.58	28.77
آب شهری (Urban water)	*G. mosseae*	37.50	31.0	54.27	30.53
	G. intraradices	24.33	32.83	57.56	28.04
	G. geosporum	26.83	33.16	56.35	30.14
	ترکیب سه گونه قارچ	42.33	30.83	51.04	31.55
	شاهد	22.33	32.83	51.79	28.70
آب شهری همراه نمک (Urban water with salt)	*G. mosseae*	19.50	31.50	48.13	30.40
	G. intraradices	13.16	31.33	46.83	30.44
	G. geosporum	32.67	33.16	49.73	27.99
	ترکیب سه گونه قارچ	30.50	30.16	44.54	27.54
	شاهد	14.83	29.50	41.46	2.32
آب تصفیه همراه نمک (Water purification with salt)	*G. mosseae*	10.83	30.16	45.81	32.31
	G. intraradices	4.83	30.00	45.04	31.74
	G. geosporum	9.00	31.66	52.19	29.56
	ترکیب سه گونه قارچ	9.66	31.50	48.67	28.18
	شاهد	3.83	32.66	47.65	26.51
	LSD	5.71	2.02	4.05	3.01

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

Different letters in each column indicate significant differences for means from three replicates at the 1% probability according to LSD

جدول ٦- مقایسه میانگین برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ‌میکوریزا بر درصد کلونیزاسیون و برخی اجزای عملکرد گیاه گندم

Table 6- Mean comparisons of interaction effect soil sterilization and mycorrhizae fungi on percent of colonization and yield component of wheat

استریلیزاسیون خاک Soil sterilization	گونه قارچ Fungi species	کلونیزاسیون ریشه Root colonization (٪)	سنبله در بوته Spike per plant (Number per plant)	دانه در سنبله Grain per spike (Number per plant)	Harvest index (%)
استریل Sterile	*G. mosseae*	25.66	1.75	30.33	28.08
	G. intraradices	4.75	1.60	31.75	29.41
	G. geosporum	20.16	1.62	32.08	27.75
	Mixture of species	25.00	1.61	30.50	27.91
	Control	0.0	1.47	32.58	31.00
غیراستریل Non-Sterile	*G. mosseae*	27.33	1.59	33.83	28.25
	G. intraradices	29.41	1.61	32.00	29.25
	G. geosporum	29.08	1.65	31.91	28.16
	Mixture of species	39.16	1.62	31.16	27.58
	Control	8.30	1.56	31.08	28.08
	LSD	4.04	0.078	1.428	0.013

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر ستون در سطح ۱ درصد اختلاف معنی دار با یکدیگر ندارند.

Different letters in each column indicate significant differences for means from three replicates at the 1% probability according to LSD

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد سنبله در بوته

نتایج تجزیه واریانس آزمایش نشان می‌دهد که اعمال شوری و استریلیزاسیون خاک اثر معنی‌داری بر تعداد سنبله در بوته نداشت در حالی‌که اثر تیمار قارچ میکوریزا و برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر تعداد سنبله در بوته اختلاف معنی‌داری در سطح ۱٪ ایجاد کرد (جدول ۳). نتایج مقایسات میانگین‌ها (جدول ۴) نشان می‌دهد که تیمارهای قارچی نسبت به شاهد تعداد سنبله بیشتری در بوته تولید کردند که البته این افزایش در تیمارهای تلقیح شده با گونه *G. intraradices* معنی‌دار نبود. مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان داد در حالی‌که در خاک غیراستریل تفاوتی بین تیمارهای قارچی نبود، در خاک استریل نه تنها تلقیح نسبت به شاهد سبب افزایش سنبله در بوته شد بلکه در بین تیمارهای قارچی هم اختلاف معنی‌داری وجود داشت که بیشترین تعداد سنبله در بوته (۱/۷۵ سنبله در بوته) به قارچ *G. mosseae* در خاک استریل و کمترین تعداد نیز به تیمار شاهد در خاک استریل (۱/۴۷ سنبله در بوته) اختصاص یافت (جدول ۶). روند تعداد سنبله در گلدان تیمارهای قارچی در خاک استریل و غیراستریل تا حدودی شبیه روند درصد کلونیزاسیون این تیمارها در این دو نوع خاک است. گونه *G. mosseae* با درصد کلونیزاسیون بالاتر در خاک استریل تعداد سنبله بیشتری تولید کرد. همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = ۰/۳۰^{**}$) بین درصد کلونیزاسیون و تعداد سنبله در بوته (جدول ۷) مشاهده شد. رقابت بین گونه‌های قارچ به‌کار رفته و میکوریزای بومی و دیگر میکروارگانیسم‌ها در خاک غیراستریل ممکن است نقش قارچ‌های میکوریزا را تحت تأثیر قرار دهد (Azcon & Ocampo, 1981).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که تعداد دانه در سنبله تحت تأثیر شوری قرار گرفت و با اعمال شوری کاهش یافت که این کاهش در زمان اعمال شوری نسبت به آب تصفیه معنی‌دار شد (جدول ۴). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان از نبود تفاوت معنی‌دار در بین تیمارهای قارچی و استریلیزاسیون بود و برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا و همچنین استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا در سطح ۱٪ معنی دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا در جدول ۵ نشان می‌دهد که با افزایش شوری آب از تأثیر گونه‌های قارچی در افزایش تعداد دانه در سنبله کاسته می‌شود. در بین گونه‌های قارچی بیشترین تعداد دانه در سنبله متعلق به *G. mosseae* و *G. intraradices* در آب تصفیه (به‌ترتیب به میزان ۳۵/۶۶ و ۳۳/۳۳ دانه در سنبله) و کمترین آن نیز بعد از شاهد در آب شهری همراه نمک (۲۹/۵۰ دانه در سنبله) مربوط به همین گونه‌ها در آب تصفیه همراه نمک بود (به‌ترتیب ۳۰/۱۶ و ۳۰ دانه در سنبله). در این میان *G. geosporum* و تیمار ترکیبی کمتر تحت تأثیر شوری قرار گرفتند. نتایج مقایسه میانگین‌های برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان داد که *G. mosseae* در خاک غیراستریل دانه در سنبله بیشتری و در خاک استریل، دانه در سنبله کمتری نسبت به شاهد تولید کرد. کم بودن دانه در سنبله تیمار *G. mosseae* در خاک استریل ممکن است نتیجه توزیع دانه‌ها در تعداد سنبله بیشتر در بوته نسبت به شاهد باشد (جدول ۶).

تعداد دانه در بوته

جدول تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان می‌دهد که فقط اثر قارچ میکوریزا و برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا بر تعداد دانه در بوته معنی‌دار شد. مقایسه میانگین‌ها در جدول ۴ نشان می‌دهد که بوته‌های تلقیح شده با گونه‌های قارچی نسبت به شاهد تعداد دانه بیشتری داشتند هرچند تفاوت بین تیمار ترکیبی و شاهد معنی‌دار نبود. در بین گونه‌های قارچی، *G. mosseae* بیشترین تعداد دانه در گلدان (۵۲/۸۱ دانه در بوته) را داشت. برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا نشان می‌دهد (جدول ۵) که تیمارهای قارچی نسبت به شاهد تعداد دانه بیشتری در بوته داشتند، هر چند توانایی *G. mosseae* و *G. intraradices* در تولید دانه شدیداً تحت تأثیر شوری قرار گرفت، به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در گلدان مربوط به این دو گونه در آب تصفیه بود، در حالی‌که با اعمال شوری با آب تصفیه این دو گونه کمترین تعداد دانه در گلدان را نسبت به شاهد نشان دادند. *G. geosporum* ثبات بیشتری برای تعداد دانه در گلدان تحت تأثیر تنش شوری نشان داد.

وزن هزار دانه

بررسی نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) اختلافات معنی‌داری از اثرات شوری، استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر وزن هزار دانه را نشان نداد و فقط برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا در سطح ۱٪ معنی‌دار شد. نتایج مقایسه میانگین برهمکنش شوری و قارچ میکوریزا نشان می‌دهد که با اعمال شوری نوسانات وزن هزار دانه نسبت به تعداد دانه در گلدان کمتر تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۵).

در میان تیمارهای قارچی، کمترین وزن هزار دانه متعلق به *G. mosseae* در آب تصفیه و بیشترین وزن هزار دانه مربوط به بوته‌های تیمار شده با *G. intraradices* و *G. mosseae* در آب تصفیه همراه نمک بود. وزن دانه بوته‌های تیمار شده با *G. geosporum* نیز با اعمال شوری کاهش یافت. زمانی‌که تیمارهای قارچی سبب افزایش تعداد دانه در بوته شد وزن هزاردانه آن کاهش یافت و بالعکس، با توجه به همبستگی بالا و منفی بین وزن هزار دانه و تعداد دانه در بوته ($r = -۰/۴۶^{**}$) می‌توان گفت که در فرآیند انتقال مجدد، مواد کمتری به تعداد دانه بیشتری تعلق گرفته است.

عملکرد دانه در بوته

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳) نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر شوری و استریلیزاسیون خاک قرار نگرفت. اثر قارچ میکوریزا بر عملکرد دانه در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۳). تیمارهای قارچی عملکرد دانه بالاتری نسبت به شاهد (در سطح ۱٪) داشتند و اختلاف تیمار ترکیبی با دیگر تیمارهای قارچی معنی‌دار شد و در سطح پایین‌تری قرار گرفت (جدول ۴). ضریب‌های همبستگی بین صفات مورد ارزیابی (جدول ۷) نشان داد که عملکرد دانه در بوته همبستگی مثبت و معنی‌داری با درصد کلونیزاسیون ($r = ۰/۳۲^{**}$) دارد که با توجه به وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار درصد کلونیزاسیون با تعداد سنبله در بوته ($r = ۰/۳۰^{**}$) و تعداد دانه در بوته ($r = ۰/۳۰^{**}$)، عملکرد دانه نیز همبستگی بالایی با این دو صفت (به‌ترتیب $r = ۰/۶۲^{**}$ و $r = ۰/۶۱^{**}$) نشان داد. علاوه بر این صفات، وزن هزار دانه ۴۱٪ در افزایش عملکرد دانه نقش داشت. گندم گیاهی نسبتاً مقاوم به شوری، با حد آستانه شوری برابر ۸–۶ دسی‌زیمنس بر متر و شیب کاهش عملکرد برابر ۷/۱٪ است (Munns *et al.*, 2006; Maas, 2012). گندم از نظر میزان حساسیت به شوری، مرحله رویشی آن بیشترین، مرحله بلوغ کمترین حساسیت و مرحله زایشی بینابین این دو مرحله قرار دارد. حسین و همکاران در آزمایشی نشان دادند که کاهش عملکرد در شرایط شور همبستگی بیشتری با تعداد دانه نسبت به وزن دانه داشت. اثر شوری بر تشکیل اندام‌های زایشی، بیشتر با تأثیر شوری در مراحل قبلی یعنی رشد رویشی و تشکیل اندام‌های زایشی تا قبل از مرحله گرده‌افشانی انجام می‌شود (Ibrahim *et al.*, 2011). مردوخی و همکاران بیان کردند تلقیح گندم با ۳ گونه *G. etunicatum* و *G. mosseae* و *G. intraradices* نسبت به کاربرد جداگانه آنها سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه (رقم چمران) شد (۲۰). Daei و همکاران نیز گزارش کردند *G. etunicatum* در مقایسه با *G. mosseae* در ۲ ژنوتیپ گندم (کویر و طبسی) عملکرد دانه را در شرایط شور در سطح بالاتری حفظ کردند ولی در ژنوتیپ روشن گونه *G. mosseae* سبب افزایش عملکرد دانه شد (Daei *et al.*, 2009). Al-Karaki و همکاران در آزمایشی بر روی گندم در شرایط تنش خشکی بیان کردند که گونه *G. etunicatum* در مقایسه با *G. mosseae* سبب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد و این افزایش را به بالاتر بودن زیست توده گیاه در شرایط تلقیح با میکوریزا نسبت دادند (Al-Karaki *et al.*, 2004).

شاخص برداشت

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر شوری بر شاخص برداشت در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). در این آزمایش نیز شاخص برداشت با افزایش شوری افزایش یافت. بین تیمار آب شهری همراه نمک و آب تصفیه همراه نمک که بالاترین شاخص برداشت را نشان دادند اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که البته بین تیمار آب تصفیه همراه نمک و آب تصفیه و آب شهری اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴). نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد تأثیر تیمارهای قارچی و برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا بر شاخص برداشت معنی‌دار بود.

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین صفات مورد اندازه‌گیری در گندم تلقیح یافته با میکوریزا در شرایط تنش شوری در دو خاک استریل و غیراستریل
Table 7- Correlation coefficient between measured traits in AMF inoculated wheat under salinity stress in both sterile and non-sterile

	کلونیزاسیون ریشه Root colonization	سنبله در بوته Spike per plant	دانه در سنبله Grain per spike	دانه در بوته Grain per plant	وزن هزار دانه Thousand grains weight	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	وابستگی میکوریزایی Mycorrhizal dependency
کلونیزاسیون ریشه	1							
سنبله در بوته	0.30^{**}	1						
دانه در سنبله	$0.07^{n.s}$	$-0.08^{n.s}$	1					
دانه در بوته	0.30^{**}	0.81^{**}	0.52^{**}	1				
وزن هزار دانه	$0.01^{n.s}$	-0.22^{*}	-0.46^{**}	-0.46^{**}	1			
عملکرد دانه	0.32^{**}	0.62^{**}	$0.13^{n.s}$	0.61^{**}	0.41^{**}	1		
شاخص برداشت	-0.56^{**}	$-0.15^{n.s}$	$-0.13^{n.s}$	-0.20^{*}	$0.17^{n.s}$	$-0.06^{n.s}$	1	
وابستگی میکوریزایی	$0.05^{n.s}$	$-0.04^{n.s}$	$-0.01^{n.s}$	$-0.04^{n.s}$	0.41^{**}	0.30^{**}	$0.1^{n.s}$	1

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد; ns: غیر معنی‌دار
**,*: significant at the 0.01, 0.05 probability levels, respectively; ns: not significant

در میان گونه‌های قارچی تنها *G. intraradices* اختلاف معنی‌داری با شاهد نداشت (جدول ۴). برهمکنش استریلیزاسیون خاک و قارچ میکوریزا نشان داد که در میان تیمارهای قارچی تنها اختلاف شاهد استریل و غیراستریل معنی‌دار بود (جدول ۶). مانز بیان نمود شاخص برداشت (سهم بیوماس کل اندام‌های هوایی که در دانه ذخیره شده است) می‌تواند بسته به زمان و شدت اعمال تیمارهای شوری از ۲۰ تا ۵۰ درصد متغیر باشد. در واقع در سطوح پایین شوری تا آستانه تحمل به شوری ممکن است شاخص برداشت به‌رغم کاهش سطح برگ و زیست توده اندام هوایی کاهش پیدا نکند یا حتی در برخی مواقع افزایش یابد (Munns *et al.*, 2006). در این آزمایش نیز شاخص برداشت با افزایش شوری افزایش یافت (جدول ۴).

وابستگی میکوریزایی

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد وابستگی میکوریزایی تحت تأثیر شوری قرار نگرفت، ولی اثر تیمار قارچ میکوریزا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). اختلاف تیمار ترکیبی در مقایسه با ۳ گونه قارچ معنی‌دار بود و در سطح پایین‌تری (۷/۶ درصد) قرار گرفت (جدول ۴). کمپانلی و همکاران در آزمایشی بر روی یونجه (*Medicago sativa* L.) (Campanelli *et al.*, 2012) و نیز ربیع و المدینی بر روی باقلای (*Viciafaba*) کشت شده (Rabie & Almadini, 2005) در شرایط تنش شوری مشاهده کردند که با افزایش سطوح شوری ناشی از کلرید سدیم، وابستگی میکوریزایی گیاه کاهش یافت. در این آزمایش اگرچه اعمال شوری سبب کاهش معنی‌دار درصد کلونیزاسیون ریشه شد ولی وابستگی میکوریزایی گندم کمی افزایش یافت که بسته به تیمارهای قارچی تفاوت معنی‌داری نشان داد (جدول‌های ۳ و ۴). Tian و همکاران (Tian *et al.*, 2004) بر روی پنبه (*Gossypiumarboreum* L.) در شرایط اعمال تنش شوری و Nadian (Nadian, 2011) نیز بر روی سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) در شرایط تنش خشکی نیز به نتایج مشابهی دست یافتند، به‌عبارتی در مدت اعمال تنش شوری میزان سودمندی میکوریزایی (وابستگی میکوریزایی) در مقایسه با درصد کلونیزاسیون ریشه از اهمیت بیشتری برخوردار است. میزان وابستگی یک گیاه به قارچ‌های میکوریزا تحت تأثیر عواملی نظیر نوع خاک، محتوی فسفر خاک و گونه قارچ قرار می‌گیرد، برخی گیاهان هرگز میکوریزایی نمی‌شوند و بنابراین وابستگی میکوریزایی ندارند (Azcon & Ocampo, 1981; Evelin *et al.*, 2009). اگرچه گندم وابستگی میکوریزایی چندان بالایی در شرایط مطلوب نشان نداده است (Azcon & Ocampo, 1981; Hetrick *et al.*, 1993) ولی بهبود رشد پس از میکوریزایی شدن در شرایط شوری نسبت به شاهد در گیاهان مختلف، نشانگر توانایی قارچ میکوریزا در برقراری همزیستی فعال و ارزشمند به‌ویژه در شرایط تنش است (Al-Karaki, 2000; Garg & Manchanda, 2009).

نتیجه‌گیری

عملکرد دانه در این آزمایش تحت تأثیر شوری اعمال شده قرار نگرفت. برای اجتناب از اثرات مضر شوری بر عملکرد گندم، میزان شوری آب در این آزمایش نزدیک به آستانه تحمل گندم انتخاب شد

تا نتایج بیش از آن‌که نتیجه اثرات شوری بر گندم باشد، اثر شوری بر قارچ میکوریزا را بر روی رشد گندم منعکس کند. ترکیبی از گونه‌های قارچی (تیمار ترکیبی) و قارچ‌های میکوریزای بومی (خاک‌های غیراستریل) درصد کلونیزاسیون بیشتری نسبت به کاربرد جداگانه این گونه‌ها ایجاد کرد ولی این سبب عملکرد بیشتر در اثر قارچ‌های میکوریزای بومی نشد و با وجود این‌که تیمار ترکیبی نسبت به شاهد عملکرد دانه بهتری داشت ولی نسبت به گونه‌های قارچی، عملکرد دانه کمتری تولید کرد. تمام تیمارهای قارچی بدون اختلاف در وزن هزار دانه بلکه با تفاوت‌هایی که در تعداد دانه در گلدان داشتند عملکرد دانه را افزایش دادند. اعمال شوری علاوه بر کاهش درصد کلونیزاسیون حاصل از تیمارهای قارچی بر درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریزای بومی نیز اثر سوء داشت. تأثیر شوری و استریلیزاسیون خاک بسته به گونه قارچ و کیفیت آب متفاوت بود. اعمال شوری با آب تصفیه درصد کلونیزاسیون تمام تیمارهای قارچی را به شدت کاهش داد ولی *G. geosporum* با حفظ درصد کلونیزاسیون در آب شهری همراه نمک تحمل نسبی به شوری نشان داد و درصد کلونیزاسیون حاصل از تیمارهای *G. mosseae* نیز تحت تأثیر قارچ‌های میکوریزای بومی خاک قرار نگرفت. در این آزمایش وابستگی میکوریزایی تحت تأثیر شوری قرار نگرفت.

سپاسگزاری

بدین وسیله از حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه شهید چمران اهواز برای تأمین هزینه مورد نیاز این تحقیق که قسمتی از قرارداد به شماره ۶۳۶۴۱۰ است، قدردانی می‌شود.

References

1. Abdel-Fattah, G. M., and Asrar, A. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. Acta Physiology Plant 34: 267-277.
2. Al-Karaki, G., McMichael, B., and Zak, J. 2004. Field response of wheat to arbuscular mycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhizae 14: 263-269.
3. Al-Karaki, G. N. 2000. Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza 10: 51-54.
4. Alqarawi, A. A., Abd Allah, E. F., and Abeer H. 2014. Alleviation of salt-induced adverse impact via mycorrhizal fungi in Ephedra aphylla Forssk. Journal of Plant Interactions 9 (1): 802-810.
5. Azcon, R., and Ocampo, J. A. 1981. Factors affecting the vesicular- arbuscular infection and mycorrhizal dependency of Thirteen wheat cultivars. New Phytologist 87: 677-685.
6. Campanelli, A., Ruta, C., Mastro, G. D., and Morone-Fortunato, I. 2012. The role of arbuscular mycorrhizal fungi in alleviating salt stress in *Medicago sativa* L. var. icon. Symbiosis 1-12.
7. Daei, G., Ardekani, M. R., Rejali, F., Teimuri, S., and Miransari, M. 2009. Alleviation of salinity stress on wheat yield, yield components and nutrient uptake using arbuscular mycorrhizal fungi under field conditions. Journal of Plant Physiology 166: 617-625.
8. El – Amri, S. M., Mohamed, H., Al -Whaibi, Abdel-Fattah, G. M., and Siddiqui, M. H. 2013. Role of mycorrhizal fungi in tolerance of wheat genotypes to salt stress. African Journal of Microbiology Research 7 (14): 1286-1295.
9. Evelin, H., Giri, B., and Kapoor, R. 2012. Contribution of *Glomus intraradices* inoculation to nutrient acquisition and mitigation of ionic imbalance in NaCl - stressed *Trigonellafoenum - graecum*. Mycorrhiza 22: 203-217.
10. Evelin, H., Kapoor, R., and Giri, B. 2009. Arbuscularmycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. Annals of Botany 104: 1263-1280.
11. Füzy, A., Biro, B., Toth, T., Hildebrandt, U., and Bothe, H. 2008. Drought, but not salinity, determines the apparent effectiveness of halophytes colonized by arbuscularmycorrhizal fungi. Journal of Plant Physiology 165: 1181-1192.
12. Garg, N., and Manchanda, G. 2009. Role of arbuscularmycorrhizae in the alleviation of ionic, osmotic and oxidative stresses induced by salinity in *Cajanuscajan* (L.) Mill sp. (pigeonpea). Journal Agronomy and Crop Science 195: 110-123.
13. Gerdemann, J. W. 1975. Vesicular–arbuscular mycorrhizae. In: Torrey JG, Clarkson DT (eds) The development and function of roots. Academic, London, pp 575-591.
14. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
15. Hajiboland, R., Aliasgharzadeh, N., FarsadLaiegh, Sh., and Poschenrieder, Ch. 2010. Colonization with arbuscular mycorrhizal fungi improves salinity tolerance of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants. Plant Soil 331: 313-327.
16. Hetrick B. A. D., Wilson G. W. T., and Cox T. S. 1993. Mycorrhizal dependence of modern wheat cultivars and ancestors: a synthesis. Candian Journal of Botany 71: 512-517.
17. Husain, Sh., Munns, R., and Condon, A. G. 2003. Effect of sodium exclusion trait on chlorophyll retention and growth of durum wheat in saline soil. Australian Journal of Agricultural Research 54: 589-597.

18. Ibrahim, A. H., Abdel-Fattah, G. M., Eman, F. M., AbdEl_Aziz, M. H., and Shohr, A. E. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi and spermine alleviate the adverse effects of salinity stress on electrolyte leakage and productivity of wheat plants. Phyton (in Press).
19. Juniper, S., and Abbott, L. 1993. Vesicular arbuscular mycorrhizas and soil salinity. Mycorrhiza 4: 45-57.
20. Maas, E. V. 2012. USDA-ARS. US Salinity Laboratory, Fiber, Grain and Special Crops (http://www.ars.usda.gov/Services/docs.htm?docid=8908).
21. Mardukhi, B., Rejali, F., Malakuti, M. J., and Mardukhi, V. 2008. Effect of Symbiosis Mycorrhizal Fungus on Yield and Yield Component of two varieties resistant and Partially resistant of wheat in different levels of salinity. Journal of Soil and Water 22 (1): 83-95.
22. Marulanda, A., Barea, J. M., and Azcon, R. 2006. An indigenous drought-tolerant strain of *Glomus intraradices* associated with a native bacterium improves water transport and root development in *Retama sphaerocarpa*. Microbial Ecology 52: 670-678.
23. Mcmillen Ben, G., Juniper, S., and Abbott, L. K. 1998. Inhibition of hyphal growth of a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus in soil contaning sodium chloridlimits the spread of infection from spores. Soil Biology Biochemistry 3013: 1639-1646.
24. Miransari, M., and Smith, D. L. 2007. Overcoming the stressful effects of salinity and acidity on soybean [*Glycine max* (L.) Merr.] nodulation and yields using signal molecule genistein under field conditions. Journal Plant Nutrition 30: 1967-1992.
25. Munns, R. James, R. A. and Laüchli, A. 2006.Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany 57: 1025-1043.
26. Nadian, H. 2011. Effect of drought stress and mycorrhizal symbiosis on the growth and absorption of phosphorus by two different sorghum cultivars in root morphology. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Soil and Water Science 15: 127-140.
27. Ortas, I. 2012. The effect of mycorrhizal fungal inoculation on plant yield, nutrient uptake and inoculation effectiveness under long-term field conditions. Field Crops Research 125: 35-48.
28. Ortas, I., Akpinara, N. S., and HalitYetisir, C. 2011. Screening mycorrhiza species for plant growth, P and Zn uptake in pepper seedling grown under greenhouse conditions. Scientia Horticulturae 128: 92-98.
29. Philips, J. M., and Hayman, D. S. 1970. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society 55: 158-161.
30. Rabie, A. M., and Almadini, G. H. 2005. Role of bioinoculants in development of salt-tolerance of *Viciafaba* plants under salinity stress. African Journal of Biotechnology 4 (3): 210-222.
31. Rejali, F., Malakuti, M. J., and Mardukhi, B. 2010. Effect of Mycorrhizal Symbiosis on Water use efficiency, *proline* accumulation and Nutrient Uptake of wheat under the salinity conditions. Journal of Water Research in Agriculture 24 (2): 112-122.
32. Rubio, R., Borie, F., Schalchli, C., Castillo, C., and Azcón, R. 2003. Occurrence and effect of arbuscular mycorrhizal propagules in wheat as affected by the source and amount of phosphorus fertilizer and fungal inoculation. Applicatin Soil Ecology 23: 245-255.
33. Ruiz-Lozano, J. M., and Azcon, R. 2000. Symbiotic efficiency and infectivity of an autochthonous arbuscular mycorrhizal *Glomus* sp. from saline soils and *Glomus deserticola* under salinity. Mycorrhiza 10: 137-143.
34. Sharma, A. K. 2002. Biofertilizers for Sustainable Agriculture.Agrobios, India, 300 p.
35. Tian, C.Y., Feng, G., and Li, X. L. 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. Applied Soil Ecology 26: 143-148.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 471-484

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۸۴-۴۷۱

Effect of Mycorrhizal Fungus (*Glomus* spp) on Wheat (*Triticumaestivum*) Yield and Yield Components with Regard to Irrigation Water Quality

S. Habibi[1]- M. Meskarbashee[2]- M. Farzaneh[3*]

Received: 26-02-2013
Accepted: 09-02-2015

Introduction

Decrease in water quality affected by salinization of the water resources due to the drought is one of the limiting factors of plant production. Using mycorrhizal fungi is an important approach to deal with damaging effects during stress conditions. The symbiosis of arbuscular mycorrhiza (AM) with the host plant and hence, the production of a very extensive network of hypha, enhances nutrient acquisition and improves water uptake in the host plant. The specialized network of hypha raises the uptake and translocation of nutrients to the plant, whereas it inhibits high uptake of Na and Cl and their transport to plant shoots compared with plant roots. Hence, AM can alleviate the stress of salinity on plant growth and increases their tolerance to the stresses.

Materials and Methods

In order to evaluate the influence of mycorrhizal fungi on yield and yield components of wheat, a greenhouse experiment was conducted in research farm of Shahid Chamran Ahvaz University. Experimental design was a randomized complete block design arranged in split factorial with three replications. The factors were water salinity (water quality) including filtered water (EC $\leq$ 1 dS m^{-1}), tap water (EC = 1/7-3 ds m^{-1}), tap water plus NaCl and filtered water plus NaCl (EC = 8 ds m^{-1}). Soil sterilization included sterilized and non-sterilized soil and mycorrhizal inoculation were in five levels (non-inoculated, inoculated with *Glomusmosseae*, *G. intraradices*, *G. geosporum* and mixture of them). Yield and yield components were measured at crop maturity and colonization percentage of root was determined at flowering stage. Root colonization by AM was determined through preparing root samples at 1 g in each experimental unit, and roots were stained using the Gridline- Intersect Method. The harvest index and mycorrhizal dependency were also measured. Salinity levels determined approximate the threshold of wheat –tolerate- salinity before the results would rather reflect saline stress on mycorrhizal symbiosis than on wheat plants.

Results and Discussion

The results showed that salinity decreased colonization percentage and grain number per spike but it did not affect yield and yield components significantly. In non- inoculated soil, the formed mycorrhizal symbiosis by indigenous fungi improved colonization percentage, while it did not result in significant differences of the yield and its components. The inoculation with mycorrhiza fungi was successful. Mycorrhizal colonization rates of 15-32% and mycorrhizal dependency rates of 7-13% were observed in the inoculated treatments, and this effect led to significantly higher grain yield, spike number and grain number per plant in compare with control. Furthermore, there was a significant interaction on colonization percentage and whole yield components between AMF inoculation and salinity except for spike number. Spike per plant, grain number per spike and colonization percentage affected by mycorrhizal inoculation in interaction with soil sterilization. Colonization percentage was positively correlated with spike number, grain number per plant and grain yield (significant at α=1%).

Conclusions

Enhanced yield under all mycorrhizal treatments related to higher grain number per plant, whereas there was no significant difference between these treatments for grain weight. Although the colonization levels of individual mycorrhizal treatments were generally lower, the fostering of grain yield was even strongly more pronounced than with mixed mycorrhizal treat (significant at α=1%). Effects of salinity and soil sterilization varied depending on the species of fungi and water quality. In comparison with other mycorrhizal treatment, *G. geosporum* showed higher salt tolerant relatively on display of superior colonization percentage and grain number per plant in salinity with tap water; and the colonization percentage by *G. mosseae* was not affected by

1- MSc. Student, Department of Agronomy, college of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz
2- Associate Professor in Agronomy, college of Agriculture, Shahid Chamran University Ahvaz
3- Assistant Professor in weed physiology, college of Agriculture, Shahid Chamran University, Ahvaz
(*- Corresponding Author Email: m.farzaneh@scu.ac.ir)

soil indigenous fungi. The results showed that salinity decreased colonization percentage of inoculated mycorrhiza besides indigenous fungi, whereas mycorrhizal dependency was not influenced by salinity levels. Mycorrhizal dependency would probably provide a more consistent basis for the relative benefit provided by mycorrhiza at the saline condition than the colonization percentage. Reductions of the mycorrhizal dependency to wheat plants caused by increasing soil water or nutrient availability however enhancement of plant growth have been indicated especially when mycorrhizal wheat plants exposed to saline stress.

Keywords: Indigenous fungi, Mycorrhizal dependency, Root colonization percentage, Salinity

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۹۵-۴۸۵

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 485-495

اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، زیستی و تراکم بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ گیاه دارویی اسفرزه (*Plantago ovata*)

علی سپهری[1*] – مریم صمدی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۲۴

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تراکم‌های مختلف بوته و کاربرد توأم کودهای شیمیایی و زیستی بر شاخص‌های رشدی و عملکرد موسیلاژ در گیاه دارویی اسفرزه، آزمایشی مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در شرایط آب و هوایی همدان به‌صورت فاکتوریل، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. از سه تراکم ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ بوته در متر مربع و سطوح کودی ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (شاهد)، ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، ۲۵ درصد کود شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر استفاده شد. نتایج تجزیه داده‌ها نشان داد که برهمکنش سطوح مختلف تیمارهای مختلف تراکم و کود بر صفات ارتفاع بوته، تعداد ساقه فرعی، حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد موسیلاژ معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد موسیلاژ و حداکثر تجمع ماده خشک به‌ترتیب معادل ۱۷/۳۹ گرم در مترمربع و ۴۹۷/۵۶ گرم در مترمربع در تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع با مصرف توأم ۵۰ درصد کود شیمیایی + کود زیستی به‌دست آمد. در تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع بین تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کود تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی + کود زیستی در صفات مورد بررسی تفاوتی وجود نداشت. کمترین مقدار عملکرد موسیلاژ در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع به همراه مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی حاصل شد. بنابراین تیمار کود تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر و تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع برای شرایط آب و هوایی همدان قابل توصیه است.

واژه‌های کلیدی: بیوفسفر، حداکثر سرعت رشد محصول، حداکثر شاخص سطح برگ، نیتروکسین

مقدمه

توسعه روز افزون کاربرد گیاهان دارویی در صنایع مختلف و تقاضا برای محصولات طبیعی به‌خصوص در شرایط کشاورزی ارگانیک، ضرورت تولید این گیاهان را افزایش داده است. اسفرزه (*Plantago ovata*) متعلق به خانواده بارهنگ (Plantaginaceae) از گیاهان دارویی بسیار ارزنده دنیا محسوب می‌گردد. از موسیلاژ موجود در پوسته بذر اسفرزه برای درمان التهابات غشای مخاطی روده و معده، یبوست‌های حاد، ورم مفاصل، همچنین در تهیه داروهای ضدسرفه، سوء هاضمه، التهابات پوستی و محرک ایمنی استفاده می‌شود. بذور این گیاه در تهیه داروهای کاهش کلسترول خون نیز کاربرد دارد (۲۰).

شناسایی و مطالعه عوامل تأثیرگذار محیطی و زراعی بر اعتلای کمیت و کیفیت متابولیت‌های گیاهان دارویی بسیار حائز اهمیت است (۹). یکی از پیش شرط‌های لازم در این خصوص، تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تابش خورشیدی به‌منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است. دست‌یابی به این هدف مستلزم انطباق مراحل رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط جوی مناسب و افزایش کارایی استفاده از عوامل تولید به‌واسطه تراکم مطلوب می‌باشد (۲۷). تنظیم فاصله گیاهان یک ابزار قوی برای کنترل رقابت گیاهان یک گونه برای تولید بیشترین ماده مؤثره است (۹). کاهش رقابت بین گیاهان با اعمال الگوی کاشت مناسب، سبب دسترسی بهتر گیاه به نهاده‌های موجود در خاک می‌گردد. در چنین شرایطی آب و مواد غذایی به اندازه کافی در اختیار گیاهان قرار گرفته و با نور کافی حداکثر مواد پرورده حاصل خواهد شد که نهایتاً عملکرد مطلوبی را به بار خواهد آورد (۱۹). دری (۳) بیشترین موسیلاژ دانه اسفرزه به میزان ۱۸/۲ درصد را در بالاترین میزان کشت که توأم با افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بود به‌دست آورد. فلاحی و همکاران (۵) در بررسی تراکم‌های مختلف کاشت بر شاخص‌های فیزیولوژیک ماش (*Vigna radiata*) گزارش کردند که با کاهش

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان
۲- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: Sepehri110@yahoo.com)

فواصل بین ردیف‌ها، ماده خشک کل، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول افزایش یافت.

یکی از عملیاتی که امروزه مطابق با اصول کشاورزی پایدار در راستای حاصلخیزی خاک توصیه شده، استفاده از کودهای زیستی است. کودهای زیستی حاوی تعداد مشخصی از یک یا چند نوع ریزجاندار مفید خاک‌زی می‌باشد که به‌منظور بهبود رشد گیاه در یک اکوسیستم زراعی به‌کار می‌روند. استفاده از این کودها یکی از راه‌کارهای مؤثر در حفظ کیفیت مطلوب خاک محسوب می‌گردد که با افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها در محیط ریزوسفر، توان گیاه را برای جذب بیشتر عناصر غذایی افزایش می‌دهد (۱۵).

در زمینه استفاده از کودهای زیستی برای بهبود جذب عناصر و کاهش مصرف کودهای شیمیایی بر روی گیاهان زراعی و دارویی تحقیقات متعددی انجام شده است (۸ و ۱۶). خلیل (۱۲) تأثیر کودهای زیستی نیتروژن و فسفر را بر روی اسفرزه مورد بررسی قرار داده و گزارش نمود که کاربرد این کودها می‌تواند در افزایش عملکرد موسیلاژ اسفرزه بسیار مؤثر باشد. در مطالعه اثر آزوسپیریلوم و ازتوباکتر بر گیاه سیاهدانه مشاهده شد کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش ارتفاع، شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک و سرعت رشد محصول نسبت به شاهد گردید (۱۴).

با توجه به مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی، همچنین نظر به اهمیت اسفرزه به‌عنوان یک گیاه دارویی و نیز عدم وجود اطلاعات کافی در خصوص واکنش این گیاه به کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و بیولوژیک در تراکم‌های مختلف بوته، این پژوهش انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۱- ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان با طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۲۴ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی با ارتفاع ۱۸۱۰ متر از سطح دریا و میانگین بارندگی سالیانه ۳۳۵ میلی‌متر اجرا گردید. قبل از اجرای آزمایش از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین گردید (جدول ۱). آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتور اول شامل سه تراکم ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ بوته در متر مربع و فاکتور دوم شامل سه سطح مصرف کود، ۱۰۰ درصد کود شیمیایی (۲۱۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم +۵۰ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار) به‌عنوان شاهد، ۵۰ درصد کود شیمیایی (۱۰۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم+ ۲۵ کیلوگرم کود سولفات پتاسیم در هکتار) + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر، ۲۵ درصد کود شیمیایی (۵۲/۵ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم + ۱۲/۵ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) + کود زیستی نیتروکسین و بیوفسفر بودند. همچنین ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن (منبع اوره) به‌صورت سرک در تیمار شاهد و در سایر تیمارها به‌ترتیب ۲۵ و ۱۲/۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن در زمان ساقه رفتن استفاده شد. کود زیستی نیتروکسین به میزان دو لیتر در هکتار و کود زیستی بیوفسفر به میزان ۱۰۰ گرم در هکتار که به روش اختلاط با بذر مصرف شد. کود زیستی نیتروکسین حاوی ترکیبی از گونه‌های باکتری‌های تثبیت کننده ازت شامل *Azotobacter sp.* و *Azospirilium sp.* با حداقل تعداد 10^8 سلول زنده در هر میلی‌لیتر و کود زیستی بیوفسفر حاوی مجموعه‌ای از گونه‌های باکتری‌های حل‌کننده فسفات خاک شامل *Bacillus sp.* و *Pseudomonas sp.* با حداقل 10^7 سلول زنده در هر میلی‌لیتر بود که از شرکت فن آوری زیستی مابکو تهیه گردید. اختلاط بذور با کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر در شرایط سایه و قبل از کاشت انجام شد. بذور اسفرزه در هر کرت روی پنج ردیف ۲/۵ متری و فاصله ردیف ۵۰ سانتی‌متر در اردیبهشت ماه کشت و گیاهان در مرحله چهار برگی جهت رسیدن به تراکم‌های مورد نظر تنک شدند. برداشت گیاهان براساس مشاهده علائم ظاهری رسیدگی شامل زردی و خشک شدن برگ‌ها، قهوه‌ای شدن سنبله و صورتی رنگ شدن بذور در سنبله صورت گرفت. به‌منظور تعیین پارامترهای مورد بررسی پس از حذف اثر حاشیه، از هر کرت دو مترمربع برداشت و صفات ارتفاع بوته، طول سنبله، تعداد ساقه فرعی و عملکرد موسیلاژ اندازه‌گیری شدند. مقدار موسیلاژ با روش کالیان سوندرام و همکاران (۱۰) اندازه‌گیری شد. در این روش یک گرم بذر خشک با ۱۰ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۱/۰ نرمال در حال جوش تا تغییر رنگ پوسته بذر حرارت داده شد و محلول موسیلاژی حاصل جدا گردید. سپس بذور با پنج میلی‌لیتر آب جوش شستشو داده شد و محلول حاصل به محلول موسیلاژی اضافه گردید. با افزودن ۶۰ میلی‌لیتر الکل اتیلیک ۰/۹۶ درصد به محلول مذکور و قرار دادن آن به مدت پنج ساعت در یخچال رسوب موسیلاژ به‌دست آمد. که پس از صاف کردن و قرار دادن در درجه حرارت ۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۲ ساعت، توزین و مقدار موسیلاژ بر حسب گرم در هر گرم بذر تعیین شد و به‌صورت درصد ثبت گردید. به‌منظور تحلیل رشد و تعیین شاخص‌های فیزیولوژیک، اندازه‌گیری سطح برگ و وزن خشک گیاه در فواصل ۱۴ روز انجام شد. جهت تعیین وزن خشک گیاه، نمونه‌های گیاهی به‌صورت جداگانه درون پاکت‌های کاغذی قرار گرفتند و به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد درون آون قرار داده شده و پس از آن به‌طور جداگانه توزین شدند. میانگین داده‌های حاصل برای تعیین شاخص سطح برگ[1]، تجمع ماده خشک[2] و سرعت رشد محصول[3] و میزان فتوسنتز خالص[4] استفاده شد. با استفاده از معادلات یک تا چهار نسبت به برآورد

1- Leaf Area Index
2- Total Dry Weight
3- Crop Growth Rate
4- Net Assimilation Rate

شاخص‌های رشد اقدام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش
Table 1- Physicochemical properties of soil used in experiment

بافت Texture	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	نیتروژن Nitrogen (%)	فسفر Phosphorus ($mg\ kg^{-1}$)	پتاسیم Potassium ($mg\ kg^{-1}$)
لومی- رسی Clay loam	7.7	0.409	0.1	8.2	220

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار آماری SAS, Ver. 9.1 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. رسم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

$$TDW = Exp\ (a + bt + ct^2) \quad (۱)$$

$$LAI = Exp\ (a' + b't + c't^2) \quad (۲)$$

$$CGR = NAR \times LAI \quad (۳)$$

$$NAR= (b+2ct) \times Exp\ [(a- a') + (b-b') + (c- c')\ t^2] \quad (۴)$$

t: براساس روز

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار در سطوح مختلف تراکم بر ارتفاع بوته بود (جدول ۲). بیشترین ارتفاع بوته متعلق به تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و کمترین ارتفاع بوته در تراکم ۷۰ بوته در مترمربع مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد با افزایش تراکم بوته، رقابت بین بوته‌ها در دریافت نور منجر به افزایش ارتفاع شده است. که با نتایج به‌دست آمده توسط سلیمان (۲۲) در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum*) مطابقت دارد. سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز از لحاظ ارتفاع بوته در واحد سطح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی دارای بیشترین ارتفاع بوته در مقایسه با سایر تیمارها بود که با کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشت. کمترین ارتفاع بوته نیز مربوط به مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۳). برهمکنش تیمارها درخصوص ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع بوته در تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و با کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ زیستی حاصل گردید که با تیمار تراکم ۱۳۰ بوته و کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار گرفت (جدول ۴). به‌طور کلی، افزایش تراکم به‌دلیل افزایش رقابت برای نور و مصرف تلفیقی کود به‌دلیل دسترسی بیشتر به عناصر غذایی سبب افزایش ارتفاع بوته شده است. یاداو و همکاران (۲۵) افزایش ارتفاع بوته گیاه اسفرزه را با مصرف کودهای زیستی گزارش و دلیل این امر را بهبود خصوصیات خاک و قابل دسترس شدن عناصر غذایی درنتیجه استفاده تلفیقی از کودهای شیمیایی و زیستی عنوان نمودند. کرمی و همکاران (۱۱) نیز افزایش ارتفاع بوته گیاه دارویی گاوزبان (*Borago officinalis* L.) را با مصرف کودهای زیستی گزارش کردند.

طول سنبله

نتایج به‌دست آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار از نظر طول سنبله در بین تراکم‌های مختلف کاشت بود (جدول ۲). طول سنبله نسبت به افزایش تراکم واکنش منفی نشان داد و با افزایش تراکم بوته، از طول سنبله کاسته شد. بیشترین طول سنبله متعلق به تراکم ۷۰ بوته بود و کمترین طول سنبله در تراکم ۱۳۰ بوته مشاهده گردید (جدول ۳). افزایش تراکم از ۷۰ به ۱۳۰ بوته در شرایط این آزمایش منجر به کاهش ۶۸ درصدی طول سنبله شد. علت کاهش طول سنبله با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، ایجاد رقابت درون گونه‌ای بین گیاهچه‌ها در مراحل اولیه رشد و همچنین رقابت بیشتر گیاه برای آسمیلات و در نتیجه کاهش طول سنبله می‌باشد (۱). به‌نظر می‌رسد در تراکم ۱۳۰ بوته به علت محدودیت رسیدن تشعشع، گیاه با تولید سنبله‌های کوتاه‌تر فشار رقابتی را تعدیل نموده و طول سنبله کاهش یافت. زاهد و همکاران (۲۷) کاهش طول سنبله گندم (*Triticum aestivum* L.) را با افزایش تراکم گزارش کردند. سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز از لحاظ تأثیر بر طول سنبله اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی دارای بیشترین تأثیر بر طول سنبله بود. هرچند بین اثر تیمار مذکور و کاربرد ۱۰۰ درصد کود شیمیایی اختلاف معنی‌دار مشاهده نگردید. کمترین طول سنبله نیز مربوط به مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۳). ویو و همکاران (۲۴) نیز افزایش طول بلال در ذرت (*Zea mays* L.) را در اثر کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند که علت این امر، بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه می‌باشد. نتایج آزمایش نشان داد که برهمکنش تیمارها بر طول سنبله معنی‌دار نبود (جدول ۲). معنی‌دار نبودن اثر تراکم و کاربرد کود بر این صفت، بیانگر این است

که طول سنبله تحت تأثیر توأم این دو فاکتور قرار نگرفته است.

تعداد ساقه فرعی

نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف تراکم از لحاظ تعداد ساقه فرعی بود (جدول ۲). به‌طوری‌که تعداد ساقه فرعی با افزایش تراکم کاهش معنی‌داری یافت. تراکم ۷۰ بوته در متر مربع در مقایسه با سایر تراکم‌ها، تعداد ساقه فرعی بیشتری تولید کرد و کمترین تعداد ساقه فرعی، در تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع مشاهده شد (جدول ۳). سطوح مختلف مصرف کود نیز اختلاف معنی‌دار از نظر تعداد ساقه فرعی مشهود بود (جدول ۲). تعداد ساقه فرعی در تیمار کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+ زیستی بیشتر از سایر تیمارها بود. هرچند تیمار مذکور با تیمار ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشتند.

برهمکنش تراکم و مصرف کود بر تعداد ساقه فرعی در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با مطالعه بر همکنش تراکم بوته و تیمارهای کودی مشاهده شد که در تمامی تیمارهای مصرف کود، با افزایش تراکم تعداد ساقه فرعی کاهش یافت. همان‌طور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود تراکم ۷۰ بوته بیشترین تعداد ساقه فرعی را در سه سطح کودی به‌خود اختصاص داد و بین مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و کاربرد تلفیقی۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در این تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید. به‌دلیل رقابت کمتر بین پنجه‌ها در کسب مواد غذایی، نور و آب در تراکم ۷۰ بوته، نسبت به سایر تراکم‌های کاشت و نیز افزایش پنجه‌زنی در اثر کاربرد کود، تیمارهای مذکور بیشترین تعداد ساقه فرعی را به‌خود اختصاص دادند. کمترین تعداد ساقه فرعی نیز در بین کل تیمارهای آزمایشی مربوط به تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و کاربرد تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۴). دری و همکاران (۳) و موسوی و همکاران (۱۶) نیز کاهش تعداد ساقه فرعی اسفرزه را با افزایش تراکم بوته گزارش کردند. با افزایش تراکم بوته رقابت بین بوته‌ای افزایش و سهم هر گیاه در استفاده از نور، فضا، عناصر غذایی و سایر منابع کاهش یافته، بنابراین پتانسیل تولید ساقه فرعی کاهش می‌یابد (۱). ازطرفی پنجه‌زنی به مقدار زیادی به عواملی که برای رشد سریع گیاه مورد نیاز هستند به‌خصوص عناصر غذایی و رطوبت کافی وابسته است. فسفر و نیتروژن تأثیر بارزی بر روی تولید پنجه بارور دارند. به‌نظر می‌رسد که افزایش تعداد ساقه فرعی در اثر کاربرد تلفیقی کود می‌تواند در نتیجه بهبود رشد ریشه، جذب عناصر غذایی و به تبع آن افزایش فتوسنتز و تولید مواد پرورده باشد. پوریوسف و همکاران (۱۸) افزایش تعداد ساقه فرعی اسفرزه را همگام با مصرف کودهای زیستی گزارش کردند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تأثیر تراکم بوته و تیمارهای کودی بر برخی ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی اسفرزه

Table 2- Analysis of variance (Means of square) effect of plant density and fertilizer treatments on some growth characteristic of *Plantago ovata*

منابع تغییرات S. O. V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	طول سنبله Spike length	تعداد ساقه فرعی Number of branches	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max}	تجمع ماده خشک کل TDW	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield
تکرار Replication	2	0.782	0.021	0.16	0.05	1.94	28.76	61.93	44.06
تراکم Density (D)	2	26.33**	2.03**	11.50**	1.94**	35.81**	53187.89**	1012.64**	80.45**
کودFertilizer (F)	2	4.45**	0.04**	2.66*	0.10**	5.74*	267.07*	212.63**	13.42**
تراکم * کود (D × F)	4	0.27**	0.03 ns	1.98*	0.003**	3.24*	46.73*	1251.49*	5.67*
اشتباه Error	16	0.05	0.04	0.62	0.005	0.84	9.11	28.4	2.93
ضریب پراکنش CV (%)	-	8.21	8.57	7.27	5.43	8.83	4.74	8.53	9.13

*، ** و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵٪، ۱٪ و عدم وجود اختلاف معنی‌دار را نشان می‌دهد.

*, **and ns significant at 5% probability, significant at 1% probability and non-significant, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین تأثیر سطوح مختلف تراکم بوته و تیمارهای کودی بر اسفرزه

Table 3- Mean comparison of different levels of plant density and fertilizer treatments on *Plantago ovata*

تیمار Treatment	ارتفاع بوته Plant Height (cm)	سنبله طول Spike length (cm)	تعداد ساقه فرعی Number of branches	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max} ($g.m^{-2}d^{-1}$)	تجمع ماده خشک TDW ($g.m^{-2}$)	عملکرد دانه Grain yield (gm^{-2})	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield ($g.m^{-2}$)
تراکم ۷۰ بوته (D_1) 70 plant/m^2	15.50^{c}	2.98^{a}	12.51^{a}	2.23^{c}	8.18^{c}	343.63^{c}	51.13^{c}	10.65^{c}
تراکم ۱۰۰ بوته (D_2) 100 plant/m^2	16.43^{b}	2.43^{b}	11.36^{b}	2.53^{b}	10.24^{b}	443.09^{b}	62.62^{b}	13.75^{b}
تراکم ۱۳۰ بوته (D_3) 130 plant/m^2	17.96^{a}	2.03^{c}	10.25^{c}	2.87^{a}	12.17^{a}	494.89^{a}	72.32^{a}	16.63^{a}
۱۰۰٪ شیمیایی (F_1) 100% chemical fertilizer	16.32^{a}	2.49^{a}	11.48^{ab}	2.53^{b}	10.18^{ab}	426.93^{b}	62.39^{a}	13.75^{ab}
۵۰٪ شیمیایی + زیستی (F_2) 50% of chemical fertilizer + bio fertilizer	16.79^{a}	2.68^{a}	11.58^{a}	2.66^{a}	11.00^{a}	434.78^{a}	66.69^{a}	14.86^{a}
۲۵٪ شیمیایی + زیستی (F_3) 25 % of chemical fertilizer + bio fertilizer	15.43^{b}	2.26^{b}	10.78^{b}	2.44^{c}	9.40^{b}	421.90^{c}	56.99^{b}	12.42^{b}

در هر ستون میانگین های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ می‌باشند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

حداکثر شاخص سطح برگ (LAI_{max})

بین سطوح مختلف تراکم بوته و مصرف کود و برهم‌کنش آن‌ها، درخصوص تأثیر بر LAI_{max} اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۲). افزایش تراکم در این آزمایش باعث افزایش شاخص سطح برگ گردید. این افزایش در نتیجه تعداد بیشتر بوته در واحد سطح رخ داد. به عبارت دیگر افزایش تراکم بوته با ایجاد یک فضای سبز مناسب در واحد سطح سبب افزایش شاخص سطح برگ گردید. فلاحی و همکاران (۵) نیز افزایش شاخص سطح برگ ماش را با افزایش تراکم گزارش کردند. خندان بجندی و همکاران (۱۳) نتایج مشابهی مبنی بر افزایش شاخص سطح برگ نخود (*Cicer arietinum* L.) با افزایش تراکم گزارش شده است. در بین سطوح مختلف مصرف کود نیز از لحاظ شاخص سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ متعلق به تیمار کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی+ زیستی بود و کمترین شاخص سطح برگ در تیمارکاربرد تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی+ زیستی مشاهده شد (جدول ۳). خرمدل و همکاران (۱۴) اذعان داشتند که کاربرد کودهای زیستی در گیاه سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) نیز باعث افزایش شاخص سطح برگ و بهبود خصوصیات رشدی گیاه، نسبت به شاهد شد. در تلقیح بذر جو با باکتری‌های حل‌کننده فسفات و تثبیت‌کننده نیتروژن مشخص گردید که تلقیح باکتری‌ها مذکور موجب افزایش شاخص سطح برگ جو نسبت به شاهد شد (۶). محققان دلیل این امر را افزایش میزان جذب عناصر غذایی عنوان کردند. مقایسه میانگین برهمکنش تراکم و کود نمایانگر آن است که افزایش تراکم باعث افزایش شاخص سطح برگ در تمام سطوح مصرف کود شد (جدول ۲). اما میزان این افزایش در تیمارهای مختلف کودی متفاوت بود. به‌طوری‌که تراکم ۷۰ بوته در متر مربع با کاربرد تلفیقی ۲۵ درصد کودشیمیایی+ زیستی دارای کمترین شاخص سطح برگ (۲/۱۳) بود و بیشترین میزان شاخص سطح برگ (۲/۹۹) در تیمار تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع با تلفیق ۵۰ درصد کودشیمیایی+ زیستی به‌دست آمد (جدول ۴). یاسری و همکاران (۲۶) بیان کردند که میزان افزایش سطح برگ ظرفیت فتوسنتزی گیاه را تعیین می‌کند. این محققان افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ کلزا (*Brassica napus*) را زمانی‌که کود نیتروژنه توأم با کود زیستی به‌کار رفت، گزارش کردند. ورود نیتروژن در ساختار پلی‌ساکاریدها و پروتئین‌های سازنده دیواره سلولی، موجب استحکام سازمان سلول و افزایش ابعاد آن و در نتیجه گسترش سطح بافت‌های گیاهی می‌شود. بر اثر این تغییر، سطح برگ زمینه را برای دریافت انرژی تشعشعی بیشتر فراهم می‌کند (۹ و ۲۱). LAI_{max} در هر سه سطح تراکم به دلیل انتقال مجدد مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن، از برگ به دانه در مرحله پر شدن دانه کاهش یافت. کاهش در LAI_{max} در تیمار تلقیح با باکتری‌ها به علت تأمین نیتروژن و سایر عناصر غذایی کمتر بود.

حداکثر سرعت رشد محصول (CGR_{max})

نتایج نشان دادند که بین سطوح مختلف تراکم بوته و مصرف کود در ارتباط با حداکثر سرعت رشد محصول اختلاف معنی‌داری از نظر آماری وجود دارد (جدول ۲). بیشترین CGR_{max} (۱۲/۱۷ گرم در متر مربع در روز) متعلق به تراکم ۱۳۰ بوته و کمترین مقدار CGR_{max} (۸/۱۸ گرم در متر مربع در روز) متعلق به تراکم ۷۰ بوته در متر مربع بود. افزایش تراکم بوته منجر به افزایش CGR گردید و تراکم ۱۳۰

بوته در متر مربع، نسبت به تراکم ۷۰ و ۱۰۰ بوته بوته در متر مربع سرعت رشد محصول را به‌ترتیب به میزان ۳۲ و ۱۵ درصد بهبود بخشید (جدول ۳). بیشترین مقدار CGR_{max} در بین تیمارهای کودی از تیمار مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی حاصل شد، که با تیمار کودی ۱۰۰ درصد شیمیایی در گروه آماری مشابه قرار داشت. کمترین مقدار CGR_{max} نیز از تیمار مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی به‌دست آمد (جدول ۳). بررسی برهمکنش تراکم و کود نشان داد که تأثیر افزایش تراکم، در افزایش حداکثر سرعت رشد محصول در همه سطوح کودی یکسان نیست. مصرف ۵۰ ٪ کود شیمیایی + زیستی در تراکم ۱۳۰ بوته با ۱۳/۰۴ گرم در مترمربع در روز و مصرف ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی در تراکم ۷۰ بوته با ۷/۲۰ گرم در مترمربع در روز به‌ترتیب از بیشترین و کمترین مقادیر CGR_{max} برخوردار بودند (جدول ۴). به نظر می‌رسد که افزایش تراکم منجر به ایجاد پوشش مطلوب‌تر گیاهی و استفاده کارآمدتر از نور در اثر تولید شاخص سطح برگ مطلوب‌تر شده است که در نهایت افزایش سرعت رشد گیاه در بالاترین سطح تراکم را به همراه داشته که با نتایج تحقیق در گیاه ماش مطابقت دارد (۵). از سوی دیگر بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه در اثر مصرف کودهای زیستی منجر به افزایش سرعت رشد گیاه شد. نجاناندا و همکاران (۱۷) مشاهده کردند که کاربرد کودهای زیستی بر روی گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum - graecum* L.) موجب بهبود و تسریع در مرحله جوانه‌زنی و رشد شنبلیله شد. ال زینی (۴) نشان داد که تلقیح بذر لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با کود زیستی (فسفورین و میکروبین) موجب بهبود رشد رویشی و سرعت رشد گیاه شد که با نتایج تحقیق حاضر همخوانی دارد.

تجمع ماده خشک کل (TDW)

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح مختلف تراکم و مصرف کود و برهم‌کنش آن‌ها از لحاظ حداکثر تجمع ماده خشک اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که تراکم ۱۳۰ بوته در متر مربع دارای بیشترین مقدار ماده خشک بود (جدول ۳). در بین تیمارهای کودی نیز مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی از بیشترین مقدار ماده خشک تولیدی برخوردار بود. تیمار مصرف ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در هر سه سطح تراکم، به‌دلیل تأمین نیتروژن مورد نیاز و سایر عناصر غذایی جهت رشد مطلوب، بیشترین ماده خشک را تولید کرد. کمترین مقدار ماده خشک تولیدی نیز از تیمار مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه ماده خشک تجمعی در تراکم‌های مختلف بیانگر آن است که مصرف تلفیقی کود شیمیایی و زیستی سبب افزایش میزان ماده خشک تجمعی گردید. از آن‌جا که ماده خشک تولیدی برآیند جذب و به‌کارگیری عوامل مؤثر در رشد نظیر آب و مواد غذایی می‌باشد، با توجه به افزایش LAI و در نتیجه آن افزایش CGR در شرایط افزایش تراکم بوته، می‌توان افزایش میزان ماده خشک را ناشی از افزایش این عوامل رشدی دانست (۱۶). خندان بجندی (۱۳) در نخود و فلاحی و همکاران (۵) در گیاه ماش افزایش تجمع ماده خشک تولیدی را با افزایش تراکم گزارش و علت آن را افزایش CGR و LAI دانستند. با توجه به نتایج به‌دست آمده، بالا بودن حداکثر تجمع ماده خشک به علت بالا بودن شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول بوده و کاهش آن در تیمارهای تراکم کم و متوسط به دلیل کاهش این شاخص‌ها می‌باشد. خرمدل و همکاران (۱۴) در مطالعه اثر *آزوسپیریلوم* و *ازتوباکتر* برگیاه سیاهدانه مشاهده نمودند کاربرد کودهای زیستی منجر به افزایش تجمع ماده خشک نسبت به شاهد گردید. اوراشیما و همکاران (۲۳) در گیاه اسفناج (*Spinacia oleracea*) افزایش تجمع ماده خشک را با کاربرد کودهای زیستی گزارش کردند. این محققان دلیل این امر را بهبود دسترسی و جذب بهتر عناصر غذایی خاک در اثر مصرف کود زیستی ذکر کردند که در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک در گیاه شد که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت دارد.

عملکرد دانه: نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف تراکم، کود و اثر متقابل بین آنها برای عملکرد دانه بود (جدول ۲). به‌طوری‌که عملکرد دانه نسبت به افزایش تراکم واکنش مثبت نشان داد و با کاهش تراکم بوته، از عملکرد دانه کاسته شد. در تراکم ۷۰ بوته در متر مربع، تیمار مصرف تلفیقی ۲۵٪ کود شیمیایی+ زیستی کمترین عملکرد دانه (۴۴/۳ گرم درمترمربع) را به‌خود اختصاص داد و بین سطوح مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی و ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در این سطح از تراکم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. در تراکم ۱۰۰ بوته در مترمربع بیشترین عملکرد دانه با مصرف تلفیقی ۵۰ درصد شیمیایی + زیستی به‌دست آمد که با تیمار ۱۰۰ درصد در یک گروه آماری مشابه قرار داشت. با افزایش تراکم بوته، بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۱۳۰ بوته در مترمربع و مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ زیستی به مقدار ۷۴/۹ گرم در متر مربع حاصل گردید که با تیمار کودی ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشت. نتایج حاکی از آن است که افزایش تراکم تا ۱۳۰ بوته در مترمربع به همراه مصرف کودهای زیستی موجب بهبود عملکرد دانه اسفرزه گردید. علت آن می‌تواند افزایش شاخص سطح برگ و در نتیجه افزایش فتوسنتز و افزایش تعداد سنبله در واحد سطح در تراکم ۱۳۰ بوته باشد. از سوی دیگر افزایش دسترسی به عناصر غذایی در اثر کاربرد کودهای زیستی در سامانه ارگانیک و تلفیقی، تلفیق ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی بیشترین عملکرد دانه را به‌خود اختصاص داد.

جدول ٤- اثر متقابل تأثیر سطوح تراکم بوته و تیمارهای کودی در گیاه دارویی اسفرزه

Table 4- Interaction between effects of plant density levels and fertilizer treatments on *Plantago ovata*

تیمار Treatment		ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد ساقه فرعی Number of branches in plant	حداکثر شاخص سطح برگ LAI_{max}	حداکثر سرعت رشد محصول CGR_{max} ($g\ m^{-2}d^{-1}$)	تجمع خشک ماده TDW ($g\ m^{-2}$)	عملکرد دانه Grain yield (gm^{-2})	عملکرد موسیلاژ Mucilage yield (g m-2)
D_1	F_1	15.39 ^{g}	12.38 ^{a}	2.22 ^{h}	8.26 ^{de}	343.52 ^{f}	52.25 ^{cd}	10.88 ^{de}
	F_2	15.73 ^{f}	13.22 ^{a}	2.32 ^{g}	9.07 ^{d}	347.17 ^{f}	56.83 ^{cd}	12.00 ^{d}
	F_3	14.76 ^{h}	11.99 ^{b}	2.13 ^{i}	7.20 ^{f}	339.65 ^{g}	44.32 ^{e}	9.05 ^{e}
D_2	F_1	16.58 ^{d}	11.66 ^{cd}	2.52 ^{de}	10.27 ^{c}	442.90 ^{d}	62.66 ^{c}	13.8 ^{cd}
	F_2	16.90 ^{c}	11.79 ^{bc}	2.66 ^{d}	10.89 ^{c}	453.00 ^{c}	68.29 ^{ab}	15.19 ^{bc}
	F_3	16.20 ^{e}	10.61 ^{ede}	2.40 ^{f}	9.58 ^{d}	433.29 ^{e}	56.91 ^{cd}	12.27 ^{d}
D_3	F_1	18.02 ^{a}	10.38 ^{ef}	2.84 ^{b}	12.03 ^{ab}	494.65 ^{a}	72.26 ^{ab}	16.59 ^{ab}
	F_2	18.12 ^{a}	10.55 ^{def}	2.99 ^{a}	13.04 ^{a}	497.56 ^{a}	74.94 ^{a}	17.39 ^{a}
	F_3	17.73 ^{b}	9.81 ^{f}	2.79 ^{c}	11.43 ^{b}	492.76 ^{b}	69.75 ^{ab}	15.92 ^{b}

در هر ستون میانگین های دارای یک حرف مشترک بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ ٪ می‌باشند.

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level based on Duncan test.

عملکرد موسیلاژ: نتایج حاصل از تجزیه داده‌ها، حاکی از وجود اختلاف معنی‌دار بین سطوح مختلف تراکم از لحاظ تأثیر بر عملکرد موسیلاژ بود (جدول ۲). به‌طوری‌که عملکرد موسیلاژ نسبت به افزایش تراکم واکنش مثبت نشان داد و با افزایش تراکم بوته، عملکرد موسیلاژ افزایش یافت. بیشترین عملکرد موسیلاژ متعلق به تراکم ۱۳۰ بوته بود (جدول ۳). با توجه به این‌که عملکرد موسیلاژ از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد موسیلاژ حاصل می‌شود، بنابراین، علت اصلی بالا بودن عملکرد موسیلاژ با افزایش تراکم، بیشتر بودن عملکرد دانه بود. سطوح مختلف تیمارهای کودی نیز از لحاظ عملکرد موسیلاژ در واحد سطح اختلاف معنی‌داری داشتند (جدول ۲). مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی دارای بیشترین مقدار عملکرد موسیلاژ در مقایسه با سایر تیمارها بود که اختلاف معنی‌داری با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی نداشت. کمترین عملکرد موسیلاژ نیز مربوط به مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی + زیستی بود (جدول ۳). افزایش عملکرد موسیلاژ بذر در تیمار کودهای زیستی بیانگر این مطلب است که می‌توان با افزایش قابلیت دسترسی عناصر غذایی برای گیاه، مقدار موسیلاژ بذر اسفرزه را جهت مصارف دارویی افزایش داد. برهمکنش تیمارهای تراکم و کود بر عملکرد موسیلاژ در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بالاترین عملکرد موسیلاژ در تراکم ۱۳۰ بوته و با مصرف تلفیقی ۵۰ درصد کودهای شیمیایی+ زیستی (۱۷/۳۹ گرم بر مترمربع) حاصل گردید که با تیمار مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی در یک گروه آماری قرار داشت. در تراکم ۱۰۰ بوته کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی + زیستی در مقاسیه با مصرف ۱۰۰ درصد کود شیمیایی توانست عملکرد موسیلاژ را ۱۰ درصد افزایش دهد. کمترین عملکرد موسیلاژ نیز در تراکم ۷۰ بوته و مصرف تلفیقی ۲۵ درصد کود شیمیایی+ زیستی (۹/۰۵ گرم بر متر مربع) مشاهده شد (جدول ۴). معنی‌دار بودن برهم‌کنش تیمارهای تراکم و کود بر عملکرد موسیلاژ حاکی از این امر است که با افزایش تراکم بوته به دلیل افزایش تعداد سنبله در واحد سطح و افزایش عملکرد دانه، همچنین افزایش رشد گیاه در اثر مصرف کودهای زیستی، سبب افزایش عملکرد موسیلاژ شده است. دری و همکاران (۳) بر روی اسفرزه، بیشترین عملکرد موسیلاژ در بالاترین تراکم کشت به‌دست آمد. از آن‌جا که متابولیت‌های ثانویه از تولیدات جانبی فتوسنتز می‌باشند، با توجه به افزایش سبزینگی گیاهان در اثر مصرف کودهای زیستی و افزایش دسترسی به عناصر غذایی، مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه در این گیاهان بالا رفته و ماده مؤثره تولیدی بیشتر می‌شود (۱۲). ازاز و همکاران (۲) گزارش کردند کاربرد کودهای زیستی، رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس را در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) افزایش داد. یاداو و همکاران (۲۵) و سینک و همکاران (۲۱) با بررسی تأثیر کودهای زیستی و شیمیایی بر روی گیاه اسفرزه اظهار داشتند که کاربرد این کودها می‌تواند در افزایش عملکرد موسیلاژ اسفرزه مؤثر باشد. استنباط می‌شود که ترکیب کود شیمیایی و زیستی این امکان را فراهم می‌آورد که در

دوره ابتدایی رشد گیاهان، کود شیمیایی مواد غذایی قابل جذب را برای آن‌ها تأمین نموده و در مراحل بعدی رشد، کود زیستی مواد غذایی پر مصرف و کم مصرف لازم را در اختیار گیاه قرار دهد (۷).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که مصرف تلفیقی کودهای شیمیایی به همراه کودهای زیستی تأثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشدی و صفات کمی و کیفی گیاه اسفرزه داشت و حداکثر عملکرد موسیلاژ در نتیجه‌ی مصرف ۵۰ درصد کودهای شیمیایی توأم با کودهای زیستی نیتروکسین و بیوفسفر حاصل شد. همچنین نتایج نشان داد که مصرف کودهای زیستی مذکور در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار با بهبود شرایط تغذیه‌ای گیاه به‌ویژه در تراکم ۱۳۰ بوته می‌تواند نقش مفیدی در افزایش سطح برگ، سرعت رشد محصول و در نهایت عملکرد موسیلاژ اسفرزه داشته باشد.

References

1. Ahmadi, A., Nasrollahzadeh, A., Valiloo, R., and Khalili, J. 2009. Effects of planting density and nitrogen fertilization on yield and percent protein of durum Wheat var. Aria. Journal of Agricultural Science 9: 17-35. (in Persian with English abstract).
2. Azazz, N. A., Hassan, E. A., and Hamad, E. H. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristic of Fennel plants treated with organic and biofertilizer instead of mineral fertilizer. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 3 (2): 579-587.
3. Dorry, M. A. 2006. Effects of seed rate and planting dates on seed yield and yield components of *Plantago ovata* in dry farming. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 22 (3): 262-269. (in Persian with English abstract).
4. EL-Zeiny, O. A. H. 2007. Effect of bio fertilizers and root exudates of two weed as a source of natural growth regulators on growth and productivity of bean plants (*phaseolus vulgaris* L.) under different water regimes. Journal of Agricultural and Biological Science 3 (5): 440-446.
5. Fallahi, H. A., Mirzaei, A., Siabidi, M. M., Siyadat, S. A., and Fotohi, F. 2011. Evaluation of Mungo bean (*Vigna radiata*) growth indices as affected by various planting patterns. Iranian Journal of Pulses Research 1 (2): 85-100. (in Persian with English abstract).
6. Fikrettin, S., Chakmakji, R., and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yield in relation to inoculation with N2-fixing and Phosphate solubilizing bacteria. Plant and Soil 256: 123-129.
7. Ghosh, P. K., Ramesh, P., Bandyopadhyay, K. K., Tripathi, A. K., Hati, K. M., Misra, A. K., and Acharya, C. L. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphor compost and fertilizer-NPK on three cropping systems in Vertisols of semi-arid tropics. Crop yields and system performance. Bioresource Technology 95 (1): 77-83.
8. Haj Seyed Hadi, M. R., Darzi, M. T., and Ghandehari, Z. 2012. Effects of irrigation treatment and *Azospirillum* inoculation on yield and yield component of black cumin (*Nigella sativa* L.). Journal of Medicinal Plants Research 6 (30): 4553-4561.
9. Hosseinpour, M., Pirzad, A., Habibi, H., and Fotokian, M. H. 2011. Effect of biological nitrogen fertilizer (*Azotobacter*) and plant density on yield, yield components and essential oil of anise. Journal of Agricultural and Sustainable Production 2 (1): 70-86. (in Persian with English abstract).
10. Kalayasundram, N. K., Pateb, P. B., and Dalat, K. C., 1982. Nitrogen need of Plantago ovata in reaction to the available nitrogen in soil. Indian journal of Agricultural Science 52: 240-242.
11. Karami, A., Sepehri, A., Hamzei, J., and Salimi, Gh. 2010. Effect of nitrogen and phosphorous biofertilizers on quantitative and qualitative traits of Borage (*Borago officinalis* L.) under water deficit stress. Journal of Plant Production Technology 11 (1): 37-50. (in Persian with English abstract).
12. Khalil, M. K. 2006. How far would *Plantago afra* L. Respond to bio and organic manures amendments. Research Journal of Agriculture and biological Sciences 2 (1): 12-21.
13. Khandan Bejandi, T., Seyed Sharifi, R., Sedghi, M., Asgari Zakaria, R., Namvarl, A., and Jafari Moghaddam, M. 2008. Effect of plant density, Rhizobia and microelements on yield and some of morph-physiological characteristics of pea. Electronic Journal of Crop Production 3 (1): 139-157. (in Persian with English abstract).
14. Khorramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., Ghorbani, R. 2005. Application effects of bio fertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Agricultural Research 6 (2): 285-294. (in Persian with English abstract).
15. Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J. W., and Reddy, M. S. 2006. Plant growth promoting Rhizobacteria as transplant amendments and their effects on Indigenous Rhizosphere microorganisms. Journal of Applied Soil Ecology 31:91-100.
16. Moosavi, S. Gh., Sadegh Zadeh Hemayati, S., Seghatoleslami, M. J., and Ansarinia, E. 2012. Effect of planting date and plant density on morphological traits, yield and water use efficiency of Plantago ovata. Journal of

Medicinal Plants Research 6 (10): 1873-1878.
17. Nagananda, G. S., Das, A., Bhattacharya, S., and Kalpana, T. 2010. In vitro studies on the effects of biofertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of Trigonella foenum – graecum L. using a novel glass marble containing liquid medium. International Journal of Botany 6: 394 - 403.
18. Pouryousef, M., Mazaheri, D., Chaee Chi, M., Rahimi, A., and Tavakoli, A. 2009. The effect of different treatments on soil fertility properties of agro-morphological and mucilage of Plantago ovata. Electronic Journal of Crop Production 3 (2): 193-212. (in Persian with English abstract).
19. Rahimi, A., Jahansoz, M. R., Rahimian Mashhadi, H. R., Pouryosef, M., and Roosta, H. R., 2008. Effect of drought and plant density on yield and phonological stages of Isabgol and *French psyllium* with using growth degree days. Electronic Journal of Crop Production 2 (1): 57-74. (in Persian with English abstract).
20. Ramroudi, M., Galavi, M., Barat, A. A., and Allahdoo, M. 2011. Effect of micronutrient and irrigation deficit on yield and yield components of Isabgol (*Plantago ovata Forsk*) using multivariate analysis. Journal of Food, Agriculture and Environment 9 (1): 247- 251.
21. Singh, D., Chand, S., Anvar, M., and Patra, D. 2003. Effect of nitrogen and phosphorus fertilization to growth of *Plantago ovata*. Indian Journal of Agronomy 40 (3): 529-531.
22. Suleyman, K. 2004. The effect of different row spacing on yield component and essential oil content of Coriander. Master thesis, Faculty of Agriculture, Ankara University, Turkey.
23. Urashima, Y., and Hori, K. 2003. Selection of PGPR which promotes the growth of spinach. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition 74: 157-162.
24. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C., and Wong, M. H. 2005. Effects of bio fertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth. A greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
25. Yadav, R. D., Keshwa, G. L., and Yadav, S. S. 2002. Effect of integrated use of FYM, urea and Sulphur on growth and yield of isabgol (*Plantago ovata*). Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences 25: 668-671.
26. Yasar, E., and Patwardhan, A. M. 2007. Effect of *Aztobacter* and *Azospirillium* inoculation and chemical fertilizers on growth and productivity of Canola. Asian Journal of Plant Science 6 (1): 77-82.
27. Zahed, M., Galeshi, S., Latifi, N., Soltani, A., and Calate, M., 2010. The effect of plant density on seed yield and yield components in modern and old wheat cultivars. Electronic Journal of Crop Production 4 (1): 201-215. (in Persian with English abstract).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 485-495

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۴۹۵-۴۸۵

The Effect of Integrated Chemical and Biological Fertilizers on Growth Indices and Mucilage Yield of Isabgol (*plantagoovata* Forssk) across Different Plant Densities

A. Sepehri[1*] - M. Samadi[2]

Received: 16-04-2014
Accepted: 15-12-2014

Introduction

Isabgol (*plantagoovata Forssk*) is an important annual medicinal plant which is under cultivation in Iran. Isabgol has been used in medicine since ancient times, however, it has only been cultivated as a medicinal plant in recent decades. It is a diuretic, alleviates kidney and bladder complaints, gonorrhea, arthritis and hemorrhoids. In general, plants known as medicinal are rich in secondary metabolites and have potential as drugs. The biosynthesis of the secondary metabolites is controlled genetically and affected strongly by environmental factors especially chemical fertilizers. The environmental and economic impacts of chemical fertilizer application such as water pollution, low quality of agricultural production and decreasing soil productivity have encouraged farmers to use alternative nutrient sources. Sustainable farming on the basis of natural fertilizer application with the aim of omitting or decreasing chemical elements is a desirable approach to prevent these problems. Biofertilizers are some non-symbiotic and symbiotic microbes in the soil that stimulate plant growth and contribute the improvement of ecosystem. Many genera of plant growth promoting rhizobacteria such as *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus* and *Pseudomonas* are used as biofertilizers for economically important crops. Several studies have shown that beneficial microbes, such as *Azotobacter* and *Azospirillum*, not only affect nitrogen fixation but also exhibit other favorable properties such as production of growth hormones. Nitrogen and phosphate chemical fertilizers could be replaced by biofertilizers containing *Azotobacter*, *Azospirilium*, *Bacillus* and *Pseudomonas*. In this study, we evaluated the effects of integrated application of chemical fertilizers and bio-fertilizers under different plant densities on growth indices, grain and mucilage yield of Isabgol.

Materials and Methods

A field experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at the Agricultural Research Station of Bu-Ali Sina University in2011. The mean annual precipitation was 330 mm. The Soil of experimental field was loamy clay with pH 7.7, containing 8.2 mg kg^{-1}P, 0.1 mg kg^{-1}N , 220 mg kg^{-1}K, and EC 0.409 dS m^{-1}. Three levels of plant densities (70, 100, and 130 plant per m^2) and three combinations of fertilizers including 100% chemical fertilizer (control), 50% chemical fertilizer+Nitroxin (*Azotobacter* sp., *Azospirilium* sp.) and Biophosphorus (*Bacillus* sp., *Pseudomonas* sp.), 25% chemical fertilizer+Nitroxin and Biophosphorus were applied. Two biofertilizers including Nitroxin (2 liters per hectare) and Biophosphor (100 gram per hectare) were used. The population of bacteria in Nitroxin was 108 cell ml^{-1} and in Biophosphorus was 107 cell gr^{-1}.The plant height, number of branches in plant, maximum leaf arearindex (LAImax), maximum crop growth rate (CGRmax), total dry matter (TDM), and grain and mucilage yield was measured. All variables were submitted to analysis of variance using the statistical analysis system (SAS, 9.1) and significant differences among means were identified by Duncan test at the 0.05 level of significance.

Results and Discussion

The interaction between density and fertilizer treatments was significant forplant height, number of branches in plant, LAImax, CGRmaxTDM, grain and mucilage yield, whereas it was not significant for length of spike. Acrossall fertilizer treatments, increasing plant density decreased the number of branches per plant. The grain yield obtained from 130 plants per m^2 was on average 15.49% and 41.44% higher than 100 and 70 plants per m2, respectively. Grain yield was mostly affected by the application of 50 % of chemical fertilizer + biofertilizersfor allthree plant densities. The highest mucilage yield and TDM (314.69 unit and 497.65 gr m^{-2}, respectively) were

1- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
2- M.Sc Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan
(*- Corresponding Author Email: Sepehri110@yahoo.com)

obtained from 130 plants per m2 by using 50% of chemical fertilizer + biofertilizers. In density of 130 plant per m^2, there was no significant differencebetween using 100% chemical fertilizer and 50 % of chemical fertilizer + biofertilizers. The lowest mucilage yield was obtained from 70 plants per m^2 by using 25 % of chemical fertilizer + biofertilizers.

Conclutions

The integrated application of chemical fertilizer and biofertilizer showed maximum effect on growth indices and the quality and quantity characteristics of Isabgol, therefore application of 50% chemical fertilizers+biofertilizers and 130 plants per m2 is recommended in similar conditions.

Keywords: Biophosphorus, CGR max, LAI max, Nitroxin

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۱۲-۴۹۶

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 496-512

بررسی تنوع گونه‌ای، ساختاری و کارکردی علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های ارگانیک و رایج برنج (*Oryza sativa*)

سید یوسف موسوی طغانی[۱]- پرویز رضوانی مقدم[۲]*- مهدی نصیری محلاتی[۲]- محمدرضا دماوندیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۰۳

چکیده

به‌منظور ارزیابی تنوع گونه‌ای، ساختاری و کارکردی علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های برنج استان مازندران، مطالعه‌ای طی سال زراعی۹۱-۱۳۹۰ در شهرستان‌های بابل و بابلسر اجرا گردید. نمونه‌های تصادفی از ۹ کوآدرات ۱متر×۱متر مزارع دو بوم‌نظام برنج تحت مدیریت ارگانیک و رایج، طی چهار مرحله (پنجه‌زنی، ساقه روی، پرشدن دانه و پس از برداشت) به‌دست آمد. میزان تنوع، یکنواختی، فراوانی و تشابه علف‌های‌هرز، به تفکیک جنس و گونه تعیین گردید. تجزیه داده‌ها با استفاده از آزمون t و گروه‌بندی از طریق تجزیه خوشه‌ای به روش سلسله‌مراتبی انجام گردید. میانگین شاخص‌های تنوع در نظام رایج، طی دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه‌روی، بیشتر از نظام ارگانیک و طی مراحل پرشدن دانه و پس از برداشت، کمتر از آن بود. براساس هر دو شاخص تنوع سیمپسون و شانون-واینر، در سطح تشابه ۷۶ درصد، دو خوشه تشکیل گردید. مبتنی بر شاخص‌های یکنواختی کامارگو و اسمیت-ویلسون، به‌ترتیب در سطح تشابه ۸۳ و ۸۲ درصد، دو خوشه ایجاد شد. دامنه شاخص تشابه از ۱/۸۹ تا ۸۳/۹۶ درصد متغیر بود. در مجموع گروه‌بندی علف‌های‌هرز، براساس فراوانی نسبی، طی مراحل مختلف نمونه‌برداری، حاکی از وجود دو خوشه در سطح ۷۸ درصد و چهار خوشه در سطح تشابه حدود ۸۵ درصد بود. در گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری براساس تراکم کلیه علف‌های‌هرز، دو خوشه در سطح تشابه ۳۹ درصد به‌دست آمد. مبتنی بر نتایج حاصل از این تحقیق، تعداد کل علف‌های‌هرز نمونه‌گیری شده در مزارع دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک برنج، شامل ۱۰ گونه از ۸ جنس ۴ خانواده بود. در این میان به تناسب شکل رویش، ۷۵ درصد خانواده‌ها تک‌لپه و ۲۵ درصد آن‌ها دولپه بودند. خانواده گندمیان با سه گونه متنوع‌ترین خانواده علف‌های‌هرز تک‌لپه و C_4 بودند، همچنین دو علف‌هرز سمج از چهار گونه دارای خصوصیت مربوط، متعلق به خانواده گندمیان بودند. خانواده جگن‌ها، دو گونه از چهار گونه چند ساله را به‌خود اختصاص دادند. علف‌های‌هرز خانواده گندمیان و جگن‌ها، حدود ۷۰ درصد علف‌های‌هرز موجود در دو بوم‌نظام را شامل شدند. این مطالعه نشان داد که ساختار و کارکرد علف‌های‌هرز، تحت تأثیر نظام‌های مدیریتی متفاوت بود.

واژه‌های کلیدی: تراکم، خوشه‌بندی، شاخص سیمپسون، شاخص کامارگو، فراوانی

مقدمه

از آنجایی که کارکرد بوم‌نظام‌های زراعی، در راستای تولیدات زراعی سازماندهی شده است، بنابراین تولید آن‌ها مبتنی بر نهاده‌های خارجی است (۸). تنوع، حاصل، شاخص و اساس پیچیدگی یک نظام بوده و بیانگر توان آن در حفظ کارکرد پایدار است (۱۳). توافق عمومی بر آن است که افزایش تنوع، پیچیدگی ذاتی بوم‌نظام‌های زراعی را افزایش داده و بدین ترتیب موجب تقویت فرآیندهای درون آن می‌شود. از بین رفتن تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های زراعی، تهدیدی برای بقای آن‌ها به‌شمار می‌رود؛ بنابراین می‌توان گفت که در بوم‌نظام‌های زراعی متنوع، جایگاه علف‌های‌هرز یا گونه‌های مهاجم و خطرناک خارجی در محیط‌های ساده شده (کشاورزی رایج)، به‌وسیله گونه‌های مفید اشغال می‌شود (۸). بر این پایه شناخت خصوصیات مربوط به پراکنش مکانی و زمانی اجزای تنوع زیستی بوم‌نظام‌های کشاورزی، در راستای حفاظت و بهره‌برداری مطلوب از آن، در همه سطوح ضروری می‌نماید. ترکیب گونه‌ای جامعه علف‌های‌هرز، ناشی از تغییرات فصلی، چرخه‌های زراعی و نوسانات بلندمدت محیطی (مانند فرسایش خاک و تغییر اقلیم) می‌باشد. نوع عملیات مدیریتی مانند شیوه شخم، انتخاب گونه زراعی، روش مهار علف‌های‌هرز و روند تغذیه (۱۰)، الگوهای تخریب طبیعی و منابع در دسترس را تغییر داده و بدین ترتیب بر فرآیندهای کلونی طبیعی جوامع گیاهی، تأثیر می‌گذارد. این تغییرات منظم و متوالی، سازگاری برخی علف‌های‌هرز

۱- دانشجوی دکتری اگرواکولوژی دانشگاه فردوسی مشهد
۲- استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

ویژه را نیز در پی دارد (۶). تنوع کارکردی، در واقع مبتنی بر قابلیت‌های موجود بوده و بر کارکرد بوم‌نظام، تأثیر می‌گذارد. تنوع کارکردی علف‌های‌هرز، انتخاب صفات مورد نظر برای طبقه‌بندی گونه‌ها در گروه‌های کارکردی است؛ که تقریباً هیچ روند مشخصی برای آن وجود ندارد، اما در برخی مقالات، اطلاعات ارزشمندی در این مورد، قابل حصول است (۹). با توجه به اینکه علف‌های‌هرز به‌عنوان یکی از اجزای مکمّل بوم‌نظام‌های کشاورزی و جزء غیرقابل تفکیک آن‌ها به‌شمار می‌روند، بنابراین بررسی تنوع گونه‌ای، کارکردی و ساختاری آن‌ها می‌تواند نقش مؤثری در مدیریت علف‌های‌هرز و ایجاد تعادل در بوم‌نظام‌ها داشته باشد (۷). شواهد نشان می‌دهد که استفاده از روند فشرده‌سازی در بوم‌نظام‌ها، تنوع کارکردی را بیش از غنای گونه‌ای، کاهش داده است، از این یافته می‌توان نتیجه گرفت که گونه‌های حذفی از منظرهای کشاورزی، بیشتر از نوع اختصاصی بوده‌اند تا عمومی (۷). در گروه‌بندی علف‌های‌هرز براساس درجه تزاحم یا سماجت، علف‌های‌هرز سمج (۲۳ گونه) تنوع بیشتری نسبت به انواع غیرسمج خود (۲۱ گونه) داشتند. همچنین مهم‌ترین علف‌های‌هرز تک‌لپه یکساله (شامل سوروف و علف‌انگشتی) بودند (۶). بررسی اثرات مدیریت زراعی بر فراوانی، تنوع و خصوصیات کارکردی علف‌های‌هرز، نشان داد که تنوع علف‌های‌هرز در مزارع ارگانیک، بیشتر از رایج بود (۸). این تحقیق به‌منظور ارزیابی جوامع علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های برنج (*Oryza sativa*) از منظر ساختار، تنوع و کارکرد در استان مازندران انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی نقش مدیریت بر تنوع ساختاری، گونه‌ای و کارکردی علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های برنج، در سال ۱۳۹۱، جمعیت علف‌های‌هرز دو بوم‌نظام برنج تحت دو نوع مدیریت (ارگانیک و رایج)، در استان مازندران (شهرستان‌های بابل و بابلسر) مورد مطالعه قرار گرفت. استان مازندران، یکی از سه استان شمالی کشور است که سطح زیر کشت برنج آن بالغ بر ۲۳۰ هزار هکتار می‌باشد. مناطق مورد بررسی در شهرستان‌های بابل (نظام رایج) و بابلسر (نظام ارگانیک) قرار دارند (شکل ۱). اقلیم منطقه از نوع معتدل خزری است، که به‌واسطه وجود رشته کوه‌های البرز، رطوبت بالایی (حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد) دارد. متوسط دمای سالانه حدود ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد بوده و متوسط میزان بارش سالانه آن بالغ بر ۹۷۷ میلی‌متر است (۱۵). نمونه‌برداری خاک، طی زمستان از عمق لایه زراعی (۳۰-۲۵ سانتی‌متر) با استفاده از لوله نمونه‌برداری، به روش زیگزاگ، انجام و جهت تعیین خصوصیات آن به آزمایشگاه انتقال داده شد (جدول ۱). در هر شهرستان از هر نظام مدیریتی، سه مزرعه برنج، انتخاب گردید که دامنه مساحت آن‌ها از ۰/۳ تا ۰/۵ هکتار متغیر بود. در هر مزرعه ۹ کوآدرات (۱ متر×۱ متر) به‌صورت تصادفی مشخص شده و علف‌های‌هرز در هر کوآدرات، شمارش و با استفاده از منابع معتبر، حتی‌الامکان به تفکیک گونه شناسایی شدند. این روند در چهار مرحله (پنجه‌زنی، ساقه روی، پرشدن دانه و پس از برداشت) انجام شد. میزان تنوع و یکنواختی علف‌های‌هرز مزارع تحت مطالعه و میانگین آن در نظام‌های مدیریتی، با استفاده از شاخص‌های مربوط تعیین شد (جدول ۲). تیمارها شامل دو نوع مدیریت مصرف نهاده‌ها بود، که مبتنی بر آن‌ها دو نظام ارگانیک و رایج تعریف گردید (جدول ۳). در راستای ارزیابی تنوع ساختاری، فراوانی و تراکم گونه‌ای جوامع علف‌های‌هرز، در هر نظام مدیریتی مشخص شد. همچنین گونه‌ها مبتنی بر تنوع کارکردی، در پنج گروه شکل رویش (تک‌لپه و دولپه)، چرخه زندگی (یک‌سال و چندسال)، مسیر فتوسنتزی (سه‌کربنی و چهارکربنی) و میزان تزاحم (سمج و غیرسمج) دسته‌بندی گردیدند (جدول ۹). گروه‌بندی مراحل مختلف نمونه‌برداری از طریق تجزیه خوشه‌ای[1] به روش سلسله‌مراتبی پیوسته کامل، براساس فواصل اقلیدسی با استفاده از نرم‌افزار Minitab14 و تجزیه داده‌ها (از طریق آزمون t جفت نشده[2]) و رسم آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS16 و Minitab14 انجام گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج حاصل از این تحقیق، تعداد کل علف‌های‌هرز یافت شده از چهار خانواده گندمیان (*Poaceae*) جگن‌ها (*Cyperaceae*)، بارهنگ (*Plantaginaceae*) و کاسنی (*Asteraceae*) بود (جدول ۹). باهات و همکاران (۲) نیز وجود خانواده‌های مختلف از جمله خانواده‌های مورد اشاره را در بوم‌نظام‌های برنج گزارش کردند.

گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری براساس تنوع گونه‌ای

الف. شاخص‌های تنوع

نتایج مبتنی بر میانگین شاخص‌های تنوع، حاکی از تفاوت آنها در دو نظام مدیریتی بود، بدین ترتیب که در دو مرحله پنجه‌زنی و ساقه‌روی، میانگین تنوع علف‌های‌هرز براساس شاخص سیمپسون، به‌ترتیب در نظام پرنهاده ۰/۷۸۱ و ۰/۷۶۴ (کدهای ۱ و ۲) و در نظام ارگانیک، ۰/۸۲۵ و ۰/۷۱۱ (کدهای ۵ و ۶) بود؛ در حالی‌که در مراحل پرشدن دانه و پس از برداشت، شاخص مزبور، به‌ترتیب مقدار ۰/۷۴۹ و ۰/۰۹۴ را در نظام رایج (کدهای ۲ و ۳) و ۰/۸۸۹ و ۰/۵۰۳ را در نظام ارگانیک (کدهای ۷ و ۸) نشان داد.

1- Cluster Analysis
2- Unpaired T-Test

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزارع تحت مطالعه
Table 1- Soil physical and chemical characteristics of studying fields

ویژگی خاک Soil Properties	مدیریت Management	
	ارگانیک Organic	رایج Conventional
بافت Texture	رسی Clay	سیلتی‌لوم Silty Loam
ماده آلی Organic Matter	3.06	2.49
ظرفیت تبادل کاتیونی Cation Exchange Capacity (meq/100g. soil)	34.4	27.78

مبتنی بر نتایج حاصل از شاخص تنوع شانون–واینر، طی مراحل اول و دوم، میانگین میزان تنوع در نظام رایج، ۲/۰۲۵ و ۱/۸۸۷ (کدهای ۱ و ۲) و در نظام ارگانیک ۱/۹۴۲ و ۱/۳۷۴ (کدهای ۵ و ۶) بود (جدول ۴). خوشه‌بندی مزارع براساس شاخص‌های تنوع، گویای نتایج متفاوتی بود، به‌طوری‌که براساس شاخص تنوع سیمپسون، در سطح تشابه ۷۶ درصد، دو خوشه تشکیل گردید، در حالی‌که در خوشه اول، مراحل اول، دوم و سوم نظام رایج (کد ۱، ۲ و ۳) و در خوشه دوم، مرحله چهارم نظام رایج (کد ۴) و مراحل اول تا چهارم نظام ارگانیک (کد ۵، ۶، ۷ و ۸) قرار داشتند (شکل ۲)، همچنین از نظر شاخص تنوع شانون–واینر، در سطح تشابه ۷۶ درصد، دو خوشه حاصل گردید، به‌طوری‌که خوشه اول شامل مراحل اول تا چهارم نظام رایج (کد ۱، ۲، ۳ و ۴) بوده و خوشه دوم، چهار مرحله نمونه‌برداری نظام ارگانیک (کد ۵، ۶، ۷ و ۸) را در بر گرفت (شکل ۴).

ب. شاخص‌های یکنواختی

شاخص‌های یکنواختی نیز نتایج متفاوتی را نشان دادند، بدین ترتیب که براساس شاخص کامارگو، میانگین میزان یکنواختی در نظام رایج، طی مراحل اول و دوم، ۰/۶۸۲ و ۰/۷۲۳ (کدهای ۱ و ۲) و در نظام ارگانیک، به‌ترتیب مقدار آن ۰/۷۵۹ و ۰/۷۴۴ (کدهای ۵ و ۶) بود؛ در حالی‌که طی مراحل سوم و چهارم، میزان آن در نظام رایج ۰/۵۸۱ و ۰/۳۰۴ (کدهای ۳ و ۴) و در نظام ارگانیک ۰/۸۴۴ و ۰/۲۷۰ (کدهای ۷ و ۸) بود. مقدار شاخص یکنواختی اسمیت–ویلسون نیز روندی معادل شاخص کامارگو داشت، بدین ترتیب که طی مراحل اول و دوم، نظام رایج مقدار ۰/۷۷۶ و ۰/۷۹۱ (کدهای ۱ و ۲) و در نظام ارگانیک، ۰/۸۵۱ و ۰/۸۳۶ (کدهای ۷ و ۸) را نشان داد؛ به همین ترتیب طی مراحل سوم و چهارم هر دو نظام، تغییرات مشابهی قابل مشاهده بود؛ با این توضیح که مقدار شاخص اسمیت–ویلسون در نظام رایج به‌ترتیب ۰/۸۴۸ و ۰/۱۸۸ (کدهای ۳ و ۴) و در نظام ارگانیک ۰/۹۳۷ و ۰/۱۷۰ (کدهای ۷ و ۸) بود (جدول ۴).

با توجه به اینکه ترکیب جامعه گیاهی، نتیجه اثرات متقابل عوامل محیطی و مدیریتی بوده (۱۶) و در دو بوم‌نظام تحت بررسی، عوامل محیطی دارای تشابه نسبی است، بنابراین می‌توان گفت که نوع مدیریت اعمال شده بر این بوم‌نظام‌ها، تفاوت مزبور را سبب شده است.

براساس نتایج حاصل از شاخص یکنواختی کامارگو، در سطح تشابه ۸۳ درصد، دو خوشه تشکیل گردید، به‌طوری‌که مراحل اول، دوم و سوم نظام رایج (کد ۱، ۲ و ۳) در یک خوشه و مرحله چهارم نظام رایج (کد ۴) به همراه چهار مرحله نمونه‌برداری نظام ارگانیک (کد ۵، ۶، ۷ و ۸) در خوشه جداگانه‌ای قرار گرفتند (شکل ۳). خوشه‌بندی مراحل نمونه‌برداری، مبتنی بر شاخص یکنواختی سیمپسون، در سطح تشابه ۸۲ درصد، دو گروه را تعریف نمود؛ به‌طوری‌که در خوشه اول، مراحل اول، دوم و سوم نمونه‌برداری نظام رایج (کد ۱، ۲ و ۳) قرار داشته و مراحل چهارگانه نظام ارگانیک (کد ۵، ۶، ۷ و ۸) به همراه مرحله چهارم نظام رایج (کد ۴) در خوشه دوم، جای گرفتند (شکل ۵).

ج. شاخص تشابه

نتایج مندرج در جدول شاخص تشابه علف‌های‌هرز دو نظام مدیریتی، طی مراحل مختلف نمونه‌گیری، حاکی از آن است که میزان تشابه نوسان زیادی داشت، بدین ترتیب که از ۱/۸۹ تا ۸۳/۹۶ درصد متغیر بود. بیشترین شاخص تشابه علف‌های‌هرز (۸۳/۹۶ درصد) بین مرحله پنجه‌زنی و پرشدن دانه نظام ارگانیک دیده شد، در حالی‌که کمترین مقدار شاخص تشابه علف‌های‌هرز (۱/۸۹ درصد) بین مرحله پس از برداشت نظام رایج و مرحله ساقه نظام ارگانیک وجود داشت (جدول ۵). هرچند برخی شواهد حاکی از آن است که علی‌رغم وجود تفاوت‌های مدیریتی در بوم‌نظام‌های زراعی، بین ساختار جمعیتی علف‌های‌هرز، تفاوتی مشاهده نشد (۷).

جدول ۲- شاخص‌های تنوع، یکنواختی و تشابه

Table 2- Indices of diversity, evenness and similarity

	شاخص Index	فرمول Formula	توضیحات Comments	منبع Reference
تنوع Diversity	سیمپسون Simpson		S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه، ni: تعداد افراد گونه iام، N: تعداد کل افراد در نمونه، Pi: نسبت افراد گونه iام در جامعه، دامنه تغییر از صفر (بدون تنوع) تا تقریباً یک (1-1/s)، حساس به گونه‌های غالب در نمونه، S: Number of species in the sample, n_i: Number of individuals of species *i* in the community,	Simpson (1949)
	شانون-واینر Shanon-Winer		Pi: سهم افراد در گونه iام نسبت به کل نمونه که بصورت ni/N تعریف می‌شود. S: تعداد گونه‌ها، واحد H′ بیت به ازای فرد، Pi: Proporation of total sample belonging to ith species (it's introduced by ni/N), S: Number of species, The unit of H′ is "bits/individual".	Margalef (1958)
یکنواختی Evenness	کامارگو Kamargo		S: تعداد کل گونه‌ها در نمونه، P_i: نسبت افراد گونه iام در نمونه، P_j : نسبت افراد گونه jام در نمونه، S: Number of species in the sample, Pi and Pj: Proporation of individuals of species I and j in total sample, respectively.	Kamargo (1993)
	اسمیت-ویلسون Smith-Wilson	$=1-\left(\frac{2}{\pi}\right)\left[\arctan\left\{\frac{\sum_{i=1}^{s}\left(\log_e(n_i)-\sum_{j=1}^{s}\log_e(n_j)/s\right)^2}{s}\right\}\right]$	ni: تعداد افراد گونه i در نمونه (i=1, 2, 3, …, S)، nj: تعداد افراد گونه‌jدر نمونه (j=1, 2, 3, …, S)، S: تعداد گونه‌ها در تمام نمونه‌ها ni: Number of species i in sample (i= 1, 2, 3, …, S), ni: Number of species j in sample (j= 1, 2, 3,…, S), S: Number of species in entire sample,	Smith & Wilson (1996)
تشابه Similarity	درصد تشابه Similarity Percent	$P=\sum_i \text{minimum}\left(p_{1i}, p_{2i}\right)$	P: درصد تشابه نمونه ۱ و ۲، p_1i: درصد گونه‌های iموجود در نمونه جامعه ۱، p_2i: درصد گونه‌های j موجود در نمونه جامعه ۲. P: Similarity percent of sample 1 and 2, p1i: percent of I species in sample of community 1, p2i: percent of I species in sample of community 2,	Renkonen (1938)

جدول ۳- مشخصات مزارع تحت بررسی و روند مدیریت در آن‌ها

Table 3- Characteristics of evaluated fields

مدیریت Management	Management: مساحت Area (هکتار) (ha)			مکان Site	مختصات جغرافیایی Geographic coordinates	مدیریت Management: تغذیه Nutrition: مقدار(kg) Measure (kg)	نوع Type	آفات و بیماری‌ها Pests& Diseases: دفعات Times	نوع Type	علف‌های‌هرز Weed: دفعات Times	عملیات Activities
ارگانیک Organic	1.35	Field 1	0.50	بابلسر (میراندون) Babolsar (Mirendon)	LN: 52 57 831 LT: 36 62 142	متغیر Variable	کودهای آلی (کاه و کلش، حیوانی) Organic Manure	زنبور تریکوگراما+ تله فرومونی (جاذب یا فراردهنده) Trichogramma+ Pheromon traps	روش‌های بیولوژیک Biological Methods	یک بار وجین دستی 1 Weeding	وجین دستی+اردک Duck+ Weeding
		Field 2	0.45		LN: 52 57 816 LT: 36 62 200						
		Field 3	0.40		LN: 52 57 801 LT: 36 62 255						
رایج Conventional	1.05	Field 1	0.30	بابل (طفان، آیش جنوبی) Babol (Toghan)	LN: 52 57 650 *LT: 36 52 750	بیشتر از ۴۰۰ More than 400	کود شیمیایی (NPK) Fertilizers	بیشتر از سه بار More than 3 times	سموم شیمیایی Agro-chemicals	سموم شیمیایی Agro-chemicals	علف‌کش+وجین دستی Weeding+ Herbicide
		Field 2	0.35		LN: 52 57 696 LT: 36 52 750						
		Field 3	0.40		LN: 52 57 761 LT: 36 52 754						

نکته قابل ذکر اینکه در ناحیه نمونه‌برداری (کوآدرات‌ها) وجین انجام نشد. *LN و LT، به‌ترتیب به معنی طول و عرض جغرافیایی است. همچنین عملیات زراعی مورد اشاره در نظام ارگانیک، حدود هفت سال در این مزرعه برنج اعمال شده است.

Note: Quadrates didn't weeding. LN and LT mean longitude and latitude, respectively. The operations referred to organic farm are about seven years.

جدول ٤- مقادیر شاخص‌های تنوع زیستی دو نظام مدیریتی طی مراحل مختلف نمونه‌برداری به همراه کدهای مربوط

Table 4- Index values of biodiversity in management systems during sampling stages with relative codes

مدیریت نظام (Ti) Management system	مرحله نمونه‌گیری (Si) Sampling stage	کد Code	شماره مزرعه (Fi) Field number	شاخص‌های تنوع زیستی Biodiversity Indices			
				غیریکنواختی Heterogeneity		یکنواختی Evenness	
				سیمپسون Simpson	شانون-واینر Shanon-Winer	کامارگو Kamargo	اسمیت-ویلسون Smith-Wilson
T1 (رایج) Conventional	S1 (پنجه‌زنی) Tillering	1	F1	0.673	1.617	0.614	0.664
			F2	0.782	2.040	0.673	0.785
			F3	0.889	2.419	0.759	0.879
			میانگین (Mean)	0.781	2.025	0.682	0.776
	S2 (ساقه‌روی) Stem elongation	2	F1	0.801	2.133	0.741	0.761
			F2	0.714	1.664	0.679	0.780
			F3	0.778	1.846	0.750	0.831
			میانگین (Mean)	0.764	1.877	0.723	0.791
	S3 (پرشدن دانه) Grain filling	3	F1	0.714	1.664	0.679	0.780
			F2	0.833	1.500	0.833	0.932
			F3	0.700	1.371	0.733	0.833
			میانگین(Mean)	0.749	1.512	0.581	0.848
	S4 (پس از برداشت) After harvest	4	F1	0.113	0.432	0.250	0.208
			F2	0.097	0.327	0.375	0.183
			F3	0.071	0.279	0.286	0.172
			میانگین (Mean)	0.094	0.346	0.304	0.188
T2 (ارگانیک) Organic	S1 (پنجه‌زنی) Tillering	5	F1	0.750	1753	0.694	0.760
			F2	0.857	2.156	0.750	0.869
			F3	0.867	1.918	0.833	0.924
			میانگین(Mean)	0.825	1.942	0.759	0.851
	S2 (ساقه‌روی) Stem elongation	6	F1	0.833	1.500	0.833	0.932
			F2	0.600	1.252	0.667	0.743
			F3	0.700	1.371	0.733	0.833
			میانگین (Mean)	0.711	1.374	0.744	0.836
	S3 (پرشدن دانه) Grain filling	7	F1	0.900	1.922	0.850	0.943
			F2	0.867	1.918	0.833	0.924
			F3	0.900	1922	0.850	0.943
			میانگین(Mean)	0.889	1.921	0.844	0.937
	S4 (پس از برداشت) After harvest	8	F1	0.290	0.954	0.212	0.208
			F2	0.580	1.634	0.304	0.166
			F3	0.640	1.709	0.295	0.136
			میانگین (Mean)	0.503	1.432	0.270	0.170

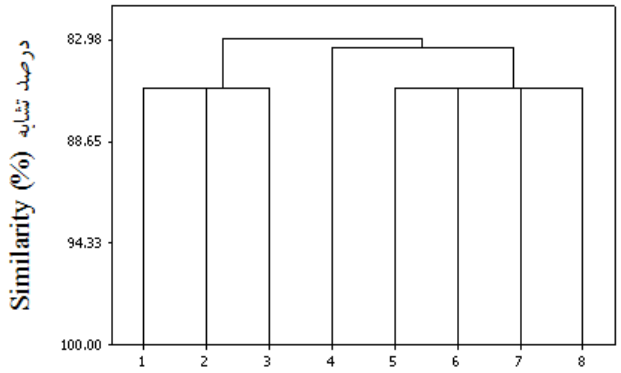
گروه‌بندی براساس تنوع ساختاری

الف. فراوانی نسبی

نتایج مقایسه میانگین فراوانی نسبی علف‌های‌هرز دو نظام مدیریتی، نشان داد که در مجموع چهار مرحله نمونه‌گیری، تنها گونه علف‌هرز سوروف (*Echinocloa crus-galli*) و جنس پیزر (*Scirpus* sp.)، از نظر فراوانی، اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد داشته و بین سایر علف‌های‌هرز، اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۶). شواهد نشان می‌دهد که در بوم‌نظام‌های دستکاری شده توسط بشر، پوشش گیاهی مشابهی ایجاد می‌شود. ازطرفی برخی تفاوت‌های موجود در فراوانی علف‌های‌هرز را نیز می‌توان به تفاوت در اجرای عملیات زراعی، نسبت داد، با توجه به اینکه نوع مدیریت، تغییر فراوانی و ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز را سبب می‌شود (۱۰). خوشه‌بندی علف‌های‌هرز از نظر فراوانی نسبی در مراحل مختلف نمونه‌برداری نیز، با توجه به خانواده، نتایج متفاوتی را در برداشت. به‌طوری‌که مبتنی بر فراوانی نسبی، علف‌های‌هرز خانواده جگن‌ها در سطح ۷۹ درصد در دو خوشه قرار گرفتند.

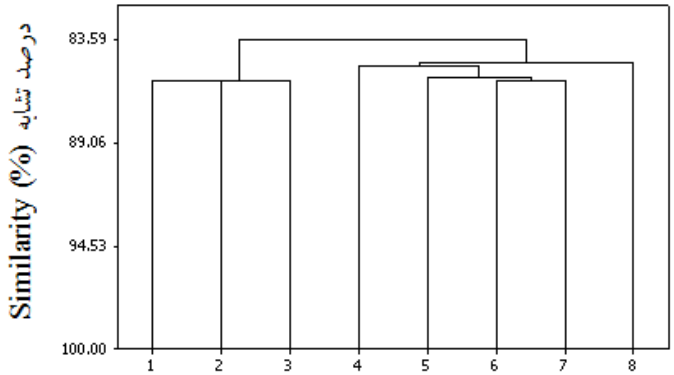
شکل ۱- نقشه هوایی بوم‌نظام‌های برنج تحت بررسی؛ سمت راست نظام ارگانیک (بابلسر) و سمت چپ نظام رایج (بابل)

Figure 1- The map of studying rice agroecosystems, right: Organic field (Babolsar); Left: conventional field (Babol)



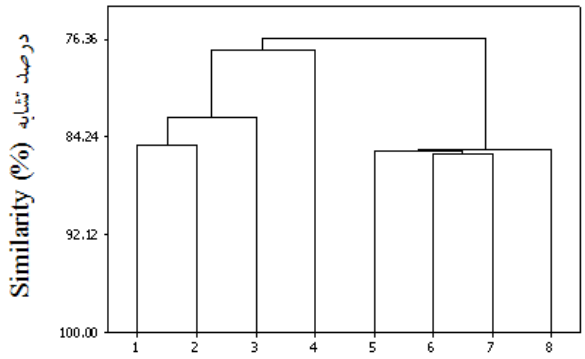
شکل ۲- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری براساس شاخص تنوع سیمپسون

Figure 2- Clustering of sampling stages based on Simpson diversity Index



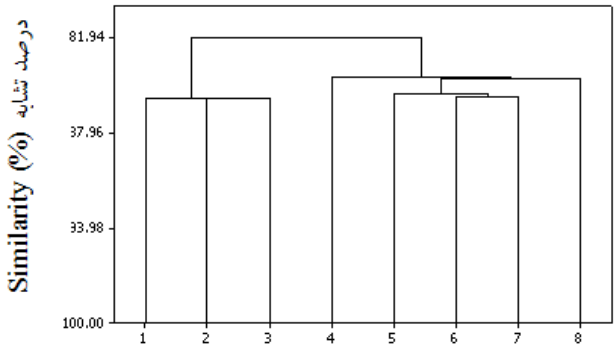
شکل ۳- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر شاخص یکنواختی کامارگو

Figure 3- Clustering of sampling stages based on Kamargo evenness Index



شکل ٤- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری براساس شاخص تنوع شانون-واینر

Figure 4- Clustering of sampling stages based on Shanon-Winer diversity Index



شکل ٥- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر شاخص یکنواختی اسمیت-ویلسون

Figure 5- Clustering of sampling stages based on Smith-Wilson evenness Index

جدول ٥- شاخص تشابه علف‌های‌هرز در دو نظام مدیریتی (ارگانیک و رایج) طی مراحل مختلف نمونه‌برداری

Table 5- Index of weed similarity in two management systems (organic & conventional) during sampling stages

تیمار Treatment		نظام ارگانیک Organic system				نظام رایج Conventional system			
مرحله نمونه‌گیری Sampling stage		پس از برداشت After harvest	پرشدن دانه Grain filling	ساقه روی Stem elongation	پنجه زنی Tillering	پس از برداشت After harvest	پرشدن دانه Grain filling	ساقه‌روی Stem elongation	پنجه Tillering
نظام رایج Conventional system	پنجه Tillering	18.52	72.05	61.38	80.61	3.79	59.26	65.74	
	ساقه Stem elongation	13.89	39.65	44.84	48.20	3.79	66.67		
	پرشدن دانه Grain filling	27.98	55.56	55.56	57.52	3.79			
	پس از برداشت After harvest	56.35	1.89	1.89	3.79				
نظام ارگانیک Organic system	پنجه Tillering	27.98	83.96	69.75					
	ساقه Stem elongation	27.98	83.12						
	پرشدن دانه Grain filling	27.98							
	پس از برداشت After harvest								

جدول ٦- مقایسه میانگین فراوانی نسبی علف‌های‌هرز در دو نظام مدیریتی، در مجموع مراحل نمونه‌برداری

Table 6- Comparison of the weed relative abundance in the management system, as total of sampling stages

نام علف‌هرز (Weed name)									
Alisma plantago	*Xanthium strumarium*	*Eclipta prostrata*.	*Scirpus* spp.	*Cyperus* spp.	*Cyperus rotundus*.	*Cyperus difformis*	*Digitaria* spp.	*Echinochloa crussgulli*	*Paspalum distihcum*
1.000 ns	1.000 ns	1.000 ns	2.481*	0.369 ns	1.000 ns	0.430 ns	1.000 ns	2.459*	0898 ns

ns، و * به‌ترتیب گویای فقدان اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

ns،&*, show the lack of significant difference and difference in the level of five percent, respectively.

جدول ۷- مقایسه میانگین تراکم علف‌های‌هرز در دو نظام مدیریتی، طی مراحل مختلف نمونه‌برداری

Table 7- Comparison of mean density of the weeds in the management system, during sampling stages

نام علف‌هرز (Weed name)									
Alisma plantago	*Xanthium strumarium*	*Eclipta prostrata*.	*Scirpus* spp.	*Cyperus* spp.	*Cyperus rotundus*.	*Cyperus difformis*	*Digitaria* spp.	*Echinochloa crussgalli*	*Paspalum distihcum*
1.000 ns	1.000 ns	1.000 ns	3.078 ns	1.000 ns	0.379 ns	0.898 ns	1.000 ns	1.048 ns	0.333 ns

ns، و * به‌ترتیب گویای فقدان اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد است.

ns،&*, show the lack of significant difference and difference in the level of five percent, respectively.

جدول ۸- فراوانی نسبی و تراکم علف‌های هرز در نظام‌های مدیریتی طی چهار مرحله نمونه‌برداری

Table 8- Relative frequency and density of weed in the management systems during four sampling stages

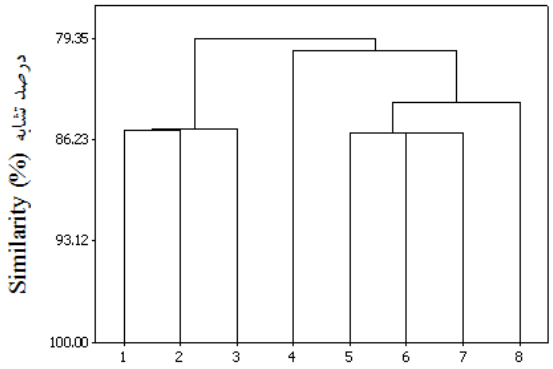
ردیف	نام جنس/گونه علف‌هرز Weed species/genus	خانواده Family	مدیریت (Management)							
			رایج (Conventional)				ارگانیک (Organic)			
			مرحله نمونه‌برداری (Sampling stage)				مرحله نمونه‌برداری (Sampling stage)			
			پنجه زنی Tillering	ساقه رفتن Stem elongation	پرشدن دانه Grain filling	پس از برداشت After harvest	پنجه زنی Tillering	ساقه رفتن Stem elongation	پرشدن دانه Grain filling	پس از برداشت After harvest
1	*Paspalum distichum*	*Poaceae*	0.444 (0.444)	0.167 (0.222)	0.222 (0.074)	0.008 (0.074)	0.529 (0.333)	0.333 (0.148)	0.455 (0.185)	0.000 (0)
2	*Echinochloa crussgalli* (L) P. Beauv.	*Poaceae*	0.185 (0.185)	0.139 (0.185)	0.333 (0.111)	0.011 (0.111)	0.294 (0.185)	0.533 (0.297)	0.455 (0.185)	0.280 (8.44)
3	*Digitaria*spp.	*Poaceae*	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.108 (3.25)
4	*Cyperus diffirmis*	*Cyperaceae*	0.185 (0.185)	0.167 (0.222)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.118 (0.074)	0.133 (0.074)	0.091 (0.037)	0.000 (0)
5	*Cyperus rotundus* L.	*Cyperaceae*	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.961 (9.41)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.552 (16.67)
6	*Cyperus*spp.	*Cyperaceae*	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.012 (0.37)
7	*Scirpus*spp.	*Cyperaceae*	0.185 (0.185)	0.361 (0.481)	0.444 (0.148)	0.019 (0.185)	0.059 (0.037)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)
8	*Eclipta prostrata* Hassk.	*Asteraceae*	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.005 (0.148)
9	*Xanthium strumarium*	*Asteraceae*	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.043 (1.3)
10	*Alisma plantago*	*Alismataceae*	0.000 (0)	0.167 (0.222)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)	0.000 (0)

اعداد داخل کمانک، گویای تراکم علف‌های‌هرز (تعداد در مترمربع) است.

The numbers in parenthesis, indicates weed density (number per unit area).

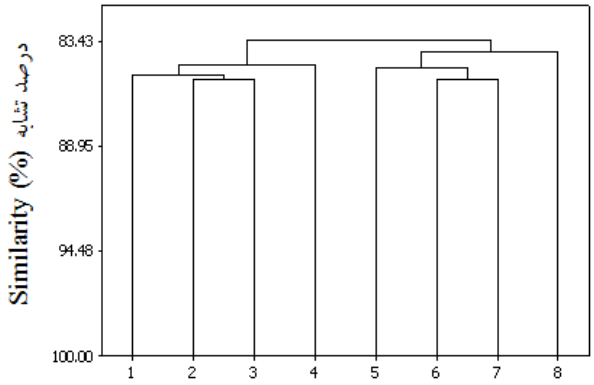
در حالی‌که در سطح تشابه ۸۶ درصد در سه خوشه مستقر شدند، به‌طوری‌که مراحل اول، دوم و سوم نظام رایج (کدهای ۱، ۲ و ۳) و نظام ارگانیک (کدهای ۵، ۶ و ۷) در دو گروه جداگانه، مستقر شده و مرحله چهارم نظام ارگانیک (کد ۸) در خوشه سوم قرار گرفتند (شکل

۶). خوشه‌بندی خانواده گندمیان مبتنی بر فراوانی نسبی، در سطح ۸۳ درصد، گویای وجود دو گروه بود، اما در سطح تشابه حدود ۸۴ درصد، سه خوشه (مراحل اول، دوم و سوم و چهارم) را در نظام رایج و سه خوشه (مراحل اول، دوم و سوم و چهارم) را در نظام ارگانیک نشان داد (شکل ۷). براساس نتایج خوشه‌بندی، علف‌های‌هرز خانواده کاسنی و بارهنگ، در سطح تشابه ۸۵ درصد، در دو خوشه قرار گرفتند، بدین ترتیب که در خوشه یک، مراحل اول و دوم نظام رایج (کدهای ۱ و ۲) و در خوشه دوم، مراحل سوم و چهارم نظام رایج (کدهای ۳ و ۴) به همراه چهار مرحله نمونه‌گیری نظام ارگانیک (کدهای ۵، ۶، ۷ و ۸) قرار داشتند (شکل ۸).



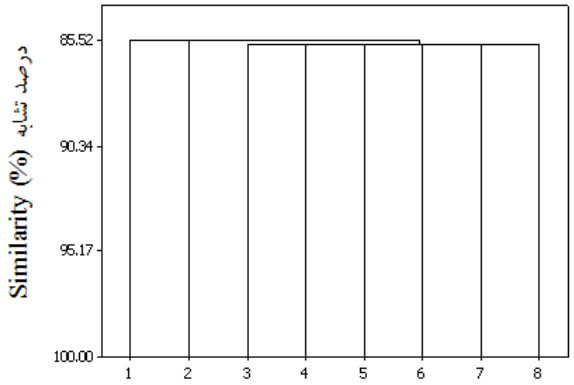
شکل ٦- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر فراوانی نسبی علف‌های‌هرز خانواده جگن‌ها

Figure 6- Clustering of sampling stages based on relative frequency of Sedges



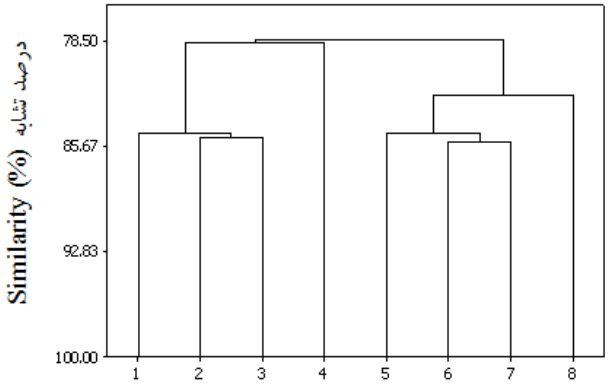
شکل ۷- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر فراوانی نسبی علف‌های‌هرز خانواده گندمیان

Figure 7- Clustering of sampling stages based on relative frequency of Poaceae



شکل ۸- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر فراوانی نسبی علف‌های‌هرز خانواده کاسنی و بارهنگ آبی

Figure 8- Clustering of sampling stages based on relative frequency of Succory and Plantain



شکل ۹- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر فراوانی نسبی کلیه علف‌های‌هرز

Figure 9- Clustering of sampling stages based on relative frequency of total weed

در مجموع گروه‌بندی علف‌های‌هرز براساس فراوانی نسبی، طی مراحل مختلف نمونه‌برداری، حاکی از وجود دو خوشه در سطح ۷۸ درصد و چهار خوشه در سطح تشابه حدود ۸۵ درصد بود، بدین ترتیب که مراحل اول، دوم و سوم نمونه‌برداری دو نظام مدیریتی در دو گروه و مرحله چهارم نظام رایج (در سطح ۷۸ درصد) و نظام ارگانیک (در سطح حدود ۸۳ درصد) در دو خوشه قرار گرفتند (شکل ۹). تفاوت فراوانی نسبی در دو نظام را نیز می‌توان به اختلاف شیوه مدیریتی در آن‌ها مربوط دانست (جدول ۳). با توجه به اینکه تفاوت در ترکیب گونه‌ای علف‌های‌هرز و تنوع آن‌ها می‌تواند نتیجه شیوه‌های مدیریتی متفاوت، از جمله روش کوددهی و مهار علف‌های‌هرز باشد (۱۶).

ب. تراکم

نتایج مقایسه تراکم علف‌های‌هرز دو نظام مدیریتی، در مجموع چهار مرحله نمونه‌برداری، حاکی از فقدان اختلاف معنی‌دار در مقادیر تراکم علف‌های‌هرز بود (جدول ۷). در مقایسه تراکم بالاتر از صفر دو بوم‌نظام، مشاهده می‌شود که در نظام ارگانیک، بیشترین تراکم علف‌هرز مربوط به گونه اویارسلام قرمز (*Cyperus rotundus*.) با ۱۶/۶۷ بوته در مترمربع در مرحله پس از برداشت و کمترین آن، معادل ۰/۰۳۷ بوته در مترمربع در مرحله پرشدن دانه برای اویارسلام بذری (*Cyperus difformis*) و مرحله پنجه برای جنس پیزر (*Scirpus* spp.) بود، در حالی‌که در نظام مدیریتی رایج، بالاترین تراکم، معادل ۹/۴۱ بوته در مترمربع در مرحله پس از برداشت برای علف‌هرز اویارسلام قرمز (*Cyperus rotundus*) و کمترین آن برابر با ۰/۰۷۴ بوته در مترمربع برای بندواش (*Paspalumdistihcum*) در مراحل پرشدن دانه و پس از برداشت مشاهده گردید. برخی گونه‌های اختصاصی نیز در بوم‌نظام‌های تحت بررسی دیده شد، بدین ترتیب که گونه قاشق‌واش (*Alismaplantago*)، در نظام رایج و علف‌های‌هرز جنس علف‌انگشتی (*Digitaria* spp.) و اویارسلام (*Cyperus* spp.) و گونه توق (*Xanthiumstrumarium*) به‌عنوان گونه‌های اختصاصی بودند (جدول ۸). خوشه‌بندی علف‌های‌هرز خانواده جگن‌ها حاکی از وجود دو خوشه در سطح تشابه ۳۹ درصد بود، که خوشه اول شامل مراحل اول، دوم و سوم هر دو نظام رایج (کد ۱، ۲ و ۳) و ارگانیک (کد ۵، ۶ و ۷) و خوشه دوم دربرگیرنده مرحله چهارم هر دو نظام (کدهای ۴ و ۸) بود (شکل ۱۰)، نتایج خوشه‌بندی تراکم علف‌های‌هرز در مراحل مختلف نمونه‌برداری، حاکی از تفاوت بین آن‌ها بود. بدین ترتیب که علف‌های‌هرز خانواده گندمیان، در سطح تشابه ۲۱ درصد در دو خوشه قرار داده شدند، که در خوشه اول تمام مراحل نمونه‌برداری نظام رایج (کد ۱، ۲، ۳ و ۴) و مراحل اول، دوم و سوم نظام ارگانیک (کد ۵، ۶ و ۷) و در خوشه دوم تنها مرحله چهارم نظام ارگانیک (کد ۸) قرار گرفت (شکل ۱۱)، در حالی‌که همین نتیجه برای خانواده کاسنی و بارهنگ، در سطح تشابه ۷۶ درصد به‌دست آمد (شکل ۱۲). همین نتیجه در گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری براساس تراکم کلیه علف‌های‌هرز نیز در سطح تشابه ۳۹ درصد به‌دست آمد، با این تفاوت که خوشه اول در سطح تشابه ۴۷ درصد، مرحله چهارم نظام رایج (کد ۴) را نیز در بر گرفته و خوشه دوم تنها شامل مرحله چهارم نظام ارگانیک (کد ۸) بود (شکل ۱۳).

تفاوت تراکم علف‌های‌هرز در دو نظام، می‌تواند تحت تأثیر عملیات مدیریتی باشد. همانطور که محمددوست و همکاران (۱۲) نیز تفاوت جمعیت علف‌های‌هرز چاودار زمستانی (*Secalecereale* L.) را نتیجه تأثیر عوامل مدیریتی و محیطی دانستند. نتایج تحقیقات نشان می‌دهد که تغییرات جمعیتی علف‌های‌هرز با روند انجام عملیات مدیریتی مرتبط بود (۵). شواهد دیگری نیز حاکی از اختلاف تنوع زیستی علف‌های‌هرز در نظام‌های تحت عملیات زراعی مختلف، می‌باشد (۴).

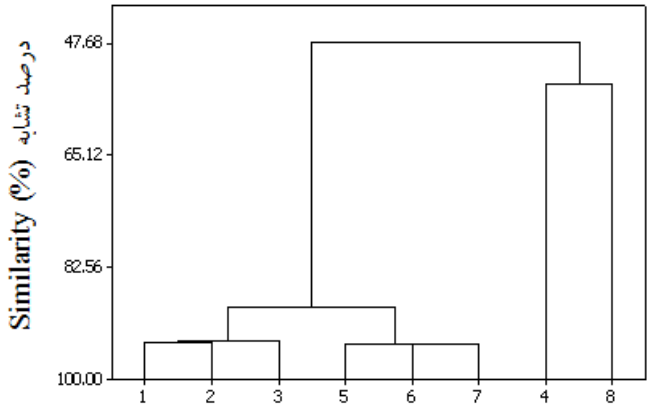
ج. پراکنش علف‌های‌هرز در نظام‌های مدیریتی

نکته قابل توجه اینکه پراکنش علف‌های‌هرز در مراحل مختلف

نمونه‌برداری دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک، متفاوت بود (جدول ۸). که این شرایط را می‌توان به تفاوت عملیات مدیریتی در دو نظام، مرتبط دانست. بدین ترتیب که احتمالاً وجود قاشق‌واش (*A. plantago*) در نظام رایج به‌عنوان یک گونه اختصاصی در این مطالعه و نبود آن در نظام ارگانیک، می‌تواند به‌واسطه وجود اردک در آن باشد، زیرا اردک در کشت مخلوط برنج–اردک، به‌عنوان یک وسیله توانمند در کنترل علف‌های‌هرز عمل می‌کند (۱۱). همچنین وجود علف‌های‌هرز جنس اویارسلام (*Cyperus* spp.) و گونه‌های اکلیپتا (*Ecliptaprostrata*.) و توق (*X. strumarium*) در نظام ارگانیک را می‌توان به شرایط خشک‌تر حاکم بر آن پس از برداشت و نیز عدم مصرف کودهای شیمیایی، نسبت داد؛ با توجه به اینکه وجود علف‌های‌هرز مورد اشاره در نظام‌های دیم برنج (۲ و ۳) و نظام‌های کم‌نهاده (۳) گزارش شده است.حضور علف‌هرز اویارسلام قرمز (*C. rotundus* L) در مرحله پس از برداشت هر دو نظام، می‌تواند مربوط به قدرت بالای این علف‌هرز در نظام‌های تخریب شده و دچار تنش نسبی و به عبارت دیگر R* پایین‌تر آن باشد، با توجه به اینکه برخی از گونه‌های زودگذر در این نظام‌ها قابلیت استقرار بالاتری دارند (۱۳).

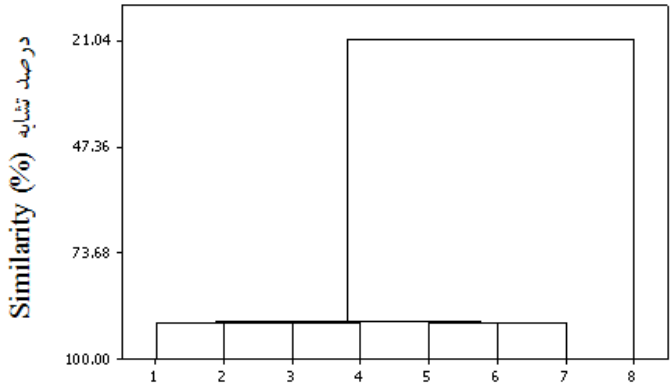
گروه‌بندی براساس تنوع کارکردی

مبتنی بر نتایج حاصل از این تحقیق، تعداد کل علف‌هرز نمونه‌گیری شده در مزارع دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک برنج، شامل ۱۰ گونه از ۸ جنس ۴ خانواده بود. در این میان براساس شکل رویش ۷۵ درصد خانواده‌ها تک‌لپه و ۲۵ درصد آن‌ها دولپه بودند، بنابراین تک‌لپه‌ها تنوع بیشتری داشتند (جدول ۹). نتیجه بررسی بوم‌نظام‌های برنج، از نظر ترکیب علف‌های‌هرز، نیز تعداد علف‌های‌هرز تک‌لپه را بیشتر از دولپه نشان داد (۲). با توجه به چرخه زندگی، ۶ گونه یکساله و ۴ گونه چند ساله بودند. از نظر مسیر فتوسنتزی، ۵۰ درصد گونه‌ها دارای مسیر C_4 و ۵۰ درصد بقیه دارای مسیر C_3 بودند. مبتنی بر ویژگی میزان تزاحم، ۴ گونه از نوع سمج و ۶ گونه غیرسمج بودند (۱۴ و ۳).



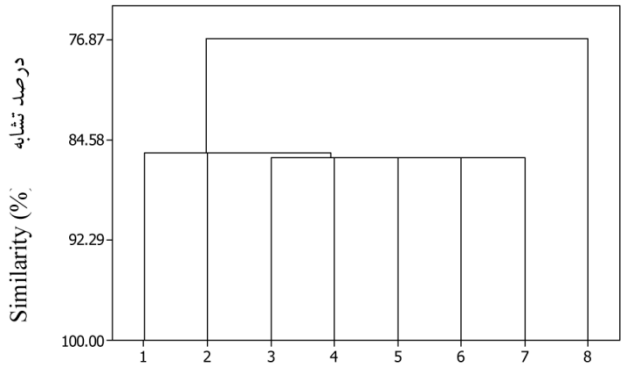
شکل ۱۰- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر تراکم علف‌های‌هرز خانواده جگن‌ها

Figure 10- Clustering of sampling stages based on density of Sedges



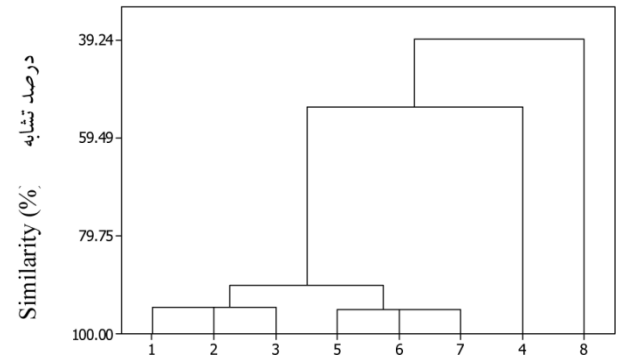
شکل ۱۱- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر تراکم علف‌های‌هرز خانواده گندمیان

Figure 11- Clustering of sampling stages based on relative frequency of Cereals



شکل ۱۲- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر تراکم علف‌های‌هرز خانواده کاسنی و بارهنگ

Figure 12- Clustering of sampling stages based on density of Succory and Pantain



شکل ۱۳- گروه‌بندی مراحل نمونه‌برداری از نظر تراکم کلیه علف‌های‌هرز

Figure 13- Clustering of sampling stages based on relative frequency of total weed

خانواده گندمیان با سه گونه متنوع‌ترین خانواده علف‌های‌هرز تک‌لپه و C_4 بودند، همچنین دو علف‌هرز سمج از چهار گونه سمج موجود در بوم‌نظام‌های تحت بررسی، متعلق به خانواده گندمیان بود. الهی و همکاران (۶) نیز تنوع بیشتر علف‌های‌هرز خانواده گندمیان را در باغات پسته گزارش کردند. خانواده جگن‌ها، دو گونه از چهار گونه چندساله را به خود اختصاص دادند.

جدول ۹- گروه‌های کارکردی علف‌های‌هرز بوم‌نظام‌های برنج، به تفکیک گونه، جنس و خانواده

Table 9- Functional groups of weed in rice agro-ecosystems, divide species, genus and family

کد Code	علف‌هرز Weed			Functional groups*			
	خانواده Family	جنس Genus	گونه Species	میزان تزاحم Naxious/ Non-naxious	مسیر فتوسنتزی Photosynthetic pathway	چرخه زندگی Lifecycle	شکل رویش Vegetative form
1	*Poaceae*	*Paspalum*	*distichum*	N	C_4	P	M
2	*Poaceae*	*Echinocloa*	*cruss-galli*	N	C_4	A	M
3	*Poaceae*	*Digitaria*	spp.	IN	C_4	A	M
4	*Cyperaceae*	*Cyperus*	*difformis*	IN	C_3	A	M
5	*Cyperaceae*	*Cyperus*	*rotundus*	N	C_4	P	M
6	*Cyperaceae*	*Cyperus*	spp.	IN	C_4	A	M
7	*Cyperaceae*	*Scirpus*	spp.	N	C_3	P	M
8	*Asteraceae*	*Eclipta*	*prostrate*	IN	C_3	A	D
9	*Asteraceae*	*Xanthium*	*Strumarium*	IN	C_3	A	D
10	*Alismaceae*	*Alisma*	*plantago*	IN	C_3	P	M

*. به‌ترتیب، تک‌لپه (M)، دولپه(D) ، یکساله (A) ، چندساله (P)، سمج (N) و غیرسمج (IN).

*. (M): Monocot; (D): Dicot; (A): Annual; (P): Perennial; (N): Noxious and (IN): Non-noxious

این یافته نیز با نتایج الهی و همکاران (۶) مطابقت داشت. علف‌های‌هرز خانواده گندمیان و جگن‌ها، حدود ۷۰ درصد علف‌های‌هرز موجود در دو بوم‌نظام را به‌خود اختصاص دادند. نتایج حاصل از برخی تحقیقات، مؤیّد این یافته بود (۳ و ۶). به‌طور کلی یکی از کارکردهای علف‌های‌هرز در بوم‌نظام‌ها، تغییر شرایط زیستگاه یا تأثیر بر میزان دسترسی به منابع سایر گونه‌ها است (۱)، نکته قابل تأمل اینکه مدیریت صحیح در این شرایط می‌تواند، تهدید مزبور را به فرصت تبدیل نماید، بدین ترتیب که با در نظر گرفتن روابط متقابل علف‌های‌هرز و سایر جوامع موجود ازجمله حشرات در بوم‌نظام برنج، از پدیده‌های نوظهور سودمند آن در این سطح بهره گرفت.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی در مقایسه دو نظام مدیریتی با توجه به شواهد می‌توان گفت که در بوم‌نظام‌های دستکاری شده توسط بشر، گونه‌هایی ظاهر می‌شوند که بیشترین سازگاری را با شرایط موجود داشته باشند. از این‌رو در بوم‌نظام‌های مزبور، پوشش گیاهی مشابهی ایجاد می‌شود. در واقع، تخریب‌های مکرّر و شدید بوم‌نظام‌های زراعی، آن‌ها را محدود به مراحل اولیه توالی می‌نماید، بر این اساس می‌توان گفت که تخریب‌های گسترده طی سال‌های متوالی در نظام‌های زراعی موجود، از طریق تغییر جریان توالی، پویایی جمعیت علف‌های‌هرز را در آن‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد. از طرفی علی‌رغم تشابه موجود، برخی تفاوت‌ها نیز قابل مشاهده است، که می‌توان آن را به تفاوت در اجرای عملیات زراعی، نسبت داد. لازم به ذکر است که تفاوت پراکنش علف‌های‌هرز طی مراحل مختلف نمونه‌برداری در دو بوم‌نظام رایج و ارگانیک، می‌تواند مرتبط با تفاوت عملیات مدیریتی در دو نظام باشد. بدین ترتیب به نظر می‌رسد که احتمالاً وجود قاشق-واش (*A. plantago*) در نظام رایج به‌عنوان یک گونه اختصاصی در این مطالعه و نبود آن در نظام ارگانیک، به‌واسطه وجود اردک در آن باشد؛ مضاف بر اینکه ممکن است حضور آن در نظام رایج، ناشی از خصوصیت پراکنش لکه‌ای علف‌های‌هرز بوده باشد. همچنین وجود علف‌های‌هرز جنس اویارسلام (*Cyperus* spp.) و گونه‌های اکلیپتا (*E. prostrata*) و توق (*X. strumarium*) در نظام ارگانیک، را می‌توان به شرایط خشک‌تر حاکم بر آن، پس از برداشت و عدم مصرف کودهای شیمیایی نسبت داد. در مورد حضور علف‌هرز اویارسلام قرمز (*C. rotundus*) در مرحله پس از برداشت هر دو نظام، می‌توان به قدرت بالای استقرار این علف‌هرز به‌عنوان یک گونه زودگذر و دارای R* پایین‌تر در نظام‌های تخریب شده و دچار تنش نسبی اشاره نمود. حضور گونه‌های مختلف خانواده گندمیان و جگن‌ها در بوم‌نظام‌های برنج، تنها در صورت ایجاد تمایز آشیان بوم‌شناختی[1] قابل توجیه است؛ که در واقع به‌واسطه برخی واگرایی‌های بوم‌شناختی، از جمله تفاوت مسیر فتوسنتزی (مانند *C. rotundus*، C_4 و*C. difformis*، C_3) یا تفاوت نیاز رطوبتی (مانند سوروف در شرایط مرطوب تا غرقاب و علف‌انگشتی در شرایط خشک) حاصل شده است. در مجموع به نظر می‌رسد، شناخت دقیق تنوع گونه‌ای، ساختاری و کارکردی علف‌های‌هرز در بوم‌نظام‌های برنج، می‌تواند زمینه را برای مدیریت هرچه مطلوب‌تر آن‌ها در راستای استفاده بهینه از منابع تولید در مزرعه فراهم نماید.

References

1. Adair, R. J., and Groves, R. H. 1998. Impact of environmental weeds on biodiversity: A review and development of a methodology. Biodiversity Group, Environment Australia. 55p.
2. Bhatt, M. D., Tewari, A., and Singh, S. P. 2009. Floristic composition of weeds in paddy fieldsin Mahendranagar, Nepal. Ecological Society (Nepal), 16: 15-19.
3. Caton, B. P. M., Mortimer, J. E., and Johnson, D. E. 2010. A practical field guide to weeds of rice in Asia (Second Edition). Los Banos (Philippines): International Rice Research Institute. 120 pp.
4. Clements, D. R., Weise, S. F., and Swanon, C. J. 1994. Integrated weed management and weed species diversity. Phytoprotection 75 (1).
5. Douglas, A. G. P., Derksen, A., Lafond, A. L., Heather and Clarence, J. S. 1993. Impact of Agronomic practices on weed communities: Tillage Systems. Weed Science (41): 409-417.
6. Elahi, S., Sadrabadi Haghighi, R., and Alimoradi, L. 2010. Evaluation species, structural and functional diversity for weed communities in Pistachio (*Pistachia vera* L.) orchards in Bardeskan. Journal of Agroecology 2 (4): 574-586. (in Persian with English abstract).
7. Flynn, D. F. B., Prokurat, M. G. T., Nogeire, N., Molinari, B. T., Richers, B. B., Lin, N., Simpson, M., Mayfield, M., and Declerck, F. 2009. Loss of functional diversity under land use intensification across multiple taxa. Ecology Letters 12: 22-33.

1- Ecological Niche

8. Jahani Kondori, M., Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Rezvani Moqaddam, P. 2012. Evaluation of weed species diversity in wheat fields of the east of Mashhad. Iranian Journal of Field Crop Research 10 (3): 468-475. (in Persian with English abstract).
9. Jastrzebska, M. M.,Wanic, M. K., Kostrzewska, K., and Trederand, N. 2012. An attempt to use functional diversity indices for the assessment of weed communities. Acta Agrobotanica 65 (1): 129-140.
10. Matinzadeh, H., Alimoradi, L., and Bahari Kashani, R. 2011. Evaluation of species, functional and structural weed of apple orchads of Fariman. Quarterly of Weed Ecology 2 (1): 19-31. (in Persian with English abstract).
11. Mohammaddoust, H. R., Baghestani, M. A., and Mikhailovic, A. 2006. The impact of agronomic practices on weed community in winter rye. Pakistan Journal of Weed Sciences Research 12 (4): 281-291.
12. Mohammadi, M., Pirdashti, H., Aghajani Mazandarani, G., and Mousawi Toghani, S. Y. 2012. Assessing of duck efficiency as biological factor affecting on diversity and density of weed in rice-duck mixed culture. Journal of Agroecology 4 (4): 335-346. (in Persian with English abstract).
13. Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., Rezvani Moghaddam, P., and Beheshti, A. 2009. Agroecology (Fourth edit.). Ferdowsi University of Mashhad Publication. (in Persian).
14. Noruzzadeh, S., Rashed Mihasel, M. H., Nassiri Mahallati, M., Koocheki, A., and Abbas poor, M. 2009. Evaluation of species, functional and structural diversity of weeds in wheat fields of Northern, Southern and Razavi Khorasan provinces. Iranian Journal of Field Crop Research 6: 471-485. (in Persian with English Abstract).
15. Organization of Meteorology of Mazandaran province. Available at http://www.mazandaranmet.ir (visited 6 June 2013).
16. Salonen, J., Hyvonen, T., and Jalli, H. 2001. Weed flora in organically grown spring cereals in Finland. Agricultural and Food Science in Finland (10): 231-242.
17. Zand, E., and Baghestani, M. A. 2002. Weed resistance to herbicides. Ferdowsi University of Mashhad Publication. (in Persian).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 496-512

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۱۲-۴۹۶

Structural and Functional Diversity of Weed Species in Organic and Conventional Rice Agro-Ecosystems

S. Y. Mousawi Toghani[1]- P. Rezvani Moghaddam[2*]- M. Nasiri Mahalti[2]- M. R. Damavandian[3]

Received: 19-09-2013
Accepted: 25-10-2014

Introduction

Diversity reflects the complexity of a system and can maintain its sustainability. Higherdiversity, results in higher inherent complexity of agro-ecosystems and strengthen their processes. It is necessary to realize the spatial distribution and temporal properties of the biodiversity components in agro-ecosystems, for the conservation and optimal utilization. Since weeds as a complementary component of agro-ecosystems and are inseparable, so the study of species, their functional and structural diversity of them can play an important role in weed management and balance in ecological systems.

Materials and Methods

This study was performed to determine the effects of different management systems on structural, and functional diversity of paddy weeds in Mazandaran province. Three rice fields, ranged from 0.3 to 0.5 ha, were chosen for each management system. Samples were collected from three fields running under each selected management system (organic and conventional). Data (number of weed species and their density) were randomly gathered from 9 quadrates (1m×1m) per each field in four stages (tillering, stem elongation, grain filling and after harvest). The diversity, evenness, frequency and similarity indices for weeds were determined at genera and species level. Data analysis carried out through T-test and grouping performed via cluster analysis as hierarchy .

Results and Discussion

All monitored weeds can be classified into four plant family including cereals (Poaceae), sedges (Cyperaceae), plantain (Plantaginaceae) and chicory (Asteraceae).Under conventional systems the values of weed diversity indices were higher during tillering and stem elongation compared with organic ones, and were lower during grain filling and after harvest stages. However indices of weed evenness showed contrary tendency. Both Sympson and Shanon-Wiener diversity indices, consist of two clusters in 76% similarity. Evenness indices of Kamargo and Smith-Wilson included two clusters in 83% and 82%, respectively. Range of similarity index was between 1.89% and 83.96%. Weed grouping based on relative frequency during the sampling stages showed two clusters in 78% and four clusters in 85% similarity. Clustering weeds centered on relative frequency during sampling stages, according to the family, showed different results. It might be the reason that the relative abundance of weeds, sedge family (79%) were in two clusters. However, sampling stages grouping based on weed density, induced two clusters in 39% similarity. Both conventional and organic systems, are included 10 species of 8 genera of four families. The 75 percent of families based on the vegetative form were monocots and 25% of them were dicots, so monocots had more diversity. Perhaps the presence of Alismaplantagoin the conventional system could be as a unique species and its absence in the organic system, attributable to duck existence in it. Based on life-cycle, 6 species were annual and 4 were perennial. While, according to the photosynthetic pathway, 50 percent species were C_3 and others had C_4 pathway. Based on the characteristics of the interference, 4 species were noxious and 6 species were non-noxious. Poaceae were the most diversity of weeds in monocotyledon and C_4 pathway (three species). Two species of noxious weeds and herbicide resistant belong to Poaceae too. The Cyperaceae consist of two species from four perennial ones. The weeds of Poaceae and Cyperaceae families include 70% of total weed. Generally, weeds in ecosystems usually change thehabitat conditions or impact on the resources availability for other species.

1- Ph D. Student of Agroecology Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
2- Professor of Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
3- Assistant Professor of Faculty of Agriculture, Agricultural and natural sciences University of Sari
(*- Corresponding Author Email: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir)

Conclusions

Due to repeated or severe disturbances, agro-ecosystems are limited to the early stages of succession. Thus, the widespread destruction of agro-ecosystems during consecutive years, by changing the succession, weed population dynamics was affected as well. It should be noted that the differences of weed distribution in the various stages of the sampling in both conventional and organic systems, can be related to dissimilarities in management practices. The presence of various species of grass and sedge family in paddies, could be related to the ecological niche differentiation, because of ecological divergence amongst the different photosynthetic pathways (such as C. rotundus, C_4 and C. difformis, C_3) or the variance between water requirements (such as Echinochloa crus-galli in wet conditions and flooding and Digittaria spp. in dry conditions). Sound management in these conditions can the switch a threat into an opportunity, so that with regard to interaction among weeds and other communities such as insects, in rice agro-ecosystems, the emerging phenomena at this level would be beneficial. It seems, realizing species, structural and functional diversity of weeds in rice agro-ecosystems, can be result in better management of farm production with the aim of provide ideal use of resources.

Keywords: Clustering, Density, Frequency, Kamargo index, Sympson index

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۲۳-۵۱۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 513-523

بررسی خصوصیات کمی وکیفی دو توده شبدر ایرانی (*Trifolium* sp.) در تلقیح با باکتری‌های *ریزوبیوم و سودوموناس*

رضا اعظمی[1*]- محمدرضا اردکانی[2]- مسعود گماریان[3]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۶/۳۱
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی اثرات تلقیح دو اکوتیپ شبدر ایرانی با سویه‌های مختلف باکتری *Rhizobium leguminosarum biovar trifoli* تـوأم بـا باکتری افزایش‌دهنده رشد (PGPR) *Pseudomonas putida* بر روی برخی از خصوصیات کمی و کیفی دو اکوتیپ شبدر ایرانی، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در ایستگاه تحقیقات کشاورزی و دامپروری شهرستان گلپایگان در سال زراعی۹۰- ۱۳۸۹ انجام شد. عوامل اصلی این آزمایش عبارت بودند از دو اکوتیپ محلی شبدر ایرانی به‌نام هفت چین اصفهان (V_2) و هفت چین مرکزی (V_1) و عوامل فرعی شامل دو سویه باکتری *ریزوبیوم* (Rb-13 و Rb-3)، و یک سویه باکتری *سودوموناس پوتیدا* (PS-168) و در کل چهار چین برداشت شد. نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که تلقیح با باکتری‌های *ریزوبیوم و سودوموناس* تأثیر معنی‌داری بر روی شاخص‌های کمی رشد داشت و باعث افزایش عملکرد علوفه تر و خشک، افزایش ارتفاع ساقه، افزایش میزان نسبت برگ به ساقه و تعداد غدد تشکیل شده بر روی ریشه شدند، اما تـأثیری بـر روی صفات کیفی و صفت کمی عمق نفوذ ریشه نداشت. باکتری افزایش‌دهنده رشد (PGPR) منجر به افزایش صفات کمی رشد شد. همچنـین در غالـب موارد تلقیح توام به‌وسیله *ریزوبیوم* و *سودوموناس پوتیدا* بیشترین شاخص‌های رشد و تیمارهای بدون تلقیح (شاهد) کمترین شاخص‌های رشد را به همراه داشته است.

واژه‌های کلیدی: باکتری‌های افزاینده رشد گیاه، علوفه، عملکرد علوفه، کود بیولوژیک

مقدمه

تولید علوفه در کشور از اهمیت فراوانی برخوردار است (۱۱). شبدر (*Trifolium* sp.) بعد از یونجه مهمترین جنس لگـوم علوفـه‌ای در ایران می‌باشد. گیاهان این گونه همگی علفی و خوش خوراک بوده و از ارزش غذایی بالایی برای دام‌ها برخـوردار هسـتند (۹). از بـین ۲۵ گونه زراعی، در سیستم کشاورزی ایران تنها دو گونـه، شـبدر ایرانـی (*Trifolium resupinatum*) با سطح زیرکشـت ۶۰٪ در منـاطق معتدله و سرد و شبدر برسـیم (*Trifolium. alexandrinum*) بـا سطح زیر کشت ۴۰ ٪ مناطق گرمسیری و شمالی کشـور را بـه‌خـود اختصاص داده‌اند (۱ و ۲). شبدر ایرانی گیاهی است علوفه‌ای یکساله، از نظر ارزش غذایی یکی از بهترین گیاهان جهت تغذیـه دام و طیـور به‌شمار می‌رود و علاوه بر تولید علوفه، از آن به‌عنوان کود سبز برای بهبود کیفیت خاک و ایجاد پوشش گیاهی جهت جلوگیری از فرسایش خاک استفاده می‌کنند. از نظر رشد مجدد، میزان پـروتئین و پوشـش سطح سبز برتر از بسیاری از لگوم‌ها می‌باشـد. شـبدر گیـاهی پـاییزه است، اما کاشت آن در بهار امکان دارد ولی موجب رکود رشد و کوتاه شدن و عدم توانایی تولید بذر کافی می‌گردد (۱۱). بـا ایـن همـه، در مکان‌های متعدد و به علل مختلف از جمله محدودیت زمین و سپری شدن فصل کاشت علوفه در آخر فصل و از طرفی نیاز مبرم به علوفه در فصل بهار، زارعین مبادرت به کشت این گیاه در فصل بهار دارند.

سازمان خوار و بار جهانی (FAO)[4] کود را کلید امنیـت غـذایی می‌داند و افزایش۳۳ الی ۵۵ درصدی عملکرد محصولات کشـاورزی در کشورهای مختلف را مرهون مصرف کـود مـی‌دانـد (۱۵). امـا در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلـودگی محیطـی و

۱- کارشناس ارشد زراعت، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان (*- نویسنده مسئول: (Email: r.azami@yahoo.com
۲- استاد، اکولوژی کشاورزی (با تخصص کشاورزی ارگانیک)، دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک

4- Food and Agriculture Organization of the United Nations

صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (۷). امروزه کودهای بیولوژیک به‌عنوان یک جایگزین برای کودهای شیمیایی با هدف افزایش باروری خاک و تولید محصولات در کشاورزی پایدار محسوب می‌شوند (۲۰). کودهای بیولوژیک در مقایسه با کودهای شیمیایی مزیت‌های قابل توجهی دارند ازجمله این که در چرخه غذایی، تولید مواد سمی و میکروبی نمی‌نمایند، قابلیت تکثیر خودبه‌خودی دارند و باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند (۱۶). فاتما و همکاران (۶) گزارش دادند که کودهای بیولوژیک می‌توانند به جای کودهای معدنی نیتروژن و فسفر مورد استفاده قرار گیرند تا ضمن کاهش هزینه تولید ناشی از مصرف این قبیل کودها، از وارد شدن آسیب به محیط زیست در اثر نیتروژن به‌صورت نیتراتی جلوگیری به‌عمل آید.

امروزه در برنامه‌ریزی برای سیستم‌های کشاورزی پایدار، استفاده از همزیستی *ریزوبیوم* – لگومینوز، ضرورتی اساسی تلقی می‌شود. برنامه‌های دقیق تناوب زراعی با منظور کردن لگومینوزهای مناسب در گردش کشت، پس از سال‌ها دوباره جایگزین سیستم‌های یک کشتی متکی به مصرف کود شیمیایی می‌شوند (۱۹).کودهای نیتروژنه و گیاهان خانواده بقولات دو منبع تهیه نیتروژن در خاک به حساب می‌آیند و عوامل جبران‌کننده نیتروژن در مقابل برداشت آن توسط محصولات می‌باشند (۳). این تحقیق با هدف بررسی اثرگذاری باکتری‌های *ریزوبیوم و پسودوموناس* بر صفات کمی و کیفی رشد در کشت بهاره دو اکوتیپ شبدر ایرانی در شرایط آب و هوایی گلپایگان طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اراضی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و دامپروری شهرستان گلپایگان با موقعیت جغرافیایی ´۱۵ و °۵۰ طول شرقی و ۲۶ و °۳۳ عرض شمالی در سال زراعی سال۹۰- ۱۳۸۹ انجام شد. مشخصات خاک مزرعه در جدول ۱ ذکر گردیده است.

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. هر تکرار دارای ۱۲ تیمار بود که به‌صورت تصادفی در کرت‌ها قرار گرفتند و در کل چهار چین برداشت شد. عامل‌های باکتریایی عبارت بودند از باکتری سویه ۱ *ریزوبیوم* (*biovar trifoli*) *Rhizobium leguminosarum* (R1) با کد شناسایی شماره ۳، باکتری سویه ۲ *ریزوبیوم* (*biovar trifoli*) *Rhizobium leguminosarum* (R2) با کد شناسایی شماره ۱۳، باکتری محرک رشد *Pseudomonas putida* (PGPR) (P1) با کد شناسایی شماره Ps 168. و دو اکوتیپ شبدرایرانی شامل: اکوتیپ مرکزی (V1) و اکوتیپ اصفهانی (V2) بود.

براساس عرف زارعین منطقه بذر مورد نیاز برای هر هکتار برابر با ۶۰ کیلوگرم است و مایه تلقیح پودری نیز براساس توصیه موسسه خاک و آب برابر ۵ گرم مایه تلقیح به‌ازاء هر ۱۰۰ گرم بذر می‌باشد (هر گرم حاوی ۵×۱۰^{۸} باکتری) را برای هر تیمار به‌صورت جداگانه توزین نموده و برای تلقیح و چسبندگی بهتر این باکتری‌ها بر روی سطوح بذور از محلول ۲۰٪ آب و شکر استفاده شد (۵).

در هر بلوک، ۱۲کرت آزمایشی به ابعاد ۲/۵ × ۵ با مساحت ۱۲/۵متر مربع ایجاد نموده، فاصله بین بلوک‌ها ۲متر و بین هر بلوک یک جوی آب برای آبیاری ایجاد شد بین هر کرت با کرت مجاور مرزی بلند برای جلوگیری از تداخل ورود آب آبیاری در یکدیگر احداث شد. کاشت به‌صورت نواری و فاصله بین نوارها ۳۵ سانتی‌متر در هرکرت بود. برای کاشت، در امتداد طولی کرت‌ها با ابزاری دستی شیاری به عمق ۲ تا ۳ سانتی‌متر ایجاد نموده و بذور را درون شیارها قرار داده و روی آن‌را با کمی خاک پوشانده شدند.

جدول ۱- مشخصات خاک زراعی مزرعه اجرای طرح تحقیقاتی
Table 1- Properties of research project farm soil

عمق خاک Soil depth (cm)	Ec ($ds\ m^{-1}$)	pH	ازت کل Total N	کربن آلی OC	فسفر P	پتاسیم K	مس Cu	آهن Fe	روی Zn	ماسه Sand (%)	سیلت Silt (%)	رس Clay (%)	کلاس بافت خاک Soil texture class
						میلی‌گرم بر کیلوگرم $mg\ kg^{-1}$							
0 -30	1.57	7.8	0.1	1.01	14.4	380	1.6	6.98	1.42	24.2	46.2	29.6	لومی رسی Loamy Clay

بلافاصله بعد از کاشت، مزرعه آبیاری شد و در طول فصل رویش هم در فاصله‌های منظم نسبت به آبیاری آن اقدام گردید، مبارزه با علف‌های هرز بین خطوط و روی مرزها به‌صورت دستی و به‌طور منظم انجام داده و در طول مدت داشت، یادداشت‌برداری‌های لازم انجام شد. نمونه‌گیری داده‌ها به این ترتیب بود که در هر چین قبل از برداشت ابتدا ارتفاع بوته‌ها اندازه‌گیری می‌شد و بعد برای تعیین عملکرد در هر کرت از یک فرم ۲ متر مربعی استفاده شد و پس از برداشت و توزین آن، مقدار مشخصی از علوفه برداشت شده را به‌منظور تعیین میزان ماده خشک به مدت ۴۸ ساعت در آون ۷۲ سانتی‌گراد قرار دادیم. همچنین از هر کرت مقداری از علوفه را انتخاب کرده، برگ و ساقه‌ها از هم جدا شدند و به همان روش قبل خشک و سپس توزین گردیدند و بعد نسبت برگ به ساقه محاسبه شد. در نهایت علوفه خشک هر کرت جهت تجزیه کیفی به آزمایشگاه ارسال گشت.

میزان پروتئین خام از حاصل ضرب نیتروژن در ضریب تصحیح (۶/۲۵) به‌دست آمد. در انتهای فصل چند بوته از هر کرت را انتخاب و آنها را سالم از خاک بیرون آورده و تعداد گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه‌ها را شمارش و بلندترین ریشه‌های فرعی که بیشترین عمق نفوذ داشتند را به‌وسیله خط کش مدرج اندازه‌گیری شدند. تجزیه واریانس و مقایسه میانگین ساده تیمارها با استفاده از نرم افزار SAS و میانگین اثر متقابل تیمارها با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد.

نتایج و بحث

بررسی اثرات ساده

در این آزمایش صفات مؤثر درکیفت تحت تأثیر باکتری *ریزوبیوم* و *سودوموناس* قرار نگرفتند و اختلاف تیمارهای استفاده کننده از این کودهای بیولوژیک با تیمار شاهد (بدون تلقیح با این باکتری) در حد بسیار ناچیز بود و از لحاظ آماری هم معنی‌دار نشدند. اما کلیه صفات کمی به‌جز صفت عمق نفوذ ریشه، کاملاً تحت تأثیر این باکتری‌ها قرار گرفته و نسبت به تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار پیدا نمودند ($p<۰/۰۵$). به‌طوری‌که باکتری *ریزوبیوم* باعث افزایش میانگین عملکرد علوفه خشک به میزان ۰/۲ تن در هکتار در طی هر چین شده بود (جدول ۲). این اختلاف برای تیمارهای استفاده‌کننده از باکتری *سودوموناس* برای علوفه خشک نسبت به تیمار شاهد برابر ۰/۱۸ تن در هکتار برای هر چین بود (جدول ۴). مقایسه میانگین اثر هر یک از باکتری‌های *ریزوبیوم* (جدول ۲) و *سودوموناس* (جدول ۴) بر روی دیگر صفات کمی مورد بررسی نشان می‌دهد که این باکتری‌ها بر روی صفت ارتفاع ساقه، نسبت برگ به ساقه و تعداد گره تشکیل شده بر روی ریشه‌ها نسبت به تیمار شاهد تأثیر داشته‌اند به‌طوری‌که میانگین تیمارهای استفاده‌کننده از *ریزوبیوم و سودوموناس* دارای بیشترین مقدار و میانگین عدم مصرف این باکتری‌ها در گروه پایین‌تر قرار گرفته‌اند. در جدول ۲ ارزیابی اکوتیپ‌ها طی چین‌های مختلف هم نشان داد که تنها دو صفت کمی ارتفاع ساقه و عملکرد علوفه خشک با هم اختلاف معنی‌دار دارند و در هر دو صفت برتری با اکوتیپ اصفهانی بود. همچنین نتایج این تحقیق نشان می‌دهد که عامل چین بر روی کلیه صفات مؤثر بر کیفیت علوفه تأثیرگذار بوده است. به قسمی که در چین‌های اول و دوم کیفت علوفه در بالاترین سطح و در چین‌های سوم و چهارم کیفت علوفه در سطوح پایین‌تر قرار گرفته‌اند.

انتظار این بود که استفاده از این نوع کودهای بیولوژیک باعث بالاتر رفتن کیفیت علوفه شده و میزان تجمع عناصر مؤثر در کیفیت در گیاه بالاتر روند. اما بررسی جدول میانگین مربعات این گونه نبود. در این رابطه نظرات مختلفی وجود دارد ازجمله روبرت و همکاران (۱۷) گزارش دادند که با تأخیر در کاشت، به دلیل مواجه شدن رشد گیاه با درجه حرارت بالا و طول روز بلند، دیواره سلولی تحریک به ساختن فیبر شده (افزایش فیبر) و تولید پروتئین و قابلیت هضم گیاه کاهش می‌یابد. همچنین کاکمز و همکاران (۱۴) از بررسی تأثیر سیستم‌های کاشت و تاریخ‌های برداشت بر روی کیفیت علوفه شبدر ایرانی در ترکیه گزارش دادند که برداشت‌های زود هنگام باعث کمبود مس در علوفه می‌گردد. اما جهان و همکاران (۱۰) گزارش دادند که با مقایسهٔ عملکرد مادهٔ خشک و تغییرات درصد نیتروژن، فسفر و پتاس گیاه در اثر کاربرد انواع میکروارگانیزم‌ها، درصد کمتر نیتروژن در تلقیح دوگانه و تلقیح میکوریزایی نسبت به تیمار شاهد، را می‌توان به رقیق شدن نیتروژن در اثر رشد بیشتر گیاه در تلقیح دوگانه نسبت داد.

بررسی اثرات عامل‌های دوگانه

ریزوبیوم و سودوموناس

در این آزمایش اثرات متقابل عوامل دوگانه باکتری *ریزوبیوم و سودوموناس* بر روی صفات کیفی معنی‌دار نشده بود اما اثرات این عوامل بر روی صفات کمی به‌جز صفت عمق نفوذ ریشه در سطح احتمال ($p<۰/۰۵$) معنی‌دار شده بودند. جدول ۳ نشان داد که اثر متقابل عوامل دوگانه باکتریایی نسبت به تیمار شاهد، تأثیر مثبتی بر روی شاخص‌های رشد داشته است به قسمی که تیمار استفاده‌کننده از باکتری *سودوموناس* و سویه ۲ باکتری *ریزوبیوم* دارای بیشترین سطح تولید و تیمار *سودوموناس* و سویه ۱ باکتری *ریزوبیوم* در سطح پایین‌تر تولید قرار داشتند.

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات ساده صفات اندازه‌گیری شده در بررسی اثرات متقابل باکتری‌های همزیست ریزبیوم و محرک رشد بر روی خصوصیات کمی وکیفی در دو اکوتیپ شبدر ایرانی (اصفهانی و مرکزی)

Table 2- Mean comparison of simple effect of measure traits in assessment of qualitative and quantitative characterization of two Persian clover ecotypes inoculated by *Rhizobium leguminosa rumbiovartrifoli* and *Pesudomonas putida* bacteria

تیمار Treatment	میانگین صفات Mean traits										
	تعداد گره Number of Nudes	عمق نفوذ ریشه Depth of root penetration (cm)	عملکردتر Fresh Weight Yield (Ton ha^{-1})	نسبت برگ به ساقه Leaf to Stem Ratio	ارتفاع ساقه Height Stem (cm)	عملکردخشک Dry Weight Yield (ton ha^{-1})	پروتیین خام Crude protein (mg kg^{-1})	مس Cu (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	فسفر P (mg kg^{-1})	نیتروژن N (mg kg^{-1})
رایزوبیوم Rhizubium											
بدون مصرف (R_0) Without used	12.750b	17.3167a	11.1288b	1.38792b	42.177b	1.57917b	20.5063a	11.3896a	512.69a	0.33396a	3.28083a
سویه۱ (R_1) race 1	34.5a	17.6a	12.4640a	1.45854a	46.042a	1.78667a	20.6813a	11.3396a	482.93a	0.34208a	3.30875a
سویه۲ (R_2) race 2	32.333a	17.625a	12.4608a	1.46792a	47.858a	1.77979a	20.3373a	11.3004a	599.61a	0.34208a	3.25375a
سودوموناس Psudoumonas											
بدون مصرف (P_0) Without used	22.556b	17.4333a	11.4178b	1.41042b	43.1528b	1.62806b	20.6874a	11.3597a	481.97a	0.34306a	3.30972a
سویه۱ (P_1) race 1	30a	17.5938a	12.6179a	1.46583a	47.5653a	1.80236a	20.2292a	11.3267a	581.51a	0.33569a	3.25250a
اکوتیپ Ecotype											
مرکزی (v1) Markazi	26.294a	17.5529a	11.8714b	1.44514a	43.402b	1.71292a	20.7344a	11.4733a	536.32a	0.34500a	3.31736a
اصفهانی (v2) Esfehani	25.824a	17.4647a	12.1643	1.43111a	47.3153a	1.71750a	20.2821a	11.2131a	527.16a	0.33375a	3.24486a
چین (H) Harvest											
چین۱ (H_1) Harvest 1	-	-	12.09556b	1.201111d	45.7639ab	1.746667b	22.0450a	12.3783a	878a	0.38139a	3.52694a
چین۲ (H_2) Harvest 2	-	-	12.35194a	1.448889c	46.0833a	1.773889a	22.2078a	12.0722a	847.92a	0.37278a	3.55306a
چین۳ (H_3) Harvest 3	-	-	11.86139c	1.515000b	45.2833b	1.684167c	17.9825c	9.5111c	195.60b	0.31139b	2.87694c
چین۴ (H_4) Harvest 4	-	-	11.76250d	1.587500a	44.3056c	1.656111d	19.7978b	11.4111b	205.44b	0.29194b	3.16750b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly difference ($P<0.05$)

ریزوبیوم و اکوتیپ

اثرات متقابل عوامل دوگانه باکتری *ریزوبیوم* واکوتیپ بر روی صفات کیفی در این آزمایش معنی‌دار نشده بود. اما اثرات این عوامل بر روی صفات کمی به‌جز صفت عمق نفوذ ریشه در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شده بود. طبق جدول ۳ اثر متقابل عوامل دوگانه اکوتیپ و *ریزوبیوم* نشان از برتری اکوتیپ اصفهانی در بیشتر صفات کمی نسبت به اکوتیپ مرکزی بود

سودوموناس و اکوتیپ

در طی این تحقیق اثرات متقابل عوامل دوگانه باکتری *سودوموناس* و اکوتیپ بر روی صفات کیفی معنی‌دار نشده بود. اما اثرات این عوامل بر روی صفات کمی به‌جز صفت عمق نفوذ ریشه و تعداد گره‌های تشکیل شده بر روی ریشه‌ها در انتهای فصل در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شده بود. جدول ۳ نشان داد که هر اکوتیپ نسبت به تیمارهای شاهد خود تحت تأثیر تلقیح با *سودوموناس* قرار گرفته و درنتیجه صفات کمی در بالاترین سطح خود قرار می‌گیرند و عدم به‌کار بردن باکتری *سودوموناس* (شاهد) در هر اکوتیپ باعث می‌شود کلیه این صفات در پایین‌ترین سطح قرار گیرند.

مهراب یادگاری و همکاران (۲۱) گزارش کردند که باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد منجر به افزایش صفات زراعی در گیاه لوبیا شدند. در غالب موارد، ارقام تلقیح شده توأم، *ریزوبیوم* و *سودوموناس* بیشترین صفات برآورد شده را دارا بودند و پیشنهاد دادند که برای بالا بردن افزایش عملکرد، از باکتری‌های افزایش‌دهنده رشد گیاه در ترکیب با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن استفاده شود.

چین و ریزوبیوم

بررسی جدول ۴ نشان داد که اثرات متقابل چین و *ریزوبیوم* برروی کلیه صفات کیفی و کمی در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۵$) معنی‌دار شده است اما این اثرات متفاوت بوده است مثلاً بیشترین اثر متقابل این دو عامل روی صفات کیفی به‌ترتیب برای فاکتورهای نیتروژن در چین اول و *ریزوبیوم* ۱، آهن در چین دوم و *ریزوبیوم* ۱ و پروتیئن خام در چین اول و *ریزوبیوم* ۱ و برای صفات کمی عملکرد علوفه خشک در چین سوم و *ریزوبیوم* ۱، علوفه تر چین اول و *ریزوبیوم* ۱ و برای نسبت برگ به ساقه مربوط به چین چهارم با باکتری *ریزوبیوم* سویه ۲ بوده است. ضمن آنکه در اثرات متقابل باکتری سویه ۲ و ۱ نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب در چین‌های مختلف بیشترین نسبت برگ به ساقه به‌دست آمده بود.

بررسی اثرات متقابل این دو عامل بر روی صفات تولید علوفه‌تر، ارتفاع ساقه و نسبت برگ به ساقه هم مشابه و به همان ترتیب بالا بود و برای کلیه این صفات تیمار شاهد در پایین‌ترین سطح قرار داشت. بررسی اثرات این دو عامل نشان‌دهنده تأثیرگذاری در تشکیل و افزایش تعداد گره برروی ریشه‌ها در انتهای فصل بوده است. این درحالی بود که در تیمارهای شاهد یا عدم استفاده از این دو باکتری تمامی این صفات در پایین‌ترین سطح خود قرار داشتند. هرچند که تأثیر متقابل دو سوش باکتری *ریزوبیوم* با *سودوموناس* متفاوت بود و تأثیر سویه ۲ باکتری *ریزوبیوم* بیشتر مشاهده شد، اما درمجموع اثر متقابل این دو نوع عامل باکتریایی بر روی صفات کمی مثبت بوده است. در این رابطه رودریگوئزناوارو و همکاران (۱۸) گزارش دادند که در تلقیح سویه‌های مختلف باکتری *ریزوبیوم* با نوعی لوبیا در رابطه با وزن خشک اندام‌های هوایی مقادیر معنی‌داری به‌دست آمد. دلیپ کومار و همکاران (۵) نشان دادند که تلقیح توام بذور نخود (*Cicer arietinum*) با *سودوموناس فلورسنس* و *ریزوبیوم* منجر به افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه و وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهای شاهد شد.

چین و سودوموناس

طبق جدول ۴ بررسی اثرات متقابل دوگانه عوامل چین و باکتری *سودوموناس* بر روی کلیه صفات در سطح احتمال ($p\leq ۰/۰۵$) تأثیر معنی‌دار شده است. اما بررسی این عوامل بر روی صفات کیفی و کمی نشان می‌دهد که بالاترین صفات کیفی مربوط به تیمارهای است که در آنها از باکتری *سودوموناس* استفاده نشده بود. هرچند در بررسی صفات مختلف نشان از تأثیرگذاری این دو فاکتور برهم می‌باشد و به‌خصوص در صفت نسبت برگ که از مهمترین شاخص‌های رشد است اثر این دو عامل کاملاً مشهود است اما غالباً عدم استفاده از باکتری *سودوموناس* در چین‌های مختلف تأثیرگذاری بیشتری داشته است این مطلب نیاز به بررسی بیشتری دارد.

چین و اکوتیپ

جدول ۴ نشان داد که صفات کمی در اکوتیپ مرکزی بیشتر تحت تأثیر اثر متقابل عوامل دوگانه چین و اکوتیپ قرار گرفته‌اند و در کل چهار چین صفات کمی در اکوتیپ ۱ برتری نسبی به اکوتیپ ۲ دارند. بررسی اثر متقابل عوامل دوگانه چین و اکوتیپ بر روی عملکرد علوفه خشک و تر در این جدول نشان می‌دهد که اکوتیپ مرکزی برای عملکرد علوفه خشک در چین‌های سوم و چهارم و برابر با عدد مشترک ۱/۷۷ و برای علوفه تر فقط در چین چهارم و برابر با ۱۲/۵ تن در هکتار بیشترین تأثیر را داشته است. به‌علاوه، تأثیر دوگانه این دو عامل بر روی افزایش ارتفاع ساقه با اکوتیپ ۱ در چین‌های دوم و چهارم است و به‌ترتیب برابر با ۴۷/۸۳ و ۴۸/۱۶ سانتی‌متر و همچنین اثر دوگانه این عوامل برروی صفت نسبت برگ به ساقه در اکوتیپ ۲ در چین‌های سوم و چهارم و برابر با رقم مشترک نسبت ۱/۵۸ به‌دست

جدول۳- مقایسه میانگین اثرات دوگانه صفات اندازه‌گیری شده در بررسی اثرات متقابل باکتری‌های همزیست ریزبیوم و محرک رشد بر روی خصوصیات کمی و کیفی در دو اکوتیپ شبدر ایرانی (اصفهانی و مرکزی)

Table 3- Mean comparison of double interaction effect of measure traits in assessment of qualitative and quantitative characterization of two Persian clover ecotypes inoculated by *Rhizobium leguminosarum biovartrifoli* and *Pesudomonas putida* bacteria

تیمار Treatment	میانگین صفات Mean of Traits										
	تعداد گره Number of nudes	عمق نفوذ ریشه Depth of root penetration (cm)	عملکردتر Fresh Weight Yield (Ton ha^{-1})	نسبت برگ به ساقه Leaf to Stem Ratio	ارتفاع ساقه Height Stem (cm)	عملکردخشک Dry Weight Yield (Ton ha^{-1})	پروتیین خام Crude protein (mg kg^{-1})	مس Cu (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	فسفر P (mg kg^{-1})	نیتروژن N (mg kg^{-1})
ریزوبیوم× سودوموناس Rhizobium*Psudomounas Pesudomonas*Rhizubium											
P_0R_0	9.5 d	17.5 a	10.6463c	1.37375c	41.063c	1.51292c	20.4913a	11.3958a	465.8a	0.32375a	3.2783a
P_0R_1	16 cd	17.133a	11.6113b	1.40208bc	43.292bc	1.64542b	20.5213a	11.3833a	559.5a	0.34417a	3.2833 a
P_0R_2	31.167ab	16.817 a	11.8933b	1.41625bc	43.792bc	1.70500b	21.875a	11.1750a	444.9a	0.35833a	3.3738 a
P_1R_0	39.5 a	18.775 a	13.0346a	1.50083a	48.292a	1.86833a	20.2750a	11.5042a	520.9a	0.25583a	3.2438a
P_1R_1	27 bc	17.983 a	11.7138b	1.44125b	44.604b	1.66625b	204833a	11.5083a	535.1a	0.34708a	3.2771 a
P_1R_2	37.667ab	17.267a	13.2079a	1.49458a	51.113a	1.89333a	20.1913a	11.0625a	664.1a	0.33708a	3.2304a
ریزوبیوم× اکوتیپ											
V_1R_0	13.167 b	17a	10.9579b	1.37958b	40.063d	1.58208b	20.5088a	11.0875a	495.4a	0.33750a	3.2813a
V_1R_1	12.333b	17.633 a	11.2996b	1.39625b	44.292bc	1.57625b	20.5038a	11/6917	529.9a	0.33042a	3.2804a
V_1R_2	31.8 a	18.04 a	12.1858a	1.46542a	43.146dc	1.78000a	21.1650a	11.7167a	532.9a	0.35917a	3.3863a
V_2R_0	37.2a	17.16 a	12.7421a	1.45167a	48.937a	1.79333a	20.1975a	10.9625a	433a	0.32500a	3.2313a
V_2R_1	34.833 a	17.7 a	12.4704a	1.49042a	47ab	1.77667a	20.5296a	11.6158	580.6a	0.33833a	3.2846a
V_2R_2	29.833a	17.55a	12.4512a	1.44542a	48.717a	1.78292a	20.1450a	10985a	618.6a	0.34583a	3.2229a
سودوموناس× اکوتیپ Psudoumonas*Ecotype											
V_1P_0	23.333a	18.044a	11.3672c	1.42861b	41.927c	1.64194b	20.7667a	11.6111a	498.1a	0.33944a	3.3225a
V_1P_1	21.778a	16.822a	11.4683c	1.39222c	44.333bc	1.61417b	20.6081a	11.1083a	465.8a	0.34667a	3.2969a
V_2P_0	29.625a	17.a	12.3756b	1.46167ab	44.833b	1.78389a	20.7022a	11.3356a	574.5a	0.35056a	3.3122a
V_2P_1	30.375a	18.188a	12.8603a	1.47a	50.297a	1.82083a	19.9561a	11.3178a	588.5a	0.32083a	3.1928a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($p\leq$۰/۰۵) نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly difference (P<0.05)

جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات دوگانه صفات اندازه‌گیری شده در بررسی اثرات متقابل باکتری‌های همزیست ریزوبیوم و محرک رشد بر روی خصوصیات کمی و کیفی در دو اکوتیپ شبدر ایرانی (اصفهانی و مرکزی)

Table 4- Mean comparison of double interaction effect of measure traits in assessment of qualitative and quantitative characterization of two Persian clover ecotypes inoculated by *Rhizobium leguminosarum biovartrifoli* and *Pesudomonas putida* bacteria

تیمار Treatment	میانگین صفات Mean of traits								
	عملکرد تر Fresh Weight Yield (Ton he^{-1})	نسبت برگ به ساقه Leaf to Stem Ratio	ارتفاع ساقه Height Stem (cm)	عملکرد خشک Dry Weight Yield (Ton he^{-1})	پروتئین خام Crude Protein (mg kg^{-1})	مس Cu (mg kg^{-1})	آهن Fe (mg kg^{-1})	فسفر P (mg kg^{-1})	نیتروژن N (mg kg^{-1})
Harvest*Pesudomonas	11.20917g	1.125g	45.5f	1.605g	21.9333a	12.2250a	880.4ab	0.37833a	3.5092a
R_0H_1	12.52c	1.23333f	46.2083cd	1.819167b	22.1575a	12.5917a	755.9ab	0.38333a	3.5450a
R_0H_2	12.55750c	1.245f	48.5833a	1.815833b	22.0442a	12.3183a	997.7a	0.38250a	3.5267a
R_0H_3	11.48333f	1.37917e	42.9583f	1.6475f	22.2867a	11.85abc	838.1ab	0.37ab	3.5658a
R_0H_4	12.82667a	1.48417d	47.0417bc	1.848333a	22.4342a	12.2333a	698.8b	0.36667ab	3.5892a
R_1H_1	12.74583b	1.48333d	48.25a	1.825833b	21.9025a	12.1333ab	1006.9a	0.38167a	3.5042a
R_1H_2	10.96167h	1.47833d	42.0833f	1.546667h	18.3775bcd	9.0667e	172.5c	0.29917c	2.94bcd
R_1H_3	12.28083de	1.52167c	46.0417d	1.7475cd	18.065cd	9.7667de	211.4c	0.325bc	2.89cd
R_1H_4	12.34167d	1.545c	47.7250ab	1.758333c	17.505d	9.7de	203c	0.31c	2.8008d
R_2H_1	10.86083i	1.56917ab	41.1667g	1.5175i	19.4275bc	12.4167a	159.8c	0.28833c	3.1083bc
R_2H_2	12.22833e	1.595a	44.8750e	1.731667de	20.0683b	10.7667dc	265.7c	0.29333c	3.2108b
R_2H_3	12.19833e	1.59833a	46.8750bcd	1.719167e	19.8975b	11.05bc	190.9c	0.29417c	3.1833b
Harvest*Pesudomonas	11.485f	1.15278f	43.5556d	1.654667f	22.1511a	12.5278a	809a	0.38556a	3.5439a
P_0H_1	12.70611b	1.24944e	47.9722ab	1.841667b	21.9389a	12.2289ab	947a	0.37722a	3.51a
P_0H_2	11.78167e	1.42611d	43.75d	1.69e	22.4872a	12.1111ab	738a	0.37556a	3.5978a
P_0H_3	12.92222a	1.47167c	48.4167a	1.857778a	21.9283a	12.0333ab	912a	0.37a	3.5083a
P_0H_4	11.25389g	1.48778c	43.2222d	1.599444g	18.1478c	9.4111c	186.3b	0.31944b	2.9033c
P_1H_1	12.46889c	1.54222b	47.3444b	1.768889c	17.8172c	9.6111c	204.9b	0.30333b	2.8506c
P_1H_2	11.15056h	1.575a	42.0833e	1.571111h	19.9633b	11.3889b	149.6b	0.29222b	3.1939b
P_1H_3	12.37444d	1.6a	46.5278c	1.741111d	19.6322b	11.4333b	261.3b	0.29167b	3.1411b
Harvest*Ecotype	11.95222cd	1.21889d	43.6944d	1.746667b	22.2333a	12.5044a	897.8a	0.38889a	3.5572a
V_1H_1	12.23889b	1.18333e	47.8333a	1.746667b	21.8567a	12.2522ab	858.2a	0.37389a	3.4967a
V_1H_2	12.20167b	1.455c	44d	1.77a	22.6156a	12.3889ab	855.5a	0.37722a	3.6183a
V_1H_3	12.50222a	1.44278c	48.1667a	1.777778a	21.8a	11.7556abc	840.4a	0.36833a	3.4878a
V_1H_4	11.715e	1.52111b	43.5d	1.681111c	18.3589c	9.7222d	192.2b	0.32611b	2.9372c
V_2H_1	12.00778c	1.50889b	47.0667b	1.687222c	17.6061c	9.3d	199b	0.29667b	2.8167c
V_2H_2	11.61667f	1.58556a	42.4167e	1.653889d	19.73b	11.2778c	199.9b	0.28778b	3.1567b
V_2H_3	11.90833d	1.58944a	46.1944c	1.658333d	19.8656b	11.5444bc	211b	0.29611b	3.1783b

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P<0.05$) نمی‌باشند.

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P<0.05$).

یکی از اهداف این آزمایش بررسی اثر کودهای بیولوژیک برروی شاخص‌های رشد بود. در این طرح آزمایشی کودهای بیولوژیک به تنهایی و یا در اثر متقابل با عوامل دیگر، تأثیر مثبت خود را برروی شاخص‌های کمی رشد نشان دادند. در آزمایش‌های مشابه نیز چنین نتایجی به‌دست آمده بود. در این رابطه در آزمایشی که توسط اسدی رحمانی و راستین (۴) بر روی ارقام مختلف لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و سویه‌ای از باکتری *ریزوبیوم فازئولی* صورت گرفت ایشان به وجود اختلاف معنی‌دار در خصوص افزایش وزن خشک ارقام لوبیا اشاره نمودند. همچنین خرم‌دل و همکاران (۱۳) در آزمایشی نشان دادند که تلقیح بذر سیاهدانه (*Nigella Sativa*) با کودهای بیولوژیک باعث افزایش معنی‌داری در ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول با شاهد شد. *سودوموناس* کود بیولوژیکی است که به تنهایی یا در اثر متقابل با عوامل دیگر روی صفات کمی تأثیرگذار بوده و در آزمایش‌های دیگر نیز نتایج مشابه به‌دست آمد، ازجمله در آزمایش‌های هوفت و همکاران (۸) گزارش شد تلقیح بذر و یا خاک زیر کشت محصول با سویه‌های *سودوموناس* باعث افزایش عملکرد غلات شد. زاهیر و همکاران (۲۲) افزایش وزن تر و خشک بوته، تعداد برگ و ارتفاع بوته ذرت (*Zea mays*) با تلقیح بذر با باکتری *سودوموناس* را گزارش نمودند.

نتیجه‌گیری

امروزه دیدگاه و نگرش جهانی مبتنی بر کاهش آلاینده‌های محیطی می‌باشد. اثرات زیان‌بار کودهای شیمیایی بر محیط‌زیست تا حدودی مشخص شده است. از طرفی کودهای زیستی و بیولوژیکی نه تنها تأثیر مخربی بر محیط زیست ندارند بلکه می‌توانند بر روی فرآیند رشد در گیاهان تأثیر مطلوبی داشته باشند. این تحقیق به نوعی تأثیر مثبت این نوع کودها را در بعضی از شاخص‌های رشد نشان داد اما نکته مهم استفاده صحیح از کودهای بیولوژیکی می‌باشد. همچنین این آزمایش نشان داد که زمان کاشت گیاهان علوفه‌ای در فصل بهار بسیار مهم است و تأخیر در زمان کاشت می‌تواند بر کیفیت علوفه تأثیرگذار باشد.

References

1. Abasi, M. 2006. Collection, identification and assessment of genetic reserves to protect and use Trifolium. Final Report Project, Department of Plant Genetics and Genetic Resources, Seed and Plant Improvement Institute. Number of registration 85.681. (in Persian).
2. Asadi, H., and Zamznian, M. 2007. Iinvestigation the effects of planting date and seed density in Persian clover forage production in both mechanized and traditional culture. Pajouhesh-Va-Sazandegi in Agriculture and Horticulture.No. 74. Spring 2007. (in Persian with English abstract).
3. Asadi Rahmani, H. 2000. Symbiotic Nitrogen Fixation Technology (Guidance and Applications). Publication of Research Institute of Forests and Rangelands. Page 129. (in Persian).
4. Asadi Rahmani, H., and Rastin, N. S., 2000. Prediction of the necessity of soybean inoculation based on the numbers of *Bradyrhizobium japonicum*. Ninth Congress of African Association for Biological N2 Fixation, 65.
5. Dileep Kumar, S. B., Berggren, I., and Martensson, A. M. 2001. Potential for improving pea production by coinoculation with Fluorescent *Pseudomonas* and *Rhizobium*. Plant and Soil 229: 25-34.
6. Fatma, E. M., El-Zamik, I., Tomader, T., El-Hadidy, H. I. Abd El-Fattah, L., and Seham Salem, H. 2006. Efficiency of biofertilizers, organic and in organic amendments app.lication on growth and essential oil pf marjoram (*Majorana hortensis* L.) plants grown in sandy and calcareous .Agric. Microbiology Dept., Faculty of Agric., Zagazig University and Soil Fertility and Microbiology Dept., Desert Research Center, Cairo, Egypt.
7. Ghost, B. C. and Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ. Pollut. 102: 123-126.
8. Hoft, M., Seong, K. Y., Jurkevitch, E., and Verstraete, W. 1991. Pyoverdin production by the plant growth beneficial *Pseudomonas* strain $7SNK_2$: Ecological significance in soil. Plant and Soil 130: 249- 257.
9. Jahan, M., Kochaki, E., Ghorbani, R., Rejali, F., Ariaei, M., and Ebrahimi, A. 2009. The effect of organic fertilizers on corn Agroecological characteristics in common and ecological farming systems. Iranian Journal of Field Crops Research 7 (3): 375-390. (in Persian with English abstract).
10. Javadi, H. 1999. The Evaluation of Vigor of Seeds and Seedlings in Three Species of Clover. Pajouhesh-Va-Sazandegi 1 (40): 4-17. (in Persian with English abstract).
11. Karimi, H. 1988. Agronomy of Forage Plants. Published by Tehran University. Third Edition. No.1566. page414. (in Persian).
12. Khavazi, K., and Malakoti, M. J. 2001. The Need to Produce Bio-Fertilizers in the Country. Research Institute of Water and Soil, page 130.
13. Khoramdel, S., Kocheki, A., Nasiri Mahalati, M., and Ghorbani, R. 2010. Effects of Biological Fertilizers on Yield and Yield Component of Black Cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8 (5): 758-766. (In Persian with English abstract).

14. Kokmaz, A., Gulser, G., Manga, M. L., Sancak, C. 1993; effect of cropping system and cutting date for various forage crops on the mineral content and quality of hay produced in Samsun province.
15. Malakoti, J. A., and Malakoti, A. 2003. The role of balanced fertilization in improving the bread wheat quality. Technical publication No. 321. Agricultural research and education organization. (in Persian).
16. Moalem, A. H., and Eshghizadeh. 2007. Biofertilizer applications. Advantages and Limitations. Proceedings of the 2th National Conference on Ecological Iran. Gorgan, page: 47. (in Persian).
17. Robert, J. V. S. 2006. What is forage quality and how does it affect a feeding program. 391P.
18. Rodriguez –Navarro, D. N., Buendia, A. M., Camacho, M., and Lucas, M. M. 2000. Characterization of Rhizobium spp. bean isolates from southwest Spain. Soil Biology and Biochemistry 32: 1601-1613.
19. Sarrantonio, M. 1991. Methodologies for screening soil -improving Legumes, Rodale Institute, USA, 310 p.
20. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G. Cheung, K. C., and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizers containing N-fixer, P and K solubilizer and AM fungi on maize growth: a greenhouse trail. Geoderma 125: 155-166.
21. Yadegari, M., Noormohamadi, Gh., and Asadi Rhmani, H. 2009. Evaluation of growth indices in red beans inoculated with Rhizobium and Rhizosphere bacteria plant growth promoting rhizobacteria. Agroecologi Journal 5 (15): 153-163.
22. Zahir, A. Z., Abbas, S. A., Khalid, A., and Arshad, M. 2000. Substrate depended microbially derived plant hormones for improving growth of maize seedlings. Pakistan Journal of Biological Science 3: 289-291.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 513-523

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۲۳-۵۱۳

Assessment of Qualitative and Quantitative Characters of Two Persian Clover Ecotypes Inoculated by *Rhizobium leguminosarum biovartrifoli* and *Pesudomonas putida* Bacteria

R. Azamei[1*]- M. R. Ardakani[2]- M. Gomarian[3]

Received: 22-09-2013
Accepted: 18-11-2014

Introduction

Over the past decades, world attitude has changed towards the reduction of environmental pollutants. Harmful effects of synthetic fertilizers on environment have been identified**.** Bio-fertilizers are not harmful to the environment, but also they have favorable effects on plant growth processes. Soil biotechnology can be defined as the study of soil organisms and their metabolic processes which may have positive effects on plant yields. The main goal of this study is to asess the biotechnology fertilizers beneficial effects on soil organisms and their subsequently to maximize the yield. It is also our desire conside the soil quality, hygiene and environmental protection along this process. Among the strain of nitrogen-fixing bacteria, symbiotic bacteria such as rhizobium bacteria are important and essential in planning the sustainable farming systems. Several studies have shown that crop varieties which inoculated with rhizobium and pseudomonas were superior in yield production and performance.

Material and Methods

An experiment was designed as factorial performed in randomized complete block design (RCBD) with three replications in Agricultural Research Center of Golpayegan (Isfahan) during 2010 – 2011. the purpose of this study was to evaluate the effects of inoculation of two ecotypes of Persian clover by various strains of *Rhizobium leguminosarum.* Biovar *trifoli* bacteria accompanied with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) *Pseudomonas putida* was employed to find certain qualitative and quantitative characteristics of clover yield, The main plots included two local ecotypes of Persian clover; Arak Haft Chin (V_1) and Isfahan Haft Chin (V2)), the subplots included inoculation by two strain of *Rhizobium;* Rb-3, Rb-13 and one strain of Pseudomonas; PS - 168.4 cuts were performed during the experiment and 60 kg/ha seed was used for cultivation based on local knowledge. According to recommendations of the Institute of Soil and Water the powder used for inoculum was 5 gram from every bacterium seed (Containing 108 × 5 bacteria per gram) for 100 kg seed. For better adhesion of the bacteria on the surface of seed, water with 20% sugar solution was used. (2) Sampling performed by harvesting 2 meter of every plot and 2 kg of fresh yield was transferred to oven (48 hours) with (72 °C) to determine dry matter. The crude protein content was determined by multiplying nitrogen content by the correction factor (6.25). At the end of the season a few plants from each plot were selected, and the number of nodules formed on the roots were counted and secondary roots with the highest penetration depth were measured by ruler. Analysis of variance and the means of treatments were performed using SAS software. Average interaction MSTAT- C treatments were performed using the software and the treatments were compared based on Duncan method.

Results and Discussion

The results showed that the qualitative factors have not been affected by *Rhizobium* and *Pseudomonas* bacteria so that the differences between treated plots with control were not significant. The quantitative factors except for depth of root penetration were affected by inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas* bacteria and a significant difference between treated plots and control was obtained. Roberts et al. (3) reported that delay in planting caused plant growth exposure to high temperatures and long days, thus cell walls were stimulated to increase fiber and protein content and consequently digestibility was extremely reduced. The results indicated that inoculation by both bacteria (*Rhizobium* and *Pseudomonas*) has affected quantitative indicators of growth

1- MSc in Agriculture, Isfahan Research Center for Agriculture and Natural Resources
2- Professor of Ecological Agriculture (organic farming expertise), Islamic Azad University, Karaj
3- Assistant Prof, Department of Agronomy and Plant Breeding, Arak Branch. Islamic Azad University, Arak
(*- Corresponding Author Email: r.azami@yahoo.com)

significantly and increased fresh and dry yield, plant height, leaf/stem ratio and the number of nodes on roots. However the results showed that the qualitative characteristics and root infiltration did not change significantly by inoculation of both bacteria. Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) leaded to an increase in the growth of quantitative traits. Inoculation with *Rhizobium* and *Pseudomonas putida* in most of the cases combined with the highest growth and treatments without inoculation (control) had the lowest growth as well. Dilip Kumar et al. (1) demonstrated that the combined inoculation of pea seeds with Rhizobium and Pseudomonas leads to an increase in plant height, root length and dry weight compared to control treatments. However the present study has shown the positive impacts of biological fertilizers on some of the growth parameters, but the important thing is the proper use of biological fertilizers. It was also concluded that the date of planting in spring is very important and delayed planting can affect forage quality.

Conclusions

This study showed that biofertilizers can have positive effects on growth characters of clover, and requires more research.

Keywords: Biological fertilizer**,** Forage yield, Plant growth promoting rhizobacteria

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۴۲-۵۲۴

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 524-542

ارزیابی تحمل به تنش رطوبتی در برخی از ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) با استفاده از شاخص‌های انتخاب

ماندانا محسنی[۱]- سید محمد مهدی مرتضویان[۲*]- حسینعلی رامشینی[۳]- بهروز فوقی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۱۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۴/۱۷

چکیده

عملکرد دانه گندم در اکثر مناطق ایران به علت بروز تنش رطوبتی آخر فصل کاهش می‌یابد. به‌منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد دانه ۳۹ ژنوتیپ گندم بهاره، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ اجرا شد. اعمال تنش رطوبتی در مرحله ظهور سنبله به‌صورت کم‌آبیاری صورت گرفت. نتایج نشان داد در شرایط بدون تنش ژنوتیپ‌های پیشتاز و آزادی (۸/۲۷ و ۷/۷۲ تن در هکتار) و در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های مغان۱ و سیستان (۵/۴۸ و ۴/۸۴ تن در هکتار) از بیشترین عملکرد دانه برخوردار بودند. براساس نتایج تجزیه رگرسیون در شرایط آبیاری معمولی و تنش رطوبتی سه متغیر وارد مدل شدند که در شرایط نرمال ۷۰/۸ و در شرایط تنش ۶۴/۰۳ درصد تغییرات عملکرد را توجیه نمودند. براساس میزان عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو شرایط، ۱۵ شاخص تحمل و حساسیت به تنش برآورد شد. نتایج تجزیه همبستگی، مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای‌پلات نشان داد که از بین شاخص‌های محاسبه شده MP، GMP، STI، HARM، YI، DI، MSTI و SNPI برای انتخاب ژنوتیپ‌های با پتانسیل و پایداری عملکرد بالا در شرایط تنش رطوبتی جزو مناسب‌ترین شاخص‌ها بودند. تجزیه خوشه‌ای براساس شاخص‌های تحمل به خشکی، ژنوتیپ‌ها را در چهار گروه جداگانه قرار داد به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گروه مشترکی قرار گرفتند. توزیع ژنوتیپ‌ها در فضای بای‌پلات، وجود تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ‌ها را نسبت به تنش رطوبتی نشان داد. بر این اساس ژنوتیپ‌های مغان ۱، سیستان، اکبری، بیات، دز، بک‌کراس روشن بهاره، مهدوی و طبسی جزو متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های تجن، نوید، شیرودی، زاگرس، کرخه و ویری‌ناک به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش رطوبتی آخر فصل شناسایی شدند.

واژه‌های کلیدی: تجزیه مؤلفه‌های اصلی، تحمل به خشکی، رگرسیون، شاخص‌های تحمل

مقدمه

در میان غلات، گندم مهمترین گیاه زراعی روی زمین است که نقش حیاتی در اقتصاد ملی کشورهای در حال توسعه دارد (۳ و ۹). مهمترین گونه زراعی گندم، گندم نان (*Triticum aestivum* L.) می‌باشد که به‌عنوان یکی از مهمترین محصولات زراعی از لحاظ سطح زیرکشت و میزان تولید در جهان بوده و نقش مهمی را در تأمین نیاز غذایی جوامع بشری داشته است (۳۵). گندم تأمین‌کننده ۲۱ درصد کالری و ۲۰ درصد پروتئین غذایی مورد نیاز بیش از ۴/۵ میلیارد نفر در ۹۴ کشور جهان است (۷). گیاهان همواره در معرض طیف وسیعی از تنش‌های غیر زیستی قرار دارند که این تنش‌ها اثرات نامطلوبی بر بقا، رشد، کیفیت و کمیت محصولات کشاورزی دارند (۱۹). طبق گزارش فائو در سال ۲۰۱۰ میانگین عملکرد گندم نان در ایران ۲۱۳۶ و میانگین عملکرد جهانی آن ۳۰۰۹ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است. ایران در کمربند بیابانی جهان قرار دارد و به‌عنوان منطقه‌ای خشک منظور می‌شود. متوسط بارندگی در کشور حدود ۲۵۰ میلی‌متر است که این میزان یک سوم بارندگی در جهان می‌باشد (۱۸). در میان انواع تنش‌های محیطی، تنش خشکی یکی از اصلی‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید محصولات زراعی از قبیل گندم در مناطق خشک و نیمه خشک ایران می‌باشد (۲) و به احتمال

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۲- استادیار اصلاح نباتات، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
(*- نویسنده مسئول: Email: mortazavian@ut.ac.ir)
۳- استادیار اصلاح نباتات، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران
۴- مربی اصلاح نباتات، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

زیاد کاهش عملکرد به خاطر تنش خشکی از مجموع کاهش عملکرد به خاطر همه تنش‌های دیگر بیشتر است (۴). زمان ظهور تنش در طول دوره رشد گیاه بسیار مهم است به‌طوری‌که اثر زمان ظهور تنش آب بر عملکرد دانه ممکن است به اندازه شدت تنش اهمیت داشته باشد (۵). گیاه گندم هم در شرایط دیم و هم در شرایط آبی در مراحلی از چرخه زندگی خود تنش خشکی را تجربه می‌کند که البته این تنش در شرایط دیم شدیدتر است و به دلیل غیریکنواخت بودن بارندگی در دیم‌زارهای گندم کشور، همواره در اواخر فصل رشد این گیاه تحت تنش خشکی قرار می‌گیرد (۳۲). در این مناطق، مرحله پرشدن دانه‌ها اغلب بر زمانی منطبق است که درجه حرارت محیط افزایش و ذخیره رطوبتی خاک کاهش می‌یابد. معمولاً بیماری‌های برگی نیز پس از مرحله گلدهی گسترش یافته و باعث تخریب و یا کاهش سطح سبز برگ در مرحله پرشدن دانه‌ها می‌شوند. نتیجه نهایی و عمومی این تنش‌ها، چروکیدگی دانه، کاهش وزن هزار دانه و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می‌باشد (۲۵). بنابراین معرفی ارقامی که بتوانند در هر دو شرایط آبیاری معمول و یا تنش خشکی آخر فصل محصول بیشتر و مطمئن‌تری تولید کنند بسیار مورد توجه قرار دارد (۲۳). برای بهبود عملکرد تحت شرایط تنش خشکی، توسعه ارقام جدید گندم با پتانسیل عملکرد دانه بالا از طریق شناسایی مکانیزم‌های تحمل به خشکی از اهمیت به‌سزایی برخوردار است (۳۷). از شاخص‌های تحمل به تنش، که خشکی را براساس کاهش عملکرد در شرایط تنش در مقایسه با شرایط مطلوب اندازه‌گیری می‌کنند، برای غربال ارقام متحمل به خشکی استفاده می‌شود (۲۲). فرناندز (۱۳) در بررسی عملکرد ژنوتیپ‌ها در دو محیط تنش و بدون تنش چهار نوع واکنش برای ژنوتیپ‌ها قائل شد: عملکرد بالاتر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه A)، عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط بدون تنش (گروه B)، عملکرد بالاتر از میانگین در شرایط تنش (گروه C) و عملکرد پایین‌تر از میانگین در هر دو شرایط تنش و بدون تنش (گروه D). تاکنون برای تفکیک ژنوتیپ‌های قرار گرفته در هر یک از این گروه‌ها و شناسایی ارقام متحمل به تنش، شاخص‌های متعددی براساس روابط ریاضی بین شرایط تنش و غیرتنش ارائه شده است (۱۳)، ولی به‌طور کلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و غیرتنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، زیرا این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط هستند و می‌توان از آنها برای تخمین پایداری عملکرد استفاده کرد (۳۰). رزایلی و هامبلین (۳۴) شاخص تحمل به تنش[1] (TOL) و نیز شاخص متوسط محصول‌دهی[2] (MP) را ارائه دادند. فیشر و مورر (۱۴) شاخص حساسیت به تنش[3] (SSI) ژنوتیپ‌ها را پیشنهاد کردند. این محققین نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با (SSI) کمتر از واحد، به خشکی مقاوم‌تر هستند. فرناندز (۱۳) شاخص تحمل به تنش[4] (STI) و میانگین هندسی محصول‌دهی[5] (GMP) را ارائه داد. میانگین هارمونیک[6] (HARM) از دیگر شاخص‌هایی است که برای انتخاب ژنوتیپ‌های برتر استفاده می‌شود. فیشر و همکاران (۱۵) شاخص نسبی خشکی[7] (RDI) را معرفی کردند. شاخص پایداری عملکرد[8] (YSI) توسط باسلاما (۶) ارائه شد. انتظار می‌رود ژنوتیپ‌هایی با YSI بالاتر عملکرد بالایی در شرایط تنش داشته باشند (۲۶). شاخص عملکرد[9] (YI) که توسط گاوزی و همکاران (۱۶) معرفی شد، ارقام را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند. لن (۲۰) شاخص جدید خشکی[10] (DI) را معرفی کرد. شاخص‌های DI و STI نه تنها توان ژنوتیپ‌ها برای تولید عملکرد بالا در شرایط تنش را در نظر می‌گیرند بلکه عملکرد مناسب در شرایط مطلوب را نیز ملاک قرار می‌دهند. فرشادفر و سوتکا (۱۱) شاخص STI را به شاخص تحمل به تنش تغییریافته[11] (MSTI) اصلاح کردند. بر این اساس آنها شاخص KiSTI را محاسبه کردند که در آن Ki ضریب تصحیح STI در شرایط رطوبتی می‌باشد. بنابراین K1STI و K2STI به‌ترتیب شاخص‌های انتخاب بهینه در شرایط بدون تنش و تنش می‌باشند. موسوی و همکاران (۲۸) شاخص تحمل غیرزیستی[12] (ATI) و شاخص درصد حساسیت به تنش[13] (SSPI) را برای تفکیک ژنوتیپ‌های نسبتاً متحمل و غیرمتحمل به تنش رطوبتی معرفی کردند. شاخص SNPI[14] می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها تفکیک نماید و بر عملکرد بالا و پایدار در هر دو شرایط تأکید دارد (۲۸). فرشادفر و همکاران (۱۲) در آزمایش خود بر روی ۳۰ ژنوتیپ گندم نان، شاخص‌های GMP، MP، STI، YI، DRI، DI و MSTI را به‌عنوان مناسب‌ترین شاخص‌ها برای شناسایی ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی معرفی کردند.

این آزمایش با هدف تعیین اثر تنش رطوبتی آخر فصل بر عملکرد

1- Tolerance Index
2- Mean Productivity

3- Stress Susceptibility Index
4- Stress Tolerance Index
5- Geometric Mean Productivity
6- Harmonic Index
7- Relative Drought Index
8- Yield Stability Index
9- Yield Index
10- Drought Index
11- Modified Stress Tolerance Index
12- Abiotic Tolerance Index
13- Stress Susceptibility Percentage Index
14- Stress non-stress Production Index

تعدادی از ارقام رایج گندم، بررسی ارتباط بین بعضی صفات زراعی و عملکرد و نیز شناسایی ارقام متحمل به تنش برای یافتن منابع ژنتیکی تحمل به تنش جهت تشکیل جمعیت‌های در حال تفرق با استفاده شاخص‌های تحمل به تنش و نیز معرفی بهترین شاخص‌های تحمل به تنش صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش رطوبتی بر عملکرد، اجزای عملکرد و شاخص‌های تحمل به تنش، آزمایشی بر روی ۳۹ رقم گندم بهاره (جدول ۱) در مزرعه تحقیقاتی پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران واقع در ۲۰ کیلومتری جنوب شرقی شهرستان تهران با عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۲۹ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۲۷ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ انجام شد. از نظر اقلیم، این منطقه جزو مناطق خشک محسوب شده و بارندگی‌ها عمدتاً در دو فصل پاییز و زمستان صورت می‌گیرد. اطلاعات مربوط به میانگین دمای حداقل، حداکثر و میزان بارش منطقه مورد مطالعه در طول سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ نیز از ایستگاه سینوپتیک پاکدشت اخذ شد (شکل ۱). خاک زراعی مزرعه مورد استفاده دارای بافت لومی، pH معادل ۷/۳ و هدایت الکتریکی (EC) معادل ۲/۰۵ دسی زیمنس بر متر بود. ژنوتیپ‌های مورد بررسی در دو آزمایش جداگانه هر کدام در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار تحت دو رژیم آبیاری (معمولی و تنش رطوبتی انتهایی) مورد مطالعه قرار گرفتند. کلیه تیمارها به‌طور تصادفی به واحدهای آزمایشی منتسب گردیدند. هر ژنوتیپ براساس تراکم ۲۶۸ بذر در متر مربع، به‌ترتیب بر روی دو پشته، که هر پشته شامل ۲ خط و هر خط به طول ۲ متر بود، کاشته شدند. فاصله بین ردیف‌ها ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به تعداد نسبتاً زیاد ژنوتیپ‌ها و جهت جلوگیری از افزایش طول بلوک، هر بلوک خود شامل دو بلوک ناقص گردید. کلیه عملیات زراعی کاشت، داشت و برداشت غیر از آبیاری، برای هر دو آزمایش یکسان و با روش به‌کار گرفته توسط کشاورزان منطقه و توصیه مرکز تحقیقات کشاورزی ورامین و روش‌های علمی صورت گرفت. کاشت بذر به‌صورت دستی و عمق کاشت بذور ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری مزرعه آزمایشی در هر دو محیط تنش و بدون تنش تا مرحله ظهور سنبله به‌طور یکسان، طبق عرف محلی و به‌طور مرتب به روش جوی و پشته انجام شد. خاک پس از آبیاری در وضعیت ظرفیت زراعی قرار داشت. لازم به ذکر است منطقه پاکدشت دارای الگوی تنش رطوبتی آخر فصل می‌باشد. بر این اساس، پس از ظهور سنبله‌ها و شروع زمان اعمال تنش، براساس آزمون اولیه خاک با توجه به نمونه‌گیری یک روز در میان، زمانی‌که درصد رطوبت در سایت تنش به حدود ۰/۱۴ (نقطه پژمردگی گندم) رسید آبیاری مجدد انجام گرفت (۵). به‌طور میانگین در شرایط آبیاری معمولی هر ۷ روز یک بار و در شرایط تنش رطوبتی هر ۲۰ روز یک بار آبیاری شد. با توجه به رطوبت موجود در خاک و براساس ظرفیت زراعی در هر بار آبیاری ۱۰۰-۵۰ میلی‌متر آب به هر کرت اضافه شد. در محل اجرای آزمایش بعد از تیمار تنش رطوبتی، بارندگی مؤثر رخ نداد (شکل ۱). در طی اعمال تنش، علایم لوله‌ای شدن و پژمردگی برگ‌ها مشهود بود. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن برگ از علف‌کش 2,4-D به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار ماده تجاری در مرحله پنجه‌زنی استفاده شد، همچنین وجین دستی در بهار طی دو مرحله انجام گرفت. برای مبارزه با سن گندم از سم دسیس به میزان ۰/۳ لیتر در هکتار ماده تجاری استفاده شد. برداشت نهایی در زمان رسیدگی کامل، پس از حذف حاشیه صورت گرفته و محصول هریک از کرت‌های تحت تیمارهای بدون تنش و تنش رطوبتی به‌طور جداگانه برداشت و عملکرد دانه در واحد سطح و نیز عملکرد کاه، به عملکرد دانه در واحد هکتار تبدیل شد. پس از بررسی هم‌راستایی بر روی عملکرد و سایر متغیرهای اندازه‌گیری شده، صفات مزاحم از ادامه محاسبات حذف (انتخاب براساس شاخص‌های تحمل[1] و عامل تورم واریانس[2] صورت گرفت) و پس از آن رگرسیون گام به گام بر روی سایر صفات انجام شد. همچنین با کمک شاخص‌های مقاومت به تنش، ارزیابی واکنش ارقام به تنش خشکی صورت گرفت که این شاخص‌ها عبارت بودند از:

$$SSI = \frac{1-\left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{1-\left(\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}\right)} \quad (۱)$$

$$TOL = Yp - Ys \quad (۲)$$

$$MP = \frac{Ys+Yp}{2} \quad (۳)$$

$$STI = \frac{Ys \times Yp}{\bar{Y}p^2} \quad (۴)$$

$$HARM = \frac{2(Yp)(Ys)}{Yp+Ys} \quad (۵)$$

$$RDI = \frac{\left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{\left(\frac{\bar{Y}s}{\bar{Y}p}\right)} \quad (۶)$$

$$GMP = \sqrt{(Yp)(Ys)} \quad (۷)$$

$$YI = \frac{Ys}{\bar{Y}s} \quad (۸)$$

$$YSI = \frac{Ys}{Yp} \quad (۹)$$

$$DI = \frac{Ys \times \left(\frac{Ys}{Yp}\right)}{\bar{Y}s} \quad (۱۰)$$

$$ATI = \left[(Yp - Ys)/\left(\frac{\bar{Y}p}{\bar{Y}s}\right)\right] \times \left[\sqrt{Yp \times Ys}\right] \quad (۱۱)$$

1- Tolerance
2- VIF

جدول ۱- اسامی ژنوتیپ‌های گندم مورد بررسی در مطالعه تحمل به تنش رطوبتی آخر فصل

Table 1- Name of evaluated wheat genotypes under late season drought stress

ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number	ژنوتیپ Genotype	شماره Number
آزادی Azadi	31	مغان۳ Moghan3	21	شیراز Shiraz	11	اترک Atrak	1
ویری‌ناک Vireenak	32	چمران Chamran	22	کویر Kavir	12	هیرمند Hirmand	2
کرخه Karkhe	33	مارون Maroon	23	شیرودی Shiroodi	13	دز Dez	3
کراس‌البرز Cross Alborz	34	مغان۲ Moghan2	24	کوهدشت Koohdasht	14	پیشتاز Pishtaz	4
استار Estar	35	تجن Tajan	25	ناز Naz	15	مرودشت Marvdasht	5
سیستان Sistan	36	شعله Shole	26	زاگرس Zagros	16	اکبری Akbari	6
بک کراس روشن بهاره S.B. Roshan	37	بهار Bahar	27	نوید Navid	17	طبسی Tabasi	7
هامون Hamoon	38	مهدوی Mahdavi	28	مغان۱ Moghan1	18	آرتا Arta	8
البرز Alborz	39	بیات Baiat	29	نیک‌نژاد Niknejhad	19	رسول Rasool	9
		اروند موتانت M.Arvand	30	داراب۲ Darab2	20	سپاهان Sepahan	10

$$SSPI = \left[Yp - \frac{Ys}{2(\overline{Yp})}\right] \times 100 \quad (۱۲)$$

(۱۳)

$$SNPI = \left[\sqrt[3]{(Yp + Ys)/(Yp - Ys)}\right]\left[\sqrt[3]{Yp \times Ys \times Ys}\right]$$

$$MSTI = Ki\ STI \quad (۱۴)$$

$$K1 = Yp^2/\overline{Yp}^2 \quad (۱۵)$$

$$K2 = Ys^2/\overline{Ys}^2 \quad (۱۶)$$

در روابط فوق Ys عملکرد در شرایط تنش، Yp عملکرد در شرایط عدم تنش، $\overline{Ys}$ میانگین عملکرد ارقام در شرایط تنش و $\overline{Yp}$ میانگین عملکرد ارقام در شرایط عدم تنش می‌باشد. پس از محاسبه شاخص‌های فوق همبستگی بین مقادیر این شاخص‌ها با یکدیگر و عملکرد دانه در شرایط با و بدون تنش خشکی محاسبه شد تا بهترین شاخص‌ها برای شناسایی و انتخاب ارقام متحمل به تنش رطوبتی مشخص شوند. در مرحله بعدی برای مشخص شدن تغییرات داده‌های شاخص‌های مقاومت به تنش، از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی[1] (PCA) با استفاده از ماتریس ضرایب همبستگی استفاده شد و در آخر نمودار بای‌پلات براساس دو مؤلفه اصلی ترسیم شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها، محاسبه رگرسیون گام به گام، همبستگی بین شاخص‌ها و تجزیه به مؤلفه اصلی با استفاده از نرم‌افزار کامپیوتری SAS (Ver. 9.1) و برای ترسیم نمودار بای‌پلات از نرم‌افزار کامپیوتری Minitab (Ver 18) استفاده شد.

1- Principal Components Analysis

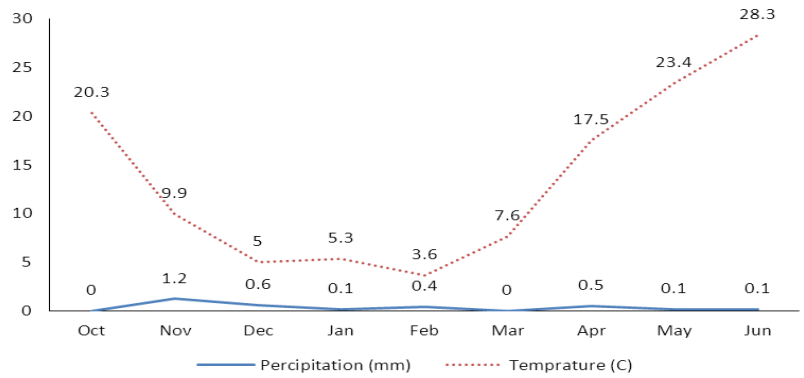
نتایج و بحث

نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام در شرایط معمولی و تنش رطوبتی

به‌منظور حذف اثر صفات غیر مؤثر یا کم تأثیر در مدل رگرسیونی بر روی صفت عملکرد دانه، از رگرسیون گام به گام استفاده شد. با توجه به نتیجه هم‌راستایی صفات وزن سنبله اصلی، عملکرد بیولوژیک و تعداد کل پنجه در متر مربع از ادامه محاسبات حذف شدند. لازم به ذکر است در این قسمت از آزمایش با توجه به این‌که شاخص برداشت خود از دو صفت دیگر حاصل شده است، از آن به‌عنوان متغیر مستقل استفاده نگردید. نتایج تجزیه رگرسیون با در نظر گرفتن عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیر مستقل در جدول‌های ۲ و ۳ نشان داده شده است. در شرایط معمولی، به‌ترتیب ۳ متغیر تعداد سنبله بارور در متر مربع، وزن هزار دانه و طول سنبله با ضریب مثبت وارد مدل شده و مجموعاً بیش از ۷۰ درصد تغییرات موجود بین عملکرد ژنوتیپ‌ها را در شرایط مطلوب تبیین نمودند (جدول ۲). صفت تعداد سنبله بارور به دلیل داشتن حداکثر ضریب تبیین (۶۲/۴٪) به‌عنوان مهمترین صفت مؤثر بر

عملکرد دانه در شرایط معمولی شناخته شد، بنابراین تقویت این صفت در شرایط معمولی برای افزایش عملکرد تا حد زیادی معقول می‌باشد (جدول ۲).

از میان صفات مورد مطالعه در شرایط تنش، تعداد سنبله بارور مانند شرایط نرمال نخستین متغیر وارد شده به مدل بود که تنها ۳۶/۲٪ از تغییرات عملکرد دانه را توجیه می‌کند (جدول ۳). چودری و همکاران (۸) بیان داشتند که صفاتی نظیر تعداد سنبله و وزن هزار دانه از اجزای مهم و اصلی وابسته به عملکرد در گندم می‌باشند که می‌توانند منجر به افزایش عملکرد دانه شوند. پس از آن به‌ترتیب صفات وزن دانه در سنبله اصلی و عملکرد کاه در هکتار وارد مدل شدند.



شکل ۱- میانگین روزانه دما و بارندگی در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در ایستگاه تحقیقاتی پردیس ابوریحان- دانشگاه تهران

Figure 1- Average daily temperature and precipitation in 2010-2011 in research station of college of Aburaihan-University of Tehran

جدول ۲- برازش بهترین مدل رگرسیون چندمتغیره به روش گام به گام با درنظر گرفتن عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفات مورد مطالعه به‌عنوان متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های گندم تحت شرایط مطلوب

Table 2- Fitness of the best multivariate regression model using stepwise regression in terms of grain yield as dependent character and other evaluated traits as independent characters in wheat genotypes in normal irrigated condition

	گام اول First step		گام دوم Second step		گام سوم Third step	
	رگرسیون Regression	خطا Error	رگرسیون Regression	خطا Error	رگرسیون Regression	خطا Error
درجه آزادی df	1	37	2	36	3	35
صفت وارد شده Imported trait	سنبله بارور در متر مربع Fertile spike in m^{-2}		وزن هزار دانه One thousand seed weight		طول سنبله Spike length	
میانگین مربعات Mean of square	30.95	0.50	16.90	0.43	11.70	0.41
F value	61.5**		38.5**		28.3**	
Cumulative R^2	0.624		0.681		0.708	
Reg. coefficient	0.007		0.053		0.237	
Standard error	0.00		0.019		0.133	
tolerance	0.98		0.99		0.97	
VIF	1.01		1		1.02	

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ عرض از مبدأ: ۲/۸۴-

** significant in 0.01 probability, * significant in 0.05 probability intercept: -2.84

جدول ۳- برازش بهترین مدل رگرسیون چندمتغیره به روش گام به گام با درنظر گرفتن عملکرد دانه به‌عنوان صفت وابسته و سایر صفات مورد مطالعه به‌عنوان متغیرهای مستقل در ژنوتیپ‌های گندم تحت تنش رطوبتی

Table 3- Fitness of the best multivariate regression model using stepwise regression in terms of grain yield as dependent character and other evaluated traits as independent characters in wheat genotypes in normal irrigated condition

	گام اول First step		گام دوم Second step		گام سوم Third step	
	رگرسیون Regression	خطا Error		خطا Error	رگرسیون Regression	خطا Error
درجه آزادی df	1	37	درجه آزادی df	36	3	35
صفت وارد شده Imported trait	سنبله بارور در متر مربع Fertile spike in m^{-2}		وزن دانه در سنبله Seed weight in spike		عملکرد کاه در هکتار Straw yield in ha	
میانگین مربعات Mean of square	10.06	0.503	8.92	0.316	6.23	0.30
F value	21.06**		28.24**		20.77**	
Cumulative R^2	0.362		0.610		0.640	
Reg. coefficient	0.003		1.76		0.172	
Standard error	0.001		0.379		0.101	
tolerance	0.57		0.96		0.57	
VIF	1.72		1.04		1.73	

** معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ * معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ عرض از مبدأ: ۲/۰۱-

** significant in 0.01 probability, * significant in 0.05 probability intercept: -2.01

در مجموع، ۳ متغیر وارد شده در مدل بیش از ۶۴ درصد تغییرات موجود بین عملکرد ژنوتیپ‌ها را در شرایط تنش رطوبتی تبیین نمودند. لذا این صفات می‌توانند به‌عنوان صفات اصلی تعیین‌کننده عملکرد دانه در واحد سطح در شرایط تنش مورد توجه قرار گیرند. اسکندری و کاظمی (۱۰) صفات مورفولوژیک از قبیل تعداد سنبله، وزن دانه در سنبله و وزن هزار دانه را صفات مؤثر در بهبود عملکرد در شرایط تنش خشکی معرفی کردند.

مقایسه ژنوتیپ‌ها از نظر مقادیر شاخص‌های مقاومت به تنش برای عملکرد دانه

به‌منظور شناسایی ارقام متحمل به خشکی، شاخص‌های مختلف مربوط به تنش خشکی براساس عملکرد ارقام در شرایط تنش رطوبتی (Ys) و آبیاری معمولی (Yp) محاسبه گردید. نتایج نشان داد که شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به تنش رطوبتی توسط یک شاخص واحد، اطلاعات ضد و نقیضی به‌دست می‌دهد (جدول ۷). نتایج این پژوهش نشان داد که در محیط آبیاری مطلوب بیشترین عملکرد دانه در هکتار به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های پیشتاز، آزادی، ناز، شیرودی، شعله و طبسی بود و ژنوتیپ‌های زاگرس، کوهدشت و آرتا کمترین عملکرد دانه را در شرایط نرمال به‌خود اختصاص دادند. در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ‌های مغان ۱، سیستان و طبسی بیشترین پتانسیل عملکرد دانه و ژنوتیپ‌های زاگرس، نوید و کوهدشت به‌ترتیب کمترین عملکرد دانه در هکتار را داشتند (جدول ۷). بالا یا پایین بودن پتانسیل عملکرد در این ژنوتیپ‌ها را می‌توان با متغیر بودن اجزاء عملکرد در آنها و هم‌چنین واکنش متفاوت نسبت به شرایط محیطی مرتبط دانست.

هرچه مقدار عددی شاخص SSI کوچکتر باشد، حساسیت به تنش کمتر و تحمل نسبی ژنوتیپ به تنش رطوبتی بیشتر است، به‌عبارتی هرقدر عملکرد در شرایط تنش خشکی نزدیکتر به عملکرد پتانسیل (بدون تنش) باشد، به همان اندازه حساسیت آن ژنوتیپ به خشکی کمتر خواهد بود (۱۱). در این پژوهش با توجه به شاخص SSI، ژنوتیپ‌های سیستان، مغان۱، اکبری و بک کراس روشن بهاره دارای کم‌ترین مقدار برای این شاخص و ژنوتیپ‌های تجن، نوید، زاگرس، شیرودی و ناز دارای حساسیت به تنش بالایی بودند. براساس شاخص تحمل TOL نیز در واقع تحمل بیشتر مربوط به ژنوتیپی است که از شاخص کوچک‌تری برخوردار باشد. همچنین هرچه مقدار شاخص SSPI بزرگ‌تر باشد نشان‌دهنده حساسیت بیشتر ژنوتیپ به خشکی می‌باشد (۱۲) که در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی ژنوتیپ‌های سیستان، مغان ۱، هامون، بک کراس روشن بهاره و نیک‌نژاد براساس این دو شاخص مقاوم‌ترین و ژنوتیپ‌های تجن، ناز و شیرودی حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها می‌باشند. به اعتقاد برخی از محققان (۱۲ و ۲۵) یک ژنوتیپ با عملکرد مناسب تحت شرایط مطلوب، باید در شرایط کم‌تر مساعد نیز عملکرد خوبی تولید کند تا بتواند به‌عنوان یک ژنوتیپ مناسب برای شرایط تنش خشکی در نظر گرفته شود. در واقع پایین بودن این شاخص‌ها لزوماً بر بالا بودن عملکرد در شرایط مناسب یا تنش دلالت ندارد (۱۲)، زیرا ژنوتیپ‌هایی یافت می‌شوند که

دارای حساسیت بسیار پایینی نسبت به تنش خشکی می‌باشند، اما پتانسیل عملکرد پایینی نیز دارند (۲۸). برای مثال با نگاهی به مقادیر شاخص‌ها (جدول ۷) مشخص می‌شود که ژنوتیپ‌های هامون و نیک‌نژاد که توسط این سه شاخص متحمل شناخته شده‌اند، نه به‌دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش، بلکه صرفاً به علت پایین بودن درصد تغییرات عملکرد، توسط این شاخص‌ها به‌عنوان ارقام متحمل به تنش انتخاب شدند و از آنجایی‌که پایین بودن درصد تغییرات به‌عنوان یک فاکتور مقاومت به تنش، بیشتر ارزش فیزیولوژی دارد تا زراعی، می‌توان نتیجه گرفت که انتخاب براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI)، درصد حساسیت به تنش (SSPI) و تحمل به تنش (TOL) باعث گزینش ارقامی با عملکرد به نسبت پایین در محیط دارای تنش می‌گردد، که چنین ارقامی مطابق با گزارش مقدم و هادی‌زاده (۲۴) به علت عملکرد پایین، از نظر زراعی نامطلوب می‌باشند.

هرچه مقدار عددی شاخص‌های STI و GMP بالاتر باشد حاکی از تحمل به تنش و پتانسیل عملکرد بیشتر آن ژنوتیپ در هر دو شرایط می‌باشد. در این پژوهش و براساس شاخص‌های فوق ژنوتیپ‌های پیشتاز، مغان ۱، طبسی و آزادی متحمل و ژنوتیپ‌های زاگرس، کوهدشت، آرتا و نوید حساس بودند. با توجه به نتایج به‌دست آمده ژنوتیپ‌های انتخابی براساس شاخص‌های MP و Harm نیز به علت همبستگی بسیار بالا با شاخص‌های فوق، تقریباً یکسان بودند. مجیدی و همکاران (۲۱) گزارش کردند که شاخص‌های GMP، STI و Harm توانایی مشابهی در تفکیک ژنوتیپ‌های حساس و مقاوم به خشکی گلرنگ در هر دو محیط دارند. براساس شاخص‌های پایداری عملکرد (YSI) و تحمل نسبی به خشکی (RDI)، ژنوتیپ‌های سیستان، مغان ۱، اکبری و بک کراس روشن بهاره با مقادیر بالاتر برای این شاخص‌ها متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های تجن، نوید، زاگرس و شیرودی حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به تنش شناخته شدند. مقادیر بالاتر برای شاخص‌های YI، DI و SNPI حاکی از مقاومت بیشتر ژنوتیپ به تنش خشکی می‌باشد. براساس این سه شاخص به‌ترتیب ژنوتیپ‌های مغان ۱، سیستان، طبسی و اکبری متحمل‌ترین و ژنوتیپ‌های زاگرس و نوید حداقل تحمل به تنش را از خود نشان دادند. شاخص ATI ژنوتیپ‌های پیشتاز، ناز و آزادی را متحمل‌ترین و ژنوتیپ کوهدشت را غیرمتحمل‌ترین معرفی می‌کند. براساس شاخص K1STI ژنوتیپ‌های پیشتاز، آزادی، طبسی و مغان۱ و براساس شاخص K2STI ژنوتیپ‌های مغان ۱، طبسی و پیشتاز متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها هستند. فرشادفر و همکاران (۱۲) عنوان کردند شاخص‌های K1STI و K2STI ازجمله شاخص‌های مناسب برای غربال ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی در گندم می‌باشند.

انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها براساس تجزیه همبستگی و مؤلفه‌های اصلی

همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد می‌تواند به‌عنوان معیاری مناسب برای انتخاب بهترین ژنوتیپ‌ها و شاخص‌ها به‌کار رود. به‌طورکلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و غیرتنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند (۲۹). نتایج همبستگی میان عملکرد در هر دو محیط و شاخص‌های محاسبه شده در جدول ۴ ارائه شده است. همچنین جهت آگاهی از اینکه آیا شاخص‌های تعیین شده به‌خوبی قادر به تفکیک ارقام گروه A از ارقام گروه D هستند، نیاز به بررسی نمودارهای دو بعدی و سه بعدی می‌باشد. لذا از تجزیه مؤلفه‌های اصلی جهت تبیین بیشتر روابط بین شاخص‌های تحمل به تنش خشکی و ژنوتیپ‌های مورد بررسی استفاده گردید. همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح یک درصد بین شاخص‌های SSI، TOL و SSPI نشان می‌دهد که این سه شاخص قدرت نسبتاً یکسانی در گروه‌بندی و تفکیک ژنوتیپ‌ها دارند. با توجه به اینکه همبستگی عملکرد در شرایط تنش خشکی با شاخص TOL و SSPI غیر معنی‌دار و با شاخص SSI منفی و معنی‌دار می‌باشد و مقادیر کمتر این شاخص‌ها نشان‌دهنده تحمل بیشتر به شرایط تنش خشکی می‌باشد وجود همبستگی مثبت و بالا بین آنها قابل توجیه است (جدول ۴). همانطور که در جدول ۴ مشاهده می‌شود بیشترین همبستگی رتبه‌ای مثبت (**۱) میان شاخص‌های (YI و Ys)، (TOLو SSPI) و (YSIو RDI) وجود داشت. بیشترین همبستگی رتبه‌ای منفی (**۱-) میان شاخص حساسیت به تنش (SSI) با شاخص‌های RDI و YSI مشاهده شد (جدول ۴).

همبستگی بین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و بدون تنش نیز مثبت و در سطح یک درصد معنی‌دار بود که نشان می‌دهد در این تحقیق اکثر ژنوتیپ‌هایی که در شرایط مطلوب پتانسیل عملکرد بالاتری داشتند در شرایط محدودیت رطوبتی نیز از عملکرد بالایی برخوردار بودند، این نتیجه موافق نظر گل آبادی و همکاران (۱۷) و فرشادفر و همکاران (۱۲) می‌باشد. نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نیز در جدول ۵ نشان داده شده است. به‌طور کلی دو مؤلفه اول که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک را داشتند، انتخاب شدند. این دو مؤلفه بیش از ۹۸ درصد از اطلاعات کل را شامل می‌شوند. مؤلفه اول ۶۳ درصد تغییرات کل را توجیه کرد. این مؤلفه دارای ضریب منفی و معنی‌دار برای شاخص SSI، ضرایب غیرمعنی‌دار برای شاخص‌های TOL، SSPI و ATI و ضرایب مثبت و معنی‌دار برای سایر شاخص‌ها و نیز عملکرد در شرایط معمولی و تنش می‌باشد (جدول ۵).

جدول ٤- ضرایب همبستگی اسپیرمن بین رتبه ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط آبیاری (بدون تنش) و تنش رطوبتی

Table 4- Spearman correlation coefficients among genotype ranks in terms of drought tolerance indices and seed yield in irrigated (normal) and water stress conditions

	SNPI	K2STI	K1STI	ATI	SSPI	DI	YSI	YI	RDI	HARM	STI	GMP	MP	TOL	SSI	Ys
Yp	0.52**	0.75**	0.95**	0.88**	0.61**	0.32*	ns	0.61**	ns	0.78**	0.85**	0.85**	0.92**	0.61**	ns	0.61**
Ys	0.98**	0.97**	0.79**	ns	ns	0.92**	0.65**	1**	0.65**	0.96**	0.92**	0.92**	0.84**	ns	-0.65**	1
SSI	-0.74**	-0.51**	ns	0.45**	0.81**	-0.86**	-1**	-0.65**	-1**	-0.47**	-0.36*	-0.36*	ns	0.81**	1	
TOL	ns	ns	0.38*	0.87**	1**	-0.47**	-0.81**	ns	-0.81**	ns	ns	ns	ns	1		
MP	0.78**	0.93**	0.99**	0.66**	ns	0.63**	ns	0.84**	ns	0.94**	0.98**	0.98**	1			
GMP	0.87**	0.97**	0.96**	0.56**	ns	0.74**	0.36*	0.92**	0.36*	0.98**	1**	1				
STI	0.87**	0.97**	0.96**	0.56**	ns	0.74**	0.36*	0.92**	0.36*	0.98**	1					
HARM	0.92**	0.99**	0.91**	0.47**	ns	0.82**	0.47**	0.96**	0.47**	1						
RDI	0.74**	0.51**	ns	-0.45**	-0.81**	0.87**	1**	0.65**	1							
YI	0.98**	0.97**	0.79**	ns	ns	0.92**	0.65**	1								
YSI	0.74**	0.51**	ns	-0.45**	-0.81**	0.87**	1									
DI	0.96**	0.84**	0.54**	ns	-0.47**	1										
SSPI	ns	ns	0.38*	0.87**	1											
ATI	ns	0.43**	0.73**	1												
K1STI	0.72**	0.89**	1													
K2STI	0.94**	1														

**معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ *معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ ns غیر معنی‌دار

** significant in 0.01 probability, * significant in 0.05 probability ns non-significant

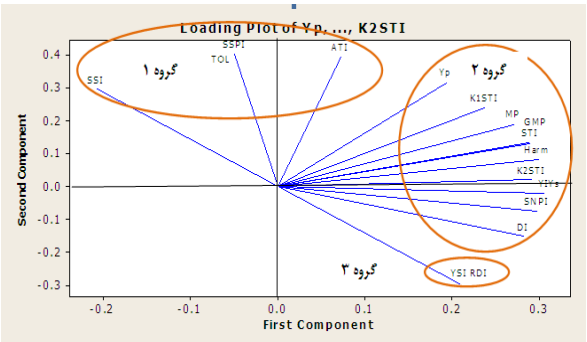
درنتیجه می‌توان مؤلفه اول را به نـام مؤلفـه پتانسـیل عملکـرد و تحمل به تنش نامگذاری کرد که قادر به جداسازی ژنوتیـپ‌هـایی بـا عملکرد بالا در دو شرایط است. نتـایج همبسـتگی‌هـا نیـز (جـدول ۵) نشان‌دهنده وجود رابطه قوی مثبت و معنی‌دار میان عملکـرد دانـه در هر دو محیط با شاخص‌های MP، GMP، STI، Harm، YI، DI، MSTI و SNPI می‌باشد. مؤلفه دوم نیز بـا توجیـه ۳۵/۳ درصـد از تغییرات کـل در مـاتریس داده‌هـا، بیشـترین همبسـتگی مثبـت را بـا عملکرد در شرایط مطلوب و نیز شاخص‌هـای SSI، TOL، SSPI و ATI داشت. از این رو مؤلفه دوم به نـام مؤلفـه حساسـیت بـه تـنش نامگذاری شد که با برخی از نتایج منجم و همکاران (۲۷) و فرشادفر و همکاران (۱۲) مطابقت دارد.

نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد کـه سـهم تجمعـی دو مؤلفه اول ۹۸/۲ درصد می‌باشد. حال با توجه به مستقل بـودن مؤلفـه اول و دوم از هم می‌توان آنها را عمود بر هم رسم کرد و مقایسه وزنی هرکدام از متغیرها در مؤلفه اصلی را به‌صورت ضـرایب همبسـتگی در روی نمودار نشان داد (شکل ۲ و ۳). لذا با حذف سـایر مؤلفـه‌هـا کـه سهم چندانی در تغییرات کل ندارند، توجیه تغییرات از طریق دو مؤلفه اول و دوم انجام گرفت. روابط میان شاخص‌های مختلـف بـه‌صـورت گرافیکی در نمودار دو بعدی مؤلفـه اول و دوم (شـکل ۲) نشـان داده شده است.

زاویه بین بردار شاخص‌ها در نمـودار دو بعـدی تصـویر کـاملی از روابط بین شاخص‌های تحمل به خشکی را نشان می‌دهد و تا حدودی نشان‌دهنده همبستگی میان آنها می‌باشد (۳۹). بـر ایـن اسـاس و بـا توجه به شکل ۲ شاخص‌های SSI، TOL، SSPI و ATI در گـروه اول قرار گرفتند و بیشترین همبستگی را با مؤلفه دوم داشـتند (زاویـه میان مؤلفه دوم و شاخص‌های فوق کمتر از ۹۰ درجه می‌باشد) (شکل ۲). ماهیت این شاخص‌ها به گونـه‌ای مـی‌باشـد کـه بیشـتر بـر روی مکانیزم حفظ محصول در شرایط تنش تکیه می‌کننـد در نتیجـه ایـن شاخص‌ها با عملکرد در شرایط نرمال (YP) همبستگی بیشتری دارند. شاخص‌های فوق همبستگی بالا و معنی‌داری با یکـدیگر داشـتند امـا شاخص ATI نسبت به شـاخص‌هـای SSPI، TOL و SSI تأکیـد بیشتری بر روی عملکرد در شرایط نرمال داشـت (شـکل ۲) کـه ایـن نتایج با یافته‌های فرشـادفر و همکـاران (۱۲) و موسـوی و همکـاران (۲۸) در یک راستا می‌باشد. محور مؤلفه شـاخص‌هـای Yp، GMP، STI، HARM، MP، YI، DI، K1STI، K2STI، SNPI و Ys در گروه دوم قرار دارند و همگی با مؤلفه اول همبسـتگی مثبـت بالایی داشتند (زاویه میان مولفه اول و شاخص‌های فوق کمتـر از ۹۰ درجه می‌باشد). شاخص‌هـای RDI و YSI بـا همبسـتگی منفـی بـا مؤلفه دوم در گروه سوم قرار گرفتند (شکل ۲).

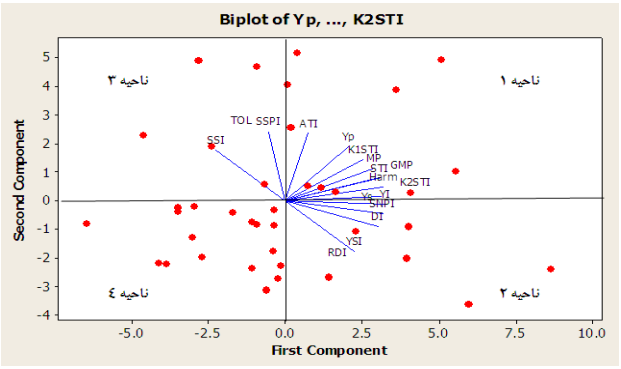
جدول ۵- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه مؤلفه‌های اول و دوم برای ۱۷ شاخص تحمل و حساسیت به خشکی در ژنوتیپ‌های گندم بهاره
Table 5- Eigen values and eigen vectors of two first components for 17 tolerance indices in spring wheat genotypes

شاخص‌ها	Indices	Yp	Ys	SSI	GMP	TOL	STI	HARM	MP	RDI	YI	YSI	DI	SSPI	ATI	K1STI	K2STI	SNPI	مقادیر ویژه Eigen value	درصد واریانس	Variance %	درصد تجمعی واریانس	Cumulative variance %
مولفه دوم	Second PC	0.257	-0.038	0.342	0.091	0.422	0.082	0.048	0.139	-0.342	-0.038	-0.342	-0.164	0.422	0.363	0.15	-0.01	-0.086	5.99		0.353		0.982
مولفه اول	First PC	0.193	0.305	-0.208	0.288	-0.5	0.289	0.298	0.27	0.208	0.305	0.208	0.282	-0.5	0.72	0.237	0.291	0.297	10.7		0.63		0.63



شکل ۲- نمایش گرافیکی مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در برابر هم برای شاخص‌های تحمل به تنش رطوبتی

Figure 2- Graphical presentation of first and second principle components against each other for water stress tolerance



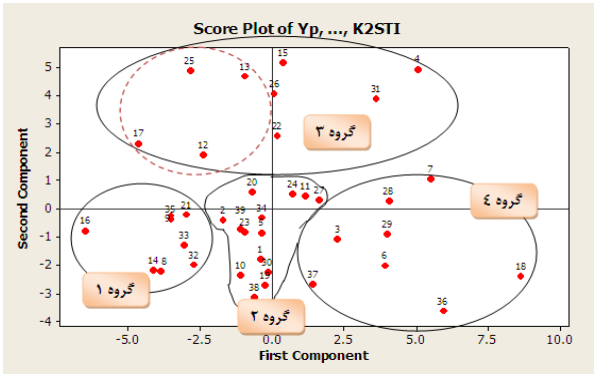
شکل ۳- نمایش گرافیکی مؤلفه‌های اصلی اول و دوم در برابر هم برای ژنوتیپ‌های گندم بهاره مورد مطالعه

Figure 3- Graphical presentation of first and second principle components against each other for evaluated spring wheat genotypes

با توجه به مطالب گفته شده از آن‌جا که شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM، YI، DI، MSTI و SNPI همبستگی بالا، مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط بدون تنش (آبیاری) و تنش خشکی نشان دادند و با یکدیگر دارای همبستگی رتبه‌ای بالایی بودند، لذا به‌عنوان شاخص‌های برتر معرفی می‌شوند. این قسمت از تحقیق با نتایج زهراوی (۳۹)، پورچ (۳۱) و فرشادفر (۱۲) مطابقت دارد. شاخص‌های SSI، TOL، SSPI، RDI و YSI به علت نداشتن همزمان همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در شرایط نرمال و تنش نمی‌توانند در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل با پتانسیل عملکرد بالا معرفی شوند. با توجه به اینکه شاخص ATI علاوه بر همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو شرایط با شاخص‌های SSI، TOL و SSPI نیز همبستگی بالایی دارد باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی با پتانسیل عملکرد بالا در هر دو شرایط ولی افت عملکرد تقریباً بالا در شرایط تنش می‌شود و لذا جهت انتخاب ژنوتیپ‌های متحل در این پژوهش مناسب شناخته نشد (۱۱).

با توجه به شکل ۴ مقادیر به‌دست آمده برای مؤلفه اول و دوم (جدول ۳) مشخص می‌شود ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه ۱ و ۲ بای‌پلات و نزدیک محور افقی قرار دارند، ژنوتیپ‌هایی با مقادیر عملکرد بالا در هر دو شرایط و حساسیت به تنش کم می‌باشند، از میان این ژنوتیپ‌ها آنهایی که در ناحیه ۲ بای‌پلات قرار دارند نسبت به ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه ۱ قرار دارند دارای مقادیر پایین‌تر شاخص‌های TOL، SSI، SSPI و ATI نیز می‌باشند، به‌عبارت دیگر به علت کم بودن درصد تغییرات عملکردشان در شرایط تنش نسبت به شرایط مطلوب علاوه بر پتانسیل عملکرد بالا از پایداری عملکرد بیشتری نیز برخوردار هستند.

ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه ۳ و ۴ بای‌پلات و در دو طرف مؤلفه اول (محور افقی) قرار دارند دارای مقادیر کمی برای شاخص‌های گروه دوم و سوم (پتانسیل عملکرد پایین) بودند و عملکرد پایینی در شرایط معمولی و تنش خشکی داشتند و براساس شاخص SSI و SSPI از حساسیت بالایی به تنش برخوردار بودند. از میان این ژنوتیپ‌ها، آنهایی که در ناحیه ۳ بای‌پلات قرار گرفته‌اند، از آنجایی که مؤلفه دوم، ژنوتیپ‌هایی با مقادیر بالای شاخص‌های SSI، TOL، SSPI و ATI را انتخاب می‌کند از پایداری عملکرد کمتری برخوردار هستند و ژنوتیپ‌هایی که در ناحیه ۴ و در زیر محور افقی قرار دارند ژنوتیپ‌هایی هستند که فقط براساس شاخص‌های SSI، TOL و SSPI مقاوم می‌باشند (فقط دارای درصد تغییرات کم در عملکرد هستند) (شکل ۴).



شکل ٤- گروه‌بندی ژنوتیپ‌های گندم براساس مؤلفه اول و دوم به‌دست آمده برای شاخص‌های تحمل به تنش (شماره ژنوتیپ‌ها بر مبنای جدول ۱)

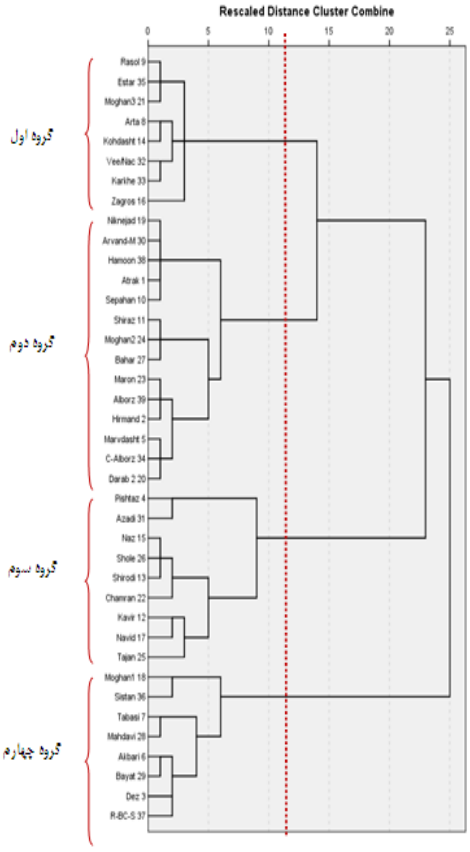
Figure 4- Grouping of wheat genotypes based on first and second components for stress tolerance indices (for genotype numbers refer to table 1)

جهت گروه‌بندی دقیق‌تر ژنوتیپ‌ها بر روی نمودار دوبعدی براساس شاخص‌های تحمل به تنش، با توجه به مقادیر مؤلفه اول و

دوم به‌دست آمده برای هر ژنوتیپ تجزیه خوشه‌ای به روش وارد و فاصله اقلیدوسی به‌عنوان معیار تشابه انجام گرفت (شکل ۵). تجزیه خوشه‌ای، ژنوتیپ‌ها را در ۴ گروه اصلی گروه‌بندی نمود که محل قرارگیری این چهار گروه در روی بای‌پلات مؤلفه اول و دوم در شکل ۴ نمایش داده شده‌اند. همان‌طور که در شکل ۴ مشخص است، ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه ۴ (مغان ۱، سیستان، طبسی، مهدوی، اکبری، بیات، دز و بک کراس روشن بهاره) دارای مقادیر مثبت برای مؤلفه اول و مقادیر منفی (یا پایین) برای مؤلفه دوم می‌باشند، در نتیجه نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از پتانسیل و پایداری عملکرد بالاتری در شرایط تنش رطوبتی برخوردار بودند. ژنوتیپ‌های قرار گرفته در گروه دوم نسبت به گروه سوم از پتانسیل عملکرد پایین‌تری برخوردار بودند اما ژنوتیپ‌های گروه سوم به‌خصوص ژنوتیپ‌های قرار گرفته در نقطه‌چین (شیرودی، تجن، نوید، کویر) از پایداری عملکرد پایینی در شرایط تنش برخوردار بودند. در نهایت اعضای گروه اول کمترین پتانسیل عملکرد را در دو شرایط نرمال و تنش رطوبتی داشتند (شکل ۴ و ۵).

همچنین جهت تعیین تأثیر تنش رطوبتی بر اجزای عملکرد و نیز بررسی ارتباط آنها با حساسیت و تحمل ارقام گندم مورد مطالعه، شاخص حساسیت به تنش SSI برای اجزای عملکرد (تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه، تعداد دانه در سنبله) و نیز سایر صفات وارد شده در مدل رگرسیون (وزن دانه در سنبله، عملکرد کاه و طول سنبله) محاسبه شد (جدول ۶). تنش رطوبتی در مجموع باعث کاهش ۱۹/۱ درصدی تعداد سنبله بارور در اکثر ژنوتیپ‌ها شد. تنش رطوبتی در مرحله گرده‌افشانی می‌تواند بر باروری سنبله‌های پنجه‌هایی که نسبتاً دیرتر به گل رفته، تأثیر گذاشته و باعث کاهش تعداد سنبله بارور گردد (۱). همانطور که در جدول ۶ مشخص است ارقام قرار گرفته در گروه چهارم (شکل ۴ و ۵) از نظر شاخص SSI برای تعداد سنبله بارور، حساسیت کمتری دارند (کمتر از واحد) و برای ژنوتیپ بیات تحت تأثیر تنش رطوبتی قرار نگرفت. در مقابل برخی ارقام حساس معرفی شده براساس مؤلفه اول و دوم، مانند کرخه، شیرودی و تجن برای این صفت حساسیت بالایی را نشان دادند. تنش رطوبتی در مجموع باعث کاهش ۱۷/۶ درصد وزن هزار دانه ژنوتیپ‌ها شد (جدول ۶).

کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش رطوبتی انتهای فصل با نتایج سعیدپور (۳۶) مطابقت دارد. همانطور که در جدول ۶ مشخص است ژنوتیپ‌های متحمل گروه چهارم دارای شاخص SSI کمتر از واحد (به‌جز ژنوتیپ بیات) و اکثر ارقام حساس دارای SSI بیشتر از واحد برای این صفت می‌باشند. تنش رطوبتی درمجموع باعث کاهش ۱۴/۷ درصد تعداد دانه در سنبله ژنوتیپ‌ها شد.



شکل ۵- نمایش گرافیکی تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های گندم براساس مقادیر مؤلفه اول و دوم برای ۱۷ شاخص‌های تحمل و حساسیت به تنش رطوبتی

Figure 5- Graphical presentation of cluster analysis in wheat genotypes based on first and second components for 17 stress tolerance indices

اعمال تنش در مرحله گرده‌افشانی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و اختلال در فتوسنتز جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند دلیلی بر کاهش تعداد دانه در ژنوتیپ‌ها باشد (۳۳).

شاخص حساسیت به تنش در ارقام گروه چهارم برای تعداد دانه در سنبله نیز کمتر از واحد و ژنوتیپ‌های حساس بود (جدول ۶). تنش خشکی باعث کاهش وزن دانه در سنبله (۲۱/۴ درصد) شد که به علت کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در سنبله در ژنوتیپ‌ها می‌باشد، که برای ژنوتیپ‌های گروه ۴ کمتر از واحد بود. همچنین تنش رطوبتی به‌ترتیب باعث کاهش ۹/۷ و ۲۳/۸ درصدی طول سنبله و عملکرد کاه ژنوتیپ‌ها شد، که این کاهش برای اکثر ارقام پایدار و متحمل از نظر عملکرد دانه کمتر از واحد بود.

جدول ٦- برآورد شاخص‌های حساسیت به تنش رطوبتی (SSI) در ژنوتیپ‌های گندم بهاره بر اساس میانگین صفات اجزای عملکرد و صفات وارد شده در مدل رگرسیون تحت شرایط آبیاری (بدون تنش) و تنش رطوبتی

Table 6- Estimation of stress susceptibility index (SSI) in spring wheat genotypes using yield components average in regression model under irrigated and stress conditions

ژنوتیپ Genotype	تعداد دانه در سنبله Seed per spike			وزن هزار دانه (گرم) One thousand seed weight (g)			سنبله بارور (متر مربع) Fertile spike (m^2)		
	تنش	نرمال	SSI	تنش	نرمال	SSI	تنش	نرمال	SSI
Atrak	42.53	49.97	1.01	21.68	35.33	2.19	457.33	544.00	0.83
Hirmand	31.13	39.63	1.46	32.63	37.02	0.67	406.67	508.00	1.04
Dez	37.91	40.53	0.44	30.64	33.75	0.52	455.67	526.33	0.70
Pishtaz	33.71	38.00	0.77	32.50	34.01	0.25	615.00	849.00	1.44
Marvdasht	43.67	53.10	1.21	24.47	29.36	0.95	456.67	563.00	0.98
Akbari	36.03	39.77	0.64	39.80	44.83	0.64	593.00	623.50	0.25
Tabasi	34.57	38.23	0.65	34.56	37.71	0.47	590.33	696.67	0.80
Arta	30.87	33.30	0.50	22.13	29.95	1.48	521.33	505.00	-0.17
Rasool	31.10	40.23	1.54	27.57	35.54	1.27	378.67	442.33	0.75
Sepahan	37.67	44.33	1.02	23.37	29.71	1.21	462.67	556.67	0.88
Shiraz	40.00	44.20	0.64	24.13	29.55	1.04	611.67	637.33	0.21
Kavir	37.30	47.33	1.44	30.16	36.59	1.00	342.00	510.67	1.72
Shiroodi	42.07	50.63	1.15	29.72	38.76	1.32	373.00	722.33	2.52
Koohdasht	32.17	38.50	1.12	23.58	31.85	1.47	294.67	377.33	1.14
Naz	28.97	37.23	1.51	36.53	51.29	1.63	545.33	683.00	1.05
Zagros	33.13	42.60	1.51	26.05	31.71	1.01	380.00	440.50	0.72
Navid	33.80	37.50	0.67	20.11	25.60	1.22	314.67	421.50	1.32
Moghan1	40.93	49.03	1.12	32.29	35.24	0.47	599.33	626.67	0.23
Niknejhad	39.53	46.95	1.07	26.10	30.17	0.76	428.00	450.33	0.26
Darab2	31.73	37.13	0.99	26.13	34.33	1.36	449.33	532.33	0.81
Moghan3	43.77	49.40	0.77	29.35	31.83	0.44	300.00	349.00	0.73
Chamran	32.67	46.57	2.03	26.04	34.11	1.34	452.00	644.33	1.56
Maroon	34.27	38.60	0.76	31.76	38.63	1.01	344.00	441.67	1.15
Moghan2	39.47	49.57	1.38	23.97	28.57	0.91	386.00	545.67	1.52
Tajan	37.33	48.70	1.58	24.19	32.47	1.45	392.67	632.50	1.98
Shole	34.07	38.77	0.82	32.07	37.30	0.80	609.00	821.67	1.35
Bahar	39.47	44.13	0.72	23.06	32.07	1.59	440.67	613.67	1.47
Mahdavi	48.20	55.07	0.85	29.46	34.71	0.86	540.00	654.00	0.91
Baiat	39.70	41.93	0.36	29.93	39.91	1.42	504.67	459.33	-0.51
M.Arvand	33.60	38.80	0.91	35.00	40.53	0.77	537.33	610.00	0.62
Azadi	47.07	57.55	1.24	25.07	27.87	0.57	585.00	794.00	1.37
Vireenak	32.33	42.00	1.56	23.80	29.69	1.13	438.33	515.33	0.78
Karkhe	50.00	50.95	0.13	29.33	31.82	0.44	300.67	606.33	2.63
Cross Alborz	40.87	51.33	1.38	29.26	30.03	0.15	366.67	515.00	1.50
Estar	37.40	42.70	0.84	25.09	31.27	1.12	303.33	438.33	1.60
Sistan	37.00	42.00	0.81	37.50	45.22	0.97	535.67	557.67	0.21
S.B. Roshan	36.03	36.30	0.05	35.66	42.34	0.89	400.67	441.67	0.48
Hamoon	37.07	37.83	0.14	29.03	35.23	1.00	354.67	349.00	-0.08
Alborz	29.10	38.07	1.60	32.39	39.17	0.98	445.67	466.67	0.23
SI	–	–	14.7	–	–	21.4	–	–	19.1

ادامه جدول ٦-

Continue of Table 6-

ژنوتیپ Genotype	عملکرد کاه Straw yield			وزن دانه در سنبله (گرم) Seed weight in spike (g)			طول سنبله (سانتی‌متر) Spike length (cm)		
	تنش	نرمال	SSI	تنش	نرمال	SSI	تنش	نرمال	SSI
Atrak	6.07	5.96	-0.08	1.24	2.06	1.86	8.71	9.30	0.66
Hirmand	6.53	8.53	0.98	1.37	1.83	1.18	10.17	10.57	0.39
Dez	5.98	7.12	0.67	1.49	1.57	0.26	8.80	9.42	0.68
Pishtaz	6.89	10.14	1.34	1.45	1.71	0.71	9.28	10.22	0.95
Marvdasht	6.58	7.14	0.33	1.60	1.74	0.37	8.55	9.31	0.84
Akbari	6.84	7.75	0.50	1.78	2.19	0.86	9.29	10.02	0.75
Tabasi	8.17	10.79	1.02	1.67	1.70	0.08	10.14	10.42	0.28
Arta	4.78	7.41	1.49	1.05	1.19	0.55	9.07	9.91	0.87
Rasool	5.72	6.86	0.70	1.16	1.65	1.40	9.72	9.93	0.22
Sepahan	5.24	6.76	0.94	1.27	1.56	0.86	8.86	9.53	0.72
Shiraz	6.92	9.50	1.14	1.33	1.86	1.32	10.70	12.08	1.18
Kavir	4.58	6.20	1.10	1.53	2.01	1.12	9.23	9.99	0.78
Shiroodi	4.28	9.33	2.27	1.80	2.17	0.78	9.58	10.52	0.92
Koohdasht	6.09	6.46	0.24	1.06	1.54	1.45	10.73	11.37	0.58
Naz	5.32	9.61	1.87	1.51	2.21	1.48	9.53	10.11	0.59
Zagros	4.81	8.00	1.67	1.06	1.43	1.20	6.32	9.76	3.63
Navid	5.35	8.43	1.53	0.93	1.47	1.73	8.89	10.26	1.37
Moghan1	6.85	7.20	0.20	1.73	2.00	0.62	9.24	9.30	0.07
Niknejhad	6.15	7.81	0.89	1.40	1.57	0.49	9.23	9.65	0.44
Darab2	5.78	6.05	0.19	1.12	1.64	1.49	6.52	9.80	3.45
Moghan3	3.82	6.80	1.84	1.69	1.99	0.71	9.58	10.07	0.50
Chamran	5.70	8.28	1.31	1.13	1.78	1.70	8.51	9.66	1.22
Maroon	3.78	3.59	-0.23	1.29	1.76	1.26	9.95	10.71	0.74
Moghan2	7.18	8.22	0.53	1.57	1.79	0.59	9.17	9.78	0.65
Tajan	4.79	7.16	1.39	1.29	1.89	1.48	9.42	10.82	1.33
Shole	7.77	13.64	1.80	1.48	1.70	0.61	9.23	9.32	0.10
Bahar	5.65	7.91	1.20	1.24	1.65	1.14	7.03	10.79	3.59
Mahdavi	6.28	7.04	0.45	1.81	2.24	0.89	10.65	11.55	0.80
Baiat	7.98	9.64	0.72	1.60	1.94	0.82	9.17	9.52	0.37
M.Arvand	7.70	10.56	1.14	1.59	1.98	0.90	9.28	10.22	0.95
Azadi	8.05	12.85	1.57	1.51	1.97	1.09	10.33	11.27	0.86
Vireenak	5.66	5.84	0.13	1.08	1.50	1.30	8.98	9.97	1.02
Karkhe	4.27	7.29	1.73	1.78	2.28	1.01	7.00	7.78	1.03
Cross Alborz	5.39	7.31	1.10	1.50	1.78	0.72	10.27	11.00	0.69
Estar	4.79	6.53	1.12	1.20	1.68	1.32	9.42	10.30	0.88
Sistan	7.58	7.64	0.03	1.86	2.10	0.54	9.95	10.77	0.78
S.B. Roshan	5.79	5.85	0.04	1.54	1.90	0.89	9.19	9.22	0.03
Hamoon	4.78	5.28	0.40	1.48	1.65	0.50	9.19	9.42	0.25
Alborz	5.24	5.34	0.08	1.11	1.73	1.66	6.79	10.28	3.49
SI	-	-	23.8	-	-	21.4	-	-	9.7

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج به‌دست آمده از این آزمایش بیانگر آن است که بین ژنوتیپ‌های گندم بهاره مورد بررسی از لحاظ تولید دانه در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین از لحاظ تحمل به تنش رطوبتی تفاوت معنی‌داری وجود داشت. در شرایط مطلوب صفات تعداد سنبله بارور، وزن هزار دانه و طول سنبله و در شرایط تنش صفات تعداد سنبله بارور، وزن دانه در سنبله و عملکرد کاه مهمترین صفات در توجیه تنوع موجود در عملکرد دانه بودند. نتایج تجزیه همبستگی و مؤلفه‌های اصلی بر روی شاخص‌های محاسبه شده نشان داد که شاخص‌های MP، GMP، STI، HARM، YI، DI، K1STI،

K2STI و SNPI مناسب‌ترین شاخص‌ها برای انتخاب ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا و متحمل در شرایط تنش رطوبتی در این پژوهش بودند. براساس این شاخص‌های برتر و بای پلات ترسیم شده، از بین ۳۹ ژنوتیپ گندم مورد مطالعه، ارقام قرار گرفته در گروه چهارم (مغان۱، سیستان، طبسی، مهدوی، اکبری، بیات، دز و بک کراس روشن بهاره) متحمل‌ترین و ارقام تجن، شیرودی، نوید، کویر، زاگرس، کرخه، ویری ناک و کوهدشت حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی تشخیص داده شدند.

جدول ۷- برآورد شاخص‌های تحمل به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گندم بهاره بر اساس عملکرد دانه (تن در هکتار) در شرایط آبیاری (بدون تنش) و تنش رطوبتی

Table 7- Estimation of stress susceptibility index in spring wheat genotypes based on seed yield (t ha^{-1}) in normal and stress conditions

نام ژنوتیپ	Yp	Ys	SSI	GM	TOL	STI	Harm	MP	RDI
Atrak	5.00	3.18	0.85	3.99	1.81	0.49	3.89	4.09	1.12
Hirmand	5.18	2.82	1.06	3.82	2.36	0.45	3.65	4.00	0.95
Dez	5.86	3.93	0.77	4.80	1.93	0.71	4.70	4.89	1.17
Pishtaz	8.27	4.40	1.09	6.03	3.88	1.13	5.74	6.33	0.93
Marvdasht	5.34	3.20	0.93	4.14	2.14	0.53	4.00	4.27	1.05
Akbari	5.89	4.36	0.61	5.07	1.53	0.80	5.01	5.13	1.30
Tabasi	7.13	4.69	0.80	5.78	2.43	1.04	5.66	5.91	1.15
Arta	3.88	2.17	1.03	2.90	1.72	0.26	2.78	3.02	0.98
Rasool	4.77	2.31	1.20	3.32	2.46	0.34	3.11	3.54	0.85
Sepahan	4.61	2.98	0.83	3.71	1.63	0.43	3.62	3.79	1.13
Shiraz	6.13	3.60	0.96	4.70	2.53	0.69	4.54	4.87	1.03
Kavir	5.89	2.60	1.30	3.91	3.29	0.48	3.61	4.25	0.77
Shiroodi	7.26	2.89	1.40	4.58	4.37	0.65	4.13	5.07	0.70
Koohdasht	3.82	2.10	1.05	2.83	1.72	0.25	2.71	2.96	0.96
Naz	7.66	3.22	1.35	4.96	4.45	0.76	4.53	5.44	0.74
Zagros	3.65	1.45	1.41	2.30	2.20	0.16	2.07	2.55	0.69
Navid	5.52	1.96	1.50	3.29	3.56	0.34	2.89	3.74	0.62
Moghan1	6.60	5.49	0.39	6.02	1.11	1.12	5.99	6.04	1.46
Niknejhad	4.71	3.22	0.74	3.89	1.50	0.47	3.82	3.96	1.20
Darab2	5.79	3.10	1.08	4.23	2.69	0.56	4.04	4.44	0.94
Moghan3	4.93	2.46	1.17	3.48	2.47	0.38	3.28	3.70	0.88
Chamran	6.69	3.28	1.19	4.69	3.40	0.68	4.40	4.98	0.86
Maroon	5.20	3.04	0.97	3.97	2.16	0.49	3.83	4.12	1.02
Moghan2	6.06	3.48	0.99	4.60	2.58	0.66	4.43	4.77	1.01
Tajan	6.99	2.36	1.54	4.06	4.64	0.51	3.53	4.68	0.59
Shole	7.20	3.19	1.30	4.80	4.01	0.71	4.42	5.20	0.78
Bahar	6.18	3.73	0.93	4.80	2.45	0.72	4.65	4.96	1.06
Mahdavi	6.64	4.36	0.80	5.38	2.28	0.90	5.26	5.50	1.15
Baiat	6.25	4.37	0.70	5.23	1.88	0.85	5.14	5.31	1.22
M.Arvand	4.88	3.25	0.78	3.98	1.64	0.49	3.90	4.07	1.17
Azadi	7.73	4.11	1.09	5.64	3.62	0.99	5.37	5.92	0.93
Vireenak	4.31	2.51	0.97	3.29	1.80	0.34	3.18	3.41	1.02
Karkhe	4.49	2.44	1.07	3.31	2.05	0.34	3.16	3.46	0.95
Cross Alborz	5.53	3.20	0.98	4.21	2.33	0.55	4.05	4.37	1.01
Estar	4.71	2.30	1.19	3.29	2.41	0.34	3.09	3.51	0.85
Sistan	5.77	4.84	0.37	5.29	0.93	0.87	5.27	5.31	1.47
S.B. Roshan	5.12	3.68	0.66	4.34	1.44	0.58	4.28	4.40	1.26
Hamoon	4.47	3.10	0.71	3.72	1.37	0.43	3.66	3.78	1.22
Alborz	5.21	3.00	0.99	3.95	2.21	0.48	3.81	4.10	1.01

Ys: عملکرد در شرایط تنش Yp: عملکرد در شرایط نرمال (SI=0.429)

ادامه جدول ۷-

Continue of Table 7-

نام ژنوتیپ	YI	YSI	DI	SSPI	ATI	K1	K2	SNPI
Atrak	0.98	0.64	0.63	15.99	4.13	0.38	0.48	6.11
Hirmand	0.87	0.54	0.47	20.75	5.14	0.38	0.34	5.19
Dez	1.21	0.67	0.81	17.03	5.29	0.76	1.05	7.70
Pishtaz	1.36	0.53	0.72	34.17	13.35	2.40	2.08	8.05
Marvdasht	0.99	0.60	0.59	18.85	5.05	0.47	0.52	6.02
Akbari	1.35	0.74	1.00	13.48	4.43	0.86	1.44	9.09
Tabasi	1.45	0.66	0.95	21.44	8.03	1.64	2.18	9.14
Arta	0.67	0.56	0.37	15.11	2.84	0.12	0.12	4.00
Rasool	0.71	0.48	0.34	21.68	4.66	0.24	0.17	4.18
Sepahan	0.92	0.65	0.59	14.39	3.45	0.28	0.36	5.75
Shiraz	1.11	0.59	0.65	22.31	6.80	0.80	0.85	6.74
Kavir	0.80	0.44	0.35	29.01	7.36	0.51	0.31	4.68
Shiroodi	0.89	0.40	0.35	38.52	11.43	1.07	0.52	5.20
Koohdasht	0.65	0.55	0.36	15.17	2.78	0.11	0.10	3.87
Naz	0.99	0.42	0.42	39.18	12.60	1.39	0.75	5.79
Zagros	0.45	0.40	0.18	19.42	2.89	0.07	0.03	2.60
Navid	0.60	0.35	0.21	31.40	6.68	0.32	0.12	3.54
Moghan1	1.69	0.83	1.41	9.79	3.82	1.52	3.22	12.92
Niknejhad	0.99	0.68	0.68	13.18	3.32	0.32	0.46	6.37
Darab2	0.96	0.53	0.51	23.73	6.51	0.58	0.51	5.68
Moghan3	0.76	0.50	0.38	21.72	4.90	0.28	0.22	4.48
Chamran	1.01	0.49	0.50	29.97	9.10	0.95	0.70	5.96
Maroon	0.94	0.58	0.55	19.07	4.91	0.41	0.43	5.67
Moghan2	1.08	0.57	0.62	22.74	6.77	0.75	0.76	6.48
Tajan	0.73	0.34	0.25	40.85	10.75	0.78	0.27	4.28
Shole	0.99	0.44	0.44	35.35	10.98	1.15	0.69	5.75
Bahar	1.15	0.60	0.69	21.62	6.73	0.85	0.95	7.03
Mahdavi	1.35	0.66	0.88	20.08	7.00	1.23	1.63	8.48
Baiat	1.35	0.70	0.94	16.56	5.61	1.03	1.54	8.77
M.Arvand	1.00	0.67	0.67	14.41	3.72	0.36	0.50	6.35
Azadi	1.27	0.53	0.67	31.88	11.6	1.83	1.59	7.53
Vireenak	0.78	0.58	0.45	15.83	3.38	0.19	0.20	4.70
Karkhe	0.75	0.54	0.41	18.08	3.88	0.21	0.19	4.48
Cross Alborz	0.99	0.58	0.57	20.54	5.60	0.52	0.54	5.96
Estar	0.71	0.49	0.35	21.26	4.53	0.23	0.17	4.17
Sistan	1.50	0.84	1.26	8.16	2.80	0.90	1.94	11.58
S.B. Roshan	1.14	0.72	0.82	12.68	3.57	0.48	0.75	7.51
Hamoon	0.96	0.69	0.66	12.05	2.91	0.27	0.39	6.19
Alborz	0.93	0.58	0.53	19.47	4.99	0.41	0.42	5.58

اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های متحمل ذکر شده پایداری بیشتر و حساسیت کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس داشت که می‌تواند آن را دلیل متحمل بودن این ژنوتیپ‌ها دانست. لذا، این ژنوتیپ‌ها جهت تلاقی و تجزیه ژنتیکی مقاومت به خشکی با استفاده از طرح دای‌آلل یا تجزیه میانگین نسل‌ها و هم‌چنین برای نقشه‌یابی QTL و انتخاب به کمک نشانگر جهت تحمل به تنش رطوبتی آخر فصل توصیه می‌شوند.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از جناب آقای مهندس علیرضا گرزی و دکتر فاضل نجف آبادی به خاطر همکاری صمیمانه در اجرای این طرح قدردانی می‌شود.

References

1. Abhari, A., Galeshi, S., Latifi, N., and Kalateh, M. 2008. The effect of some growth parameters on grain yield of wheat genotypes yield under drought stress conditions. Journal of Agriculture Science 6: 81-92.
2. Ahmadi, A., Joudi, M., and Janmohammadi, M. 2009. Late defoliation and wheat yield: Little evidence of postanthesis source limitation. Field Crops Research 113: 90-93.
3. Alam, M. S., Rahman, A. H. M., Nesa, M. N., Khan, S. K., and Siddquie, N. A. 2008. Effect of source and/or sink restriction on the grain yield in wheat. Europe Journal Applied Science Research 4 (3): 258-261.
4. Babu, R. C., Zhang, J., Blum, A., Ho, T-HD., Wu, R., and Nguyen, H. T. 2004. HVA1, a LEA gene from barley confers dehydration tolerance in transgenic rice (*Oryza sativa* L.) via cell membrane protection. Plant Science 166: 855-862.
5. Beltrano, J., and Ronco, M. G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology 20: 29-37.
6. Bouslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. Crop Science 24: 933-937.
7. Braun, H. J., Atlin, G., and Payne, T. 2010. Multilocation testing as a tool to identify plant response to global climate change. In: Reynolds MP, ed. Climate change and crop production. Wallingford, UK: CABI Publishers, 115-13.
8. Chowdhry, M. A., Ali, M., and Subhani, G. M., and Khaliq, I. 2008. Path coefficient analysis for water use efficiency, evapo-transpiration efficiency, transpiration efficiency and some yield related traits in wheat. Pakistan Journal of Biological Sciences 3: 313-317.
9. Emam, Y. 2007. Cereal Production. Shiraz University Press. Third edition. 190 pages. (in Persian).
10. Eskandari, H., and Kazemi, K. 2010. Response of different bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes to post-anthesis water deficit. Notulae Scientia Biologicae 2 (4): 49-52.
11. Farshadfar, E., and Sutka, J. 2002. Screening drought tolerance criteria in maize. Acta Agronomica Hungarica 50 (4): 411-416.
12. Farshadfar, E., Poursiahbidi, M. M., Safavi, S. M. 2013. Assessment of drought tolerance in land races of bread wheat based on resistance/ tolerance indices. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research 2: 143-158.
13. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Proceedings of the Symposium of AVRDC, 13-16 Aug. Taiwan.
14. Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain responses, Australian Journal of Agriculture Research 29: 897-912.
15. Fischer, R. A., and Wood, J. T. 1979. Drought resistance in spring wheat cultivars III Yield association with morpho-physiological traits, Australian Journal of Agriculture Research 30: 1001-1020.
16. Gavuzzi, P., Rizza, F., Palumbo, M., Campaline, R. G., Ricciardi, G. L., and Borghi, B. 1997. Evaluation of field and laboratory predictors of drought and heat tolerance in winter cereals. Canadian Journal of Plant Science 77: 523-531.
17. Golabadi, M., Arzani, A., and Mirmohamadi maibody, S. A. M. 2006. Assessment of drought tolerance in segregation population in durum wheat. African Journal of Agricultural Research 1: 162-171.
18. Heidari sharifabad, H. 2008. Drought mitigation strategies for the agriculture sector. The 10th Iranian congress of Crop Science, 18-20 Aug. 2008, SPII, Karaj, Iran.
19. Knight, C. A., Vogel, H., Kroymann, J., Shumate, A., Witsenboer, H., and Mitchell-Olds, T. 2006. Expression profiling and local adaptation of populations for water use efficiency across a naturally occurring water stress gradient. Moecular Ecology 15: 1229-1237.
20. Lan, J. 1998. Comparison of evaluating methods for agronomic drought resistance in crops. Acta Agriculturae Bor-occid Sinica 7: 85-87.
21. Majidi, M., Tavakoli, V., Mirlohi, A., and Sabzalian, M. R. 2011. Wild safflower species (Carthamus oxyacanthus Bieb.): A possible source of drought tolerance for arid environments. Australian Journal of Crop Science 5 (8): 1055-1063.
22. Mitra, J. 2001. Genetics and genetic improvement of drought resistance in crop plants. Curr Science 80: 758-762.
23. Moayedi, A. A., Boyce, A. N., and Barakbah, S. S. 2010. The performance of durum and bread wheat genotypes associated with yield and yield component under different water deficit conditions. Australian Journal of Basic and Applied Sciences 4 (1): 106-113.
24. Moghaddam, A., and Hadizade, M. H. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Plant Seed Journal 18 (3): 255-272. (in Persian).
25. Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D., and Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating

durum wheat genotypes under mild drought conditions. International Journal of Plant Production 4 (1): 1735-8043.
26. Mohammadi, V., Qannadha, M. R., Zali, A. A., and Yazdi- Samadi, B. 2010. Effect of Post Anthesis Hear Stress on Head Traits of Wheat. T. International Journal of Agriculture & Biology 1: 42-44.
27. Monajjem, S., Mohammadi, V., and Ahmadi, A., 2011. Evaluation of drought stress in some canola cultivars using stress selection indices. Electronic Journal of Plant Production 4: 151-169.
28. Moosavi, S. S., Yazdi Samadi, B., Naghavi, M. R., Zali, A. A., Dashti, H., and Pourshahbazi, A. 2008. Introduction of new indices to identify relative drought tolerance and resistance in wheat genotypes. Desert 12: 165-178.
29. Naeemi, M., Akbari, Gh. A., Shirani Rad, A. H., Modares Sanavi, S. A. M., Sadat Nuri, S. A., and Jabari, H. 2008. Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. Eelectronic Journal of Crop Production 1 (3): 83-98. (in Persian).
30. Nofouzi, F., Rashidi, V., and Tarinejad, A. R. 2008. Path Analysis of Grain Yield with Its Components in Durum Wheat under Drought Stress. International Meeting on Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey, pp. 681-686.
31. Porch, T. G. 2006. Application of stress indicess for heat tolerance screening of common bean. Journal of Agronomy and Crop Science 192: 390-394.
32. Rebetzke, G. J., Richards, R. A., Condol, A. G., and Farquhar, G. D. 2006. Inheritance of carbon isotope discrimination in bread wheat (*Triticum aestivum L.*). Euphytica.
33. Richards, R. A., Condol, A. G., and Rebetzke, G. J. 2001. Application of Physiology in wheat breeding. In: M.P. Reynolds, J.U. Ortiz-Monasterio and A. Mcnab (Eds), CIMMYT, Mexico.
34. Rosielle, A. A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. Crop Science 21 (6): 943-946.
35. Royo, C., Aparicio, N., Blanco, R., and Blanco, D. 2004. Leaf and green area development of durum wheat genotypes grown under Mediterranean conditions. Europe Journal Agronomy 20: 419-430.
36. Saeedpour, S. 2011. Effect of drought at the post-anthesis stage on remobilization of carbon reserves in two wheat cultivars differing in senescence properties. African Journal of Biotechnology 10 (18): 3549-3557.
37. Taghian, A. S., and Abo-Elwafa, A. 2003. Multivariate and RAPD analyses of drought tolerance in spring wheat (*Triticum aestivum* L.). Assuit Journal of Agricultural Sciences 34: 1-24.
38. Yan, W., and Kang, M. S. 2003. Biplot Analysis: A graphical Tool for Breeders, Geneticists and Agronomist, CRC Press, Boca Raton, FL. 313.
39. Zahravi, M. 2009. Evaluation of Genotypes of Wild Barley (*Hordeum spontaneum*) Based on Drought Tolerance Indices. Seed and Plant Improvement Journal 25: 533-549. (in Persian).

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 524-542

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۴۲-۵۲۴

Evaluation of Drought Tolerance in Some Wheat Genotypes Based on Selection Indices

M. Mohseni[1]- S. M. M. Mortazavian[2*]- H. A. Ramshini[2]- B. Foghi[3]

Received: 05-10-2013
Accepted: 08-07-2014

Introduction

Wheat is a major crop among cereals and plays a vital role in the national economy of developing countries. Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the most important crops in terms of acreage and production rates in the world. This crop has an important role in the food supply. According to the FAO (2010) statistics report, the average wheat yield in Iran was 2136 kg ha^{-1}, while the worldwide average yield was 3009 kg ha^{-1}. Iran, with an average annual rainfall of 250 mm, is located in the world desert belt. Yield loss due to drought stress is likely higher than other stresses. Therefore, introducing plants with high production under both drought stress and non-stress conditions is highly regarded. Stress tolerance indices are used for screening drought tolerant varieties. Tolerance (TOL), mean productivity (MP), stress susceptibility index (SSI), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI) and modified STI (MSTI) have been employed under various conditions. Fischer and Maurer (1978) explained that cultivars with an SSI less than a unit are stress tolerant, since their yield reduction under stress conditions is smaller than the mean yield reduction of all cultivars (Bruckner and Frohberg, 1987). Mean productivity, GMP, harmonic mean (HM) and STI were reported as preferred criteria in selection of drought-tolerant barley genotypes by Baheri et al. (2003). Yield Index (YI) proposed by Gavuzzi et al. (1997), was significantly correlated with stress yield which ranks cultivars on the basis of their yield under stress. The genotypes with a high Yield Stability Index (YSI) are expected to have higher yield under both stress and non-stress conditions (Bouslama and Schapaugh, 1984). Mousavi et al (2008) introduced Stress Susceptibility Percentage Index (SSPI) as a powerful index to select extreme tolerant genotypes with yield stability. Fischer and Wood (1979) suggested that relative drought index (RDI) is a positive index for indicating stress tolerance. Lan (1998) defined a new drought resistance index (DI), which was commonly used to identify genotypes producing higher yield under both stress and non-stress conditions The objectives of this study were to evaluate the performance of different wheat cultivars under normal irrigation and drought stress conditions and to identify the most promising wheat genotypes for drought prone areas.

Materials and Methods

Thirty-nine spring bread wheat genotypes were evaluated under two irrigation regimes, normal and moisture stress at grain filling period for a year. Under normal conditions soil was irrigated up to field capacity, while under stress conditions after the onset of flowering, irrigation was delayed until wilting point took place. The study was conducted at College of Aburaihan, University of Tehran, Iran, in Pakdasht. The experimental design was a randomized complete block design with three replications. Standard cultural practices were applied for all experiments. At harvest, grain yield (t ha^{-1}) was calculated on the basis of plot area.

Results and Discussion

Under normal irrigation, Pishtaz and Azadi (with 8.27 and 7.72 ton ha^{-1}, respectively) and under stress conditions Moghan1 and Sistan (with 5.48 and 4.84 ton ha^{-1}, respectively) had the highest grain yield. Based on regression analysis under normal and stress conditions, three variables entered the model and in normal conditions 70.8 percent and in stress conditions 64 percent of yield changes were explained. Based on grain yield, 15 susceptibility and stress tolerance indices were calculated. Results of correlation, principal component analysis and biplot display showed that GMP, STI, HARM, MP, YI, DI, MSTI and SNPI indices were the best criteria for genotype selection with high yield and stability in stress conditions. Cluster analysis (Ward method)

1- Graduated MSc student in plant breeding, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences College of Aburaihan, University of Tehran
2- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran
3- MSc, Department of Agronomy and Plant Breeding Sciences, College of Aburaihan, University of Tehran
(*- Corresponding Author Email: mortazavian@ut.ac.ir)

was also used based on indices and grain yield in both normal and stress conditions to classify genotypes in similar classes. Dispersion of genotypes in the biplot, revealed genetic diversity among the genotypes under drought stress.

Conclusions

Results showed that Moghan1, Sistan, Akbari, Bayat, Dez, Spring Roshan-BC, Mahdavi and Tabasi genotypes were identified as tolerant and Tajan, Navid, Shirodi, Zagros, Vee/Nak and Kohdasht genotypes as susceptible genotypes to terminal drought stress. These genotypes can be used for further cross and genetic analysis for drought tolerance through diallel or generation mean analysis designs.

Keywords: Drought tolerance, Principal component analysis, Regression, Tolerance indices

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۵۲-۵۴۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 543-552

مدل‌سازی جوانه‌زنی بذر کرچک (*Ricinus communis* L.) با استفاده از مدل هیدروترمال تایم توسعه‌یافته بر مبنای توزیع ویبول

حامد اکبری[۱]- ابوالفضل درخشان[۲*]- بهنام کامکار[۳]- سید محمد علی مدرس ثانوی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۷/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۶

چکیده

دما و پتانسیل آب دو عامل محیطی اولیه تنظیم‌کننده جوانه‌زنی بذر می‌باشند. جوانه‌زنی یک جمعیت بذری در پاسخ به دما و پتانسیل آب با استفاده از مدل هیدروترمال تایم توصیف می‌شود. هدف از این مطالعه، برازش و مقایسه دو مدل هیدروترمال تایم نرمال و ویبول به داده‌های جوانه‌زنی یک توده بذری کرچک (*Ricinus communis* L.) بود. جوانه‌زنی بذور کرچک در محدوده‌ای از پتانسیل‌های آب (صفر، ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال) در دامنه دمایی کمتر از مطلوب (از ۱۰ تا ۳۵ با فواصل ۵ درجه سانتی‌گراد) مورد آزمون قرار گرفت. نتایج نشان داد که مدل هیدروترمال تایم ویبول، برازش (RMSE=8.07%) و دقت (AIC=-5801) بیشتری در مقایسه با مدل هیدروترمال تایم نرمال به داده‌های جوانه‌زنی بذرهای کرچک داشت. براساس مدل هیدروترمال تایم ویبول، دمای پایه برای جوانه‌زنی بذرهای کرچک معادل ۸/۸۶ درجه سانتی‌گراد و ثابت هیدروترمال تایم معادل ۸۳۳/۱۰ مگاپاسکال درجه سانتی‌گراد ساعت برآورد شد. همچنین، پتانسیل آب پایه برای شروع جوانه‌زنی معادل ۱/۷۱- مگاپاسکال به‌دست آمد. پارامتر شکل در مدل هیدروترمال تایم ویبول حاکی از نامتقارن بودن داده‌های پتانسیل آب پایه و چولگی توزیع به راست بود. این نتایج برخلاف فرض نرمال بودن توزیع پتانسیل آب پایه در یک جمعیت بذری است. بنابراین، پیش از استفاده از مدل هیدروترمال تایم، توزیع پتانسیل آب پایه در یک نمونه بذری باید مورد بررسی قرار گیرد و یک معادله مناسب انتخاب شود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل آب پایه، توزیع نرمال، مدل هیدروتایم

مقدمه

جوانه‌زنی بذر فرآیند فیزیولوژیکی پیچیده‌ای است که در بذرهای فاقد خواب به‌طور عمده توسط دما (T) و پتانسیل آب (ψ) بستر بذر تعیین می‌شود. این دو عامل در مدل‌های هیدروترمال تایم به‌طور موفقیت آمیزی برای توصیف دوره زمانی وقوع جوانه‌زنی در طیف گسترده‌ای از گونه‌های گیاهی ترکیب شده‌اند (۶ و ۱۱). در دماهای بین دمای پایه (T_b) و دمای مطلوب (T_o)، زمان جوانه‌زنی به‌عنوان تابعی از مقادیر پتانسیل‌های آب و دماهای فراتر از یک مقدار آستانه یا پایه (ψ_b، T_b) که کمتر از آن جوانه‌زنی متوقف خواهد شد، در نظر گرفته می‌شود (۶). توزیع زمان جوانه‌زنی در مدل هیدروترمال تایم را می‌توان به‌صورت معادله (۱) بیان کرد (۶ و ۹):

$$t_g=\frac{\theta_{HT}}{\left[\left(\psi-\psi_{b(g)}\right)\left(T-T_b\right)\right]} \quad (۱)$$

و در نتیجه:

$$\psi_{b(g)}=\psi-\frac{\theta_{HT}}{\left(T-T_b\right)t_g} \quad (۲)$$

که در این مدل، t_g، زمان تا جوانه‌زنی g اُمین درصد توزیع زمان جوانه‌زنی برحسب ساعت (h)؛ θ_{HT}، ثابت هیدروترمال تایم برحسب مگاپاسکال درجه سانتی‌گراد ساعت (MPa °C h) و $\psi_{b(g)}$، پتانسیل آب پایه برای g اُمین درصد جوانه‌زنی برحسب مگاپاسکال (MPa) می‌باشند. اصطلاح g در اینجا به کسر یا درصد معینی از کل جمعیت بذری اشاره دارد و براساس تعداد بذرهای جوانه‌زده تحت شرایط خاصی محاسبه می‌شود. θ_{HT} و T_b برای هر جمعیت بذری یک مقدار منحصر به فرد و مقدار $\psi_{b(g)}$ برحسب توزیع فراوانی متفاوت است (۶ و ۱۱). فرض بر این است که تنها پتانسیل آب پایه (ψ_b) با g تغییر

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه تربیت مدرس
۲- دانشجوی دکتری زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین
۳- عضو هیأت علمی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استاد دانشگاه تربیت مدرس
(*- نویسنده مسئول: Email: derakhshan.abo@gmail.com)

می‌کند، به‌طوری‌که توزیع زمان جوانه‌زنی در یک جمعیت بذری توسط توزیع $\psi_{b(g)}$ تعیین می‌شود (۱۵). در بیشتر مطالعات پیشین فرض بر این بوده که پتانسیل آب پایه در یک جمعیت بذری از یک توزیع نرمال (معادله ۳) با میانگین $\psi_{b(50)}$ و انحراف استاندارد $\sigma_{\psi b}$ تبعیت می‌کند (۴ و ۱۰).

$$\psi_{b(g)}=\psi_{b(50)}+\text{probit}(g)\sigma_{\psi b} \quad (۳)$$

که $\psi_{b(g)}$، پنجاهمین درصد توزیع پتانسیل آب پایه و $\sigma_{\psi b}$، انحراف استاندارد مقادیر ψ_b در جمعیت می‌باشند. probit (g)، تابع پروبیت است که متغیر نرمال استاندارد (z) را در یک جمعیت دارای توزیع نرمال برای احتمال تجمعی معینی (g) محاسبه می‌کند. مدل هیدروترمال تایم در دماهای کمتر از مطلوب به‌طور معمول با جایگزین کردن سمت راست معادله (۳) به‌جای $\psi_{b(g)}$ در معادله (۱) و مرتب کردن معادله حاصل بر حسب پروبیت به داده‌های جوانه‌زنی برازش داده می‌شود (معادله ۴).

$$\text{probit}(g)=\frac{\Psi-\left\{\frac{\theta_{HT}}{[(T-T_b)t_g]}\right\}-\Psi_{b(50)}}{\sigma_{\psi b}} \quad (۴)$$

با وجود استفاده گسترده از مدل‌های هیدروترمال تایم برای شبیه‌سازی جوانه‌زنی، تحقیقات اندکی فرض نرمال بودن توزیع $\psi_{b(g)}$ را به‌طور منتقدانه بررسی کرده‌اند. در این راستا، وات و همکاران (۱۵ و ۱۶) گزارش کردند که استفاده از توزیع ویبول در مدل هیدروترمال تایم منجر به دقت بیشتر و اریب کمتری در قیاس با توزیع نرمال شد. همچنین مسگران و همکاران (۱۱) هشت توزیع آماری مختلف را برای توصیف تنوع نسبی پتانسیل آب پایه بذر چهار گونه گیاهی مورد مقایسه قرار دادند. آنها گزارش کردند که در میان توزیع‌های آماری مورد مقایسه، توزیع نرمال می‌تواند نامناسب‌ترین گزینه در تجزیه هیدروتایم جوانه‌زنی بذر باشد.

با استفاده از توزیع ویبول می‌توان درصد جوانه‌زنی در دماهای کمتر از مطلوب را توسط تابع توزیع تجمعی[1] (معادله ۵) مدل‌سازی کرد (۱۱ و ۱۵).

$$g=1-\exp\left[-\left(\frac{(\psi_b-\mu)}{\sigma}\right)^{\lambda}\right] \quad (۵)$$

که پارامتر μ، مکان کمترین مقدار $\psi_{b(g)}$ (یعنی $\psi_{b(0)}$)؛ λ، پارامتر شکل و σ، پارامتر مقیاس می‌باشند. معادله ریاضی پارامتر σ در مدل هیدروترمال تایم ویبول به‌صورت زیر بیان می‌شود:

$$\sigma=\alpha+\beta(T-T_b)+\gamma(T-T_b)^2 \quad (۶)$$

که α، β و γ ضرایب معادله می‌باشند. با جایگزینی معادله (۲) به‌جای $\psi_{b(g)}$ و نیز معادله (۶) به‌جای σ در مدل هیدروترمال تایم دماهای کمتر از مطلوب (معادله ۵)، معادله زیر به‌دست می‌آید.

$$g=1-\left[\exp\left(-\left(\frac{\left[\left(\psi-\left\{\frac{\theta_{HT}}{[(T-T_b)t_g]}\right\}-\mu\right)\right]}{\alpha+\beta(T-T_b)+\gamma(T-T_b)^2}\right)^{\lambda}\right)\right] \quad (۷)$$

در این مطالعه، با استفاده از داده‌های جوانه‌زنی بذور کرچک در محدوده‌ای از پتانسیل‌های آب در دماهای کمتر از مطلوب کارایی توزیع‌های نرمال و ویبول در برآورد $\psi_{b(g)}$ مورد مقایسه قرار گرفت. پارامترهای مدل هیدروترمال تایم براساس این دو توزیع آماری برآورد و از نظر دقت و برازش اعتبارسنجی شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۹۰ در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان انجام شد. بذرهای کرچک (توده اهواز) در همین سال از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شدند. قابلیت حیات بذرهای کرچک (*Ricinus communis* L.) طی آزمون جوانه‌زنی استاندارد در حدود ۹۸ درصد تعیین شد. آزمون جوانه‌زنی با چهار تکرار انجام شد و در هر تکرار، پنجاه بذر بین سه عدد کاغذ حوله‌ای به ابعاد ۳۰ در ۴۵ سانتی‌متر (دو عدد در زیر و یک عدد روی بذرها) پیچیده شدند و سپس با ۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر و یا محلول‌هایی با پتانسیل اسمزی ۰/۳-، ۰/۶- و ۰/۹- مگاپاسکال مرطوب شدند. برای جلوگیری از کاهش رطوبت، حوله‌های کاغذی درون پلاستیک قرار داده شدند. آزمون جوانه‌زنی در انکوباتورهایی با دماهای ثابت ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵، ۳۰ و ۳۵ درجه سانتی‌گراد انجام شد. محلول‌های اسمزی با استفاده از پلی‌اتیلن گلایکول ۸۰۰۰ و براساس معادله (۸) تهیه شدند (۱۲).

$$\Psi=1.29[PEG]^2T-140[PEG]^2-4[PEG] \quad (۸)$$

در این معادله، Ψ، پتانسیل اسمزی مورد نظر؛ T، دما و PEG، مقدار پلی اتیلن گلایکول مورد نیاز به ازاء هر میلی‌لیتر آب مقطر برای رسیدن به غلظت مورد نظر می‌باشند. تعداد بذرهای جوانه‌زده هر ۱۲ ساعت به مدت ۱۴ روز شمارش شدند. بذرهایی که ریشه‌چه آنها به اندازه دو میلی‌متر یا بیشتر خارج شده بود، جوانه‌زده در نظر گرفته شدند.

از مدل هیدروتایم با استفاده از توزیع‌های نرمال (معادله ۹) و ویبول (معادله ۱۰) برای برآورد پتانسیل آب پایه و ثابت هیدروتایم (θ_H) در هر دما استفاده شد.

$$\text{probit}(g)=\frac{\Psi-\left(\frac{\theta_H}{t_g}\right)-\Psi_{b(50)}}{\sigma_{\psi b}} \quad (۹)$$

1- Cumulative distribution function

$$g=1-\left[\exp\left(-\left(\frac{\left(\Psi-\left(\frac{\psi_b}{t_b}\right)-\mu\right)}{\sigma}\right)^{\lambda}\right)\right] \quad (۱۰)$$

مدل‌های هیدروترمال تایم نیز براساس توزیع‌های نرمال (معادله ۴) و ویبول (معادله ۷) به داده‌های جوانه‌زنی کرچک در پاسخ به اثر متقابل دما و پتانسیل اسمزی برازش داده شد. تجزیه داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS و با رویه PROC NLMIXED و به روش بهینه‌سازی پیش فرض Dual Quasi-Newton در این نرم افزار انجام شد (۱۴). برای انتخاب بهترین تابع توزیع از نظر دقت از شاخص آکائیک (AIC[1]) (۷) و بهترین برازش مدل از ریشه میانگین مربعات خطا (RMSE[2]) و ضریب تبیین (R^2) استفاده شد. بهترین مدل در مقایسه مدل‌ها، مدلی است که کمترین میزان AIC محاسبه شده را داشته باشد.

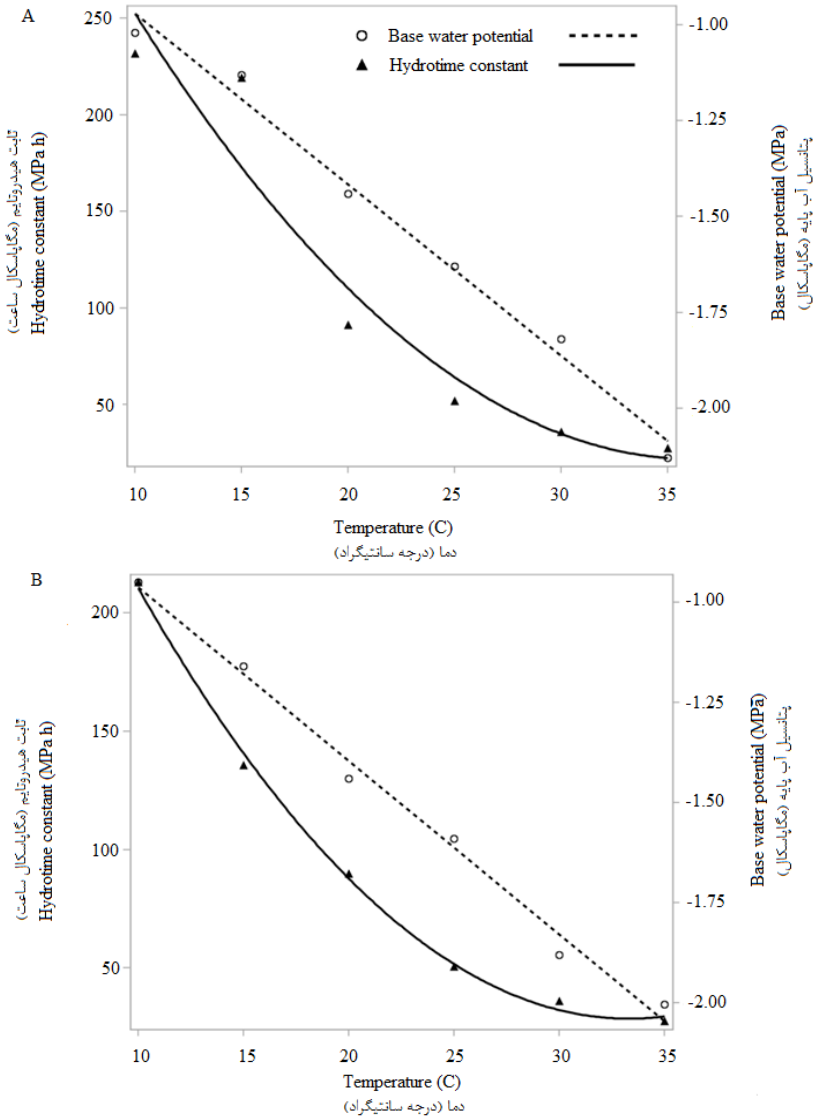
نتایج و بحث

روند تغییرات پتانسیل آب پایه و ثابت هیدروتایم به‌عنوان تابعی از دما بر مبنای دو توزیع نرمال و ویبول در شکل ۱ نشان داده شده است. در دامنه دمایی کمتر از مطلوب، با افزایش دما و براساس هر دو توزیع نرمال و ویبول، پتانسیل آب پایه برای جوانه‌زنی بذور کرچک با تابعیت از یک معادله خطی کاهش یافت. مقدار پتانسیل آب پایه برآورد شده ($\psi_{b(50)}$) بر مبنای توزیع نرمال (معادله ۹) از ۲/۱۳- مگاپاسکال در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به ۱/۰۲- مگاپاسکال در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد و بر مبنای توزیع ویبول (ψ_b؛ معادله ۱۰) از ۲/۰۱- مگاپاسکال در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد به ۰/۹۵- مگاپاسکال در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد رسید. به‌طور عکس و با تابعیت از یک معادله درجه دوم، مقدار ثابت هیدروتایم با افزایش دما کاهش یافت. براساس تابع توزیع نرمال، مقدار ثابت هیدروتایم از ۲۳۱/۵۷ مگاپاسکال ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۲۷/۵۱ مگاپاسکال ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد رسید. همچنین براساس توزیع ویبول، ثابت هیدروتایم از ۲۱۳ مگاپاسکال ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی‌گراد به ۲۷/۴۳ مگاپاسکال ساعت در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (شکل ۱). کاهش مقدار پتانسیل آب پایه، نیاز به دسترسی بیشتر به آب برای جوانه‌زنی در دماهای پایین‌تر و کاهش ثابت هیدروتایم، افزایش سرعت جوانه‌زنی با افزایش دما را نشان می‌دهد. سرعت جوانه‌زنی در دمای بهینه بیشترین بوده و با افزایش/کاهش دما کاهش می‌یابد. به‌طورکلی، چنانچه شرایط بستر بذر به‌سوی مقادیر آستانه (T_b و ψ_b) نزدیک شود، بذرها خیلی آهسته جوانه می‌زنند. کاهش سرعت جوانه‌زنی با کاهش دما تا حدی مرتبط با کاهش سرعت آبنوشی بذرها در دماهای پایین است (۳).

برازش مدل هیدروترمال تایم به داده‌های جوانه‌زنی بذور کرچک در دماهای کمتر از مطلوب بر مبنای دو توزیع نرمال و ویبول در شکل ۲ و پارامترهای مدل‌ها در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار RMSE نشان داد که مدل هیدروترمال تایم ویبول (RMSE=8.07 %) در قیاس با مدل هیدروترمال تایم نرمال (RMSE=14.42 %) از برازش بهتری به داده‌های جوانه‌زنی کرچک برخوردار است (جدول ۱). علاوه بر برازش بهتر مدل هیدروترمال تایم ویبول، مقدار AIC نشان داد که این مدل (AIC= -5801) همچنین از دقت بیشتری نسبت به مدل هیدروترمال تایم نرمال (AIC=-601.2) برخوردار می‌باشد (جدول ۱). علاوه بر این، جوانه‌زنی پیش‌بینی شده با استفاده از توزیع نرمال پتانسیل آب پایه از اریب بیشتری در مقایسه با توزیع ویبول پتانسیل آب پایه برخوردار بود. این پیش‌بینی اریب با استفاده از توزیع نرمال به‌خوبی در شکل‌های جوانه‌زنی واقعی در برابر کسر جوانه‌زنی پیش‌بینی شده و نیز نمودار باقیمانده جوانه‌زنی در مقابل کسر جوانه‌زنی واقعی آشکار است (شکل ۳). به داده‌های کسر جوانه‌زنی واقعی در برابر کسر جوانه‌زنی پیش‌بینی شده یک معادله خطی و به داده‌های باقیمانده جوانه‌زنی در مقابل کسر جوانه‌زنی واقعی یک معادله درجه دوم برازش داده شد (شکل ۳). ضریب تبیین (R^2) به‌دست آمده برای کسر جوانه‌زنی واقعی در برابر پیش‌بینی شده با استفاده از توزیع نرمال $\psi_{b(g)}$ معادل ۰/۸۴ و با استفاده از توزیع ویبول $\psi_{b(g)}$ معادل ۰/۹۶ بود. همچنین مقدار R^2 باقیمانده جوانه‌زنی در مقابل کسر جوانه‌زنی واقعی با استفاده از توزیع‌های نرمال و ویبول به‌ترتیب معادل ۰/۰۳ و ۰/۴۰ به‌دست آمد. مقدار پتانسیل آب پایه برای همه کسرهای جوانه‌زنی و نیز باقیمانده پتانسیل آب پایه در مقابل جوانه‌زنی در شکل ۴ نشان داده شده است. نمودار باقیمانده پتانسیل آب پایه در مقابل جوانه‌زنی نیز به‌خوبی پیش‌بینی اریب توزیع نرمال $\psi_{b(g)}$ در مقایسه با توزیع ویبول $\psi_{b(g)}$ را نشان می‌دهد (شکل ۴). مقدار R^2 معادله درجه دوم برازش داده شده به داده‌های باقیمانده پتانسیل آب پایه در مقابل کسر جوانه‌زنی واقعی با استفاده از توزیع‌های نرمال و ویبول به‌ترتیب معادل ۰/۳۵ و ۰/۵۳ به‌دست آمد.

براساس مدل هیدروترمال تایم ویبول، دمای پایه برای جوانه‌زنی بذور کرچک معادل ۸/۸۶ درجه سانتی‌گراد و ثابت هیدروترمال تایم معادل ۸۳۳/۱۰ مگاپاسکال درجه سانتی‌گراد ساعت برآورد شد (جدول ۱). همچنین، پتانسیل آب پایه برای شروع جوانه‌زنی براساس این توزیع معادل ۱/۷۱- مگاپاسکال برآورد شد. پارامتر شکل (λ< ۲/۶۰) نشان داد که توزیع پتانسیل آب پایه چوله به راست است (جدول ۱).

1- Akaike Information Criterion
2- Root Mean of Squares of Error



شکل ۱- تغییر پتانسیل آب پایه و ثابت هیدروتایم به‌عنوان تابعی از دما بر مبنای مدل هیدروتایم نرمال (A) و ویبول (B) برای جوانه‌زنی بذر کرچک در پاسخ به کاهش پتانسیل آب

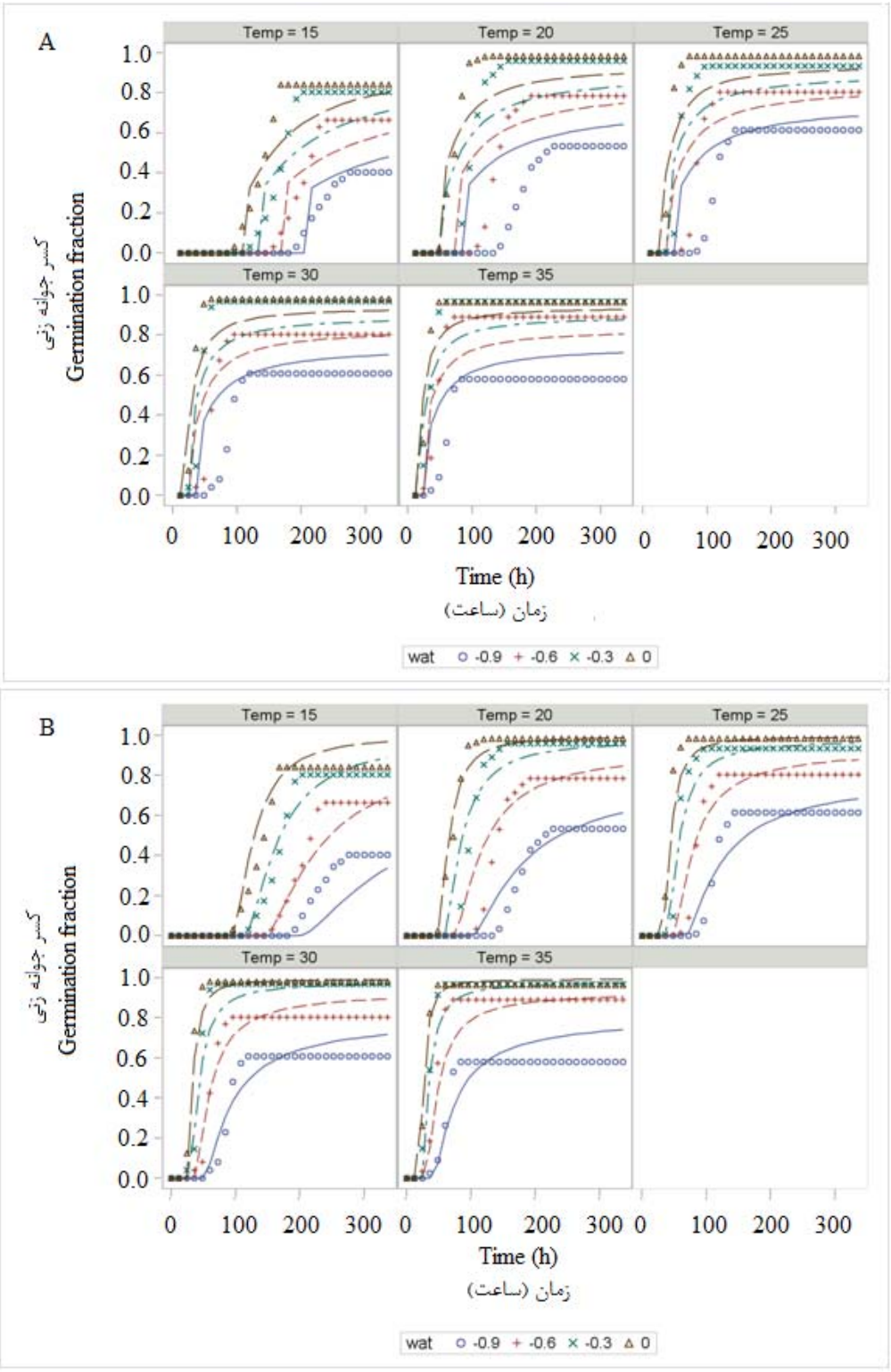
Figure 1- Changes in base water potential and hydrotime constant as a function of temperature for seed germination of *Ricinus communis* in response to reduced water potential based on Normal (A) and Weibull (B) hydrotime model

جدول ۱- پارامترهای مدل هیدروترمال تایم برازش داده شده به داده‌های جوانه‌زنی کرچک بر مبنای توزیع‌های نرمال و ویبول

Table 1- Parameter estimates for the fitted hydrothermal time model to germination data of *Ricinus communis* based on Normal and Weibull distributions

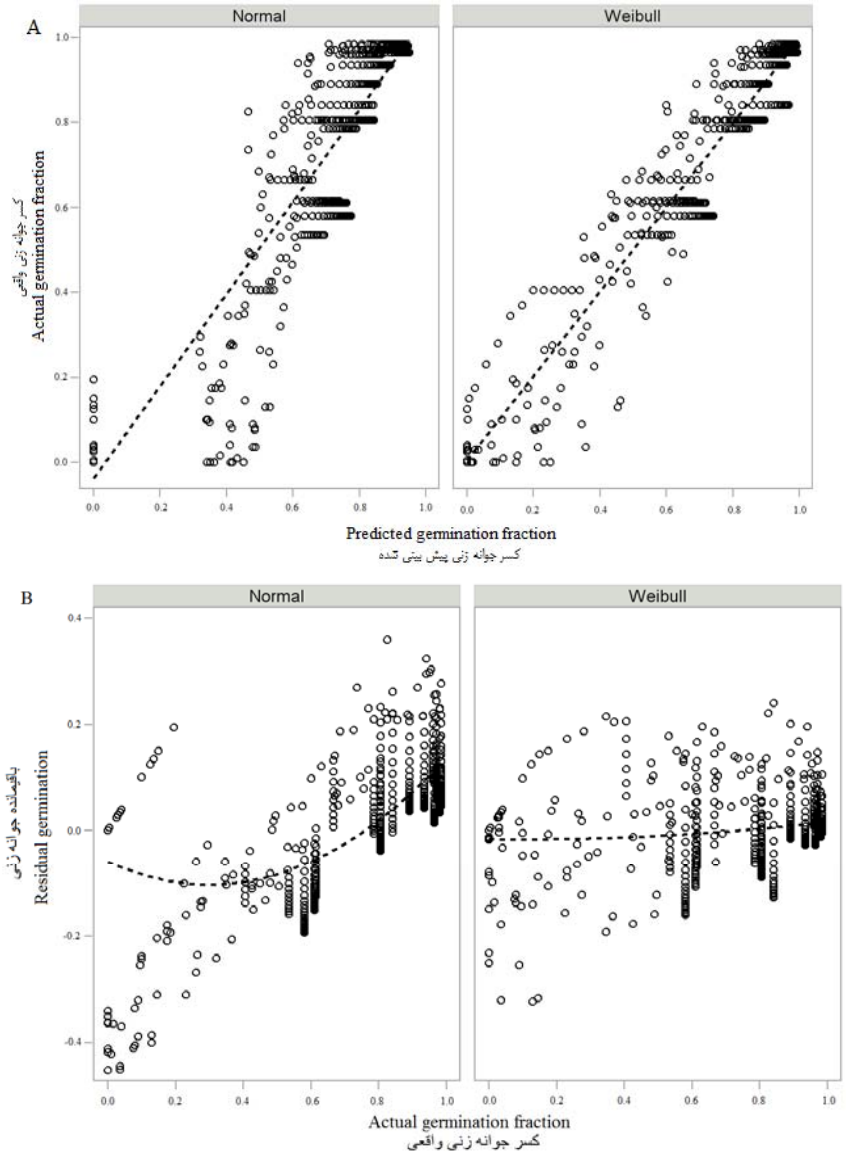
Distribution*	Model parameters									Model statistics	
	T_b (°C)	$\Psi_{b(50)}$ (MPa)	$\sigma_{\Psi b}$ (MPa)	θ_{HT} (MPa °C h)	μ (MPa)	λ	α	β	γ	RMSE	AIC
Normal	9.28 ± 0.27	-2.04 ± 0.01	0.46 ± 0.04	903.32 ± 73.10	-	-	-	-	-	0.1442	-601.2
Weibull	8.86 ± 0.07	-	-	833.10 ± 0.01	-1.71 ± 0.03	1.59 ± 0.07	0.54 ± 0.03	0.005 ± 0.002	0.0001 ± 0.00008	0.0807	-5081

* T_b، دمای پایه؛ $\Psi_{b(50)}$، پنجاهمین درصد توزیع پتانسیل آب پایه برای تورزیع نرمال؛ $\sigma_{\Psi b}$، انحراف استاندارد مقادیر Ψ_b در جمعیت برای تورزیع نرمال؛ θ_{HT}، ثابت هیدروترمال تایم؛ μ، پارامتر مکان در مدل ویبول؛ λ، پارامتر شکل در مدل ویبول؛ α، β و γ، پارامترهای مقیاس در مدل ویبول



شکل ۲- مدل هیدروترمال تایم برازش داده شده به داده‌های جوانه‌زنی کرچک بر مبنای توزیع‌های نرمال (A) و ویبول (B)

Figure 2- The fitted hydrothermal time model to germination data of *Ricinus communis* based on Normal (A) and Weibull (B) distributions

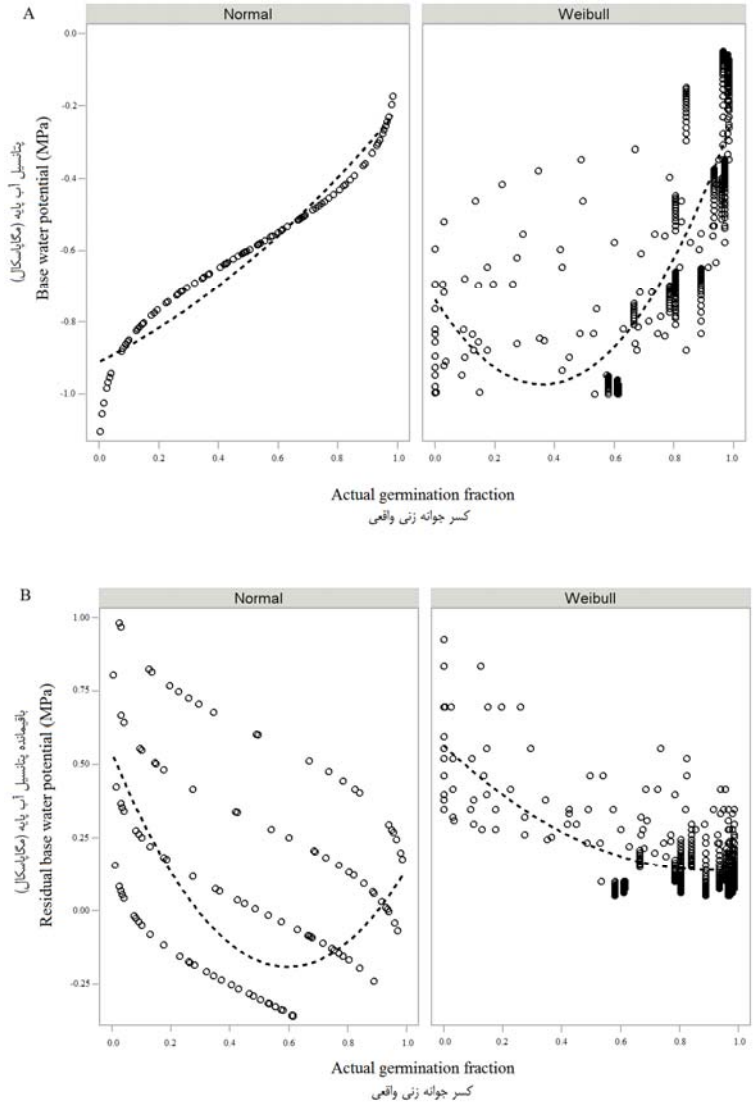


شکل ۳- رابطه بین کسر جوانه‌زنی واقعی و پیش‌بینی شده (A) و باقیمانده جوانه‌زنی و کسر جوانه‌زنی واقعی (B)

Figure 3- Relationship between actual and predicted germination fraction (A) and residual germination and actual germination fraction (B)

چولگی توزیع پتانسیل آب پایه به راست دارای پیامدهای اکولوژیکی مهمی است، زیرا به این معناست که بخش اعظم بذرهای یک جمعیت بذری دارای مقادیر پتانسیل آب پایه مثبت‌تری بوده و از این‌رو حتی تحت شرایط مطلوب بستر بذر نیز به کندی جوانه خواهند زد (۱۵).

در مدل هیدروترمال تایم فرض بر این است که زمان، سرعت و درصد جوانه‌زنی بذر در یک دمای ثابت توسط بزرگی اختلاف بین پتانسیل آب بستر بذر و پتانسیل آب پایه درصد معینی از جمعیت بذری کنترل می‌شود (۲، ۴ و ۱۰). در بیشتر مطالعات پیشین توزیع پتانسیل آب پایه در جمعیت بذری نرمال فرض شده است (۱ و ۱۳). یکی از مزایای این فرض آن است که پارامترهای انحراف استاندارد مقادیر ψ_b ($\sigma_{b(g)}$)، میانگین پتانسیل آب پایه جمعیت بذری ($\psi_{b(50)}$) به همراه دمای پایه (T_b) و ثابت هیدروترمال تایم (θ_{HT}) توصیف کاملی از رفتار جوانه‌زنی یک جمعیت بذری در اختیار قرار می‌دهد (۵ و ۶). با این وجود، برازش توزیع فراوانی نرمال به داده‌هایی که دارای چولگی به راست یا چپ می‌باشند (داده‌های نامتقارن)، منجر به اریب در پیش‌بینی‌های زمان تا جوانه‌زنی خواهد شد. مدل هیدروترمال تایم ویبول نیز پارامترهای T_b و θ_{HT} را دارا می‌باشد، اما برخلاف توزیع نرمال در این توزیع میانگین $\psi_{b(g)}$ لزوماً برابر با میانه ($\psi_{b(50)}$) و یا مد نخواهد بود (در توزیع نرمال میانگین، میانه و مد برابر می‌باشند). میانگین (M) و مد (Mo) در توزیع ویبول با استفاده از معادلات زیر قابل محاسبه می‌باشند (۱۵).



شکل ٤- رابطه بین پتانسیل آب پایه در مقابل کسر جوانه‌زنی واقعی (A) و باقیمانده پتانسیل آب پایه در مقابل جوانه‌زنی واقعی (B)

Figure 3- Relationship between base water potential and actual germination fraction (A) and residual base water potential and actual germination fraction (B)

$$M = \mu + \sigma\Gamma\left(\frac{1+\lambda}{\lambda}\right) \quad (۱۱)$$

$$Mo = \mu + \sigma(\ln(2))^{\frac{1}{\lambda}} \quad (۱۲)$$

نتایج این مطالعه نشان داد که توزیع ویبول در قیاس با توزیع نرمال ممکن است برای مدل‌سازی پتانسیل آب پایه مناسب‌تر باشد. استفاده از توزیع ویبول یک مقدار دقیق برای شروع جوانه‌زنی ($\psi_{b(0)}$) در اختیار قرار می‌دهد. در مقابل، در توزیع نرمال وقتی درصد جوانه‌زنی به صفر نزدیک می‌شود، پتانسیل آب پایه به منفی بی‌نهایت می‌رسد (۱۶). به‌عبارت دیگر، پارامتر مکان (μ) در توزیع ویبول، پتانسیل اسمزی که در آن احتمال جوانه‌زنی صفر است (یا پتانسیل اسمزی که از آن جوانه‌زنی آغاز می‌شود)، را مشخص می‌سازد. این پارامتر برآورد واقع‌بینانه‌ای از $\psi_{b(0)}$ فراهم می‌آورد که از توزیع نرمال قابل استنتاج نیست.

نتیجه‌گیری

درمجموع، به نظر می‌رسد که حداقل در مورد برخی داده‌ها (داده‌های نامتقارن) فرض توزیع نرمال به وضوح نامناسب بوده و چنانچه در مدل‌های هیدروتایم و هیدروترمال تایم مورد استفاده قرار

گیرد، منجر به توصیف ضعیف داده‌ها و پیش‌بینی‌ها خواهد شد. در این مطالعه، پارامتر شکل در مدل هیدروترمال تایم ویبول حاکی از نامتقارن بودن داده‌ها و چولگی توزیع به راست بود. این نتایج برخلاف فرض نرمال بودن توزیع پتانسیل آب پایه در یک جمعیت بذری است (۲، ۸ و ۱۰). بنابراین، پیش از استفاده از مدل هیدروترمال تایم، توزیع پتانسیل آب پایه در یک نمونه بذری باید مورد بررسی قرار گیرد و یک توزیع آماری مناسب انتخاب شود. پارامتر شکل در توزیع ویبول (λ) انعطاف‌پذیری زیادی به آن می‌دهد. از این‌رو می‌تواند باعث پیش‌بینی‌ها و برآوردهای دقیق‌تری در مقایسه با توزیع متقارن نرمال شود.

References

1. Allen, P. S., Meyer, S. E., and Khan, M. A. 2000. Hydrothermal time as a tool in comparative germination studies. p. 401–410. In M. Black et al. (ed.) Seed Biology: Advances and Applications. CAB International, Wallingford, UK.
2. Alvarado, V., and Bradford, K. J. 2002. A hydrothermal time model explains the cardinal temperatures for seed germination. Plant, Cell and Environment 25: 1061-1069.
3. Bewley, J. D., and Black, M. 1994. Seeds: Physiology of Development and Germination. New York: Plenum Press.
4. Bloomberg, M., Sedcole, J. R., Mason, E. G., and Buchan, G. 2009. Hydrothermal time germination models for Radiata pine (*Pinus radiata* D. Don). Seed Science Research 19: 171-182.
5. Bradford, K. J. 1990. A water relations analysis of seed germination rates. Plant Physiology 94: 840-849.
6. Bradford, K. J. 2002. Applications of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. Weed Science 50: 248-260.
7. Burnham, K. P., and Anderson, D. R. 2002. Model Selection and Multimodel Inference: A Practical Information-Theoretic Approach. Springer, New York, USA. p. 488.
8. Finch-Savage, W. E., Steckel, J. R. A., and Phelps, K. 1998. Germination and post-germination growth to carrot seedling emergence: predictive threshold models and sources of variation between sowing occasions. New Phytologist 139: 505-516.
9. Gummerson, R. J. 1986. The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. Journal of Experimental Botany 37: 729-741.
10. Kebreab, E., and Murdoch, A. J. 1999. Modelling the effects of water stress and temperature on germination rate of *Orobanche aegyptiaca* seeds. Journal of Experimental Botany 50: 655-664.
11. Mesgaran, M. B., Mashhadi, H. R., Alizadeh, H., Hunt, J., Young, K. R., and Cousens, R. D. 2013. Importance of distribution function selection for hydrothermal time models of seed germination. Weed Research 53: 89-101.
12. Michel, B. E. 1983. Evaluation of the water potentials of solutions of polyethylene glycol 8000 both in the absence and presence of other solutes. Plant Physiology 72: 66-70.
13. Rowse, H. R., and Finch-Savage, W. E., 2003. Hydrothermal threshold models can describe the germination response of carrot (*Daucus carota*) and onion (*Alliumcepa*) seed populations across both sub- and supra-optimal temperatures. New Phytologist 158: 101-108.
14. SAS. 2009. SAS/STAT 9.2 User's Guide. SAS Institute, Cary, NC, USA.
15. Watt, M. S., Bloomberg, M., and Finch-savage, W. E. 2011. Development of a hydrothermal time model that accurately characterises how thermoinhibition regulates seed germination. Plant, Cell and Environment 34: 870-876.
16. Watt, M. S., Xu, V., and Bloomberg, M. 2010. Development of a hydrothermal time seed germination model which uses the Weibull distribution to describe base water potential. Ecological Modelling 221: 1267-1272.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 543-552

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۵۲-۵۴۳

Modeling Seed Germination of *Ricinus communis* Using Hydrothermal Time Model Developed on the Basis of Weibull Distribution

H. Akbari[1]- A. Derakhshan[2*]- B. Kamkar[3]- S. A. M. Modares Sanavi[4]

Received: 17-10-2013
Accepted: 17-11-2014

Introduction

Temperature and water potential are two of the most important environmental factors regulating the seed germination. The germination response of a population of seeds to temperature and water potential can be described on the basis of hydrothermal time (HTT) model. Regardless of the wide use of HTT models to simulate germination, little research has critically examined the assumption that the base water potential within these models is normally distributed. An alternative to the normal distribution that can fit a range of distribution types is the Weibull distribution. Using germination data of Castor bean (*Ricinus communis* L.) over a range of water potential and sub-optimal temperature, we compared the utility of the normal and Weibull distribution in estimating base water potential (Ψ_b). The accuracy of their respective HTT models in predicting germination percentage across the sub-optimal temperature range was also examined.

Materials and Methods

Castor bean seed germination was tested across a range of water potential (0, -0.3, -0.6 and -0.9 MPa) at the sub-optimal range of temperature (ranging from 10 to 35 ˚C, with 5 ˚C intervals). Osmotic solutions were prepared by dissolving polyethylene glycol 8000 in distilled water according to the Michel (1983) equation for a given temperature. Seed germination was tested on 4 replicates of 50 seeds in moist paper towels in the incubator. The HTT models, based on the normal and Weibull distributions were fitted to data from all combinations of temperatures and water potentials using the PROC NLMIXED procedure in SAS.

Results and Discussion

Based on both normal and Weibull distribution functions, hydrotime constant and base water potential for castor bean seed germination were declined by increasing the temperature. Reducing the values of base water potential showed the greater need to water uptake for germination at lower temperatures and reducing hydrotime constant indicated an increase in germination rate by increasing the temperature. Compared with hydrothermal time model based on the normal distribution, Weibull hydrothermal time model gave a better fit (RMSE=8.07%) and more accurate (AIC=-5801) to seed germination data of castor bean. Based on Weibull hydrothermal time model, base temperature and hydrothermal time constant were estimated to be 8.86 ˚C and 833/10 MPa h, respectively. The osmotic potential from which the germination begins was (μ) -1.71 MPa. The shape parameter (λ) of the Weibull hydrothermal time model implied asymmetry of base water potential data and skewness of distribution to the right. A right-skewed distribution of $\Psi_{b(g)}$ has important ecological implications, as it means that the seed population have a greater reserve of seeds with very high values of $\Psi_{b(g)}$ and are therefore slow in germination, even under optimal conditions. The HTT model assumes that the timing, rate and percentage of seed germination for a constant temperature to be controlled by the difference between water potential of the seedbed and the Ψ_b for a given percentile ($\Psi_{b(g)}$). Most previous studies have assumed that $\Psi_{b(g)}$ is normally distributed. Our results suggested that the Weibull distribution may be more suitable than the normal distribution for seed germination modeling of castor bean. Similar to the normal distribution model the parameters of the Weibull HTT model can be readily interpreted to yield information about the frequency distribution of population for $\Psi_{b(g)}$, enabling comparison of the germination behaviors in different seed populations. The location parameter of Weibull HTT model (μ) specifies the lowest $\Psi_{b(g)}$ possible value in the population ($(\Psi_{b(0)})$ that cannot be derived from normal HTT model. The median (M) and mode (Mo) can be readily determined by

1- Ph.D. student in Agronomy, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University
2- Ph.D. student in Agronomy, Khouzestan Ramin Agriculture and Natural Resources University
3- Associated Professor, Department of Plant Production, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
4- Professor, Department of Agronomy, Tarbiat Modares University
(*- Corresponding Author Email: derakhshan.abo@gmail.com)

equations of $M= \mu+\sigma\Gamma\left(\frac{1+\lambda}{\lambda}\right)$ and $M= \mu+\sigma\Gamma\left(\frac{1+\lambda}{\lambda}\right)$, respectively, from the μ, scale (σ) and λ parameters. The median specifies the value of $\Psi_{b(50)}$ for the population and the mode will specify the location of the peak of the probability distribution function for $\Psi_{b(g)}$. Another advantage of the Weibull distribution in this application is that it can approximate a range of $\Psi_{b(g)}$ distributions through changing the shape parameter.

Conclusions

Results of this research were in contrast with the assumption of a normal distribution of base water potential of a seed population. Hence, before using a hydrothermal time model for predictions the distribution of base water potential within a seed sample should be examined and an appropriate equation be selected.. Due to the flexibility of the Weibull distribution, this model provides a useful method for predicting germination and determining the distribution of base water potential.

Keywords: Base water potential, Hydrotime model, Normal distribution

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۶۹-۵۵۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 553-569

ارزیابی تأثیر تناوب و سطوح مختلف کود نیتروژن بر عملکرد، اجزاء عملکرد گندم (*Triticum aestivum L.*) و شاخص‌های کارآیی نیتروژن

رضا نصری[۱]- علی کاشانی[۲*]- فرزاد پاک نژاد[۳]- سعید وزان[۴]- مهرشاد براری[۵]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۹
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۹

چکیده

به‌منظور تعیین مناسب‌ترین تناوب دوگانه و میزان نیتروژن از نظر کارآیی زراعی، فیزیولوژیک، بازیافت و شاخص برداشت نیتروژن آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در ایلام به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. فاکتور اصلی در شش سطح شامل (آیش، گیاهان پرکو، بوکو، شبدر برسیم، تربچه روغنی و ترکیب سه گیاه رامتیل، فاسیلیا، شبدر برسیم) و فاکتور فرعی کود نیتروژن در چهار سطح (صفر، توصیه کودی، ۵۰٪ کمتر و ۵۰٪ بیشتر از توصیه کودی) در نظر گرفته شد. میان سطوح فاکتور اصلی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت. تناوب بوکو: گندم با میانگین ۸۳۴۵ کیلوگرم بالاترین و تناوب آیش: گندم با ۴۴۹۱ کیلوگرم کمترین دانه را تولید نمود. بیشترین جذب نیتروژن در تناوب بوکو: گندم و کمترین در تناوب شبدر: گندم مشاهده شد. اختلاف میان تناوب‌های مختلف از نظر کارآیی زراعی نیتروژن معنی‌دار بود و در تناوب تربچه‌روغنی: گندم به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی عملکرد اقتصادی ۲۰/۳۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. با افزایش مصرف نیتروژن به‌جز تناوب آیش: گندم کارآیی زراعی سایر تناوب‌ها کاهش یافت. کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در تناوب آیش: گندم بیش از سایر تناوب‌ها بود و به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده حدود ۳۹ کیلوگرم عملکرد تناوب افزایش یافت. بیشترین کارآیی بازیافت نیتروژن در تناوب تربچه روغنی: گندم حدود ۴۵٪ و پرکو: گندم حدود ۳۶٪ مشاهده شد. بیشترین شاخص برداشت نیتروژن در تناوب بوکو: گندم (۸۶/۵٪)، و پرکو: گندم (۸۵٪) و کمترین شاخص در تناوب آیش: گندم (۷۹/۲۸٪) مشاهده گردید. در نهایت تناوب پرکو: گندم و بوکو: گندم به دلیل بالا بودن عملکرد اقتصادی تناوب مناسب و قابل توصیه در منطقه می‌باشند.

واژه‌های کلیدی: تناوب، شاخص برداشت نیتروژن، کارآیی بازیافت نیتروژن، کارآیی مصرف نیتروژن

مقدمه

تربچه روغنی[۶] از جنس براسیکا از تیپ‌های توسعه‌یافته خردل است. پرکو گیاه علوفه‌ای از خانواده براسیکا حاصل تلاقی گیاهان تتراپلویید شده کلزای پاییزه[۷] و کلم‌چینی[۸] می‌باشد. بوکو گیاه آمفی‌پلویید جدیدی است که حاصل تلاقی تتراپلوییدی کلزای‌پاییزه[۹]، کلم‌چینی[۱۰] و شلغم[۱۱] می‌باشد (۱۴ و ۲۳). رامتیل[۱۲] متعلق به خانواده استراسه، فاسیلیا[۱۳] متعلق به خانواده بوراگیناسه[۱۴] (۲۴) و شبدر برسیم از خانواده فاباسه می‌باشد که به‌منظور کسب علوفه کشت می‌شوند.

پرکو در یک دوره ۱۱۵روزه در خوزستان بیش از ۷۰ تن علوفه تر معادل۶ تن علوفه خشک در هکتار تولید نمود و در مدت ۵ ماه ۱۳۴ تن علوفه سبز و ۱۲/۷ تن علوفه خشک با متوسط ۲۴ درصد پروتئین، مقدار ۲۷۷۰ کیلوگرم پروتئین خام در هکتار تولید نمود (۱۰).

کاشانی و همکاران (۱۴) سه رقم نوکو، بوکو و پرکو را با کشت مخلوط شبدربرسیم[۱۵]، یولاف[۱۶] در خوزستان مقایسه نمودند، نتایج

۱، ۲، ۳ و ۴- به‌ترتیب دانشجوی دکتری، استاد و دانشیاران، دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرج، گروه زراعت و اصلاح نباتات، البرز، ایران
(*- نویسنده مسئول: Email: ali. kashani@kiau.ac.ir)
۵- استادیار دانشگاه ایلام، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ایلام، ایران

6- *Raphanus sativus*
7- *Brassica napus* L. var napus
8- *Brassica campestris* L. var.sensulato
9- *Brassica napus*
10- *Brassica campestris* L. var.sensulato
11- *Brassica campestris* L. var. rapa
12- *Guizotia abyssinica*
13- *Phacelia tanacetifolia*
14- Boraginaceae
15- *Trifolium alexandrium*
16- *Avena sativa* L.

نشان داد که عملکرد گیاهان مذکور بهتر از مخلوط شبدر، یولاف بود. در ضمن میان سه رقم مورد بررسی نوکو با حداکثر محصول ماده خشک در یک دوره رشد ۵۰ روزه با عملکرد ۶/۰۷ تن در هکتار و در یک دوره ۷۳ روزه با عملکرد ۱۱/۹۷ تن در هکتار به‌عنوان بهترین علوفه شناخته شد.

استیسی و همکاران (۳۵) ذخیره نیتروژن موجود در کره زمین را حدود $۱/۶۹ \times ۱۰^{۱۷}$ تن تخمین زده‌اند، از آن‌جایی‌که نیتروژن به‌عنوان یکی از اصلی‌ترین عناصر محدودکننده رشد گیاهان به‌شمار می‌رود. کمبود این عنصر در اکثر بوم نظام‌های زراعی از طریق مصرف انواع مختلفی از کودهای شیمیایی جبران می‌شود. بنابراین، مدیریت صحیح کود و اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه عناصرغذایی، هزینه‌ها را به حداقل می‌رساند و کارآیی مصرف نهاده‌ها را افزایش می‌دهد (۱۱).

افزایش نیتروژن در مراحل مختلف رشد گندم در افزایش عملکرد دانه، تعداد دانه در سنبله، افزایش وزن دانه، شاخص برداشت، درصد پروتئین و افزایش کارآیی مصرف نیتروژن مؤثر است (۳۷). با افزایش مصرف کود نیتروژن در گندم، تعداد پنجه‌های بارور، تعداد سنبله در مترمربع، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و عملکرد کاه افزایش می‌یابد (۴۳)، افزایش سطوح نیتروژن افزایش معنی‌دار تعداد سنبله در واحد سطح را در بردارد (۴۱ و ۴۲).

براساس مطالعه‌ی ران و جانسون (۳۱) از مجموع کود نیتروژنه مصرفی در زراعت گندم زمستانه[۲] ۴۱-۲۱ درصد جذب نشده و تلف می‌گردد. آنها کارآیی کودهای نیتروژنه مصرفی را در زراعت غلات ۵۰-۳۳ درصد گزارش نموده‌اند، این مقدار در کشورهای در حال توسعه ۲۹ درصد و در کشورهای توسعه‌یافته ۴۲ درصد برآورد گردیده است. دوبرمن (۷) مقدار بازیافت ظاهری نیتروژن را برای برنج[۳] ۴۴ درصد، گندم ۵۴ درصد و ذرت ۶۳ درصد گزارش نمود. رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹) گزارش کردند حداکثر بازیافت نیتروژن در تناوب ذرت:[۴] گندم ۵۶ درصد و چغندرقند[۵]: گندم به میزان ۴۸ درصد مشاهده شد.

کارآیی زراعی نیتروژن[۶] (NAE) توانایی گیاه یا سیستم را در افزایش عملکرد در پاسخ به نیتروژن مصرف شده نشان می‌دهد و با توجه به قیمت منابع کودی و قیمت خرید محصول می‌توان بهترین تیمار کودی از نظر اقتصادی را با استفاده از کارآیی زراعی تعیین کرد. کارآیی زراعی نیتروژن به دو مؤلفه شامل کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن و بازیافت ظاهری نیتروژن تقسیم می‌شود (۲۷). به اعتقاد بروسارد و همکاران (۳)، کارایی مصرف نیتروژن عبارت از تولید خالص اولیه به‌ازای میزان نیتروژن جذب شده است مول و همکاران (۲۷)، لیمون‌اورتگا و همکاران (۲۱) بیان نمودند، کارآیی مصرف نیتروژن نشان‌دهنده میزان قابل مصرف نیتروژن از کل میزان نیتروژن موجود در خاک است.

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن[۷] (NPE) توانایی گیاه یا سیستم را در افزایش عملکرد در پاسخ به نیتروژن جذب شده نشان می‌دهد (۲۷). کارآیی بازیافت نیتروژن[۸](NRE) توانایی گیاه یا سیستم را در جذب نیتروژن به ازاء هر واحد نیتروژن مصرفی نشان می‌دهد. پایین بودن کارآیی بازیافت نیتروژن در نظام‌های تناوبی رایج حاکی از تلفات بالای نیتروژن دراین نظام‌های زراعی و پایداری پایین این سیستم‌ها است (۱۲). شاخص برداشت نیتروژن[۹](NHI) عبارت است از نسبت نیتروژن دانه (نیتروژن ذخیره شده در محصول اقتصادی) به کل نیتروژن جذب شده در گیاه یا سیستم زراعی. شاخص برداشت نیتروژن نمایانگر میزان پروتئین دانه (محصول) است و بنابراین کیفیت تغذیه‌ای دانه را بیان می‌کند (۱۲).

به گزارش دلوگو و همکاران (۶) با افزایش مقدار مصرف کود نیتروژنه شاخص‌های کارآیی مصرف نیتروژن کاهش می‌یابد که نشان‌دهنده پایین بودن سودمندی نیتروژن در این شرایط است. به گزارش ژائو و همکاران (۴۴) مصرف کود نیتروژنه در حد متعادل و بهینه در نظام تناوبی گندم: ذرت می‌تواند کارآیی نیتروژن مصرفی را نسبت به نظام رایج با مصرف زیاد کود نیتروژنه به میزان حدود ۳/۵ برابر افزایش دهد.

رحیمی‌زاده و همکاران (۳۰) تناوب‌های دو گانه شبدر: گندم، چغندرقند: گندم، سیب زمینی[۱۰]: گندم و ذرت سیلویی: گندم را بررسی و گزارش کردند که تناوب زراعی و میزان نیتروژن مصرفی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد کل، جذب کل نیتروژن، کارآیی زراعی، کارآیی فیزیولوژیکی، کارآیی بازیافت و شاخص برداشت نیتروژن گندم دارد. افزایش مصرف نیتروژن در گندم منجر به کاهش کارآیی زراعی، کارآیی فیزیولوژیک و کارآیی بازیافت نیتروژن شد. برگشت بقایای محصول پیش‌کاشت گندم شامل (ذرت سیلویی، شبدر، چغندرقند و سیب زمینی) تأثیر معنی‌داری بر کارآیی زراعی و کارآیی بازیافت نیتروژن نداشت، اما کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن را اندکی کاهش داد.

لطف‌الهی (۱۶) مصرف کود نیتروژن به‌صورت تقسیط در شش سطح را بررسی و گزارش نمود که در سال اول بیشترین عملکرد دانه گندم به میزان ۸/۴۵۸ تن مربوط به تیمار مصرف نیتروژن به‌صورت

1- *Avena sativa* L.
2- *Triticum aestivum* L.
3- *Oryza Sativa* L.
4- *Zea mays*
5- *Beta vulgaris* L.
6- Nitrogen Agronomic Efficiency
7- Nitrogen physiological efficiency
8- Nitrogen Recovery Efficiency
9- Nitrogen Harvest Index
10- *Solanum tuberosum* L.

ثلث قبل از کاشت، ثلث زمان پنجه دهی و محلول‌پاشی در زمان گلدهی و بیشترین درصد بازیافت نیتروژن به میزان ۲۹/۳۶ و همچنین بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن به میزان ۱۳/۱ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیماری که ثلث کود ازته زمان کاشت، ثلث زمان گل‌دهی و محلول‌پاشی در زمان پنجه‌دهی مصرف شد به‌دست آمد. در سال دوم بیشترین عملکرد دانه به میزان ۵/۰۳۱ تن، بیشترین درصد بازیافت نیتروژن به میزان ۳۹/۷۸ و همچنین بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن به میزان ۱۳/۳۲ کیلوگرم بر کیلوگرم در تیماری که ثلث کود ازته زمان کاشت، ثلث زمان گلدهی و محلول‌پاشی در زمان پنجه‌دهی مصرف شد به‌دست آمد.

کوچکی و همکاران (۱۵) خاطر نشان کردند که کشت مخلوط تأخیری، تأثیر معنی‌داری بر میزان نیتروژن جذب شده، جذب نسبی و کارایی جذب و مصرف نیتروژن گندم و ذرت داشت. بیشترین و کمترین کارایی جذب برای گندم و ذرت به‌ترتیب (۳۳/۷۰ و ۳۶/۵۰ کیلوگرم نیتروژن اندام گیاهی به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن خاک) مشاهده شد. بیشترین کارآیی مصرف نیتروژن براساس عملکرد دانه برای گندم و ذرت به‌ترتیب ۸۸/۶۲ و ۱۴۷/۳۳ کیلوگرم نیتروژن دانه به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن اندام گیاه بود.

لوپزبلیدو و لوپزبلیدو (۲۰) گزارش نمودند درکشت متوالی گندم به دلیل بروز عوامل محدودکننده رشد (کاهش حاصلخیزی خاک، طغیان آفات و بیماری‌ها) و کاهش عملکرد محصول، توانایی گیاه در استفاده مناسب از نیتروژن قابل دسترس در خاک کاهش یافته و درنتیجه کارآیی مصرف نیتروژن دچار نقصان می‌گردد. افزایش سطح تنوع زیستی زراعی از طریق تناوب زراعی یکی از مهمترین عوامل مؤثر در جهت افزایش سطح کارآیی نیتروژن مصرفی در بوم نظام‌های زراعی رایج می‌باشد (۲۷). سی یو و همکاران (۵) گزارش نمودند که مدیریت استفاده از نیتروژن در مقایسه با اصول مرسوم مورد استفاده کشاورزان باعث شد که کارآیی بازیافت نیتروژن (REN)، کارآیی زراعی نیتروژن (AEN) و بهره‌وری جذب نیتروژن (PFPN) به‌ترتیب از ۱۸ درصد، ۳ و ۱ کیلوگرم بر کیلوگرم در روش متداول به ۴۴ درصد، ۱۱ و ۵۶ کیلوگرم بر کیلوگرم در روش مدیریت نیتروژن بهبود یابد.

آزمایش حسین و همکاران (۱۳) در فیض‌آباد پاکستان نشان داد، به‌کار بردن کود سبز در مقایسه با کودهای حیوانی بهترین نتیجه را بر روی عملکرد دانه و افزایش جذب نیتروژن در گندم داشته است. در این آزمایش مشخص شد که کود سبز تا ۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به خاک اضافه می‌نماید.

مطالعات تناوب زراعی برانت وزنتنر (۲) در کشور کانادا نشان داد که وارد کردن براسیکا (کلزا) در تناوب با گندم، عملکرد گندم را ۹ درصد افزایش داد. مارتینز و فرانک‌برگر (۲۵) اضافه کردن مواد ارگانیک (کودهای آلی گیاهی) ازجمله کود سبز معمولاً باعث افزایش کربن آلی خاک، ثبات خاک‌دانه‌ها، افزایش قابلیت نفوذ خاک و هدایت هیدرولیکی خاک می‌گردد. استیونس و نوکسل (۳۶) بیان کردند که عملکرد گندم پس از نخود[1] نسبت به کشت مداوم گندم ۴۳ درصد افزایش نشان داد و کل نیتروژن تجمع یافته توسط گندم ۲۷ کیلوگرم در هکتار بیشتر از کشت مداوم گندم بود.

در یک تناوب طولانی مدت گندم با گیاهان لگوم که به مدت ده سال در آمریکا انجام گرفت گاریا و سیمز (۱۷) به این نتیجه رسیدند که میزان نیتروژن کل خاک در تناوب‌های گندم: شبدر و گندم: ماش به‌ترتیب ۲۳۹ و ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار بیشتر از کاشت ممتد گندم بود.

اثر زراعت پیش کاشت بر محصول بعدی در تناوب به عواملی همچون نوع گیاه، طول دوره رشد گیاه، میزان رطوبت خاک، نوع شخم، نحوه آبیاری، میزان مصرف کود نیتروژنه در زراعت پیش‌کاشت، میزان برگشت بقایای محصول پیش کاشت به خاک و کیفیت بقایای برگشتی به خاک بستگی دارد (۳۹). به عقیده میلر و همکاران (۲۶) نوع گیاهان کشت شده در سال‌های قبل می‌توانند از طریق ایجاد شرایط متفاوت در خاک (فراهمی نیتروژن، ماده آلی، حجم آب قابل دسترس) موجب بهبود عملکرد گیاه بعدی شود. این آزمایش با هدف تعیین مناسب‌ترین تناوب زراعی و ارزیابی تأثیر مقادیر نیتروژن مصرفی از حیث کارآیی مصرف و کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن و همچنین شاخص برداشت نیتروژن طرح‌ریزی و اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش در موقعیت جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۶ دقیقه شرقی و ۴۲ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی در ارتفاع ۱۲۵۷ متر از سطح دریای آزاد در دهستان کارزان در۲۰ کیلومتری ایلام، که دارای آب و هوای معتدل با میانگین دمایی حداکثر ۲۷/۲ در مرداد ماه و میانگین حداقل دمایی ۵/۹- درجه در بهمن ماه و متوسط بارندگی سالانه ۵۹۸/۶ میلی‌متر با متوسط رطوبت نسبی ۳۹/۹۳ و ۳۶ روز یخبندان در سال واقع گردیده است. جهت تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک از اعماق۳۰-۰ و۶۰-۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک به‌عمل آمد که نتایج آن در جدول ۱ آمده است.

ابتدا گیاهان پیش‌کاشت در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۴ تکرار کشت گردیدند. تیمارهای آزمایشی گیاهان (پرکو، بوکو، شبدر برسیم، تربچه روغنی، ترکیب سه گیاه رامتیل، فاسیلیا و شبدر برسیم و شاهد بدون پیش‌کاشت) در نظر گرفته شد. از ترکیب سه گیاه از خانواده‌های دیگر غیر از براسیکا جهت تلفیق خواص آنها در مقایسه با براسیکاها استفاده گردید. آزمایش در سال زراعی ۹۲-۹۱ به اجرا درآمد. کاشت در تاریخ ۱۳۹۱/۵/۲۰ در خطوط با فاصله ۲۰ سانتی‌متر و در ابعاد کرت‌های ۳۰ متر مربعی صورت و برداشت و چپ نمودن در تاریخ ۱۳۹۱/۷/۲۰ انجام گردید.

1- *Pisum sativum* L.

جدول ۱- نتایج آزمایش خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Results of soil tests implementation of experimental site

عمق خاک Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	پتاسیم Potassium (ppm)	نیتروژن Nitrogen (%)	کربن آلی (%) Organic Carbon (%)	اسیدیته خاک (pH)	شوری خاک EC ($dS\ m^{-1}$)	فسفر Phosphorus (ppm)
0-30	لومی – رسی Silty-Clay	760	0.11	1.06	7.90	0.58	10.5
31-60	لومی – رسی Silty- Clay	420	0.07	0.76	7.85	0.58	4.4

عمق خاک Soil depth (cm)	وزن مخصوص حقیقی Actual specific weights ($g\ cm^{-3}$)	وزن مخصوص ظاهری Apparent specific weights ($g\ cm^{-3}$)	روی Zinc (ppm)	مس Copper (ppm)	آهن Iron (%)
0-30	2.66	1.43	0.48	1.4	8.7
31-60	2.66	1.65	0.34	1.01	8.6

آزمایش اصلی به‌صورت کرت‌های خرد شده (اسپلیت پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار به اجرا درآمد. فاکتور اصلی شامل ۶ سطح (شاهد، پرکو، بوکو، شبدر برسیم، ترکیب سه گیاه رامتیل، فاسیلیا، شبدر برسیم، و تربچه روغنی) فاکتور فرعی کود نیتروژن در چهار سطح (صفر مقدار کود (شاهد)، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار (نیاز کودی گیاه)، ۵۰٪ کمتر از نیاز کودی، ۵۰٪ بیشتر از نیاز کودی). مقدار کود مورد نیاز گیاه براساس راندمان مصرف نیتروژن در ایلام و براساس میزان درصد مواد آلی (OC%) خاک، معادل ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص تعیین گردید که بر این اساس مقادیر ۵۰٪ کمتر به میزان ۷۵ کیلو نیتروژن خالص و مقدار ۵۰٪ بیشتر به میزان ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن خالص محاسبه گردید. گندم رقم پیشتاز براساس نظر کارشناسان مرکز تحقیقات ایلام و با عنایت به فراوانی سطح زیر کشت آن در منطقه مورد استفاده قرار گرفت و کشت آن در نیمه اول آبان صورت و برداشت در نیمه دوم خرداد ماه صورت پذیرفت. کود مصرفی در سه مرحله (پیش از کاشت، شروع ساقه‌دهی و قبل از گل‌دهی) به‌صورت مساوی اعمال گردید.

صفات مورد ارزیابی عبارت بودند از: عملکرد اقتصادی، اجزاء عملکرد، عملکرد بیولوژیک، وزن خشک محصول، میزان نیتروژن موجود در بخش اقتصادی محصول (دانه گندم)، میزان نیتروژن موجود در بقایای به‌جا مانده از محصول گندم، و میزان نیتروژن باقی‌مانده در خاک پس از برداشت محصول، در هر نظام تناوبی نیز کارآیی زراعی نیتروژن، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، بازیافت ظاهری نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن محاسبه و ارزیابی شد.

برای هر محصول زراعی عملکرد اقتصادی و بیولوژیک از برداشت دو نمونه تصادفی حاصل از دو کوادرات یک مترمربعی در هر کرت فرعی پس از حذف اثرات حاشیه‌ای به‌دست آمد. جهت تعیین وزن خشک، یک نمونه نیم کیلوگرمی از محصول برداشتی پس از خرد کردن در داخل آون با حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت قرار داده شد. میزان نیتروژن بافت‌های گیاهی و خاک با استفاده از دستگاه میکرو کجلدال به روش هضم تر به‌دست آمد.

محاسبه شاخص‌های کارآیی زراعی نیتروژن، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، بازیافت ظاهری نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن براساس روش مول و همکاران (۲۳) و لوپزبلیدو و لوپزبلیدو (۱۷، ۱۹ و ۲۰)، تایم سینا و همکاران (۳۸)، دلوگو و همکاران (۵)، سوورس و همکاران (۳۴)، لطف‌الهی (۱۶)، رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹ و ۳۰)، عباسی و همکاران (۱) و فان و همکاران (۷) به شرح فرمول‌های زیر انجام پذیرفت.

$$(NAE)= (YN_x-YN_0)/FN \quad (۱)$$

کارآیی زراعی نیتروژن

YN_x= عملکرد کل تناوب زراعی (شامل عملکرد بیولوژیک گیاه پیش‌کاشت و گندم) بر حسب کیلوگرم در واحد سطح در تیمار کودی

YN_0 = عملکرد کل تناوب زراعی بر حسب کیلوگرم در واحد سطح در تیمار شاهد که کودی دریافت نکرده است.

FN = کود نیتروژنه مصرفی بر حسب کیلوگرم در واحد سطح

$$(NPE) =(YN_x-YN_0)/(D-E) \quad (۲)$$

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن

$$(NRE)=(D-E)/FN \quad (۳)$$

بازیافت ظاهری نیتروژن

D=کل نیتروژن جذب شده بر حسب کیلوگرم توسط گیاهان زراعی در تناوب (محصول بیولوژیک) در تیمار کودی که برای هر گیاه برابر است با (غلظت نیتروژن ×وزن خشک محصول کل)

E=کل نیتروژن جذب شده بر حسب کیلوگرم توسط گیاهان زراعی در تیمار شاهد (بدون کود) که برای هر گیاه برابر است با (وزن خشک محصول کل× غلظت نیتروژن).

$$(NHI)=Ng/D\times100 \quad (۴)$$

شاخص برداشت نیتروژن

Ng = کل نیتروژن جذب شده در محصول اقتصادی (دانه) تناوب که برای هر گیاه برابر است با وزن خشک محصول اقتصادی در واحد

سطح× غلظت نیتروژن.

تجزیه و تحلیل اطلاعات با استفاده از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت پذیرفت و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد علوفه سبز پیش‌کاشت‌ها

براساس نتایج تجزیه واریانس میان ارقام مورد استفاده از نظر صفت عملکرد علوفه سبز در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۲). بیشترین عملکرد علوفه سبز متعلق به پرکو، تربچه‌روغنی و بوکو به‌ترتیب با تولید ۶۹۵۸۶، ۶۹۱۶۴ و ۶۷۴۰۸ کیلوگرم در هکتار بود و این سه گونه در یک سطح آماری قرار گرفتند و کمترین عملکرد بیولوژیک متعلق به گونه شبدر برسیم با تولید ۳۸۴۶۴ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۳). بر این اساس عملکرد بیولوژیک ارقام تربچه‌روغنی و پرکو نسبت به سایر ارقام بهتر بوده و شاهد افزایش عملکرد آنها به میزان ۸۱ درصد و بوکو به میزان ۷۵ درصد نسبت به شبدر برسیم که رقم مناسب علوفه‌ای در منطقه می‌باشد بودیم. این نتایج با تحقیقات کاشانی و همکاران (۱۴)، حمدی و همکاران (۱۰) و لوپاشکوه (۲۳) مطابقت دارد.

وزن خشک کل پیش‌کاشت‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میان ارقام مورد استفاده در صفت وزن خشک کل اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال آماری ۵ درصد وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۲). بیشترین عملکرد وزن خشک را پرکو با ۷۱۴۷/۵ کیلوگرم در هکتار داشت و کمترین عملکرد ماده خشک به ترکیب سه گونه شبدر برسیم، رامتیل و فاسیلیا با تولید ۴۸۶۶ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت (جدول ۳). براساس نتایج پژوهش پرکو نسبت به شبدر عملکرد بیشتری به میزان ۴۴/۷۶ درصد تولید نمود.

درصد پروتئین پیش‌کاشت‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که میان ارقام مورد استفاده از نظر درصد پروتئین اختلاف معنی‌داری وجود دارد ($P\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۲). به‌طوری‌که بوکو با ۲۳/۳۶ درصد پروتئین بیشترین و تربچه روغنی با ۱۷/۹۵درصد، کمترین درصد پروتئین را دارا بود (جدول۳). کاشانی درصد پروتئین بوکو را ۲۵٪، حمدی و همکاران ۲۴ ٪ اعلام نمودند.

عملکرد دانه گندم

میان سطوح فاکتور اصلی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۴). بنابراین پیش‌کاشت‌ها باعث ایجاد تغییرات در میزان تولید دانه نسبت به شاهد گردیدند، به نحوی که گیاهان جدید پرکو، بوکو، تربچه‌روغنی و ترکیب سه گیاه (رامتیل، فاسیلیا و شبدر) در یک سطح آماری و شبدر برسیم و شاهد (عدم پیش‌کاشت) در سطح آماری دیگری قرار گرفتند. میزان تولید دانه گندم در تناوب بوکو: گندم با میانگین ۸۳۴۵ کیلوگرم در هکتار بالاترین تولید و تیمار شاهد (آیش: گندم) با میانگین ۴۴۹۱ کیلوگرم در هکتار کمترین دانه را تولید نمود (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مختلف گونه‌های گیاهی مورد مطالعه

Table 2- Analysis of variance different plant species studied

S.O.V	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات Mean square		
		درصد پروتئین Percent protein	ماده خشک کل Total dry matter	عملکرد بیولوژیکی Biological yield
تکرار Replication	3	12.139^{ns}	954922 ^{ns}	165379626 ^{ns}
تیمار Treatment	4	22.228**	4211174.8*	82875925 **
اشتباه Test error	12	5.964	864995.7	98432412
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	11.68	15.92	16.95

ns ، *و** به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

*Significant at 0.05 probability level. ** Significant at 0.01 probability level.ns non-significant.

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در گیاهان پیش‌کاشت

Table 3- Mean comparisons of different traits at different pre-sowing plants

شرح Description	پروتئین Percent protein	ماده خشک کل Total dry matter (kg ha^{-1})	عملکرد علوفه سبز Biological yield (kg ha^{-1})
پرکو Perko	20.98 abc	7147.5 a	69586 a
بوکو Buko	23.36 a	5598.7 bc	67408 a
شبدر برسیم Clover	19.28 bc	c4937.2 c	38464 b
رامتیل، فاسیلیا و شبدر برسیم Ramtil, Phacelia, Clover	22.36 ab	4866 c	47950 b
تربچه روغنی Oilseed radish	17.96 c	6664.4 ab	69164 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Treatment with the same letters don't show significant differences by Duncan multiple range test in each column

بین سطوح فاکتور فرعی از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار مشاهده شد ($P\leq$۰/۰۱) (جدول ۴) بیشترین تولید گندم به میزان ۸۴۴۰/۸ کیلوگرم مربوط به تیمار توصیه کودی و کمترین ۵۰۳۹ کیلوگرم به تیمار شاهد (صفر مقدار کود) تعلق داشت (جدول ۵). در میان اثرات متقابل بیشترین عملکرد به تناوب بوکو: گندم و ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به میزان ۹۷۹۳ کیلوگرم در هکتار و کمترین به تیمار شاهد (آیش: گندم) و صفر مقدار کود با تولید ۳۳۶۵ کیلوگرم در هکتار تعلق داشت. محققین دیگری نیزبر برتری ارقام براسیکا به‌عنوان پیش‌کاشت، جهت افزایش عملکرد کمی و کیفی گندم تأیید نمودند (۲۹).

در تمامی تناوب‌های مورد آزمایش با افزایش مصرف نیتروژن عملکرد کل افزایش یافت. بیشترین عکس‌العمل عملکرد به مصرف کود نیتروژنه در تناوب بوکو: گندم (۸۵/۸٪) افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد و تیمارپرکو: گندم (۸۰/۹٪) افزایش عملکرد نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد، اما عملکرد کل در تناوب شبدر: گندم کمترین واکنش را به افزایش نیتروژن مصرفی (۴۵/۸٪) نسبت به تیمار شاهد نشان داد. این نتیجه گویای آن است که در شرایط کشت تناوبی گندم نسبت به کشت متوالی به دلیل اثرات مفید تناوب‌زراعی نیاز سیستم زراعی به مصرف نهاده‌هایی چون کود نیتروژن کاهش می‌یابد. نتایج آزمایش فوسی و همکاران (۹) کریستن و همکاران (۴) رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹) نیز نشان داد که کشت متوالی غلات بیشترین عکس‌العمل را به افزایش مصرف کود نیتروژنه نشان می‌دهد.

تعداد سنبله در واحد سطح

تعداد سنبله در واحد سطح تحت تأثیر تیمارهای پیش‌کاشت و اثرات متقابل پیش‌کاشت و کود نیتروژن قرار نگرفت. اما سطوح نیتروژن بر روی این صفت تأثیر معنی‌داری بر جای گذاشت و با افزایش میزان نیتروژن تعداد سنبله در واحد سطح افزایش یافت. زیرا کود نیتروژن تأثیر مثبتی بر افزایش تعداد پنجه داشته و تعداد پنجه‌های بارور نخستین پیش شرط دست‌یابی به عملکرد مطلوب (تعداد سنبله) در واحد سطح است. محققین دیگر نیز اعلام کردند، کود نیتروژن عملکرد دانه را به‌طور عمده از طریق افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بالا می‌برد (۴۰ و ۴۱).

تعداد سنبلچه در سنبله

میان سطوح فاکتور اصلی و فرعی از نظر تعداد سنبلچه در سنبله اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۴) و تعداد سنبلچه در سنبله به شدت تحت تأثیر پیش‌کاشت‌ها و سطوح نیتروژن قرار گرفت. کاشت دو رقم پرکو و بوکو باعث تولید بالاترین تعداد سنبلچه در هر سنبله با میانگین ۱۳/۳۷ و ۱۳/۲۴ سنبلچه گردید. تیمار شاهد (بدون پیش‌کاشت) با میانگین ۱۰/۸۱ کمترین میزان تعداد سنبلچه در هر سنبله را تولید نمود. محققین دیگری نیز گزارش کرده‌اند که افزایش کود نیتروژن باعث افزایش تعداد سنبلچه در سنبله می‌گردد (۱۶ و ۲۹).

تعداد دانه در سنبله

مصرف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر روی تعداد دانه در سنبله داشت ولی تیمارهای پیش‌کاشت و اثر متقابل پیش‌کاشت و نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در سنبله نداشت (جدول ۴). بیشترین تعداد دانه در سنبله در تناوب پرکو: گندم به میزان ۲۷/۶۳ و کمترین در تناوب شبدر برسیم: گندم به میزان ۲۳/۹۵ دانه مشاهده گردید. نتایج حاکی از آن است که بیشترین تعداد دانه در سنبله با مصرف ۲۲۵ کیلوگرم نیتروژن به میزان ۳۰/۴۶ دانه و کمترین تعداد در تیمار عدم مصرف نیتروژن به میزان ۲۳/۳۷ به‌دست آمد. رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹)، زبارت و شیرد (۴۳) اعلام کردند تعداد دانه در سنبله با افزایش نیتروژن کاهش یافت. محققین دیگری اثر مثبت کود نیتروژن را در افزایش تعداد دانه در سنبله را گزارش نموده‌اند (۴۱ و ۴۲).

جدول ٤- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد گندم

Table 4- Analysis of variance investigated yield and yield component of wheat

		میانگین مربعات Mean square							
منابع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	تعداد سنبله بارور Number of fertile spikes	وزن دانه در سنبله Grain weight per spike	تعداد دانه در سنبلچه Number of grains per spike	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه Thousand kernel weight	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد دانه Grain yield
تکرار Replication	3	83275 ns	0.141 *	0.444 **	6.31 *	22.66 ns	71.90 **	79.26 **	77374.6 *
سطوح تناوب Rotation (A)	5	95430.4 ns	0.06 ns	0.314 **	17.74**	36.16 ns	31.30 ns	251.64**	313645.6*
اشتباه اصلی(Ea) Test error (a)	15	50672	0.106	0.058	3.77	33.08	37.08	36.56	105349
سطوح نیتروژن Fertilizer (B)	3	143712*	0.096 ns	0.317 **	18.78 **	232.51 **	72.74 **	39.561 ns	627072**
اثر متقابل (a*b) Interaction (A*B)	15	48136 ns	0.053 ns	0.031 ns	1.28 ns	12.92ns	22.04 ns	25.73 ns	29297.6 ns
اشتباه فرعی (Eb) Test error (b)	54	50672	0.036	0.044	2.23	22.49	15.42	16.47	21684.2
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	23.4	20.12	9.74	12.23	18.01	11.03	10.64	20.96

ns، * و ** به‌ترتیب عدم وجود اختلاف معنی دار، اختلاف در سطح ۵٪ و اختلاف معنی دار در سطح۱٪ می باشند.

*Significant at 0.05 probability level. ** Significant at 0.01 probability level. ns, non-significant.

وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که میان سطوح فاکتور اصلی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. ولی میان سطوح فاکتور فرعی از نظر وزن هزار دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۱) (جدول ۴). وزن هزار دانه در پیش‌کاشت بوکو با میانگین ۳۶/۷۲ گرم بیشترین و تیمار شاهد با ۳۲/۹۲ گرم کمترین وزن هزار دانه را تولید نمود.

شاخص برداشت

میان سطوح فاکتور اصلی (پیش‌کاشت) اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۱)، ولی میان سطوح نیتروژن اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۴). بیشترین شاخص برداشت متعلق به تناوب بوکو: گندم به میزان ۴۳/۲۶ بوده و کمترین به تناوب آیش: گندم تعلق داشت. با افزایش میزان نیتروژن شاخص برداشت کاهش یافت و کمترین شاخص متعلق به بالاترین سطح کودی به میزان ۳۶/۹۵ به‌دست آمد (جدول ۵). محققین دیگری نیز کاهش شاخص برداشت در اثر افزایش کود نیتروژن را تأیید نموده‌اند (۴۲). با عنایت به این که افزایش نیتروژن متناسب با افزایش عملکرد دانه، کاه و کلش را نیز به‌طور معنی‌داری افزایش می‌دهد لذا طبیعی به نظر می‌رسد با افزایش مصرف نیتروژن با کاهش شاخص برداشت مواجه شویم. زبارت و شیرد (۴۳) اعلام نمودند شاخص برداشت در اثر مصرف کود نیتروژن کاهش یافت.

نیتروژن کل جذب شده

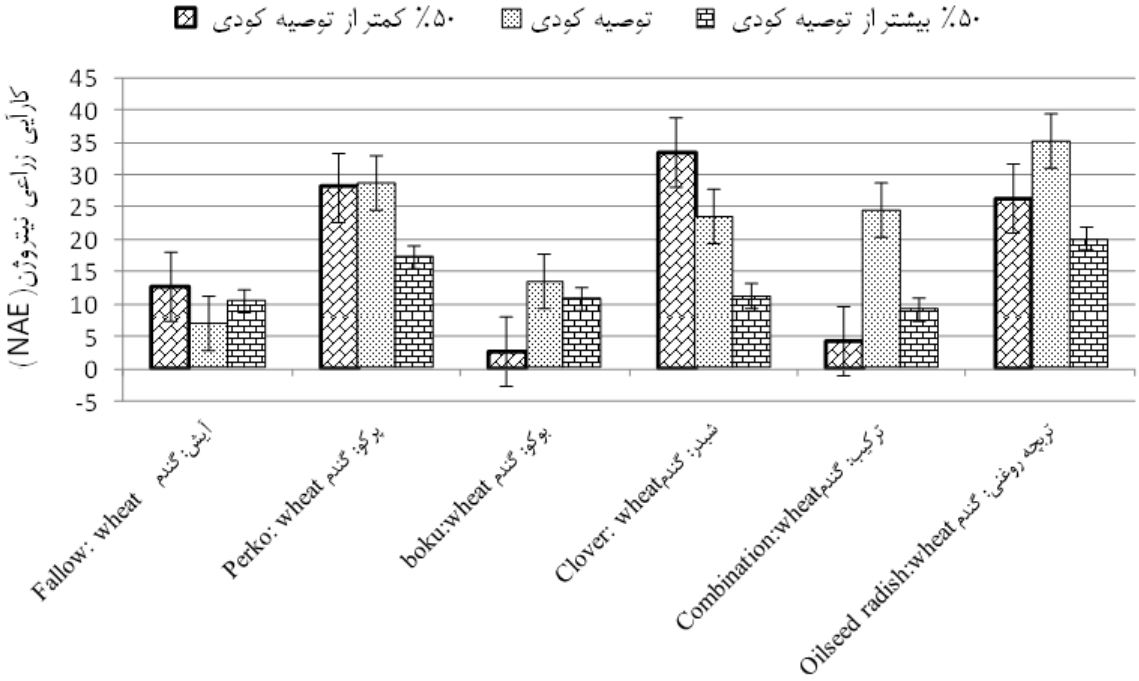
میان سطوح فاکتور اصلی از نظر نیتروژن کل جذب شده اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۵). جذب نیتروژن در تناوب‌های زراعی مورد آزمایش نیز در واکنش به مقادیر کود نیتروژنه مصرفی متفاوت بود (جدول ۳) بیشترین جذب نیتروژن از خاک به میزان ۱۷۲/۲ کیلوگرم در تناوب بوکو: گندم و کمترین میزان در تناوب شبدر: گندم به میزان ۱۳۳/۷۳ و تیمار شاهد ۹۰/۳۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (جدول ۶). با افزایش مصرف کود نیتروژنه، جذب نیتروژن از خاک در تناوب‌های مختلف افزایش یافت و در تناوب بوکو: گندم بیشترین عکس‌العمل به مصرف کود نیتروژنه در بالاترین سطح تیمار کودی به میزان (۶۸٪) نسبت به تیمار شاهد مشاهده شد. گویی‌لارد و همکاران (۱۸) نیز گزارش نمودند با افزایش کاربرد کود نیتروژنه، عملکرد ماده خشک و جذب نیتروژن در تناوب‌های فاقد بقولات افزایش یافت در حالی‌که کارآیی استفاده از نیتروژن و بازیافت نیتروژن در این تناوب‌ها کاهش یافت.

کارآیی زراعی نیتروژن (NAE)

نتایج آزمایش نشان داد که کارآیی زراعی نیتروژن در تناوب‌های شش‌گانه مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت ($P\leq$ ۰/۰۵) (جدول ۵). تناوب تربچه‌روغنی: گندم دارای بیشترین NAE بود به‌طوری‌که در این تناوب به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی عملکرد اقتصادی ۲۰/۳۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. در حالی‌که در تناوب بوکو: گندم با کمترین NAE به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی عملکرد اقتصادی ۶/۶۷ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت (جدول ۶). با افزایش مصرف نیتروژن به‌جز تناوب آیش: گندم کارآیی زراعی سایر تناوب‌ها کاهش یافت، بیشترین کارآیی زراعی به میزان ۲۲/۰۶ با مصرف نیتروژن منطبق بر توصیه کودی به‌دست آمد و کمترین عملکرد اقتصادی به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی ۱۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

در تناوب بوکو: گندم به دلیل تولید بالای پیش‌کاشت بوکو نسبت به سایر پیش‌کاشت‌ها، بقایای بیشتری به خاک افزوده شده و با عنایت به درصد نیتروژن بالای این بقایا و بهبود ماده آلی خاک نسبت به سایر تناوب‌ها، در عمل گندم از نیتروژنی که از طریق بقایا به خاک افزوده شده نسبت به سایر تناوب‌ها استفاده بیشتری نموده و به دلیل یکسان بودن پتانسیل عملکرد رقم برای کلیه تیمارها کارآیی زراعی کود آن کمتر از سایر تیمارها است. به همین دلیل در تیمار بدون پیش‌کاشت به دلیل عدم افزایش بقایا به خاک، گندم قسمت اعظم نیتروژن مورد استفاده را از کود مصرفی تأمین کرده و به‌ازای هر واحد کود مصرفی عملکرد بیشتری تولید نمود.

همچنین نتایج آزمایش نشان داد که کارآیی زراعی نیتروژن از نظر اثرات متقابل کود نیتروژن و تناوب زراعی مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت ($P\leq$۰/۰۵) (جدول ۵). براساس نتایج مندرج در شکل ۱ مشاهده می‌گردد که مصرف کود تا توصیه کودی ابتدا کارآیی زراعی افزایش و سپس کارآیی زراعی نیتروژن کاهش یافت. بیشترین کارآیی زراعی به میزان ۳۵/۱۷ در تیمار مصرف نیتروژن منطبق بر توصیه کودی منطقه و در تناوب تربچه روغنی: گندم به‌دست آمد. در حالی‌که کمترین کارآیی زراعی به میزان ۲/۵ در تیمار مصرف نیتروژن به میزان ۵۰٪ کمتر از توصیه کودی و تناوب بوکو: گندم مشاهده شد (شکل ۱). نتایج نشان داد که در کشت تربچه روغنی: گندم کاهش نیتروژن مصرفی می‌تواند به کاهش شدید عملکرد منجر شود در حالی‌که در سایر نظام‌های تناوبی به دلیل اثرات مثبت تناوب حساسیت عملکرد به کود نیتروژن کمتر می‌باشد. لوپزبلیدو و لوپزبلیدو (۲۲)، رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹)، عباسی و همکاران (۱)، توی و همکاران (۳۹) سی‌یو و همکاران (۵) نیز گزارش نمودند که اثر متقابل تناوب زراعی و کود نیتروژنه بر NAE معنی‌دار بوده و با افزایش مصرف نیتروژن NAE کاهش یافت.



شکل ۱- اثرات متقابل مقدار نیتروژن مصرفی و تناوب زراعی برکارآیی زراعی نیتروژن
Figure 1- Nitrogen Agronomic Efficiency (NAE) affected by different crop rotation

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن (NPE)

نتایج نشان داد که کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در تناوب‌های مورد بررسی تفاوت معنی‌داری نداشت و عکس‌العمل NPE در تناوب‌های مورد بررسی به کود نیتروژنه متفاوت بود ($P\leq$ ۰/۰۰۱) (جدول ۵). کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در تناوب آیش: گندم بیش از سایر تناوب‌ها بود به‌طوری‌که به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده حدود ۳۹ کیلوگرم عملکرد کل تناوب افزایش یافت در حالی‌که در تناوب شبدر برسیم: گندم که کمترین NPE را داشت تنها به‌ازاء هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده حدود ۲۶ کیلوگرم عملکرد کل تناوب افزایش یافت (جدول ۶).

در تناوب‌های مورد بررسی با افزایش مصرف نیتروژن کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن به استثناء تناوب آیش: گندم کاهش یافت در حالی‌که در تناوب آیش: گندم کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در شرایط مصرف بهینه کود نیتروژنه در حداکثر مقدار بود و سپس روند کاهشی داشت (جدول ۶). این نتیجه مؤید آن است که در این تناوب به دلیل کاهش حاصلخیزی خاک و وجود عوامل محدودکننده تولید، واکنش به جذب نیتروژن در سیستم بیشتر است. نتایج آزمایش لوپزبلیدو و لوپزبلیدو (۲۱)، سی‌یو و همکاران (۵) و رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹) نیز حاکی از آن است که کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در نظام‌های تناوبی به میزان نیتروژن مصرفی بستگی دارد و با افزایش مصرف نیتروژن کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن کاهش می‌یابد.

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در شرایط مصرف بهینه کود نیتروژنه حداکثر مقدار بود به‌طوری‌که به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده حدود ۵۵ کیلوگرم عملکرد کل افزایش یافت. به گزارش ژائو و همکاران (۴۴) مصرف کود نیتروژنه در حد متعادل و بهینه در نظام تناوبی ذرت: گندم می‌تواند کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن مصرفی را نسبت به نظام رایج با مصرف زیاد کود نیتروژنه به میزان حدود ۳/۵ برابر افزایش دهد. از نظر بررسی اثرات متقابل بیشترین کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در شرایط مصرف بهینه کود نیتروژنه و در تناوب بوکو: گندم به‌دست آمد، به‌طوری که به‌ازاء هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده حدود ۱۱۴ کیلوگرم عملکرد کل افزایش یافت. محققین دیگری نیز بالا بودن کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن با مصرف بهینه کود را مورد تأیید قرار داده‌اند (۲۹ و ۳۰).

کارآیی بازیافت ظاهری نیتروژن (NRE)

کارآیی بازیافت نیتروژن در بین تناوب‌های مورد آزمایش در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌داری داشت و عکس‌العمل تناوب‌های مختلف به کود نیتروژنه از جهت کارآیی بازیافت نیتروژن بسیار معنی‌دار بود

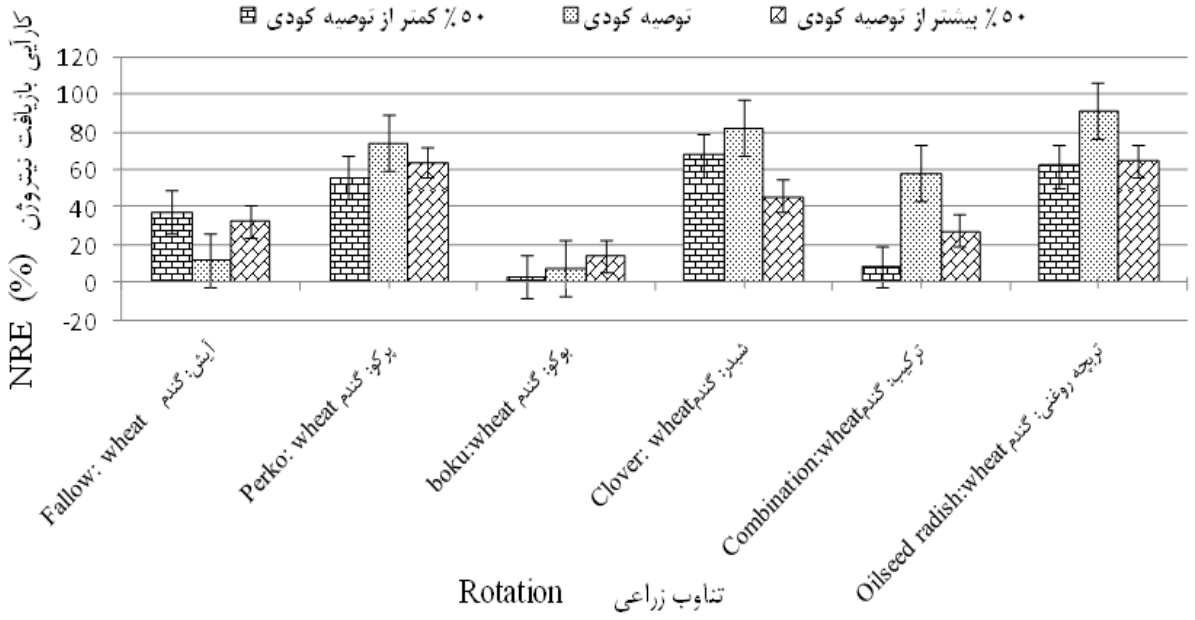
پرکو: گندم به میزان ۳۶٪ مشاهده شد (جدول ۶). کمترین کارآیی بازیافت نیتروژن به تناوب بوکو: گندم تعلق داشت و در این تناوب به دلیل عملکرد بالای تیمار بدون کود نسبت به سایر تیمارهای کودی کارآیی بازیافت کمتر است و گیاه گندم از نیتروژن و ماده آلی حاصل از برگردان پیش‌کاشت‌ها بهتر استفاده نموده است. بالا بودن کارآیی بازیافت نیتروژن در تناوب تربچه‌روغنی: گندم گویای آن است که در این تناوب تلفات نیتروژن در خاک کمتر از دیگر تناوب‌ها است، اما با این وجود در حدود نیمی از نیتروژن مصرفی تلف شده یا در خاک بفرم آلی باقی مانده است. رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹) نیز تأثیر مثبت نظام‌های تناوبی را بر کارآیی بازیافت نیتروژن مورد تأیید قرار داده‌اند. همچنین نتایج آزمایش نشان داد که کارآیی بازیافت نیتروژن از نظر اثرات متقابل کود نیتروژن و تناوب زراعی مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت ($P\leq$ ۰/۰۰۱) (جدول ۵). بیشترین کارآیی بازیافت نیتروژن در تیمار مصرف نیتروژن منطبق بر توصیه کودی منطقه و در تناوب تربچه‌روغنی: گندم به‌دست آمد (شکل ۲).

با افزایش مصرف نیتروژن کارآیی بازیافت نیتروژن تا شرایط مصرف بهینه کود نیتروژنه روندی افزایشی و سپس روند کاهشی داشت. رحیمی‌زاده و همکاران (۲۹)، سیلینگ و همکاران (۳۲) و ژائو و همکاران (۴۴) گزارش نموده‌اند با افزایش مصرف نیتروژن کارآیی بازیافت نیتروژن کاهش می‌یابد.

شاخص برداشت نیتروژن (NHI)

نتایج آزمایش نشان‌دهنده آن است که شاخص برداشت نیتروژن در بین تناوب‌های مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت (۰/۰۵ $P\leq$) (جدول ۵). بیشترین شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در تناوب بوکو: گندم (۸۶/۵٪)، پرکو: گندم (۸۵٪) وکمترین مقدار شاخص برداشت نیتروژن در تناوب آیش: گندم (۷۹/۲۸٪) مشاهده گردید (جدول ۶). به‌عبارت دیگر در تناوب بوکو: گندم بیش از ۸۶ درصد نیتروژن جذب شده، در محصول اقتصادی قابل برداشت متمرکز شده است در حالی‌که در تناوب‌های دیگر سهم کمتری از نیتروژن جذب شده در محصول اقتصادی گیاهان مورد کشت انباشته شده است. نظر به این که شاخص برداشت نیتروژن نمایانگر محتوی نیتروژن (پروتئین) محصول تولیدی می‌باشد. بنابراین شاخص برداشت نیتروژن تناوب بوکو: گندم و سپس پرکو: گندم به دلیل محتوی پروتئین بالاتر نسبت به سایر تناوب‌ها بیشتر بود.

اگرچه مصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشت (جدول ۵) اما واکنش تناوب‌های مختلف به مصرف نیتروژن متفاوت بود. در تناوب بوکو: گندم، پرکو: گندم و آیش: گندم افزایش مصرف نیتروژن باعث کاهش شاخص برداشت گردید ولی در تناوب تربچه‌روغنی: گندم شاخص برداشت نیتروژن تا مصرف بهینه نیتروژن (توصیه کودی منطقه) افزایش و با افزایش مصرف نیتروژن روندی کاهشی داشت. نتایج آزمایش دیگر محققین (۱۶، ۲۰، ۲۲ و ۲۵) نیز منطبق با نتایج این آزمایش می‌باشد.



شکل ۲- اثرات متقابل مقدار نیتروژن مصرفی و تناوب زراعی بر کارآیی بازیافت نیتروژن

Figure 2- Nitrogen Recovery Efficiency (NRE) affected by different crop rotations

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تناوب‌های مختلف کاشت و تیمار های کود نیتروژن

Table 5- Mean comparisons of traits at different rotations and nitrogen fertilizer treatments

شرح Description		وزن دانه در سنبله (گرم) Grain weight per spike(g)	تعداد دانه در سنبلچه Number of grains per spike	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelet per spike	تعداد دانه در سنبله Number of seeds per spike	وزن هزار دانه (گرم) Thousand kernel weight(g)	شاخص برداشت Harvest index	تعداد سنبله بارور Number of fertile spikes	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg\ ha^{-1}$)
تناوب per sowing plant	شاهد Fallow	0.897 a	2.43 a	10.81 c	26.44 a	32.92 a	31.27 c	812.5 a	4491b
	پرکو Perko	1.004 a	2.066 b	13.37 a	27.63 a	36.35 a	40.03 ab	1024.1 a	8125 a
	بوکو Buko	1.0004 a	2.02 b	13.24 a	27.26 a	36.72 a	43.26 a	964.4 a	8345 a
	شبدر Clover	0.860 a	2.084 b	11.49 bc	23.95 a	36.12 a	37.11 b	957.7 a	6550 ab
	رامتیل، فاسیلیا و شبدر Ramtil,Phacelia,Clover	0.897 a	2.158 b	11.57 bc	25.11 a	36.21 a	38.87 ab	993.4 a	7199 a
	تریچه روغنی Oilseed radish	0.975 a	2.155 b	12.70 ab	27.59 a	35.25 a	38.29 b	1013.06 a	7438 a
کود نیتروژن Nitrogen fertilizer	بدون مصرف کود Control (no fertilizer)	0.900 b	2.039 c	11.43 b	23.37 c	37.72 a	37.11 a	854.7 b	5039.2 c
	۵۰٪ کمتر از توصیه کودی 50%lower than recommended rate	0.886 b	2.093 bc	11.79 b	24.61 bc	36.13 ab	39.77 a	967.3 b	6379.2 b
	توصیه کودی Recommended rate	0.943 ab	2.186 ab	12.32 b	26.87 b	34.88 bc	a39.22 a	991.7 a	8440.8 a
	۵۰٪ بیشتر از توصیه کودی 50%more than recommended rate	1.027 a	2.303 a	13.24 a	30.46a	33.65 c	36.95 a	1039.7 a	8238.8 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Treatment with the same letters don't show significant differences by Duncan multiple range test In each column

جدول ٦- تجزیه واریانس صفات مجموع نیتروژن جذب شده، کارآیی زراعی نیتروژن، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، کارآیی بازیافت نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن

Table 6- Analysis of variance for grain yield, total nitrogen uptake, nitrogen agronomic efficiency, Nitrogen physiological efficiency, Nitrogen Recovery Efficiency and nitrogen harvest index

منابع تغییر S.O.V.	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (M.S) Mean square				
		شاخص برداشت نیتروژن NHI	کارآیی بازیافت نیتروژن NRE	کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن NPE	کارآیی زراعی نیتروژن NAE	مجموع نیتروژن جذب شده TNU
تکرار Replication	3	9.63 ^{ns}	1006.53 ^{ns}	781.19 ^{ns}	148.47^{ns}	2830.6 ^{ns}
تیمار (تناوب) Rotation (A)	5	93.15 **	9248.32*	430.03^{ns}	587.62*	15089.3 *
سطوح نیتروژن Fertilizer (B)	3	15.29 ^{ns}	12652.06**	13355.8**	2197.15**	47724.9 **
تناوب × سطوح نیتروژن (A×B) Interaction (A*B)	15	8.48 ^{ns}	2123.15**	1728.6 ^{ns}	201.39*	3091.9*
ضریب تغییرات Coefficient of variation	-	3.46	23.7	12.4	23.5	21.8

ns، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، اختلاف در سطح ۵٪ و اختلاف معنی‌دار در سطح۱٪ می باشند.

*Significant at 0.05 probability level. ** Significant at 0.01 probability level. ns, non-significant.

نظر به این که در شرایط مصرف زیاد نیتروژن، نیتروژن اضافی جذب شده نمی‌تواند در افزایش عملکرد اقتصادی تأثیر چندانی داشته باشد و قاعدتاً نیتروژن جذب شده صرف رشد بخش‌های غیر اقتصادی (بیولوژیکی) می‌گردد. لذا شاخص برداشت با افزایش مصرف نیتروژن روند افزایشی نخواهد داشت. لوپزبلیدو و لوپزبلیدو (۲۰) و دلوگو و همکاران (۶) گزارش نمودند تناوب زراعی و کود نیتروژنه تأثیر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن گندم دارد و با افزایش نیتروژن بیش از مقدار مورد نیاز شاخص برداشت نیتروژن کاهش می‌یابد. اما به گزارش مونت مورو و همکاران (۲۸) افزایش مصرف نیتروژن اثر معنی‌داری بر شاخص برداشت نیتروژن نداشت.

نتیجه‌گیری

کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن در تناوب آیش: گندم بیش از سایر تناوب‌ها بود و این موضوع سبب می‌گردد که تلفات نیتروژن در این نظام تناوبی به حداقل برسد. تناوب تربچه‌روغنی: گندم دارای بیشترین کارآیی زراعی نیتروژن بود به‌طوری‌که این تناوب به‌ازای هر کیلوگرم نیتروژن مصرفی عملکرد اقتصادی ۲۰/۳۶ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. کارآیی زراعی نیتروژن در تناوب تربچه‌روغنی: گندم سه برابر تناوب آیش: گندم بود، به‌عبارت دیگر بازده اقتصادی کود نیتروژنه مصرفی در تناوب تربچه‌روغنی: گندم سه برابر نظام‌های رایج کشت گندم در این منطقه بود. بیشترین شاخص برداشت نیتروژن به‌ترتیب در تناوب بوکو: گندم (۸۶/۵٪)، پرکو: گندم (۸۵٪) و کمترین مقدار شاخص برداشت نیتروژن در تناوب آیش: گندم (۷۹/۲۸٪) مشاهده گردید. مصرف بیش از حد مناسب نیتروژن (توصیه کودی) اگرچه عملکرد کل سیستم تناوبی را افزایش داد اما منجر به کاهش کارآیی زراعی نیتروژن (بازدهی اقتصادی کود نیتروژنه) و اعمال فشار بیشتر به محیط زیست می‌شود و در نهایت با افزایش مصرف نیتروژن کارآیی بازیافت نیتروژن تا شرایط مصرف بهینه کود نیتروژنه روندی افزایشی و سپس روند کاهشی داشت. با عنایت به این که در حال حاضر میانگین تولید گندم آبی در منطقه کمتر از ۳/۵ تن با مصرف کود منطبق بر توصیه کودی می‌باشد پس می‌توان گفت تناوب پرکو: گندم و بوکو: گندم به دلیل بالا بودن عملکرد اقتصادی با مصرف کود کمتر، تناوب مناسب و قابل توصیه در منطقه می‌باشند. زیرا مجموع عملکرد ماده خشک در این تناوب‌ها با مصرف کود منطبق بر توصیه کودی منطقه بیشتر از سایر تناوب‌های مورد مطالعه بود.

جدول ۷- مقایسه میانگین مجموع نیتروژن جذب شده، کارآیی زراعی نیتروژن، کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن، کارآیی بازیافت نیتروژن و شاخص برداشت نیتروژن

Table 7- Mean comparisons of nitrogen agronomic Efficiency (NAE), Nitrogen physiological efficiency (NPE), Nitrogen Recovery Efficiency (NRE), Total nitrogen uptake (TNU, N harvest index (NHI) of wheat at different crop rotations and N application rates

شرح Description	شاخص برداشت نیتروژن NHI (%)	کارآیی بازیافت نیتروژن NRE (%)	کارآیی فیزیولوژیک نیتروژن NPE (kg ha^{-1})	کارآیی زراعی نیتروژن NAE (kg ha^{-1})	مجموع نیتروژن جذب شده TNU (kg ha^{-1})
آیش: گندم Wheat: Fallow	79.38 b	5.63 b	39.86 a	7.47 ab	90.31 b
پرکو: گندم Wheat: Perko	85 a	36.98 a	26.87 a	18.47 a	162.99 a
بوکو: گندم Wheat: Buko	86.5 a	3.58 a	34.78 a	6.67 b	172.2 a
شبدر برسیم : گندم Wheat: Clover	83.34 a	40.84 a	26.14 a	17.07 a	133.73 b
رامتیل، فاسیلیا، شبدر برسیم: گندم Wheat: Ramtil, Phacelia,Clover	83.6 a	29.04a	30.09 a	9.46 ab	142.85 a
تربچه روغنی: گندم Wheat: Oilseed radish	84.48 a	45.37 a	30.15 a	20.36 a	145.82 a
شاهد (بدون کود نیتروژن) Control (no fertilizer)	83.74 ab	-	-	-	100.59 c
۵۰٪ کمتر از حد مطلوب 50%lower than recommended rate	84.57 a	29.01 b	36.44 ab	17.86 ab	120.04 b
حد مطلوب نیتروژن Recommended rate	83.93 ab	53.77 a	57.05 a	A22.06	170.42 a
۵۰٪ بیشتر از حد مطلوب 50%more than recommended rate	82.65 b	40.91 ab	31.76 b	13.07 b	174.19 a

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک اختلاف معنی‌داری با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن ندارند.

Treatment with the same letters don't show significant differences by Duncan multiple range test in each column

References

1. Abbasi, M. K., Kazmi, M., and Hussan, F. 2005. Nitrogen use efficiency and herbage production of an established grass sward in relation to moisture and nitrogen fertilization. Journal of Plant Nutrition 28: 1693-1708.
2. Brandt, S. A., and Zentner, R. P. 1995. Crop production under alternate rotations on a dark brown chernozemic soil at Scott, Saskatchewan. Canadian Journal of Plant Science 75: 789-794.
3. Brussaard, H. L., De Ruiter, P. C., and Brown, G. G. 2007. Soil biodiversity for agricultural sustainability. Agriculture, Ecosystems and Environment 121: 233-244.
4. Christen, O., Sieling, K., and Hanus, H. 1992. The effect of different preceding crops on the development, growth of winter wheat. European Journal of Agronomy 1: 21-28.
5. Cui, Z., Zhang, F., Chen, X., Miao, Y., Li, J., Shi, L., Xu, J., Ye, Y., Liu, C., Yang, Z., Zhang, Q., Huang, S., and Bao, D. 2008. On-farm evaluation of an in-season nitrogen management strategy based on soil Nmin test. Field Crops Research 105 48-55.
6. Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., Defalcis, D., Maggiore, T., and Stanca, A. M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. European Journal of Agronomy 9: 11-20.
7. Dobermann, A. 2006. Nitrogen use efficiency in cereal systems. Available at http// www. regional. org .au/asa/2006/plenary/soil/dobermann.
8. Fan, X., Lin, F., and Kumar, D. 2004. Fertilization with a new type of coated urea. Evaluation for nitrogen efficiency and yield in winter wheat. Journal of Plant Nutrition 25: 853-865.

9. Fauci, M., and Dick, R. 1994. Soil microbial dynamics, short and long-term effects of inorganic and organic nitrogen. Soil Science Society of America Journal 58: 801-806.
10. Hamdi, H., Kashani, A., Bahrain, M. J., Mamghani, R., and Syadat, A. 1992. Determine the growth of perko forage plants (genus Brassica) and the Effect of nitrogen fertilizer on yield due to harvest time in Ahvaz weather conditions. Master's thesis, Shahid Chamran University of Ahvaz. (in Persian).
11. Hiremath, A. J., and Ewel, J. J. 2001. Ecosystem nutrient use efficiency, productivity and nutrient accrual in model tropical communities. Ecosystems 4: 669-682.
12. Hirel, B., Le Gouis, J., Ney, B., and Gallais, A. 2007. The challenge of improving nitrogen use efficiency in crop plants: toward a more central role for genetic variability and quantitative genetics within integrated approaches. Journal of Experimental Botany 58 (9): 2369-2387.
13. Hussain, T., Jilani, G., Parr, J. F., and Ahamd, R. 2001. Transition from conventional to alterative agriculture in Pakistan: The role of green manure in Substitution for inorganic "N" fertilizer's in a rice – wheat farming systems. American Journal of Alternative Agriculture 10 (3): 133-137.
14. Kashani, A., Bahrain, J., Alami- Saeeid, K., and Mesgarbashi, M. 1986. Science report introduces three varieties of forage plants of the genus Brassica and report preliminary results in Khuzestan. Journal of Agricultural Science 11: 74-78. (in Persian with English abstract).
15. Koocheki, A., Bromand-Rezazadeh, Z., Nasriri- Mahalati, M., and Khoramdel, S. 2012. Evaluation of uptake and nitrogen use efficiency in winter wheat and maize intercropping delay, Journal of Field Crops Research 10 (2): 327-334. (in Persian with English abstract).
16. Lotfolahi, M. 2012. Evaluation of grain protein concentration of wheat by nitrogen foliar application. Journal of Agronomyand Plant Breeding 8 (4): 1-6. (in Persian with English abstract).
17. Garya, P., and Sims, J. R. 1994. Legume cover crops in fallow as an integrated crop livestock alternative in the northern and central Great Plains. Research and Extension Center, University of Wyoming. USA.
18. Guillard, K., Griffin, G., and Pietrzyk, S. 1995. Nitrogen utilization of selected cropping systems in U.S. Northeast. Agronomy Journal 87: 193-199.
19. Limon-Ortega, A., Sayre, K. D., and Francis, C. A. 2000. Wheat nitrogen use efficiency in a bed planting system in northwest Mexico. Agronomy Journal 92: 303-308.
20. Lopez-Bellido, R. J., and Lopez-Bellido, L. 2001. Efficiency of nitrogen in wheat under Mediterranean condition: effect of tillage, crop rotation and N fertilization. Field Crops Research 71: 31-64.
21. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., and Redondo, R. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crops Research 92: 86-97.
22. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R. J., and Lopez-Bellido, F. J. 2006. Fertilizer Nitrogen Efficiency in Durum Wheat under Rain fed Mediterranean Conditions: Effect of Split Application, Agronomy Journal – Abstract 98: 55-62.
23. Lupashku, M. F. 1980. Perko RVH - a new fodder crop. Vestnik Sel'skokhozyaistvennoi Nauki. Moscow, USSR 4 (6): 94-98.
24. Marianne, S. 1994. Rodale Institute; Managing Cover Crops Profitably, Sustainable Agriculture Research and Education Program, USDA
25. Martens, D. A., and Frankenberger, W. T. 1992. Modification of infiltration rates in an organic-amended irrigated soil. Agronomy Journal 84: 707-717.
26. Miller, P., McConkey, B., Clayton, G., Brandt, S., Baltensperger, D., and Neil, K. 2002. Pulse crop adaptation in the Northern Great Plains. Agronomy Journal 94: 261-272.
27. Moll, R. H., Kamprath, E. J., and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factors which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Agronomy Journal 74: 562-564.
28. Montemuro, F., Maiorana, M., Ferri, D., and Convertini, G. 2006. Nitrogen indicators, uptake and utilization efficiency in a maize and barley rotation cropped at different levels and source of N fertilization. Field Crop Research 99: 114-124.
29. Rahimizadeh, M., Kashani, A., and Zare Faizabadi, A. 2011. Investigation of Pre-Sowing Plants and return of crop residue and the Different Levels of Nitrogen on the Yield Wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Field Crops Research 9 (2): 211-221. (in Persian with English abstract).
30. Rahimizadeh, M., Kashani, A., Zare-Feizabadi, A., Koocheki, A. R., and Nassiri-Mahallati, M . 2012. Nitrogen use efficiency of wheat as affected by preceding crop, application rate of nitrogen and crop residues. Australian Journal of Crop Science 4 (5): 363-368.
31. Raun, W. R., and Johnson, G. V. 1991. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agronomy Journal 91: 357-363.
32. Sieling, K., Schroder, H., Finck, M., and Hanus, M. 1998. Yield, N uptake, and apparent N use efficiency of winter wheat and winter barley grown in different cropping systems. Journal Agriculture Science 131: 375-387.
33. Soon, Y. K., Clayton, G. W., and Rice, W. A. 2001. Tillage and previous effects on dynamics of nitrogen in a wheat-soil system. Agronomy Journal 93: 842-849.

34. Sowers, K. E., Miller, B. C. and Pan, W. L. 1994. Optimizing grain yield in soft white winter wheat with split nitrogen applications. Agronomy Journal 86: 1020-1025.
35. Stacey, G., Burris, R. H., and Evans, H. J. 1992. Biological Nitrogen Fixation. Chapman and Hall, New York.
36. Stevenson, F. C., and Kessel, C. V. 1996. The nitrogen and non-nitrogen rotation benefits of pea to succeeding crops. Canadian Journal of Plant Science 76: 735-745.
37. Subedi, K. D., Ma, B. L., and Xue, A. G. 2007. Planting Date and Nitrogen Effects on Grain Yield and Protein Content of Winter Wheat. Crop Science 47: 36-44.
38. Timsina, T., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C., and Amin, M. R. 2001. Cultivar, nitrogen, and water effects on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice–wheat sequences of Bangladesh. Field Crop Research 72: 143-161.
39. Thuy, N. H., Shan, Y., Singh, B., Wang, K., Cai, Z., Singh, Y., and Buresh, R. J. 2008. Nitrogen supply in rice-based cropping systems as affected by crop residue management. Soil Science Society of America Journal 72: 514-523.
40. Velasco, J. L., Rozas, H. S., Echeverría, H. E. and Barbieri, P. A. 2012. Optimizing fertilizer nitrogen use efficiency by intensively managed spring wheat in humid regions: Effect of split application. Canadian Journal of Plant Science 92: 847-856.
41. Whingwiri, E. E., and Kemp, D. R. 1980. Spikelet development and grain yield of the wheat ear in response to applied nitrogen. Australian Journal of Agricultural Research 31: 637-647.
42. Wiese, A. F., Harman, W. L., Bean, B. W., and Salisbury, C. D. 1994. Effectiveness and economics of dryland conservation tillage systems in the Southern Great Plains. Agronomy Journal 86: 725-730.
43. Zebart, B. J., and Sheard, R.W. 1992. Influence of rate timing of nitrogen fertilization on yield and quality of red winter wheat in Ontario. Plant Science 72: 13-19.
44. Zhao, R. F., Chen, X. P., Zhang, F. S., Zhang, H., Schroder, J., and Romheld, V. 2006. Fertilization and nitrogen balance in a wheat-maize rotation system in North China. Agronomy Journal 98: 935-945.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 553-569

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۶۹-۵۵۳

Evaluation of the Effect of Rotation and Application Rate of Nitrogen on Yield, Yield Components and Nitrogen Efficiency Indexes in wheat

R. Nasri[1]- A. Kashani[2*]- F. Paknejad[3]- S. Vazan[4]- M. Barary[5]

Received: 31-10-2013
Accepted: 10-08-2015

Introduction

There are about 160 species in *Brassica* genus, which are mostly annuals and biennials. The plants in this genus have potential for fodder uses. The progress in plant breeding science has produced new crop varieties for oil and forage usages. Perko varieties are derived from crosses between tetraploid plants of winter rapeseed (*Brassica napus* L.Var. napus) and Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. var. sensulato). The new plants are superior to their parents from various aspects. Buko varieties are new amphiploid plants obtained by crossing between tetraploid winter rapeseed, Chinese cabbage and turnips (*Brassica campestris* L. var. Rapa). Oilseed radish with scientific name (*Raphanus sativus* L.) is a genus of the Brassica and consumption, oil, green manure, feed and fodder (24). This plant in many countries, including Canada, is cultivated in gardens as cover crop. Oilseed radish grows fast in the cool seasons. Ramtil (*Guizotia abyssinica*) belongs to the *Compositae* family, Phasilia (*Phaceli atanacetifolia* L.) belongs to *Boraginaceae* family and clover is from *Fabaceae* family that is grown for feeding purposes.

Materials and Methods

A field experiment was conducted from 2011 to 2012 in the Karezan region of Ilam, Iran (42º33′N, 33º46′E) on a silty-clay with low organic carbon (1.26%) and slightly alkaline soil (pH=7.9). This site is characterized as temperate climate with 370 mm annual precipitation. The experiment was arranged in a split plot based on randomized complete block design with four replications. The main plots consisted of 6 pre-sowing plant treatments (control, Perko PVH, Buko, Clover and Oilseed radish and combination of three plants Ramtil, Phaselia andclover), and sub plots covered four N fertilizer rates including no fertilizer N (Control), 50% lower than recommended N rate, recommended N rate and 50% more than recommended N rate. Winter wheat (cv. Pishtaz) was sown on mid-November with the row spacing of 15 cm and a seeding rate of 200 kg ha^{-1}. Soil samples were collected after harvest of each crop from 0 to 30 cm and 31 to 60 cm soil depths using a soil auger. Wheat grain yield (according to 14% moisture) obtained by harvesting the central area of 3 in 10 m in each plot. Yield components were determined from two randomly selected areas ($2m^2$) within each plot. Plant samples collected at harvest were separated into grain and straw and oven-dried at 60˚C for 72hr. Biomass and grain sub samples analyzed for total N content using a micro-Kjeldahl digestion with sulfuric acid. The terminology of N efficiency parameters was considered according to Delogu et al, (11) and Lopez-Bellido & Lopez-Bellido, (22), Rahimizadeh et al. (30), Limon-Ortega et al. (20) methods.

Results and Discussion

The results showed that there were highly significant differences ($P \leq 0.01$) in forage yield. There were also significant differences ($P \leq 0.05$) in total dry weight, protein content and protein yield between treatments. Perko varieties produced higher fresh and dry matter yield with 69,586 (kg ha^{-1}) and 7147 (kg ha^{-1}), respectively compared to other varieties. Buko varieties showed greater protein percentage with 23.36 compared to the rest of the varieties. The highest and lowest grain yield, with 8345, and 4491 (kg ha^{-1}) were obtained for Buko; wheat rotation and fallow, wheat rotation, respectively. The highest and lowest nitrogen uptake was obtained for Buko; wheat and clover, wheat rotation, respectively. The differences between the rotations were significant for various agronomic nitrogen efficiency. The rotation of oilseed radish and wheat showed greater nitrogen economic

1- PhD. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
4- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Karaj branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran
5- Assistance Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran
(*- Corresponding Author Email: ali.kashani@kiau.ac.ir)

performance with 36.20 kg ha^{-1}. By increasing nitrogen rate agronomic performance decreased with the exception in fallow- wheat. Physiological efficiency of nitrogen in fallow-wheat rotation was more than 39 (kg kg^{-1}) of nitrogen. The maximum efficiency of nitrogen recovery was obtained for oilseed radish: wheat and Perko PVH; wheat rotations with 45% and 36%, respectively. The highest nitrogen harvest index was observed in Buko; wheat rotation: (86.5%), and Perko: wheat (85%) and the lowest nitrogen harvest index was in fallow; wheat (79.28%).

Conclusions

The results showed that Perko; wheat and Buko; wheat rotations due to the higher economic performance in the region were appropriate rotations and were recommended for the study area.

Keywords: Harvest index nitrogen, Nitrogen recovery efficiency, Nitrogen uptake efficiency, Pre-sowing

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۸۲-۵۷۰

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 570-582

بررسی اثر فواصل کاشت و روش برداشت بر صفات کمی و کیفی گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

هادی خزاعی[1*]- احمد زارع فیض آبادی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۸/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۰

چکیده

این پژوهش در اردیبهشت ۱۳۸۹به مدت دو سال در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی و با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول فاصله بوته‌ها در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف و عامل دوم روش برداشت یک و چند مرحله‌ای گوجه‌فرنگی رقم‌های پیل ۳۴۷ بود. صفات مورد بررسی تعداد میوه در گیاه، وزن میوه در بوته، عملکرد کل، مواد جامد محلول، pH و نیروی انسانی مورد نیاز به‌ازاء هر تن وزن میوه بودند. نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر فاصله کاشت بر صفات تعداد و وزن میوه در بوته، عملکرد و تعداد کارگر برداشت، دارای اختلاف معنی‌دار بود. فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری بیشترین و فاصله ۲۰ سانتی‌متری کمترین تعداد و وزن میوه در بوته را دارا بودند و ۵۱ و ۱۰۲ درصد اختلاف بین این دو فاصله کاشت به‌ترتیب برای صفات تعداد و وزن میوه در بوته مشاهده شد. حداکثر عملکرد میوه در فاصله ۳۰ سانتی‌متری با ۱۶/۲ درصد و حداکثر تعداد کارگر برداشت در فاصله ۲۰ سانتی‌متری با ۱۰/۵ درصد اختلاف در مقایسه با فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری که کمترین عملکرد و نیاز کارگر برداشت را دارا بود، مشاهده شد. اثر روش برداشت بر صفات وزن میوه در بوته، عملکرد و تعداد کارگر برداشت، دارای اختلاف معنی دار بود. با وجود اینکه روش برداشت چند مرحله‌ای به‌ترتیب از ۹/۹ و ۹/۶ درصد وزن میوه در بوته و عملکرد بیشتر برخوردار بود، ولی نیازمند ۱۲۷/۱ درصد تعداد کارگر برداشت بیشتر در مقایسه با روش یک مرحله‌ای بود.

واژه‌های کلیدی: اجزاء عملکرد، تراکم، مواد جامد محلول

مقدمه

در حال حاضر اکثر گوجه‌کاران کشور، کشاورزان خرده مالکی بوده که به روش سنتی و در سطوحی کوچک اقدام به کشت این محصول می‌کنند و در زمان برداشت به روش چین‌های متعدد، هزینه‌های زیادی از قبیل نیروی انسانی و نیز حمل و نقل مکرر محموله‌های کوچک به آنها تحمیل می‌شود. ازطرفی در بسیاری از مزارع، کاشت نشاء گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) با فواصل بسیار نزدیک (در حدود ۲۰ سانتی‌متر) رایج است. علّت این موضوع روش سنّتی تهیه نشاء و صدمه دیدن ریشه نشاءها در هنگام انتقال از خزانه به مزرعه است. هدف کشاورز از کشت متراکم، جهت افزایش کارایی عملیات تولید و کاهش خطاهای احتمالی می‌باشد. این در حالی است که آن دسته از ارقام گوجه‌فرنگی که در چند چین و با استفاده از نیروی انسانی برداشت می‌شوند در مقایسه با ارقامی که در یک مرحله برداشت می‌شوند، معمولاً از تراکم کمتری در مزرعه برخوردارند (۱۱).

اثرات متقابل بین عملکرد و تراکم بوته وابسته به این موضوع است که عملکرد نتیجه رشد رویشی و یا رشد زایشی و تشکیل میوه در گیاه باشد (۹). تراکم مطلوب یکی از عوامل مؤثر در تولید بهینه هر محصول زراعی بوده و هدف از آن ترکیب مناسب عوامل محیطی در دسترس گیاه زراعی است. این تراکم یکی از عوامل مؤثر در تولید بهینه می‌باشد و هدف این است که ترکیب مناسبی از عوامل محیطی برای حصول عملکرد کمی و کیفی تأمین گردد (۸). تعداد بوته در واحد سطح بستگی به میزان بذر، قابلیّت جوانه زنی، درصد سبز شدن و استقرار و بقاء گیاهچه دارد (۱۷). در آزمایشی که توسط وارنر و همکاران (۲۰) در کشور کانادا تأثیر تراکم و فواصل بین ردیف‌ها و روی ردیف‌ها بر عملکرد گوجه‌فرنگی انجام گرفت، مشاهده شد افزایش تراکم از ۳۴۰۰۰ بوته در هکتار به ۴۴۰۰۰ بوته در هکتار مشابه کاهش فاصله بوته‌ها در روی ردیف‌ها بود. به‌طوری‌که در هر دو حالت میزان رشد رویشی و شاخ و برگ کمتر شد و میزان عملکرد میوه در مقایسه با سایر حالت‌های تراکم افزایش یافت. ولی اندازه

۱- مربی پژوهش مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی مشهد، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر
(*- نویسنده مسئول: Email: khazaeihadi@yahoo.com)
۲- استاد مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی مشهد، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

میوه و درصد ماده خشک تحت تأثیر تغییرات تراکم قرار نگرفت. به‌طور کلی بررسی‌های انجام شده حاکی از این است که با کاهش فواصل بوته‌ها در روی خطوط کاشت به حدود ۳۰ سانتی‌متر، عملکرد و اجزای آن در گوجه‌فرنگی افزایش می‌یابد (۳، ۷، ۱۲و ۲۰).

برداشت مکانیزه گوجه‌فرنگی علاوه بر کاهش هزینه برداشت، امکان افزایش سطح زیر کشت این محصول را فراهم می‌آورد که از این طریق می‌توان کل میزان تولید را افزایش داد (۸). از سال ۱۹۶۰ میزان تولید گوجه‌فرنگی در ایالت کالیفرنیای امریکا با توجه به رشد جمعیّت و افزایش تقاضا برای آن محصول، به سرعت افزایش و از حدود یک میلیون تن به بیش از ده میلیون تن در سال ۱۹۹۸رسید. همراه با افزایش تقاضا، به ناچار برنامه یک مرحله‌ای شدن برداشت از طریق افزایش مکانیزاسیون در برداشت این محصول در دستور کار قرار گرفت (۸). در نتیجه میانگین عملکرد مزارع گوجه‌فرنگی آن ایالت از ۴۹ تن در سال ۱۹۶۰ به بیش از ۶۴ تن در هکتار در سال ۱۹۹۷ افزایش یافت. ضمن اینکه با یک مرحله‌ای شدن برداشت کل نیاز کارگری آن منطقه از ۱۳/۵ میلیون ساعت در سال ۱۹۶۰ به ۳/۸ میلیون ساعت در سال ۱۹۹۷ کاهش یافت به‌نحوی که نیروی انسانی مورد نیاز عملیات برداشت هر تن میوه گوجه‌فرنگی از ۵/۳ ساعت به ۲/۹ ساعت کارگر کاهش یافت در حالی‌که میزان تولید در این مدت بیش از ۴ برابر شد (۱۹). برداشت گوجه‌فرنگی در یک مرحله علاوه بر کاهش هزینه برداشت، امکان افزایش سطح زیر کشت این محصول را فراهم می‌آورد که از این طریق می‌توان کل میزان تولید را افزایش داد (۸).

مقدار کل مواد جامد (بریکس) و pH مهمترین معیارهای کیفی در تولید رب گوجه‌فرنگی می‌باشند. درصد مواد جامد کل یکی از ویژگی‌های شیمیایی رب حاصل از گوجه‌فرنگی است، به‌طوری‌که هرچه مقدار مواد جامد کل بیشتر باشد، تأثیر بیشتری بر ویژگی‌های فیزیکی فرآورده‌های حاصل از گوجه‌فرنگی خواهد داشت (۱۶).

بر این اساس سعی داریم ضمن اصلاح روش فعلی کاشت گوجه‌فرنگی با فواصل نزدیک در روی ردیف‌ها، تفاوت کمّی و کیفی برداشت این محصول در یک چین در مقایسه با چین‌های مختلف را ارزیابی نموده تا از این طریق نیروی انسانی مورد نیاز عملیات برداشت که از سهم قابل توجهی در هزینه‌های تولید این محصول برخوردار است، کاهش یابد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در اردیبهشت ۱۳۸۹به مدت دو سال در مزرعه نمونه آستان قدس رضوی با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. اولین فاکتور فواصل کاشت بوته‌ها در سه سطح ۲۰، ۳۰ و ۴۰ سانتی‌متر روی ردیف و دومین فاکتور دو نوع برداشت یک و چند مرحله‌ای (حداقل سه چین) گوجه‌فرنگی رقم هایپیل ۳۴۷ بود. این رقم هیبرید و نسبتاً زودرس، مناسب فرآوری و همچنین هر دو نوع برداشت یک و یا چند مرحله‌ای (چین) می‌باشد. بذر این رقم گوجه‌فرنگی در اوایل بهار در خزانه کشت شد و نشاهای حاصل در اواسط خرداد ماه در کرت‌های مربوطه مطابق فواصل هر تیمار و بر روی ردیف‌هایی به فاصله ۱۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر کشت و بلافاصله آبیاری به روش قطره‌ای و با استفاده از نوارهای تیپ انجام شد. هر کرت شامل پنج ردیف هر یک به طول شش متر بود که بوته‌ها در روی ردیف‌ها به‌صورت دو طرفه (مجموعاً ۱۰ خط در هر کرت) کشت شدند. در هر کرت سه ردیف وسط (شامل شش خط کاشت) جهت اندازه‌گیری صفات مورد استفاده قرار گرفت. عملیات داشت شامل وجین علف‌های هرز، مبارزه با آفات، محلول‌پاشی عناصر غذایی مورد نیاز، خاک‌دهی بوته‌ها و آبیاری قطره‌ای با استفاده از نوارهای آبیاری ایرانی با دبی ۱/۶ لیتر در ساعت برای هر قطره‌چکان و به مدت هشت ساعت در فواصل سه الی چهار روز بود. صفات مورد اندازه‌گیری شامل تعداد میوه در گیاه، وزن میوه در بوته، عملکرد کل، درصد مواد جامد محلول کل (بریکس)، pH و همچنین نیروی انسانی مورد نیاز به‌ازاء هر تن وزن میوه بودند. عملیات برداشت از اواسط شهریور آغاز و در اواخر مهرماه به پایان رسید. به‌طوری‌که در تیمار چند مرحله‌ای سه چین و در تیمار یک مرحله‌ای فقط یک چین (در اواسط مهرماه و همزمان با سومین چین تیمار چند مرحله‌ای) برداشت شد. در هنگام برداشت فقط میوه‌های کاملاً رسیده و سالم برداشت شد و از جمع‌آوری میوه‌های فاسد شده خودداری شد. در تیمارهای برداشت چند مرحله‌ای، مجموع کل صفات تعداد میوه در گیاه، وزن میوه در بوته و نیز عملکرد سه چین برداشت شده برای هر مشاهده مورد استفاده قرار گرفت. ولی در صفات بریکس و pH که برای اندازه‌گیری آنها در هر دو روش برداشت از میوه‌های کاملاً رسیده و سالم استفاده شد، میانگین سه چین برای هر مشاهده محاسبه و مورد استفاده واقع شد. برای تعیین تعداد کارگر برداشت به‌ازاء هر تن وزن میوه، ۸ ساعت کار روزانه برای هر نفر اساس کار قرار گرفت. به‌طوری‌که کل تناژ برداشتی در هر چین تقسیم بر کل تعداد کارگر مورد استفاده شده و سپس تعداد کارگر مورد نیاز به‌ازای هر تن میوه برداشتی محاسبه شده است (۱۰ و ۱۹).

در پایان هر سال داده‌های حاصل پس از انجام تبدیل زاویه‌ای برای صفاتی که به‌صورت درصد بودند، با استفاده از نرم افزار Mstat-c مورد تجزیه آماری قرار گرفته و در انتهای سال دوم آزمایش، پس از انجام آزمون بارتلت و تأیید یکنواختی واریانس سال‌ها، ادغام داده‌های دو سال برای انجام تجزیه مرکب در کلیه صفات مورد بررسی امکان‌پذیر شد. همچنین برای کنترل معنی‌داری اثرات منابع تغییر از طریق روش امید ریاضی میانگین مربعات اقدام شد. در نهایت میانگین‌ها به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن با یکدیگر مقایسه شدند.

نتایج و بحث

صفات کمی

تجزیه واریانس داده‌های دو ساله این آزمایش نشان داد اثر سال و فاصله کاشت بر کلیه صفات کمی دارای تأثیر معنی‌دار بود در حالی‌که روش برداشت فقط بر صفات وزن میوه در بوته و عملکرد میوه تأثیر معنی‌دار نشان داد.

اثر متقابل سال و فاصله کاشت برای صفات تعداد میوه در بوته و وزن میوه در بوته دارای تأثیر معنی‌دار بود و اثر متقابل سال و روش برداشت فقط در صفت تعداد میوه در بوته تأثیر معنی‌دار نشان داد. اثر متقابل فاصله کاشت و روش برداشت و نیز اثر متقابل سال و فاصله کاشت و روش برداشت بر هیچ یک از صفات کمی تأثیر معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۱).

مقایسه میانگین‌ها نشان داد صفات تعداد میوه در بوته، وزن میوه در بوته و عملکرد میوه در سال اول به‌ترتیب ۳۱/۱، ۲۱/۳ و ۲۰/۱ درصد در مقایسه با دومین سال آزمایش برتری داشتند (جدول ۲)، که این موضوع با شرایط جوی بسیار گرم در تابستان ۱۳۹۰ در اکثر مناطق کشور و ازجمله استان خراسان رضوی قابل توجیه است. در یک پژوهش انجام شده دیگر نیز با افزایش درجه حرارت محیط، عملکرد و اجزای آن در گوجه فرنگی کاهش یافت (۵). مقایسه میانگین فواصل مختلف کاشت در این آزمایش نشان داد فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری از بیشترین و فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری از کمترین تعداد و وزن میوه در بوته برخوردار بودند. به‌طوری‌که ۵۱ و ۱۰۲ درصد اختلاف بین این دو فاصله کاشت به‌ترتیب برای صفات تعداد و وزن میوه در بوته مشاهده شد (شکل‌های ۱ و ۲). این در حالی است که حداکثر عملکرد کل میوه در فاصله کاشت ۳۰ سانتی‌متری مشاهده شد. به‌نحوی که ۱۶/۲ درصد بیشتر از فاصله کاشت ۴۰ سانتی متری عملکرد حاصل نمود (شکل ۳). علت این موضوع با توجه به تعداد کمتر بوته در هکتار در فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری قابل توجیه است. چرا که در فاصله کاشت ۳۰ سانتی‌متری در مقایسه با فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری ۳۳ درصد بر تعداد بوته‌ها در واحد سطح افزوده می‌شود. اما در فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری با وجود ۵۱ درصد تعداد بیشتر بوته در واحد سطح در مقایسه با فاصله کاشت ۳۰ سانتی‌متری، به علت رقابت بیش از حد بوته‌های مجاور برای نور، عناصر غذایی و حتی رطوبت که منجر به ۳۵/۱ درصد کاهش در تعداد میوه در بوته و همچنین ۷۶/۳ درصد کاهش در وزن میوه در بوته شده است، ۱۷/۶ درصد افت در عملکرد مشاهده شد.

جدول ۱- خلاصه نتایج تجزیه واریانس داده‌ها برای صفات مختلف

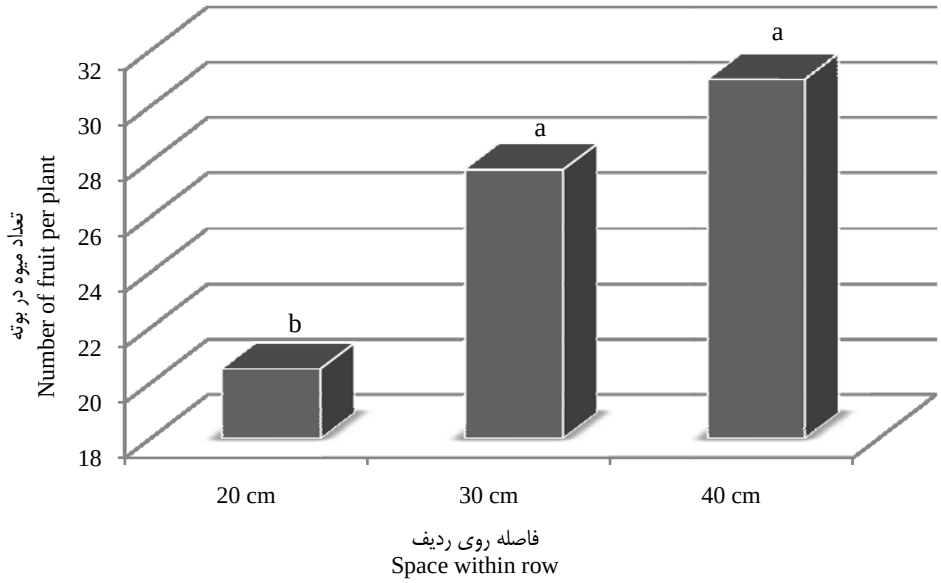
Table 1- Summary of analysis of variance of data for different traits

منابع تغییر S.O.V		درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean of Square)					
			تعداد میوه در بوته No. of fruits per plant	وزن میوه در بوته Weight of fruits per plant	عملکرد میوه Fruit yield	کل مواد جامد محلول Brix	pH	تعداد کارگر برداشت به ازاء هر تن وزن میوه Labor consumption per ton fruit
Year	سال	1	604.352**	0.944*	1647.480*	12.638**	1.718**	0/0001$^{n.s}$
Rep.(Year)	سال و تکرار	6	8.112	0.078	164.922	0.301	0.042	0.002
Planting Space	فاصله کاشت	2	457.240*	3.781*	560.755*	0.099$^{n.s}$	0.001$^{n.s}$	0.003**
Year & Planting Space	سال و فاصله کاشت	2	8.360*	0.080**	53.631$^{n.s}$	0.091$^{n.s}$	0.001$^{n.s}$	0.0001$^{n.s}$
Harvest Method	روش برداشت	1	108.180$^{n.s}$	0.228*	412.251*	0.034$^{n.s}$	0.004$^{n.s}$	0.490**
Year & Harvest Method	سال و روش برداشت	1	36.855**	0.0001$^{n.s}$	0.566$^{n.s}$	1.377$^{n.s}$	0.0001$^{n.s}$	0.0001$^{n.s}$
Planting Space & Harvest Method	فاصله کاشت و روش برداشت	2	5.254$^{n.s}$	0.017$^{n.s}$	9.980$^{n.s}$	0.051$^{n.s}$	0.001$^{n.s}$	0.003**
Year & Planting Space &Harvest Method	سال و فاصله کاشت و روش برداشت	2	0.246$^{n.s}$	0.009$^{n.s}$	28.728$^{n.s}$	0.404$^{n.s}$	0.001$^{n.s}$	0.0001$^{n.s}$
Error	خطا	30	17.011	0.015	36.443	0.350	0.010	0.0001
Total	کل	47						
CV%			15.63	8.47	9.42	12.88	2.36	7.92

** و * : به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد، n.s : عدم وجود اختلاف معنی‌دار

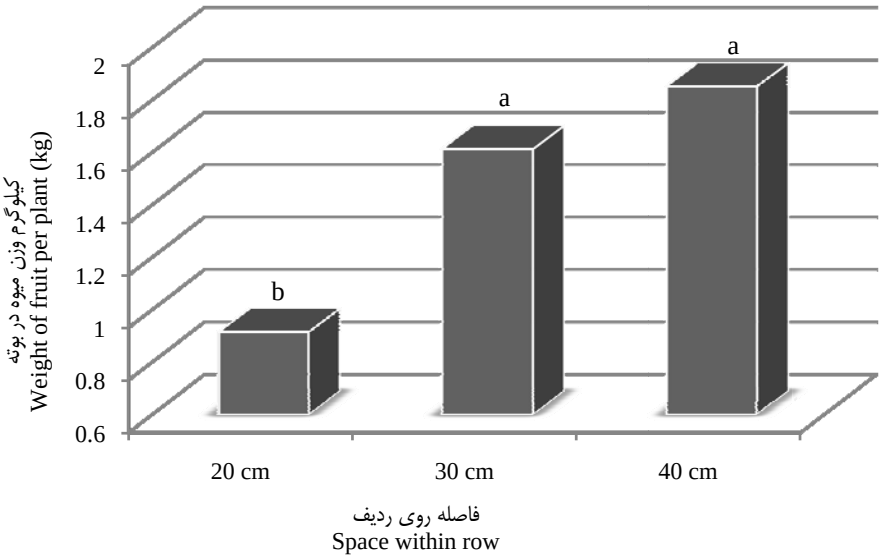
Ns: Non- significant* and ** : Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

بـــاآنگودا (۲) در بررســـی اثـــر تـــراکم کشـــت روی عملکـــرد گوجه‌فرنگی در کشور یمن گزارش کرد که در تراکم بـا فاصـله بـین ردیف ۱۲۰ سانتی متر و فاصله روی بوته ۶۰ سانتی‌متر عملکـرد ۳۵ تن در هکتار ولی در فاصله بین ردیف ۱۴۰ سانتی‌متر و فاصـله روی بوته ۴۰ سانتی‌متر عملکرد ۵۰ تن در هکتار بوده است. فضای مـورد نیاز برای هر بوته در ضمن نشاکاری بستگی به نوع رقـم و پتانسـیل رشد آن دارد. با این وجود در اکثر ارقام گوجه‌فرنگی فاصـله مناسـب در روی ردیف ۴۰ – ۲۵ و در بین ردیف ۱۵۰ – ۱۲۰ سانتی‌متر است (۱۱).



شکل ۱- تأثیر فواصل مختلف کاشت بر تعداد میوه در بوته گوجه‌فرنگی

Figure 1- Effect of different planting space on number of tomato fruit per plant

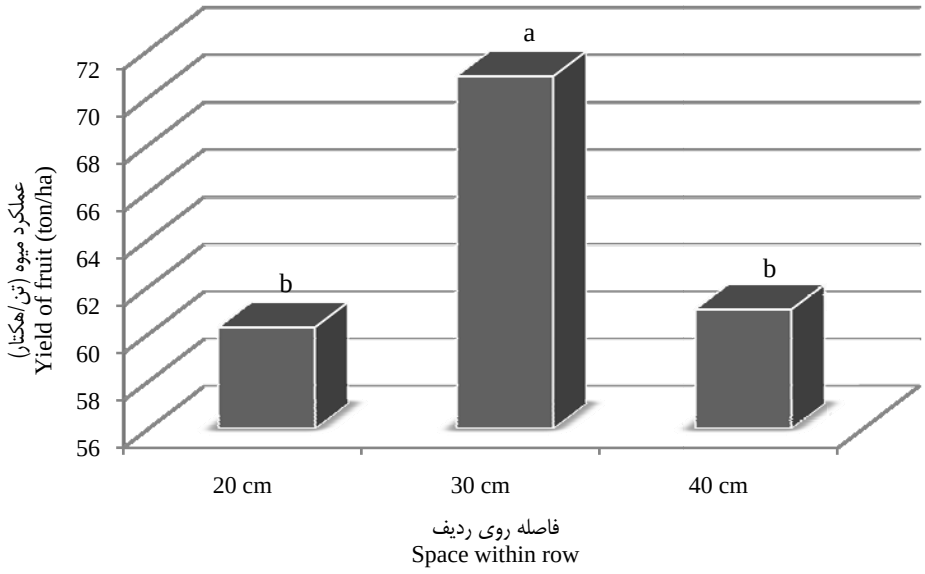


شکل ۲- تأثیر فواصل مختلف کاشت بر وزن میوه در بوته گوجه‌فرنگی

Figure 2- Effect of different planting space on weight of tomato fruit per plant

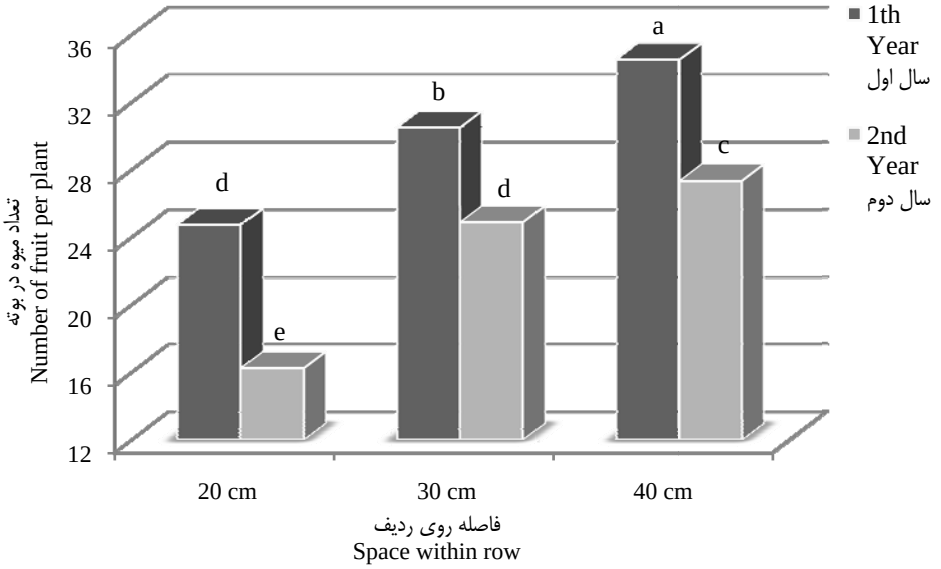
در تراکم کمتر کل تشعشع جذب شده در واحد سطح کاهش می‌یابد که این موضوع می‌تواند علت کاهش عملکرد کل باشد. از طرفی تراکم خیلی کم علاوه بر تأثیر مستقیمی که بر کاهش عملکرد دارد، در شرایط برداشت یک مرحله‌ای از طریق آفتاب سوختگی و نهایتاً ضایع شدن آن دسته از میوه‌ها که زودتر از بقیه رسیده‌اند، موجب کاهش عملکرد خواهد شد. شولبرگ و برین (۱۸) گزارش کردند حداکثر عملکرد میوه گوجه‌فرنگی در تراکم ۶۰۰۰۰ بوته در هکتار و در شاخص سطح برگ ۵-۴ به‌دست آمده است. ولی در تراکم‌های خیلی کم، افت عملکرد تشدید شده است. معمولاً در تراکم‌های پایین‌تر گیاهان زراعی، با افزایش تراکم تا حدودی عملکرد افزایش یافته و هرگاه تراکم بیش از حد افزایش یابد، عملکرد ازطریق افزایش رقابت کاهش خواهد یافت. رقابت هنگامی به‌وجود می‌آید که در یک جامعه گیاهی هر گیاه برای واکنش به عوامل محیطی دچار محدودیت شود و این موضوع که دو گیاه مجاور تا چه حد به هم نزدیک هستند تعیین‌کننده شدت رقابت خواهد بود. بر این اساس تعیین دقیق فاصله کاشت در مزرعه یکی از ویژگی‌های مدیریت تولید گیاهان زراعی است (۱۵).

مقایسه میانگین اثر متقابل سال و فاصله کاشت نشان داد بیشترین تعداد و وزن میوه در اولین سال آزمایش و در فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری و کمترین آن صفات در دومین سال آزمایش و در فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری حاصل شده است. به‌طوری‌که به‌ترتیب ۱۱۲/۵ و ۱۳۸/۷ درصد اختلاف برای صفات تعداد و وزن میوه مشاهده شد (شکل‌های ۴ و ۵). این وضعیت با توجه به شرایط بهتر جوّی در اولین سال آزمایش و تأثیر مثبت آن بر کاهش هرچه بیشتر رقابت فی مابین بوته‌های تنک تر (فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری) و ازطرفی شرایط نامساعد جوّی در دومین سال آزمایش و تأثیر منفی تنش‌های حاصل بر بوته‌های متراکم و تحت رقابت بیشتر (فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری)، قابل توجیه است. در شرایط درجه حرارت‌های بالا، گیاه مراحل فنولوژیکی خود را تسریع کرده و درنتیجه میوه‌های کوچکتری تولید می‌کند. ولی وقتی شرایط دمایی در شهریور ماه به حالت مطلوب نزدیک می‌شود، از سرعت پر شدن میوه‌ها کاسته شده و میوه‌ها فرصت بیشتری برای تجمع مواد ذخیره‌ای و در نهایت درشت تر شدن خواهند داشت. گوجه فرنگی از هنگام کاشت تا برداشت به ۴-۳ ماه زمان با شرایط آب و هوایی مطلوب نیاز دارد. بروز هرگونه تنش در این مدت سبب کاهش میزان تولید خواهد شد (۱). شرایط مطلوب برای تولید گوجه‌فرنگی، روزهای خشک و آفتابی با دمای ۲۵-۲۱ درجه سانتی‌گراد و شب‌هایی با دمای ۲۰-۱۵ درجه سانتی‌گراد است. در این حالت چنانچه رطوبت و عناصر غذایی مورد نیاز گیاه فراهم شود، رشد رویشی به حداکثر رسیده و هنگامی که دما به حدود ۳۰ درجه سانتی‌گراد افزایش پیدا کند، درشت شدن میوه‌ها به سرعت ادامه خواهد یافت (۱۱).



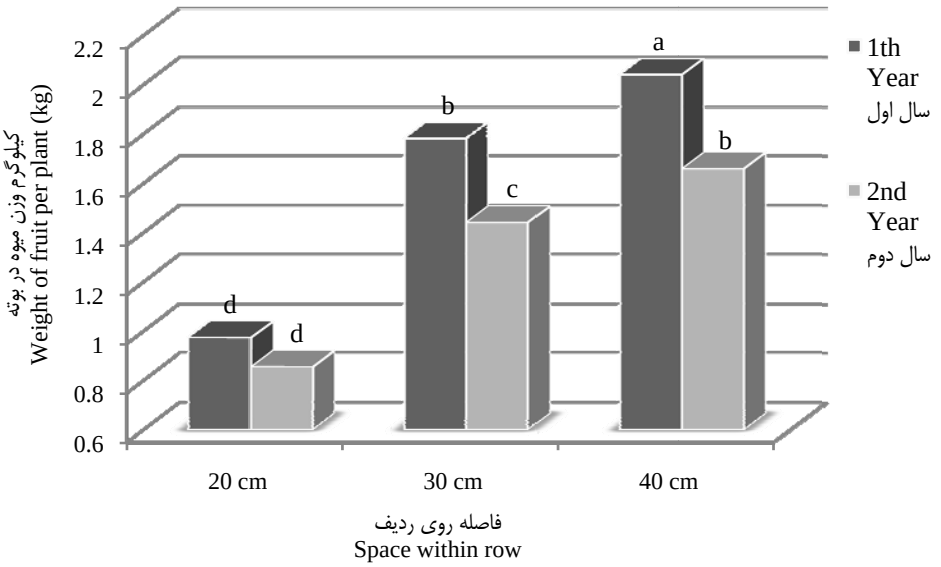
شکل ۳- تأثیر فواصل مختلف کاشت بر عملکرد کل گوجه‌فرنگی

Figure 3- Effect of different planting space on yield of tomato



شکل ٤- تأثیر فواصل مختلف کاشت بر تعداد میوه در بوته گوجه‌فرنگی

Figure 4- Effect of different planting space on number of tomato fruit per plant



شکل ٥- تأثیر فواصل مختلف کاشت بر وزن میوه در بوته گوجه‌فرنگی

Figure 5- Effect of different planting space on weight of tomato fruit per plant

مقایسه میانگین روش برداشت در این آزمایش نشان داد روش برداشت چند مرحله‌ای در مقایسه با روش برداشت یک مرحله‌ای از ۹/۹ درصد وزن میوه در بوته و ۹/۶ درصد عملکرد بیشتر برخوردار بوده است که این موضوع مربوط به فساد قسمتی از میوه‌ها در برداشت یک مرحله‌ای که به دلایل متعدد همچون تأثیر شرایط محیطی بر رسیدگی زودتر از موعد میوه‌ها شده‌اند، می‌باشد. در حالی‌که در برداشت چند مرحله‌ای، میوه‌هایی که زودتر از بقیه وارد مرحله رسیدگی می‌شوند، در چین‌های متعدد و جدا از هم برداشت می‌گردند (جدول ۲). خزاعی و زارع فیض آبادی (۱۰) گزارش کردند روش برداشت چند مرحله‌ای گوجه‌فرنگی از نظر تعداد و وزن میوه برداشت شده از هر بوته و عملکرد میوه به‌ترتیب ۱۴/۱، ۱۱/۳ و ۱۱/۳ درصد بر روش یک مرحله‌ای برتری داشته است. موضوع مهم در برداشت یک مرحله‌ای گوجه‌فرنگی مدیریت آب در مرحله درشت شدن و رسیدگی میوه‌ها و ممانعت از وارد آمدن تنش به مزرعه می‌باشد. در غیر این صورت عدم یکنواختی در رسیدگی میوه‌ها افزایش‌یافته که از این طریق ممکن است کاهش عملکرد قابل

توجهی در این نوع برداشت اتفاق بیفتد. به همین دلیل در این نوع برداشت استفاده از آبیاری قطره‌ای بر آبیاری نشتی ارجحیّت دارد. با قطع آبیاری هنگامی که حدود نیمی از میوه‌ها رنگ گرفته‌اند، می‌توان کیفیّت باقیمانده میوه‌ها را به سرعت ارتقاء داد تا از فساد میوه‌های پیش‌رس تا حد امکان جلوگیری نمود (۴). ضمن اینکه از این طریق بریکس محصول نیز افزایش خواهد یافت (۱۳). فوکوموتو و همکاران (۶) گزارش کردند تنش آبی به موقع موجب کاهش چروکیدگی و فساد گوجه فرنگی می‌گردد.

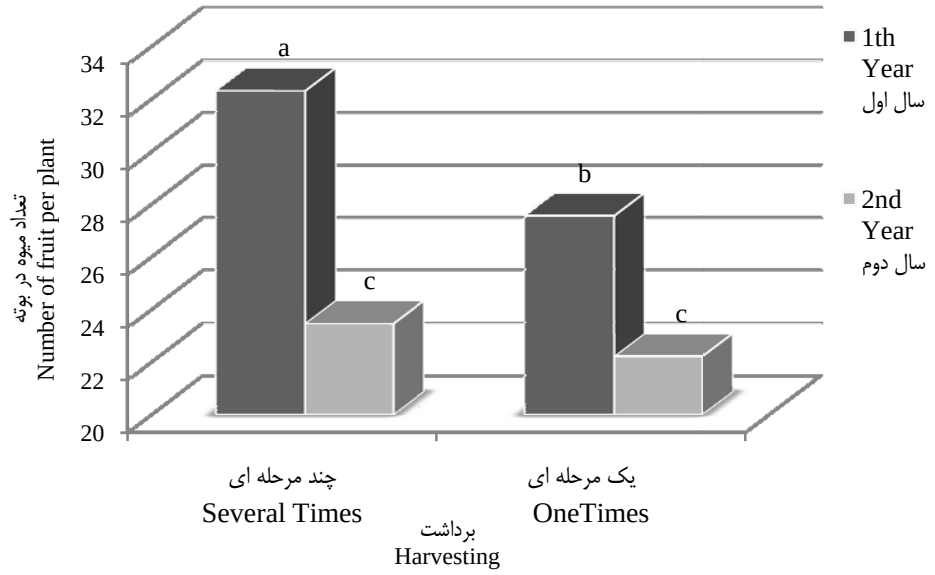
مقایسه میانگین اثر متقابل سال و روش برداشت نشان داد بیشترین تعداد میوه در اولین سال آزمایش و در برداشت چند مرحله‌ای و کمترین آن صفت در دومین سال آزمایش و در برداشت یک مرحله‌ای و با ۴۵/۵ درصد اختلاف حاصل شده است (شکل ۶). شرایط مناسب‌تر آب و هوایی در اولین سال آزمایش منجر به تولید بیشترین تعداد میوه و از طرفی برداشت‌های متعدد سبب کمترین کاهش در تعداد میوه به علت فساد بر روی بوته شده است. در حالی‌که در دومین سال آزمایش علاوه بر شرایط نامساعد محیطی که منجر به کاهش تعداد میوه در بوته شد، برداشت میوه در یک مرحله نیز منجر به فساد تعدادی از میوه‌های تولید شده بر روی بوته‌ها گردیده است. فرزانه و همکاران (۵) گزارش نمودند با افزایش درجه حرارت محیط، کمیت و کیفیت گوجه‌فرنگی کاهش یافت.

صفات کیفی

تجزیه واریانس داده‌های دو ساله این آزمایش نشان داد فقط اثر سال بر صفات مواد جامد محلول (بریکس) و pH تأثیر معنی‌دار داشته است. فاصله کاشت و روش برداشت و اثرات متقابل آنها فاقد اثر معنی‌دار بر این صفات بودند (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد pH در سال اول به‌ترتیب ۹/۳ درصد در مقایسه با دومین سال آزمایش برتری داشت، در حالی‌که درصد مواد جامد محلول کل (درجه بریکس) در سال اول ۲۵/۲ درصد کمتر از سال دوم بود (جدول ۲). در یک بررسی انجام شده با افزایش درجه حرارت محیط، برخی صفات کیفی در گوجه فرنگی کاهش یافته است (۵).

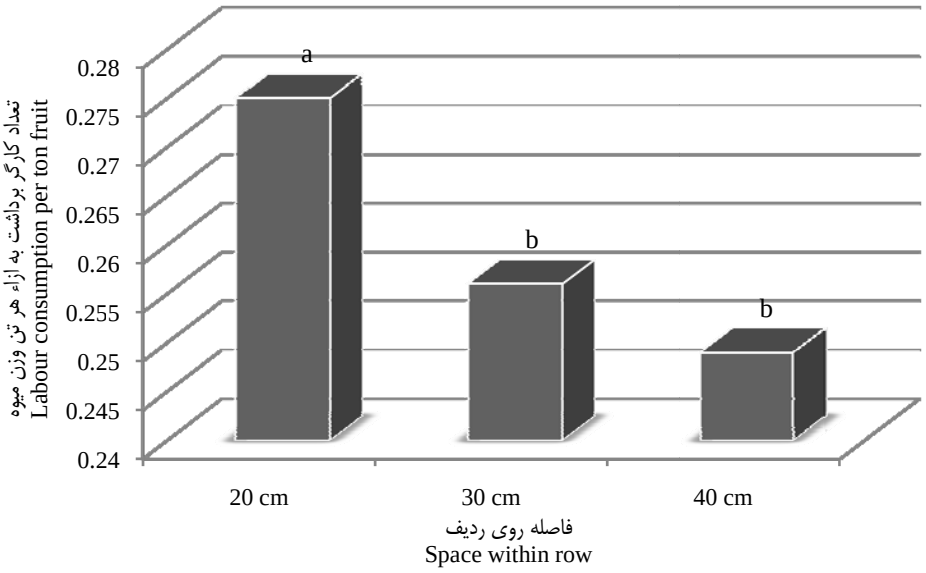
نیروی انسانی مورد نیاز برداشت

تجزیه واریانس داده‌های دو ساله این آزمایش نشان داد فاصله کاشت، روش برداشت و اثر متقابل فاصله کاشت و روش برداشت بر این صفت دارای تأثیر معنی‌دار بودند (جدول ۱). فاصله کاشت ۴۰ سانتی‌متری از کمترین و فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری با ۱۰/۵ درصد اختلاف نیازمند بیشترین تعداد کارگر برداشت به‌ازای هر تن وزن میوه بودند (شکل ۷). تفاوت کارایی کارگران در فواصل کاشت مختلف، در واقع مربوط به نحوه عمل کارگر در حین برداشت میوه بوده است. به این ترتیب که یک کارگر در تیمارهای با فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متر به‌خصوص در اولین چین که مصادف با حداکثر رشد شاخ و برگ بوته‌های گوجه فرنگی نیز بوده است، نه تنها ناچار بوده در حین کار در داخل انبوه بوته‌ها، میوه‌های رسیده را جستجو نماید بلکه تراکم بیشتر بوته‌ها و انبوه شاخ و برگ بر سرعت حرکت وی در طول فارو تأثیر منفی داشته است.



شکل ٦- تأثیر روش برداشت بر تعداد میوه در بوته گوجه فرنگی

Figure 6- Effect of harvesting method on number of tomato fruit per plant



شکل ۷- تأثیر فواصل مختلف کاشت بر تعداد کارگر برداشت به‌ازای هر تن وزن میوه

Figure 7- Effect of different planting space on labor consumption per ton fruit

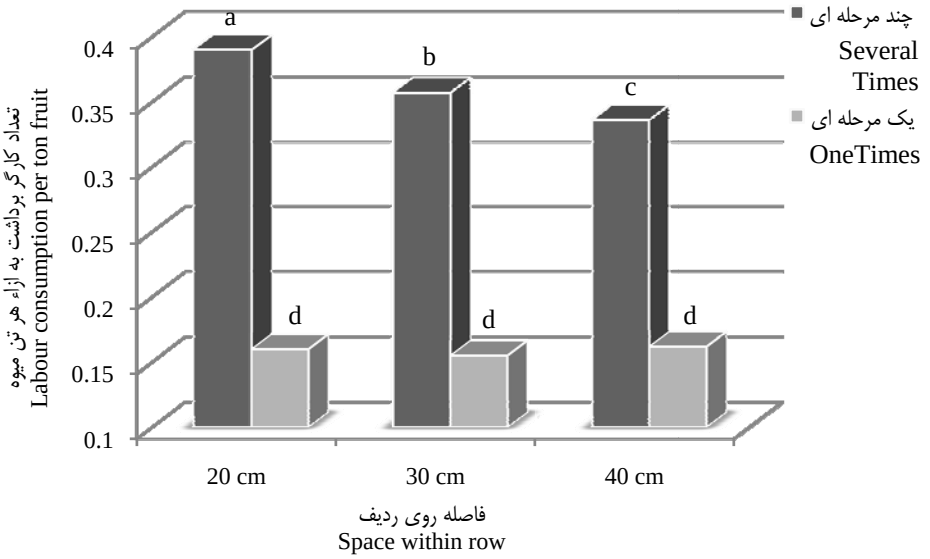
در حالی‌که در فواصل کاشت ۴۰ سانتی‌متری به‌خصوص در پایان فصل رشد که از انبوهی شاخ و برگ بوته‌های گوجه فرنگی به مقدار قابل توجهی کاسته شده و از طرفی فاصله کاشت بوته‌ها نیز کمتر بوده است، سرعت عمل کارگران در حین برداشت به مراتب بیشتر بوده است. مک کورمک (۱۴) اظهار نموده است تراکم بیش از حد بوته‌های گوجه فرنگی در مزرعه علاوه بر کاهش عملکرد، بر هزینه‌های تولید خواهد افزود.

فاصله بیشتر کاشت بوته‌ها در فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری سبب شده است که کارگران در برداشت چند مرحله‌ای میوه به‌خصوص در اولین چین با سرعت کمتری مشغول به‌کار باشد. ولی در برداشت یک مرحله‌ای در پایان فصل رشد که از انبوهی شاخ و برگ بوته‌های گوجه فرنگی نیز به مقدار قابل توجهی کاسته شده و ازطرفی تمام میوه‌ها کاملاً رسیده بوده‌اند، سرعت عمل کارگران در حین برداشت بسیار بیشتر بوده است. در امریکا تغییر روش برداشت گوجه فرنگی از چند مرحله‌ای به یک مرحله‌ای، هزینه‌های کارگری تولید این محصول را از ۵/۳ کارگر ساعت بر تن به ۰/۴ کارگر بر هر تن میوه کاهش داد که این موضوع سبب کاهش قابل توجه کل هزینه‌های تولید و افزایش کیفیت گوجه فرنگی شد (۱۹).

روش برداشت چند مرحله‌ای از ۱۲۷/۱ درصد تعداد کارگر برداشت بیشتر به‌ازاء هر تن وزن میوه در مقایسه با برداشت یک مرحله‌ای برخوردار بود (جدول ۲). تفاوت نیاز نیروی انسانی در برداشت یک و چند مرحله‌ای، در واقع مربوط به نحوه عمل کارگر در حین برداشت میوه بوده است. به این ترتیب که یک کارگر در برداشت چین به چین میوه به‌خصوص در اولین چین که مصادف با حداکثر رشد شاخ و برگ بوته‌های گوجه فرنگی نیز بوده است، نه تنها ناچار بوده در حین کار در داخل انبوه بوته‌ها، میوه‌های رسیده را جستجو نماید بلکه انبوه شاخ و برگ بر سرعت حرکت وی در طول ردیف‌ها تأثیر منفی داشته است. در حالی‌که در برداشت یک مرحله‌ای در پایان فصل رشد که اتفاقاً از انبوهی شاخ و برگ بوته‌های گوجه فرنگی به مقدار قابل توجهی کاسته شده و از طرفی کلیه میوه‌ها در مرحله رسیدگی کامل بوده‌اند، سرعت عمل کارگران در حین برداشت بسیار بیشتر بوده است.

مقایسه میانگین اثر متقابل فاصله کاشت و روش برداشت نشان داد بیشترین تعداد کارگر برداشت به‌ازای هر تن وزن میوه در فاصله کاشت ۲۰ سانتی‌متری در شرایط برداشت چند مرحله‌ای و کمترین آن در فاصله کاشت ۳۰ سانتی‌متری و در برداشت یک مرحله‌ای با ۱۵۱/۶ درصد اختلاف حاصل شده است (شکل ۸).

خزاعی و زارع فیض آبادی (۱۰) گزارش کردند روش برداشت چند مرحله‌ای گوجه‌فرنگی ۱۴۰ درصد بیشتر از روش برداشت یک مرحله‌ای نیازمند نیروی انسانی بوده است.



شکل ۸- تأثیر فاصله کاشت و نوع برداشت بر تعداد کارگر مورد نیاز برداشت هر تن میوه

Figure 8- Effect of planting space and harvest method on labor consumption per ton fruit

جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی

Table 2- Mean comparison of traits under study

			تعداد میوه در بوته No. of fruits per plant	وزن میوه در بوته Weight of fruits per plant (kg)	عملکرد میوه Fruit yield (ton ha^{-1})	مواد جامد محلول کل Brix %	pH	تعداد کارگر برداشت به ازاء هر تن وزن میوه Labor consumption per ton fruit
سال Year	1th	اول	29.933 a	1.599 a	69.927 a	4.081 b	4.433 a	0.262
	2nd	دو	22.837 b	1.318 b	58.210 b	5.108 a	4.055 b	0.259
فاصله کاشت Planting Space	20 cm	۲۰ سانتی متر	20.505 b	0.914 b	60.278 b	4.506	4.241	0.275 a
	30 cm	۳۰ سانتی متر	27.698 a	1.611 a	70.890 a	4.619	4.241	0.256 b
	40 cm	۴۰ سانتی متر	30.952 a	1.850 a	61.036 b	4.658	4.252	0.249 b
سال و فاصله کاشت Year & Planting Space	1th & 20 cm	اول و ۲۰ سانتی متر	24.750 d	0.974 d	64.126	4.080	4.437	0.280
	1th & 30 cm	اول و ۳۰ سانتی متر	30.500 b	1.781 b	78.320	4.056	4.429	0.255
	1th & 40 cm	اول و ۴۰ سانتی متر	34.550 a	2.041 a	67.334	4.108	4.435	0.250
	2nd & 20 cm	دوم و ۲۰ سانتی متر	16.260 e	0.855 d	56.430	4.933	4.044	0.270
	2nd & 30 cm	دوم و ۳۰ سانتی متر	24.896 d	1.441 c	63.460	5.183	4.054	0.257
	2nd & 40 cm	دوم و۴۰ سانتی متر	27.354 c	1.659 b	54.739	5.208	4.069	0.249
روش برداشت Harvesting Method	Several times	چند مرحله ای	27.866	1.528 a	66.999 a	4.621	4.254	0.361 a
	One time	یک مرحله ای	24.884	1.390 b	61.137 b	4.568	4.235	0.159 b
سال و روش برداشت Year & Harvesting Method	1th & Several times	اول و چند مرحله ای	32.311 a	1.665	72.966	3.938	4.442	0.364
	1th & one times	اول و یک مرحله ای	27.556 b	1.533	66.887	4.224	4.425	0.159
	2nd & Several times	دوم و چند مرحله ای	23.462 c	1.390	61.032	5.303	4.065	0.358
	2nd & one times	دوم و یک مرحله ای	22.212 c	1.247	55.387	4.912	4.046	0.159

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت آماری معنی‌داری در سطوح احتمال یک یا پنج درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نداشته‌اند.

In each column, means followed by any letter are not significantly different at the 5% probability levels-Using Duncans Multiple Rang Test.

ادامه جدول ۲- نتایج مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی

Continue of table 2- Mean comparison of traits under study

		تعداد میوه در بوته No. of fruits per plant	وزن میوه در بوته Weight of fruits per plant (kg)	عملکرد میوه Fruit yield (ton ha^{-1})	مواد جامد محلول کل Brix %	pH	تعداد کارگر برداشت به ازاء هر تن وزن میوه Labor consumption per ton fruit
فاصله کاشت و روش برداشت Planting Space &	۲۰ سانتی متر و چند مرحله ای 20 cm & several times	21.359	0.946	62.394	4.470	4.245	0.390 a
	۲۰ سانتی متر و یک مرحله ای 20 cm & one times	19.651	0.883	58.162	4.542	4.236	0.160 d
	۳۰ سانتی متر و چند مرحله ای 30 cm & several times	29.641	1.696	74.582	4.661	4.260	0.357 b
	۳۰ سانتی متر و یک مرحله ای 30 cm & one times	25.755	1.562	67.197	4.578	4.223	0.155 d
	۴۰ سانتی متر و چند مرحله ای 40 cm & several times	32.659	1.940	64.020	4.731	4.256	0.336 c
	۴۰ سانتی متر و یک مرحله ای 40 cm & one times	29.245	1.760	58.052	4.584	4.248	0.162 d
سال و فاصله کاشت و روش برداشت Year & Planting Space & Harvesting Method	اول و۲۰ سانتی متر و چند مرحله ای 1th & 20 cm & Several times	26.350	1.030	67.863	4.020	4.437	0.397
	اول و۲۰ سانتی متر و یک مرحله ای 1th & 20 cm & one times	23.150	0.918	60.390	4.140	4.438	0.163
	اول و۳۰ سانتی متر و چند مرحله ای 1th & 30 cm & Several times	33.332	1.845	81.075	3.953	4.442	0.360
	اول و۳۰ سانتی متر و یک مرحله ای 1th & 30 cm & one times	27.668	1.718	75.565	4.160	4.415	0.150
	اول و۴۰ سانتی متر و چند مرحله ای 1th & 40 cm & Several times	37.250	2.120	69.960	3.843	4.447	0.335
	اول و۴۰ سانتی متر و یک مرحله ای 1th & 40 cm & one times	31.850	1.963	64.707	4.373	4.423	0.165
	دوم و۲۰ سانتی متر و چند مرحله ای 2nd & 20 cm & Several times	16.638	0.862	56.925	4.920	4.053	0.383
	دوم و۲۰ سانتی متر و یک مرحله ای 2nd & 20 cm & one times	16.153	0.848	55.935	4.945	4.035	0.158
	دوم و۳۰ سانتی متر و چند مرحله ای 2nd & 30 cm & Several times	25.950	1.548	68.090	5.370	4.077	0.355
	دوم و۳۰ سانتی متر و یک مرحله ای 2nd & 30 cm & one times	23.843	1.335	58.830	4.995	4.030	0.160
	دوم و۴۰ سانتی متر و چند مرحله ای 2nd & 40 cm & Several times	28.068	1.760	58.080	5.620	4.065	0.337
	دوم و۴۰ سانتی متر و یک مرحله ای 2nd & 40 cm & one times	26.640	1.558	51.398	4.795	4.072	0.160

در هر ستون میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، تفاوت آماری معنی‌داری در سطوح احتمال یک یا پنج درصد در آزمون چند دامنه‌ای دانکن نداشته‌اند.

In each column, means followed by any letter are not significantly different at the 5% probability levels-Using Duncans Multiple Rang Test.

نتیجه‌گیری

۱- با توجه به عملکرد بیشتر گوجه فرنگی در فاصله کاشت ۳۰ سانتی‌متری، پیشنهاد می‌شود آن را جایگزین روش مرسوم که طی آن فواصل کاشت حتّی کمتر از ۲۰ سانتی‌متر اعمال می‌شود، نمود.

۲- با توجه به نیاز بیشتر نیروی انسانی در روش برداشت چند مرحله‌ای، تقلیل مراحل برداشت از سه تا پنج چین به یک چین از طریق فراهم آوردن امکان توسعه کشت این محصول در قطعات بزرگ‌تر و حتّی امکان به‌کارگیری ماشین‌های برداشت مکانیزه، افزایش تولید و درآمد کشاورزان را به دنبال خواهد داشت.

۳- چنانچه روش برداشت یک مرحله‌ای در مزارع اعمال شود، می‌توان با برنامه‌ریزی منطقه‌ای و اعمال نوبت‌بندی کاشت در تاریخ‌های مختلف، از تجمّع و یا کمبود محصول گوجه فرنگی در مقاطع خاص زمانی جلوگیری به‌عمل آورده و از این طریق ضمن استمرار تولید، تغییرات نا مطلوب قیمت گوجه فرنگی و فرآورده‌های آن و تأثیر سوء وارده بر تولیدکنندگان و مصرف‌کنندگان را کنترل نمود.

References

1. Atherton, J. G., and Rudich, J. 1988. The Tomato Crop:A Scientific Basis for Improvement, 35-105. Chapman and Hall, New York, USA.
2. Ba-Angooda, S. A. 1984. A study on the effect of plant density on the spread of tomato yield in the peoples. Arab Journal of Plant Protection 2 (1): 40-43.
3. Balemi, T. 2008. Response of tomato cultivars differing in growth habit to nitrogen and phosphorous fertilizers and spacing on Vertisol in Ethiopia. Acta Agriculture Slovenica 91 (1): 103-119.
4. Cahn, M. D., Herrero, E. V., Synder, R. L., and Hanson, B. R. 2001. Water management strategies for improving fruit quality of drip-irrigated processing tomato. ISHS Horticulture542, VII International symposium on the

processing tomato, Sacramento, USA.
5. Farzane, A., Nemati, S. H., and Vahdati, N. 2011. Effects of different climatic parameters (Temperature and Light) on productive indexes and quantitative and qualitative characteristics of four tomato cultivars (*Lycopersicon esculentum* Mill.). Journal of Water and Soil 25 (3): 688-697. (in Persian).
6. Fukumoto, Y., Yokoyama, K., and Kojima, K. 1992. Effects of phosphate fertilizer application and water stress on yield and quality of fully ripe tomatoes. Bulletin of Research Institute of System Horticulture, Faculty of Agriculture, Kochi University, 25-31.
7. Geremew, A., Teshome, A., Kasaye, T., and Amanti, C. 2010. Effect of inter-row spacing with double row arrangement on yield and yield component of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) at Adami Tulu Agricultural Research Center (Central Rift Valley of Oromia, Ethiopia), African Journal of Agricultural Research 6 (13): 2978-2981.
8. Hartsough, B. 2007. The Mechanizing Miracle of Tomato Harvesting. Resource Engineering and Technology for a Sustainable World. Available at: http://asabe.org/imis/StaticContent/5/Oct07/Oct07Resource.pdf/ (visited 21 September 2009).
9. Hilhorst, H. W. M. 2007. Definition and hypotheses of seed dormancy. In: Seed Dormancy and Germination, J. Bradford and H. Nanogaki (eds.), Oxford, Blackwell, pp 50-71.
10. Khazaei, H., and Zare Feizabadi, A. 2013. Assessment of fruit yield and quality of tomato varieties in one and several times hand-harvesting. Seed and plant production journal 29 (2): 235-249 (in Persian).
11. Khazaei, H., Sobhani, A., and Khaksar, K. 2008. Tomato seed multiplication. Agricultural information and technology center, Agricultural research, education and extension organization, Technical report, No. 87/505, p.29 (in Persian).
12. Kirimi, J. K., Itulya, F. M., and Mwaja, V. N. 2011. Effects of nitrogen and spacing on fruit yield of tomato, African Journal of Horticultural Science 5: 50-60.
13. Lopez, J., Ballesteros, R., Ruiz, R., and Ciruelos, A. 2001. Influence on tomato yield and brix of an irrigation cut off fifteen days before the predicted harvest date in southwestern Spain. ISHS Horticulture 542, VII international symposium on the processing tomato, Sacramento, USA.
14. McCormac, J. 2004. Tomato seed production. An organic seed production manual for seed growers, Available at: http:// www.Gardenmedicinals.com /pdf/ tomato (visited 21 September 2008).
15. Prics, S. C., Hill, J. E., and Allard, R. W. 1983. Genetic variability for herbicide reaction in plant population. Weed Science 30: 652-657.
16. Ranganna, S. 1991. Hand book of analysis and Quality control for Fruit and vegetable Products. Second Ed. Tate Mc Graw–Hill publishing company limited. 112p.
17. Rawson, H. M., and Macpherson, H. G. 2000. Irrigated wheat. FAO, Available at: http://www.fao.org/DOCREP/006/X8234E/X8234E00.htm (visited 11 September 2008).
18. Scholberg, J., and Braian, L. M. 2000. Growth and canopy characteristics of field – grown tomato. Agronomy Journal 92: 152-159.
19. Thompson, J. F., and Blank, S. C. 2000. Harvest mechanization helps agriculture remain competitive. California Agriculture 54 (3): 51-56.
20. Warner, J., Zhang, T. Q., and Hao, X. 2004. Effects of nitrogen fertilization on fruit yield and quality of processing tomatoes. Canadian Journal of Plant Science 84: 865-871.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 570-582

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۸۲-۵۷۰

The Effect of Planting Space and Harvesting Method on Quantitative and Qualitative Traits of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.)

H. Khazaei[1*]- A. Zarea Feizabadi[2]

Received: 29-10-2013
Accepted: 01-12-2014

Introduction

One time tomato harvesting, in addition to labor saving, provides a possibility of increasing the cultivated area which lead to increase the total output (1). Varieties of tomato that has multiple harvest usually have a lower density in farm compared to one time harvest (2). In the late 1940s, the processing tomato industry in California was concerned that expected shortage of labor would prevent harvest of its increasing tomato production. Commercial use of the new variety and the new harvesting method, began in early 1960s. New harvesting method had a labor requirement of 2.9 hours per ton, compared with 5.3 hours per ton for hand-harvest in several times. Total labor use for the crop dropped from 13.5 million hours in the hand-harvest years to about 3.8 million hours per year in 1997, while fruit yield increased 4-fold (3).

Materials and Methods

This study was carried out in two years (2010-2011) at Mazrae Nemone Astan Ghods Razavi using a factorial experiment based on randomized complete block design with 4 replications. The first factor was planting space within row at three levels including 20, 30 and 40 cm and the second factor was harvesting method at two levels including multiple and one time on tomato variety hypeel 347. Measured traits included fruit number per plant, fruit weight per plant, yield, as quantitative also pH, brix as qualitative and labor consumption per each ton of harvested fruit were investigated. Each plot consisted of 5 rows with a length of 6 meters, the plant in the row bilaterally (a total of 10 lines per plot) were planted. Drip irrigation method was performed using the T-tape with 1.6 liters per hour. Harvesting started in mid-September and ended in late October. Fully ripe and healthy fruits were harvested and rotten fruits were not collected.

Results and Discussion

Quantitative traits

Analysis of variance showed that the effect of year and planting space on all quantitative traits was significant while harvesting method significantly affected fruit weight per plant and fruit yield. Interaction between year and planting space had significant effect on the fruit number and weight per plant. Moreover, interaction of year and harvesting method had a significant effect only on fruit number per plant.

Means comparison indicated that fruit number, fruit weight per plant and fruit yield in first year were 31.1, 21.3 and 20.1 percent higher than second year, respectively. The highest and the lowest fruit number and fruit weight per plant obtained on 40 cm and 20 cm, respectively. The maximum yield with 16.2 percent was observed in 30 cm space treatment compared to 40 cm which had the lowest rate on those traits. The maximum fruit number and fruit weight per plant obtained in the first year and 40 cm planting space while the minimum number obtained in the second year and 20 cm planting space,. The fruit harvested at several times had 9.9 and 9.6 percent higher than fruit weight per plant and yield respectively, compared to harvested method at once. The maximum and minimum of fruit number per plant achieved in the first year and several time harvesting also in the second year and harvested method at once, respectively with 45.5 percent difference.

Qualitative traits

Analysis of variance revealed that only year had significant effect on brix and pH. Means comparison

1- MSc., Scientific member of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resourses Resarch Center, Seed & Plant Improvement Department, Toroq, Mashad, Iran
2- Professor, Scientific member of Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resourses Resarch Center, Seed & Plant Improvement Department, Toroq, Mashad, Iran
(*- Corresponding Author Email: khazaeihadi@yahoo.com)

showed that pH had 9.3 percent superiority in the first year compared to the second year while brix was 25.2 percent lower in the first year compare to the second year.

Labor working time

Analysis of variance showed that planting space, harvesting method and their interaction had significant effect on this labor time. Means comparison illustrated that the maximum labor time with 10.5 percent difference were observed in 20 cm planting space treatment compared to 40 cm which had the lowest rate on this trait. The fruit harvested multiple times method needed 127.1 percent more labor compared to harvested method at once. The highest and the lowest labor consumption with 151.6 percent difference, were observed in 30 cm and 20 cm respectively.

Conclusions

In tomato production increasing and decreasing of harvest's expenses, increasing within row space from 20 to 30 cm and one-time harvesting method, had a very important role.

Keywords: Brix, Density, Yield component

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۹۷-۵۸۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 583-597

ارزیابی تحمل به خشکی چهار رقم کلزا (*Brassica napus* L.) براساس خصوصیات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی

احد جمشیدی زیناب[۱]- طاهره حسنلو[۲*]- امیر محمد ناجی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر تنش خشکی در مرحله گل‌دهی بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک، مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه کلزا، آزمایشی، در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. نمونه‌برداری از گیاهان ۷، ۱۲ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش انجام شد. آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح به‌صورت آبیاری معمولی یا شاهد (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تنش در مرحله گل‌دهی (آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و ارقام (Oise، Triangle، Karun و SLM046) در چهار سطح به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که تنش خشکی موجب کاهش معنی‌دار محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای در کلیه ارقام مورد مطالعه کلزا گردید، در حالی‌که محتوای قندهای محلول، پرولین و عدد کلروفیل در اثر تنش خشکی افزایش یافت. در بین ارقام مورد بررسی ژنوتیپ SLM046 از نظر صفات عملکرد، وزن هزاردانه، تعداد غلاف در بوته، محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای به سایر ارقام برتری داشت و در مقایسه با سایر ارقام نسبت به تنش خشکی متحمل‌تر بود. رقم SLM046 بالاترین و رقم Karun کم‌ترین عملکرد (به‌ترتیب با ۲۵۵۳ و ۲۱۷۸ کیلوگرم در هکتار) را در شرایط تنش به‌خود اختصاص دادند.

واژه‌های کلیدی: پرولین، عملکرد، قندهای محلول، مالون دی‌آلدهید، محتوای نسبی آب برگ

مقدمه

دانه‌های روغنی از تولیدات مهم محصولات کشاورزی می‌باشند، که علاوه بر مصارف صنعتی، از لحاظ تغذیه نیز اهمیت به‌سزایی دارند. دانه‌های روغنی با توجه به بازار مصرف وسیع و اهمیت تغذیه‌ای بالا، در سطح ملی از اولویت خاصی برخوردار می‌باشند (۲۲). کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی است یک ساله با تیپ‌های بهاره و پاییزه که با توجه به شرایط اکولوژیک مناطق مختلف مورد زراعت قرار می‌گیرد (۳۱) و به‌عنوان یک گیاه روغنی با بیش از ۴۰ درصد روغن در دانه، از گیاهان مهم جهت توسعه‌ی کشت و تولید روغن گیاهی در ایران است و به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فرد آن از جمله، قابلیت کشت در نقاط مختلف کشور، درصد و کیفیت بالای روغن به‌عنوان نقطهٔ امیدی جهت تأمین روغن خام مورد نیاز کشور به‌شمار می‌رود (۶). کلزا با اختصاص ۱۵درصد کل تولید روغن گیاهی و سطح زیر کشت حدود ۳۱۶۸۱۰۰۰ هکتار، بعد از سویا (*Glycin max*) و نخل روغنی (*Elaeis oleifera*)، مهم‌ترین منبع تولید روغن خوراکی در جهان می‌باشد. سطح زیر کشت این محصول در سال ۱۳۹۰ در ایران برابر، ۹۳۰۰۰ هکتار بوده که با متوسط عملکرد ۲۱۸۱کیلوگرم در هکتار میزان ۱۹۰۰۰۰ تن دانه از آن برداشت گردیده است (۷).

تنش خشکی یکی از شایع‌ترین تنش‌های محیطی است و تقریباً هرساله حدود ۲۵ درصد از تولید محصولات کشاورزی در جهان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد (۱۶). ایران با متوسط ۲۵۰ میلی‌متر بارندگی در سال جزء مناطق خشک دنیا محسوب می‌شود (۹). در ایران تولیدات گیاهان روغنی به‌وسیله خشکی و شوری خاک محدود می‌شود. بنابراین، بررسی پاسخ ارقام مختلف به تنش کم آبی در مراحل حساس از رشد گیاه در گزینش ارقام متحمل به خشکی بسیار با ارزش است. به‌طوری‌که امروزه، یکی از راه حل‌های مقابله با تنش

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد بیوتکنولوژی کشاورزی دانشگاه شاهد تهران
۲- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران
(*- نویسنده مسئول: (Email: thasanloo@abrii.ac.ir)
۳- استادیار دانشگاه شاهد تهران، گروه بیوتکنولوژی کشاورزی

کمبود آب، شناسایی و معرفی ارقام جدید متحمل به تنش خشکی است (۳۴ و ۳۸). علاوه بر شدت تنش و طول دوره آن، مرحله رشدی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد نیز برای رشد و عملکرد آن حائز اهمیت است (۳۲). گیاه کلزا در هر دو مرحله رویشی و زایشی نسبت به تنش کم‌آبی حساس است اما بیش‌ترین حساسیت را در مرحله‌ی زایشی نشان می‌دهد (۲۹). اعمال تنش خشکی در طی مراحل ساقه‌دهی و گل‌دهی و پر شدن غلاف‌ها در کلزا، تعدا دانه در غلاف را کاهش داده و خشکی اعمال شده در اوایل گل‌دهی نسبت به دو مرحله دیگر بیش‌ترین کاهش را در تعداد دانه در غلاف نشان داده است (۱). عملکرد دانه در گیاه کلزا تابع مجموع اثرات اجزای مختلف عملکرد شامل تعداد غلاف در گیاه، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه می‌باشد. تنش کم آبی در مرحله گل‌دهی عملکرد و اجزای عملکرد کلزا را از طریق کاهش تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه در غلاف‌ها تحت تأثیر قرار می‌دهد (۱۲ و ۱۹). عملکرد و اجزای عملکرد کلزا به‌طور مؤثری تحت تأثیر مقدار آب قابل دسترس در مرحله پر شدن دانه قرار می‌گیرند (۴ و ۵). تعداد غلاف در بوته سهم مهمی در عملکرد کلزا دارد (۳۳).

تجمع اسمولیت‌هایی مانند قندها و پرولین در شرایط تنش کمبود آب می‌تواند باعث تنظیم اسمزی در سلول شوند. حرکت آب از پتانسیل بالا به پتانسیل پایین است و تجمع اسمولیت‌ها داخل سلول از طریق کاهش پتانسیل آب و افزایش جذب آب از کاهش آب داخل سلول جلوگیری می‌کنند (۱۸). تنش خشکی با افزایش در محتوای رادیکال‌های آزاد اکسیژن سبب افزایش در محتوای مالون دی‌آلدهید که محصول پراکسیداسیون چربی‌های غشایی است، می‌شود (۱۵).

زودرسی در کلزا، فرار از خشکی دیررس را از طریق گل‌دهی و تکمیل نمو بذور قبل از وقوع تنش خشکی دیر رس تضمین می‌کند. گزارشات ارائه شده توسط نیلسن (۲۴) نشان‌دهنده وجود عکس‌العمل خطی بین عملکرد دانه و آب مصرفی در گیاه کلزا می‌باشد. میزان عملکرد دانه، روغن دانه و محتوای نسبی آب برگ (RWC[1]) در شرایط تنش خشکی کاهش یافت. محتوای نسبی آب برگ، یکی از ویژگی‌های مؤثر در تداوم رشد گیاه تحت شرایط خشکی بوده و مقدار بالاتر آن می‌تواند عامل استمرار رشد در شرایط خشکی باشد (۱۴). چنانچه محتوای نسبی آب برگ بالا باشد گیاه تورم سلولی خود را حفظ کرده و رشد آن تداوم می‌یابد (۲۹). با توجه به وجود همبستگی بالا بین توان جذب آب و محتوای نسبی آب برگ در کلزا، به دنبال بروز خشکی و کاهش توان جذب آب، محتوای نسبی آب برگ کاهش می‌یابد (۲۶).

با توجه به مسئله کمبود آب در ایران و اهمیت کلزا به‌عنوان یک گیاه دانه روغنی، این پژوهش با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی در مرحله گل‌دهی گیاه کلزا و ارزیابی میزان تحمل چهار رقم کلزا تحت شرایط تنش خشکی و انتخاب رقم برتر در شرایط تنش اعمال شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر تنش خشکی در مرحله گل‌دهی گیاه کلزا بر عملکرد و صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی آن، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، در مزرعه پژوهشی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی یزد طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. یزد با متوسط بارندگی سالانه ۱۰۶ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۹/۲ سانتی‌گراد، میانگین رطوبت نسبی ۲۷ درصد و مجموع ساعات آفتابی ۳۴۸۳ ساعت، با اقلیمی خشک در فلات مرکزی ایران واقع شده است. خصوصیات فیزیکی خاک منطقه در جدول ۱ ارائه شده است.

در این آزمایش آبیاری به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح آبیاری معمولی یا شاهد (آبیاری پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A) و تنش در مرحله گل‌دهی (آبیاری پس از ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A در فاصله حدود ۱۵ روز) و ارقام (Oise، Triangle، KarunSLM046) در چهار سطح به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. به‌جز عملیات آبیاری سایر عملیات زراعی در مورد کلیه تیمارها به‌طور یکسان انجام گرفت. قبل از اعمال تنش، همه تیمارها از نظر آبیاری دارای شرایط یکسان بوده و آبیاری تا مرحله گل‌دهی (تا زمانی‌که ۵۰ درصد بوته‌ها به گل رفتند) در کلیه واحدهای آزمایشی به‌طور یکسان انجام شد. در حین اعمال تنش، کرت‌هایی که تحت تنش بودند در مرحله مورد نظر آبیاری نشدند ولی تیمارهای شاهد تا رسیدن رطوبت خاک تا عمق ریشه گیاه به حد ظرفیت زراعی آبیاری شدند. در تیمار شاهد آبیاری در تمام مراحل رشد (پس از ۸۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک) انجام شد. کرت‌های آزمایشی به طول پنج متر، عرض ۱/۵متر و فاصله بین ردیف‌های کاشت ۳۰ سانتی‌متر انتخاب شد. جهت تأمین مواد غذایی بنابر توصیه بخش خاک‌شناسی، ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره در سه نوبت (۱۰۰ کیلوگرم زمان کاشت، ۱۰۰ کیلوگرم در مرحله ساقه‌دهی و ۵۰ کیلوگرم در مرحله شروع گل‌دهی)، ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفات آمونیوم و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم در زمان کاشت به خاک اضافه شد.کاشت بذور به‌صورت دستی به مقدار شش کیلوگرم در هکتار در تاریخ هشتم آبان ۱۳۹۰ انجام گرفت.

به‌منظور اندازه‌گیری صفات فیزیولوژیک شامل هدایت روزنه‌ای، محتوای نسبی آب برگ و قرائت عدد SPAD، نمونه‌برداری از کرت‌های آزمایشی در تیمارهای شاهد و قطع آبیاری از مرحله گل‌دهی در سه مرحله ۷، ۱۲ و ۲۶ روز صورت گرفت.

1- Relative water content

جدول ۱- نتایج آزمون فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical soil test results

Depth of sampleing عمق نمونه‌برداری	EC هدایت الکتریکی	pH	N نیتروژن کل	P فسفر قابل جذب	K پتاسیم قابل جذب	Sand شن	Silt سیلت	Clay رس	Specific weight وزن مخصوص ظاهری	Field capacity ظرفیت زراعی	Wilting point نقطه پژمردگی
(cm)	($dS\ m^{-1}$)		(%)	($mg\ kg^{-1}$)	($mg\ kg^{-1}$)		(%)		($g\ cm^{-3}$)	(5)	(%)
0- 40	3.88	7.8	0.014	5.02	107.9	64.2	10.8	25	1.39	16.7	4.1

به‌منظور اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ‌ها (RWC) از روش اومایی و همکاران (۲۵) استفاده شد، سپس محتوای نسبی آب برگ‌ها بر حسب درصد از طریق معادله ۱ محاسبه شد:

$$RWC\ \% = [(Fw–Dw) / (Tw – Dw)] \times 100 \quad (۱)$$

در این معادله، Fw وزن تر، Tw وزن اشباع و Dw وزن خشک دیسک‌ها (تکه‌های برگ) بر حسب گرم می‌باشند (۲۳).

جهت اندازه‌گیری هدایت روزنه‌ای در برگ‌ها با استفاده از دستگاه‌های پرومتر AP4 (مدل MK, Delta, UK) هدایت روزنه‌ای برگ‌ها برحسب میلی‌مول بر متر مربع در ثانیه قرائت شد (۲۱). همچنین قرائت عدد SPAD با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD Unite Minolta502 (مدلJapan) در سه مرحله ۷، ۱۲ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش آبیاری در مرحله گل‌دهی، انجام شد (۲۱). قندهای محلول کل به روش اشلیگل (۳۴) با استفاده از فنل و اسید سولفوریک، MDA به روش هیت و پیکر (۱۰) و غلظت آن با استفاده از فرمول پیشنهاد شده توسط زنگ و همکاران (۴۲) و پرولین برگ به روش بیتس و همکاران (۲) اندازه‌گیری شدند. عملیات برداشت به‌صورت دستی انجام شد. به‌منظور تعیین عملکرد دانه، بوته‌های موجود در مساحت ۴/۸ متر مربع از هر کرت آزمایشی به‌طور جداگانه کف‌بر شده و جهت خشک شدن نهایی و رسیدن رطوبت دانه‌ها به ۱۲ درصد، به مدت یک هفته در هوای آزاد نگهداری و پس از جداسازی دانه‌ها از خورجین، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق توزین و عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد. داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (ver 9.1) تجزیه واریانس شدند و میانگین اثرات اصلی و متقابل به روش آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفت. شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شد.

نتایج و بحث

صفات فیزیولوژیک

عدد SPAD

تجزیه واریانس داده‌های مربوط به صفات فیزیولوژیک در جدول ۲ ارائه شده است. بر این اساس اثر سطوح تنش بر عدد SPAD در ۷ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود ولی در ۱۲ روز بعد از تنش غیرمعنی‌دار بود. اثر ارقام فقط در ۲۶ روز پس از اعمال تنش در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود. اثر متقابل خشکی ×رقم بر عدد SPAD در هیچ یک از برداشت‌های پس از اعمال تنش معنی‌دار نبود (جدول ۲).

بیش‌ترین عدد SPAD در تیمار۲۶ روز پس از اعمال تنش (۵۳/۰۸) و کم‌ترین آن (۳۷/۵۷) در تیمار شاهد ۷ روز پس از اعمال تنش مشاهده شد (جدول ۴). نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث افزایش عدد SPAD در ۷ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش شد ولی ۱۲ روز پس از اعمال تنش عدد SPAD روند کاهشی داشت، احتمالاً گیاه توانسته است در این مدت خود را با شرایط سازگار کند و از کاهش بیش‌تر سطح برگ ممانعت کند (۲۱).

محتوای نسبی آب

اثر سطوح تنش و اثر رقم بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، ولی اثر متقابل خشکی ×رقم بر محتوای نسبی آب برگ فقط در ۲۶ روز پس از اعمال تنش و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین محتوای نسبی آب برگ در مرحله نمونه‌برداری، مربوط به رقم SLM046 و به میزان۷۹/۷۱ درصد و کم‌ترین آن متعلق به رقم Oise به میزان ۷۶/۱ درصد بود (شکل ۱).

حفظ محتوای نسبی آب برگ شاخصی برای نشان دادن تحمل‌پذیری و پایداری داخلی گیاه در مواجهه با تنش‌های محیطی است. بالا بودن محتوای نسبی آب برگ می‌تواند در تداوم رشد کلزا در شرایط کم آبی مؤثر باشد (۱۴ و ۳۰). یاداو و بوشان (۴۰) در بررسی تأثیر تنش خشکی بر رشد و عملکرد در ژنوتیپ‌های برنج نتیجه گرفتند، در زمان وقوع تنش خشکی میزان RWC کاهش یافته، که به‌طور مستقیم با فشار آماس و پتانسیل آبی در ارتباط است و ازطرفی فشار آماس در ارتباط مستقیم با توسعه و تقسیم سلولی است، بدین ترتیب ارتباط نزدیکی بین کاهش آب درون سلول و RWC و کاهش رشد و عملکرد وجود دارد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات عدد SPAD و محتوای نسبی آب برگ (RWC) در ارقام کلزا در تیمارهای آبیاری در تاریخ‌های نمونه‌برداری

Table 2- Mean squares from analysis of variance (ANOVA) for SPAD and RWC of rapeseed cultivars under irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		عدد SPAD (Days after withheld irrigation)			درصد رطوبت نسبی RWC (Days after withheld irrigation)		
		۷ روز 7 Days	۱۲ روز 12 Days	۲۶ روز 26 Days	۷ روز 7 Days	۱۲ روز 12 Days	۲۶ روز 26 Days
تکرار Replication	2	10.24 ns	1.85 ns	10.80 ns	0.92 ns	2.71 ns	2.72 ns
تنش خشکی Drought stress	1	733.72**	0.51 ns	463.76 **	583.12**	390.02**	672.04**
خطای اصلی Error A	2	28.24	48.17	1.46	11.53	14.74	12.68
ارقام Cultivar	3	128.32 ns	126.39 ns	91.72*	29.71**	33.89**	21.95**
خشکی در ارقام Cultivar× Drought	3	23.32 ns	79.4 ns	40.38 ns	9.6 ns	1.96 ns	12.71*
خطای فرعی Error B	10	67.92	62.31	15.83	3.35	2.35	3.05
ضریب تغییرات (٪) CV		19.12	16.53	8.18	2.35	1.97	2.24

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

** and *: significant at 1 and 5 percent, ns: no significant

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس هدایت روزنه‌ای در ارقام کلزا در تیمارهای آبیاری در تاریخ‌های نمونه‌برداری

Table 3- Mean squares from analysis of variance (ANOVA) for stomata conductance of rapeseed cultivars under irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square		
		هدایت روزنه‌ای (روز بعد از تنش آبیاری) Stomata conductance (Days after withheld irrigation)		
		۷ روز 7 days	۱۲ روز 12 days	۲۶روز 26 days
تکرار Replication	2	1641.50**	2396.45 ns	442.44 ns
تنش خشکی Drought stress	1	24512.04**	46358.46**	35597.10**
خطای اصلی Error A	2	92.16	2606.13	60577.78
رقم Cultivars	3	350.26*	6328.70*	586.92*
Cultivars× Drought	3	361.15*	7221.81*	792.92**
خطای فرعی Error B	10	80.33	1583.29	118.12
ضریب تغییرات (٪) CV		4.26	27.02	11.54

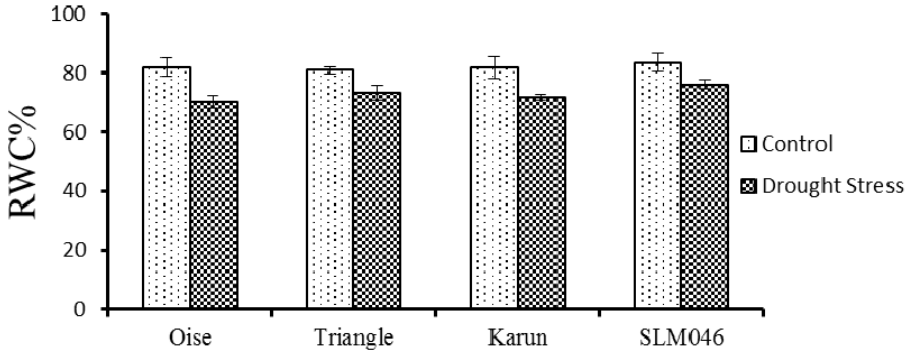
** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

** and *: significant at 1 and 5 percent, ns: no significant

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات RWC، عدد SPAD، پرولین، قندهای محلول کل و MDA برگ کلزا در سطوح مختلف تنش کمبود آب

Table 4- Mean comparisons of RWC, SPAD, prolin, carbohydrate content and MDA of rapeseeds cultivars under irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

تعداد روز پس از اعمال تنش خشکی Days after withheld irrigation	سطوح تنش Stress levels	درصد رطوبت نسبی RWC (٪)	عدد SPAD	پرولین (mmol.g^{-1}FW) Proline	قندهای محلول کل (mg g^{-1}FW) Carbohydrate	مالون دی آلدئید MDA (µmol g^{-1}FW)
۷ روز 7 days	تنش Stress	74.13	48.63	30.87	51.8	0.409
	شاهد Control	86.81	37.57	11.79	65.12	0.505
	LSD(0.05)	6.71	5.3	3.7	4.45	0.06
۱۲ روز 12 days	تنش Stress	75.6	47.8	36.66	69.05	0.45
	شاهد Control	88.5	47.6	8.4	57.19	0.516
	LSD (0.05)	3.61	1.43	2.1	4.97	0.04
۲۶ روز 26 days	تنش Stress	75.76	53.08	23.48	63.97	0.559
	شاهد Control	87.25	44.21	4.28	50.4	0.512
	LSD (0.05)	2.71	2.12	1.34	5.5	0.11



شکل ۱- اثرات متقابل تیمارهای خشکی و ارقام کلزا بر صفت RWC در برداشت سوم (٢٦ روز پس از تنش)

Figure 1- Means of comparison of RWC from interaction between irrigation regime and cultivars26 days after withheld irrigation

در واقع در زمان بروز تنش به دلیل کاهش آب درون سلول و کاهش RWC، فشار آماس کاهش می‌یابد. به‌عبارت دیگر، محتوای نسبی آب بیش‌تر باعث حفظ عملکرد در شرایط تنش می‌شود (۸).

هدایت روزنه‌ای

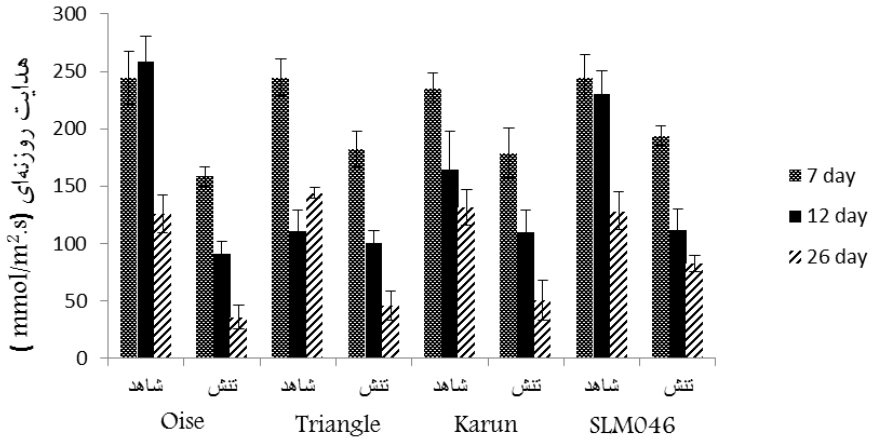
اثر اصلی و اثر متقابل تیمارها بر هدایت روزنه‌ای در هر سه مرحله نمونه‌برداری، معنی‌دار بود (جدول ۳). بررسی مقایسه میانگین‌های صفت هدایت روزنه‌ای چهار رقم کلزای مورد مطالعه در تیمارهای خشکی نشان داد که رقم SLM046 بیش‌ترین هدایت روزنه‌ای (۲۱۹/۳۳mmol/m^2.s) را در تیمار تنش ۷ روز دارا بود و کم‌ترین میزان این صفت (۸۱/۲mmol/m^2.s) در تیمار ۲۶ روز پس از اعمال تنش و در رقم Oise مشاهده شد (شکل ۲). رقمی که در شرایط تنش هدایت روزنه‌ای بالاتری داشت، از عملکرد بالاتری نیز برخوردار بود (شکل ۲ و ۵). لیو و استوتزل (۱۷)، شکوه فر و ابو فتیله نژاد (۳۷) و شهرابی فراهانی و همکاران (۳۶) نشان دادند که تیمارهای شاهد و تنش به‌ترتیب بیشترین و کم‌ترین مقدار هدایت روزنه‌ای را دارا بودند.

گیاه برای اجتناب از تنش و استفاده بهتر از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد، اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌کند تا از هدر روی آب جلوگیری شود، بنابراین با شروع دوره خشکی، تا مدتی گیاه تعرق و هدایت روزنه‌ای خود را در سطح حداکثر نگه‌می‌دارد، ولی با تداوم دوره خشکی، اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌نماید (۴).

صفات بیوشیمیایی

پرولین

اثر اصلی و اثر متقابل عوامل آزمایشی بر محتوای پرولین برگ در هر سه مرحله نمونه‌برداری، معنی‌دار بود (جدول ۵).



شکل ۲- اثرات متقابل تیمارهای خشکی و ارقام کلزا بر صفت هدایت روزنه‌ای ۷، ۱۲ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش خشکی

Figure 2- Means of comparison of stomata conductance from interaction between irrigation regime and cultivars26 days after withheld irrigation

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس صفات پرولین و قندهای محلول کل در ارقام کلزا در تیمارهای آبیاری در تاریخ‌های نمونه‌برداری

Table 5- Mean squares from analysis of variance (ANOVA) for prolin and carbohydrate content of rapeseed cultivars under irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		پرولین Proline (Days after withheld irrigation)			قندهای محلول کل Soluble carbohydrate (Days after withheld irrigation)		
		۷ روز 7 days	۱۲ روز 12 days	۲۶روز 26 days	۷ روز 7 days	۱۲ روز 12 days	۲۶روز 26 days
Replication تکرار	2	0.084^{ns}	1.303^{ns}	0.05^{4ns}	62.81*	5.02^{ns}	6.76^{ns}
Drought stress تنش خشکی	1	6.709**	575.16**	785.69**	157.07**	442.2**	387.6**
Error A خطای اصلی	2	0.066	0.51	0.31	1.56	12.35	18.52
Cultivars رقم	3	0.515**	72.17**	41.33**	161.97**	97.78*	76.39**
Cultivars× Drought	3	0.402*	28.906**	49.82**	17.81^{ns}	14.49^{ns}	4235.45**
Error B خطای فرعی	10	0.073	0.38	0.53	90.09	20.85	37.18
CV ضریب تغییرات (٪)		14.48	7.84	9.12	10.22	9.56	10.33

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

** and *: significant at 1 and 5 percent, ns: no significant

به‌طور کلی، تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار محتوای پرولین در برگ‌های کلیه ارقام کلزا در مرحله شروع گل‌دهی شد، به‌طوری‌که در ۲۶ روز پس از اعمال تنش بیش‌ترین محتوای پرولین در رقم SLM046 و کم‌ترین آن در رقم Oise (به‌ترتیب ۱۱/۷۶ و ۶/۰۱ میلی‌مول بر گرم وزن تر) مشاهده شد (جدول ۷). رقم SLM046 با تولید محتوای پرولین بالاتر در شرایط تنش خشکی و به تبع آن پتانسیل اسمزی بیش‌تر در این شرایط توانسته است عملکرد بالاتری تولید کند. یکی از اثرات اصلی تنش خشکی از دست دادن آب یاخته است. گیاهان از راه تجمع مواد محلول سازگار داخل یاخته از کاهش آب یاخته و آسیب پروتئین‌ها و غشای پلاسمایی جلوگیری می‌کنند. این مواد محلول هیچ محدودیتی را برای واکنش‌های داخل یاخته ایجاد نمی‌کنند (۱۸). تجمع این اسمولیت‌ها باعث تسهیل تنظیم اسمزی می‌شود. در زمان وقوع تنش کمبود آب، گیاه با جذب و ذخیره اسیدهای آمینه‌ای مثل پرولین در یاخته، باعث حفظ فشار آماس و ادامه رشد یاخته می‌شود (۲۷).

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس صفت مالون دی‌آلدهید در ارقام کلزا در تیمارهای آبیاری در تاریخ‌های نمونه‌برداری
Table 6- Mean squares from analysis of variance (ANOVA) for MDA of rapeseed cultivars under irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

Source of variation منابع تغییرات	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square		
		مالون دی‌آلدهید MDA (Days after withheld irrigation)		
		۷ روز 7 days	۱۲ روز 12 days	۲٦روز 26 days
Replication تکرار	2	0.016^{*}	0.005^{ns}	0.016^{ns}
Drought stress تنش خشکی	1	0.212^{**}	0.103^{*}	0.041^{*}
Error A خطای اصلی	2	0.002	0.01	0.016
Cultivars رقم	3	0.063^{**}	0.022^{*}	0.049^{**}
Cultivars× Drought	3	0.015^{**}	0.005^{ns}	0.001^{ns}
Error B خطای فرعی	10	0.002	0.005	0.007
CVضریب تغییرات (٪)		5.18	9.48	10.37

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

** and *: significant at 1 and 5 percent, ns: no significant

قندهای محلول کل

نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌های قندهای محلول کل نشان داد که اثر سطوح تنش خشکی بر قندهای محلول کل در ۷، ۱۲ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود. اثر ارقام نیز در ۷ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش در ۱ درصد تفاوت معنی‌دار نشان دادند، ولی اثر متقابل خشکی ×رقم فقط در ۲۶ روز پس از اعمال تنش معنی‌دار شد (جدول ۵). حداقل میزان قندهای محلول کل در تیمار شاهد و در رقم Triangle و بیش‌ترین میزان آن در رقم Oise و در شرایط تنش مشاهده شد (شکل ۳). همچنین با افزایش تنش خشکی میزان قندهای کل محلول در هر چهار رقم کلزا افزایش یافت، که نتایج به‌دست آمده منطبق بر نتایج کیشور و همکاران (۱۳) بود. مطالعات زیادی افزایش تجمع قندهای محلول در واکنش به تنش خشکی را تأیید می‌کنند، به نظر می‌رسد که در اثر تنش خشکی فعالیت آنزیم آلفا آمیلاز افزایش می‌یابد، در این شرایط افزایش هیدرولیز نشاسته سبب افزایش غلظت قندهای کل محلول می‌شود (۳۵). کربوهیدرات‌ها تحت شرایط تنش در گیاه افزایش می‌یابند و نقش اصلی آن‌ها در تنظیم و حفاظت اسمزی و ذخیره کربن است که در شرایط تنش میزان تجمع قندهای محلول در برگ افزایش می‌یابد (۳). یکی از وظایف اصلی قندها شرکت در متابولیسم گیاه است، به علاوه قندها می‌توانند به‌عنوان یک سیستم دفاعی در زمان وقوع تنش، فشار آماس را در سطح بالایی نگه دارند (۱۳).

مالون دی‌آلدهید[1]

نتایج تجزیه واریانس داده‌های مالون دی‌آلدهید نشان داد که اثر متقابل خشکی ×رقم فقط در ۷ روز پس از اعمال تنش و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۶). در تنش خشکی مقدار مالون دی‌آلدهید در هر چهار ژنوتیپ کلزا افزایش یافت (شکل ۴)، که با نتایج آزمایشات یانگ و همکاران (۴۱) مطابقت داشت. پراکسیداسیون چربی‌ها نمایانگر تنش‌های اکسیداتیو در گیاهان است و منجر به تخریب غشاهای بیولوژیکی می‌شود. میزان پراکسیداسیون لیپیدها را از روی محصولی که از شکست ثانویه لیپید هیدروپراکسیدهای اولیه ناشی می‌شود، تعیین می‌کنند. در اثر تخریب پراکسیدهای اسیدهای چرب اشباع نشده مالون‌دی‌آلدهید (MDA) به‌وجود می‌آید که به‌عنوان یک نشانگر زیستی برای تشخیص مقدار صدمات اکسیداتیو لیپیدها به‌کار می‌رود و مقدارش بسته به نوع تنش و شدت آن متفاوت می‌باشد (۱۱).

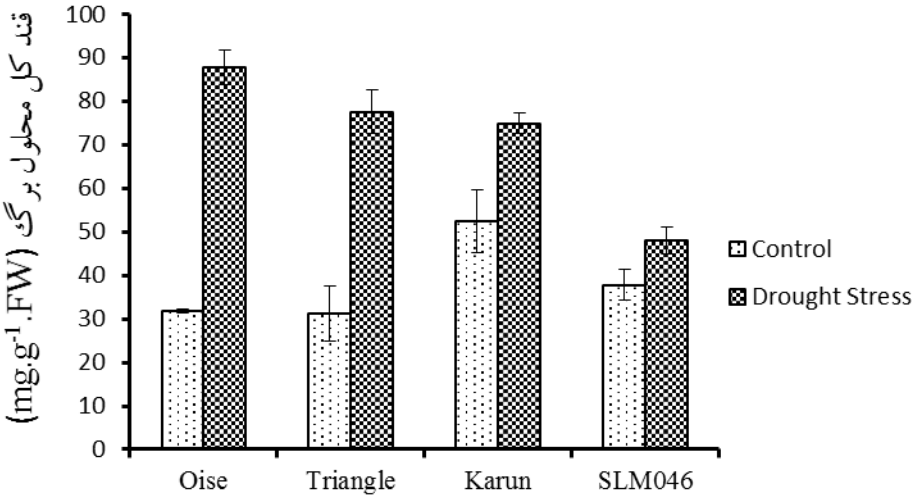
بیش‌ترین مقدار مالون دی‌آلدهید در تیمار ۲۶ روز پس از اعمال تنش (۱/۱۵ $\mu mol\ g^{-1}.FW$) در رقم Oise بود و کم‌ترین مقدار آن نیز در تیمار ۷ روز پس از اعمال تنش (۰/۶۹۵$\mu mol\ g^{-1}.FW$) در رقم SLM046 مشاهده شد (جدول ۷). به‌نظر می‌رسد که به‌دلیل

1- MDA

حساسیت بالای رقم Oise میزان تخریب و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی در این رقم بیش‌تر از سایر ارقام بود و رقم SLM046 به‌دلیل پایداری بیش‌تر در مقابل تنش میزان آسیب به لیپیدهای غشایی خود را در حد پایینی نگه داشته بود.

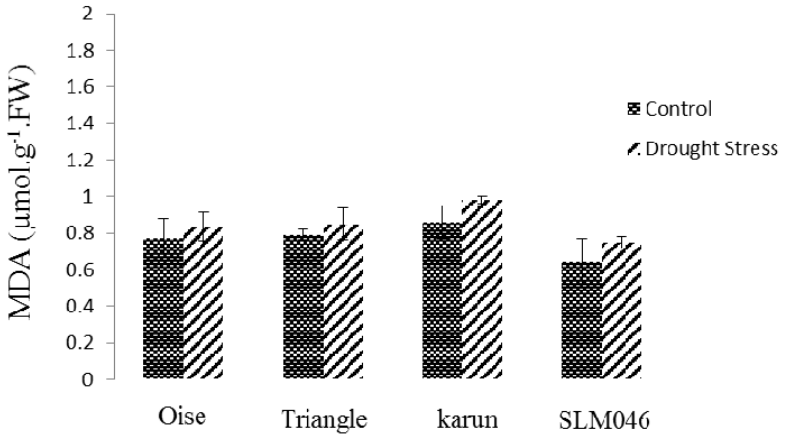
عملکرد و صفات وابسته به آن

تجزیه واریانس داده‌های عملکرد و اجزای عملکرد نشان داد که ارقام مختلف کلزا از نظر صفات تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار نشان دادند و اثر متقابل خشکی ×رقم فقط بر روی صفات وزن هزاردانه و عملکرد در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۸).



شکل ۳- اثرات متقابل تیمارهای خشکی (تنش و شاهد) و ارقام کلزا (Oise، Triangle، Karun و SLM046) درصفت قندهای محلول کل در برداشت سوم (۲۶ روز پس از تنش)

Figure 3- Means of comparison of total carbohydrate from interaction between irrigation regime (stress and control) and cultivars (Oise ،Triangle،Karun وSLM046) 26 days after withheld irrigation



شکل ٤- نمودار اثرات متقابل تیمارهای خشکی و ارقام کلزا در صفت مالون دی‌آلدهید در برداشت اول (۷ روز پس از تنش)

Figure 4- Means of comparison of MDA from interaction between irrigation regime and cultivars7 days after withheld irrigation

جدول ۷- مقایسه میانگین صفات پرولین و مالون دی آلدهید برگ ارقام کلزا در برداشت‌های ۷، ۱۲ و ۲۶ روز پس از اعمال تنش خشکی

Table 7- Means of comparison of prolin and MDA from leaf of rapeseeds cultivarsunder irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

تعداد روز پس از اعمال تنش خشکی Days after withheld irrigation	ارقام Cultivars	پرولین Proline (mmol.g^{-1}.FW)	مالون دی آلدئید MDA (µmol.g^{-1}.FW)
۷ روز 7 Days	Oise	1.56	0.8
	Triangle	2.19	0.813
	Karun	1.7	0.919
	SLM046	2.03	0.69
	LSD (0.05)	0.33	0.11
۱۲ روز 12 Days	Oise	5.63	0.88
	Triangle	5.83	0.77
	Karun	7.03	0.803
	SLM046	12.99	0.695
	LSD (0.05)	0.93	0.109
۲۶ روز 26 Days	Oise	6.01	1.15
	Triangle	6.4	0.77
	Karun	7.96	0.95
	SLM046	11.76	1.03
	LSD (0.05)	1.26	0.14

جدول ۸- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای آن در ارقام کلزا در تیمارهای آبیاری در تاریخ‌های نمونه‌برداری

Table 8 - Mean squares from analysis of variance (ANOVA) for Yield and yield components of rapeseed cultivars under irrigation regimes at 7, 12 and 26 days after withheld irrigation

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square			
		تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه (گرم) Weight of 1000 grain	عملکرد Yield (kg ha^{-1})
تکرار Replication	2	1.89^{ns}	312.54^{ns}	0.001^{ns}	10038.53^{ns}
تنش خشکی Drought stress	1	216**	4902.04**	0.01^{ns}	12664929.31**
خطای اصلی Error A	2	0.11	464.04	0.08	49024.41
رقم Cultivars	3	50.82**	9507.93**	0.31**	215317.10**
Cultivars× Drought	3	8.68^{ns}	2002.37 ^{ns}	0.36 **	331762.12 **
خطای فرعی Error B	10	2.58	920.6	0.01	27375.36
ضریب تغییرات (٪)CV	-	6.8	11.67	3.04	7.05

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و ns غیرمعنی‌دار

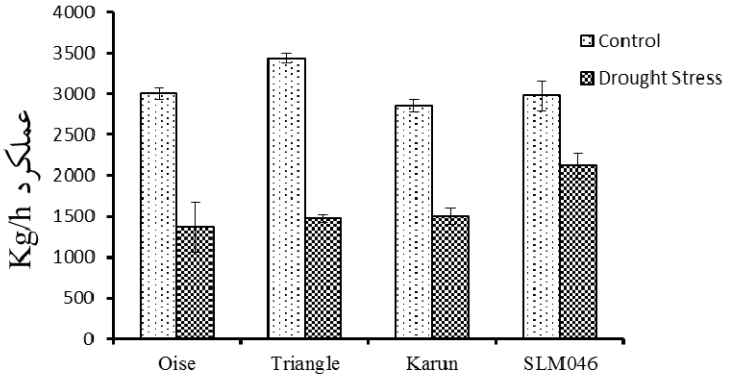
** and *: significant at 1 and 5 percent, ns: no significant

جدول مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد نشـان داد که ارقام SLM046 و Triangle به‌ترتیب در مقایسه با دو رقم دیگر از عملکـرد دانـه بـالاتری برخـوردار بودنـد. در ایـن بررسـی رقـم SLM046 از نظر تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌ترتیب بر ارقام Triangle و Oise برتری داشت (جدول ۹).

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای آن در ارقام کلزا در تیمارهای آبیاری
Table 9- Means of comparison of yield and yield component of rapeseeds cultivars under irrigation regimes

ارقام Cultivars	تعداد دانه در غلاف Number of grains per pod	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	وزن هزار دانه (گرم) Weight of 1000 grain	عملکرد Yield (kg ha^{-1})
Oise	19.75	230.67	3.44	2190.25
Triangle	26.75	261.17	3.76	2456.22
Karun	23.55	231.5	3.99	2177.78
SLM 046	24.41	315.5	3.79	2553.28
LSD (0.05)	2.05	47.6	0.18	260.7

رقم SLM046 بالاترین و رقم Karun نیز کـم‌تـرین عملکـرد (به‌ترتیب ۲۵۵۳/۲۸ و ۲۱۷۷/۷۸ کیلـوگرم در هکتـار)، را در شـرایط تنش به‌خود اختصاص دادند، به نظـر مـی‌رسـد محتـوای نسـبی آب بالاتر و هدایت روزنه‌ای بالاتر رقـم SLM046 دلیـل بـالاتر بـودن عملکرد این رقم در شرایط تنش باشد. باتوجه به شـکل ۵ مشـخص است که تحت شرایط تنش عملکرد همه ارقـام کلـزا کـاهش یافـت ولی میزان کاهش این صفت در رقم SLM046 نسبت به سـه رقـم دیگر کم‌تر بود که می‌تواند بیانگر متحمل بودن این رقـم نسـبت بـه سایر ارقام و پایداری تولید آن در شرایط تنش خشکی باشـد (شـکل ۵). در شرایط آبیاری نرمال، ژنوتیپ‌هـای Triangle و SLM046 از نظر مقدار عملکرد در یک گروه قـرار گرفتنـد و عملکـرد Triangle بالاتر از ژنوتیپ SLM046 بود ولی در شرایط تنش عملکرد هـر دو ژنوتیـپ کـاهش یافـت در حـالی‌کـه عملکـرد بـالاتری در ژنوتیـپ SLM046 مشاهده شد.



شکل ۵- عملکرد دانه ارقام کلزا (Oise، Triangle، Karun و SLM046) در شرایط تنش و عدم تنش خشکی
Figure 5- Means of comparison of seed yield of rapeseeds cultivarsunder irrigation regimes

تنش کمبود آب در کلزا باعث کاهش عملکرد دانه، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف می‌شود (۲۸). جنسن و همکاران (۱۲) نشان دادند که کمبود آب در مرحله گل‌دهی کلزا بر وزن دانه اثر معنی‌دار نداشت. تعداد دانه در غلاف به‌طور متوسط از ظرفیتی نزدیک به ۳۰ تخمک در زمان گل‌دهی برخوردار است ولی تعداد آن‌ها همواره از مقدار مذکور کم‌تر است، زیرا عواملی مانند کمبود آب، شوری، فشار اسمزی و دیگر عوامل محیطی در کاهش تعداد دانه در غلاف مؤثر است (۲۰). نتایج نصری و همکاران (۲۳) نیز نشان داد که ارقام کلزا از نظر عملکرد و اجزای عملکرد دانه تفاوت‌های معنی‌داری داشتند. تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه از اجزای مهم عملکرد دانه بودند که با نتایج تحقیقات تیلور و اسمیت (۳۹) مطابقت داشت. اگرچه وقوع تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه کلزا، موجب کاهش اکثر صفات وابسته به عملکرد، به‌ویژه تعداد غلاف‌ها و تعداد دانه‌ها می‌شود (۱۲)، ولی در این تحقیق ارقام Triangle، Karun و Oise تحت شرایط تنش از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی‌داری نداشتند و با توجه به‌وجود سازوکار جبرانی بین اجزاء عملکرد دانه در کلزا، رقم Triangle تعداد دانه بیش‌تری در هر غلاف داشت لذا بدین ترتیب عملکرد دانه بیشتری نسبت به Karun و Oise تولید کرد (جدول ۹).

نتیجه‌گیری

بروز تنش خشکی در مراحل گل‌دهی، تشکیل و پر شدن غلاف‌ها سبب کاهش تعداد دانه در غلاف و درنهایت افت عملکرد شد. نتایج نشان داد در بین ارقام مورد بررسی از نظر صفات عملکرد، وزن هزاردانه، محتوای نسبی آب برگ، هدایت روزنه‌ای، پرولین و قندهای محلول کل تفاوت قابل توجه وجود داشت و این صفات تحت تأثیر تنش خشکی قرار گرفتند. افزایش اسمولیت‌های قند و پرولین داخل سلول باعث کاهش پتانسیل آب سلول شده در نتیجه از کاهش آب داخل سلول جلوگیری می‌کنند. واکنش ارقام مختلف نسبت به تنش خشکی متفاوت بود، رقم SLM046 در شرایط بدون تنش خشکی (تیمار شاهد)، بیش‌ترین مقدار عملکرد و محتوای نسبی آب برگ را به‌خود اختصاص داد و در تحمل تنش خشکی بهتر از سایر ارقام بود. به نظر می‌رسد رقمی که محتوای نسبی آب بالاتری دارد از میزان عملکرد بالاتری نیز برخوردار می‌باشد که می‌تواند دلیلی بر متحمل بودن آن رقم باشد. بدین ترتیب ملاحظه می‌شود که با توجه به گسترش روز افزون کم آبی و نیاز شدید کشور به فرآورده‌های روغنی، استفاده از این ارقام توصیه می‌شود.

سپاسگزاری

این پروژه با حمایت‌های مالی (شماره: ۹۱۰۰۵-۹۱۵۲-۰۵-۰۵-۱۴۷) پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی ایران انجام شده است. از جناب آقای دکتر امیر حسین شیرانی راد استاد پژوهشی بخش تحقیقات دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج به جهت راهنمایی‌های ارزنده در مراحل اجرای این تحقیق و همچنین از جناب آقای دکتر سید علی طباطبائی، صمیمانه کمال تشکر و قدردانی را داریم.

References

1. Alyari, H., and Shekari, F. 2000. Oil seeds. Agriculture and Physiology. Amidi Publisher. Tabriz.
2. Bates, C. J., Waldern, R. P., and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant and Soil 39: 205-207.
3. Cechin, I., Rossi, S., Oliveira, V., and Fumis, T. 2006. Photosynthetic responses and proline content of mature and young leaves of sunflower plants under water deficit. Photosynthetica 44: 143-146.
4. Champolivier, I., and Merrien, A. 1996. Effects of water stress applied at different growth stages of *Brassica napus* L. var. *oleifera* on yield, yield components and seed quality. European Journal of Agronomy 5: 153-160.
5. Chaves, M. M., Flexas, J., and Pinheiro, C. 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation mechanisms from whole plant to cell. Annals of Botany 103: 551-560.
6. Dehshiri, A. 1999. Canola Agriculture. Ministry of Jihad-e-Agriculture, Agricultural Research and Education Organization.
7. FAO. 2010. Food Outlook Global Market Analysis. http://www.Fao.org.
8. Farooq, M., Basra, S. M. A., Wahid, A., Ahmad, N., and Saleem, B. A. 2009. Improving the drought tolerance in rice *Oryza sativa* L. by exogenous application of salicylic acid. Agronomy and Crop Science 195: 237-246.
9. Ghamarnia, H., and Gowing, J. W. 2005. Effect of water stress on three wheat cultivars. ICID 21st European Regional Conference, 15-19 May, 2005 Frankfurt (Oder) and Slubica, Germany and Poland.
10. Heath, R. L., and Packer, L. 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplast, kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. Archives of Biochemistry and Biophysics 125: 189-198.
11. Hosseini, P. 2007. Study the physiological effects of cold stress at seedling stage in rice genotypes. Ph.D thesis. Crop Physiology. Faculty of Agriculture. University of Shahid Chamran, Ahvaz. (in Persian with English abstract).
12. Jensen, C. R., Mogensen, V. O., Mortensen, G., Fieldsend, J. K., Milford, G. F. J., Andersen, M. N., and Thage, J.

H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field grown rape *Brassica napus* L. affected by soil drying evaporation demand. Field Crop Researches 47: 93-105.
13. Kishor, P. B. K., Sangama, S., Amrutha, R. N., Laxmi, P. S., Naidu, K. R., Rao, K. R. S. S., Rao, S., Reddy, K. J., Theriappan, P., and Sreenivasulu, N. 2005. Regulation of proline biosynthesis, degradation, uptake and transport in higher plants: Its implications in plant growth and abiotic stress tolerance. Current sciences 88: 424-438.
14. Kumar, A., and Singh, D. P. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. Annual of Botany 81: 413-420.
15. Liang, C. H., and Feng, R. 2010. Identification and expression analysis of genes in response to high-salinity and drought stresses in *Brassica napus* L., Acta Biochimica et Biophysica Sinica 42: 154-164.
16. Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W., and Ding, R. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt-stressed barley (*Hordeumvulgare* L.). Plant Physiology 160: 1157-1164.
17. Liu, F., and Stützel1, H. 2002. Leaf Expansion, Stomatal Conductance, and Transpiration of Vegetable Amaranth (*Amaranthus* sp.) in Response to Soil Drying. Journal of American Society of Horticultural Science 127 (5): 878-883.
18. Mahajan, M. A., and Samuels, H. H. 2005. Nuclear hormone receptor coregulator role in hormone action, metabolism, growth, and development. Endocrine reviews 26: 583-597.
19. MarjanovicJeromela, A., Marinkovic, R., Mijic, A., Zdunic, Z., Ivanovska, S., and Jankulovska, M. 2008. Correlation and path analysis of quantitative traits in winter rapeseed *Brassica napus* L. Agriculturae Conspectus Scientificus (ACS) 73: 13-18.
20. Mendham, N., Salisbury, P., Kimber, D., and McGregor, D. 1995. Physiology crop development, Growth and yield, in Brassica Oilseed: Prodution and Utilization, CAB International, Wallingford, Oxon. PP: 11-67.
21. Mujdeci, M., Senol, H., Cakmakci, T., and Celikok, P. 2011. The effects of different soil water matric suctions on stomatal resistance. Food Agriculture and Environment 9: 1027-1029.
22. Naseri, F. 1991. Oil Seeds. AstaneGhods Publisher. (in Persian).
23. Nasri, M., Khalatbari, M., Zahedi, H., Paknejad, F., and TohidiMoghadam, H. R. 2008. Evaluation of micro and macro elements in drought stress condition in cultivars of rapeseed *Brassica napus* L. American journal of Agricultural and Biological Science 3: 579-583.
24. Nielsen, D. C. 1997. Water use and yield of canola under dry land condition in the Central Great Plains. Production Agriculture 10: 303-313.
25. Omae H., Kumar A., Kashiviba, K., and Shono, M. 2007. Assessing drought tolerance of Snap bean *Phaseolus vulgaris* L. from genotypic differences in leaf water relations, shoot growth and photosynthetic parameters. Plant Production Science 10: 28-35.
26. Paseban-Islam, B., Shakiba, M. R., Neyshabouri, M. R., Moghaddam, M., and Ahmadi, M. R. 2000. Evaluation of physiological indices as screening technique for drought resistance in oilseed rape. Proceeding Pakistan Academic of Science 37: 143-152.
27. Patakas, A., Nikolaou, N., Zioziou, E., Radoglou, K., and Noitsakis, B. 2002. The role of organic solute and ion accumulation in osmotic adjustment in drought-stressed grapevines. Plant Science 163: 361-367.
28. Rao, I. M., Sharp, R. E., and Boyer, J. S. 1987. Leaf magnesium alters photosynthetic response to low water potentials in sunflower. Plant Physiology 84: 1214-1219.
29. Rao, M. S. S., and Mendham, N. J. 1991. Soil plant water relations of oilseed rape *Brassica napus* L. and *B. campestris* L. Agriculture Sciences117: 197-205.
30. Rashidi, S. H., Shirani Rad, A. M., Ayene Band, A., Javidfar, F., and Lak, S. H. 2012. Study of relationship between drought stress tolerances with some physiological parameters in canola genotypes *Brassica napus* L. Annals of Biological Research 3: 564-569.
31. Rezaei, V. 2004. Ministry of Jihad-e-Agriculture. Plant Protection Organization. Pest of Canola.
32. Robertson, M. J., and Holland, J. F. 2004. Production risk of canola in the semi-arid subtropics of Australia. Australian Journal of Agricultural Research 55: 525-538.
33. Sana, M., Ali, A., Malik, M. A., Saleem, M. F., and Rafiq, M. 2003. Comparative yield potential and pil content of different canola cultivars *Brassica napus* L. Proceeding. Pakistan Journal of Agronomy 2: 1-7.
34. Schlegel, H. G. 1956. Die VerwertungorganischerSäurendurch Chlorella imLicht. Planta. 47: 510-526.
35. Setter, T. L., Brain, A., Flannigan, B. A., and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize Carbohydrate supplies abscise acid and cytokinins. Crop Science 41: 1530-1540.
36. Shahrabi, B., Farahmandfar, E., Hassanloo, T., Shirani Rad, A. H., and Tabatabaee, S. A. 2013. Evaluation of drought tolerance in rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties based on physiologic and agronomic characters. Electronic Journal of Crop Production 6 (4): 77-92.
37. Shokuhfar, A., Abufitilehnejad, S. 2013. The effect of drought stress on the physiological characteristics and agricultural biomass of the different varieties of *Vignaradiata* in Dezful. Crop Physiology Journal 17: 49- 59. (in Persian with English abstract).

38. Takeda, S., and Matsuoka, M. 2008. Genetic approaches to crop improvement responding to environmental and population change. Nature Reviews Genetics 9: 444-457.
39. Taylor, A. J., and Smith, C. J. 1992. Effect of sowing date and seeding rate on yield and yield Components of irrigated Canola *Brassica napus* L. grown on a red–brown earth in south eastern Australia. Crop and Pasture Science 43: 1629-1641.
40. Yadav, R. S., and Bhushan, C. H. 2001. Effect of moisture stress on growth and yield in rice genotypes. Indian journal of Agricultural Research 35: 104-107.
41. Yang, Y., Liu, Q., Wang, G. X., Wang, X. D., and Guo, J. Y. 2010. Germination osmotic adjustment and antioxidant enzyme activities of gibberellin pretreated *Piceaasperata* L. seeds under water stress. New Forest 39: 231-243.
42. Zhang, X., Fan, X., Li, C. H., and Nan, Z. H. 2010. Effects of cadmium stress onseed germination seedling growth and antioxidative enzymes in Achnatheruminebrians plants infected with a Neotyphodiumendophyte. Plant Growth Regulation 60: 91-97.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 583-597

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۵۹۷-۵۸۳

Evaluation of Physiological and Biochemical Characteristics of Four Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars in drought condition

A. Jamshidi Zinab[1]- T. Hasanloo[2*]- A. M. Naji[3]

Received: 01-12-2013
Accepted: 21-04-2015

Introduction

Rapeseed (*Brassica napus* L.) is one of the major crops cultivated mainly for oil, human consumption and renewable fuel all over the world. Drought stress is one of the most important abiotic factors which adversely affect growth, metabolism and yield of crops in semiarid and arid area. Drought stress during any particular growth stage of crops causes yield reduction. In order to evaluate the effect of drought stress on yield, physiological, morphological and biochemical characteristics of rapeseed in flowering stage, this field experiment was carried out in Yazd agricultural research institute during 2011-2012.

Materials and Methods

The experiment was conducted in split-plot design based on randomized complete blocks with three replications imposed. Irrigation was considered as the main plot at two levels including control (irrigation after 80 mm evaporation from class A pan) and stress in the anthesis stage (irrigation after 160 mm evaporation from class A pan) and cultivars (Oise, Triangle, Karun and SLM046) were considered as sub plots. Sampling was carried out 7, 12 and 26 days after drought stress imposed. In each plot, 7, 12 and 26 days after stop irrigation from flowering stage (drought stress treatment), 4-5 expanded leaves from above of canopy were harvested. Relative water content of leaves and stomatal conductance were recorded. Soluble carbohydrate and proline content were measured. The lipid peroxidation level of the leaves was determined by measuring the content of malondealdehyde. Yield and yield components (number of grains per pod, number of pod per plant and weight of 1000 grains) were recorded at maturity.

Results and Discussion

The results showed that drought and cultivar interaction on SPAD value was not significant after stress. The interaction of the drought on leaf relative water content was significant at 26 days after the stress. The results revealed that, drought stress led to a significant decrease in relative water content of leaves and stomata conductance in all cultivars. However, soluble carbohydrates and proline were increased after stress application. The interaction of drought on soluble carbohydrate was significant at 26 days after the stress.

Interaction of treatments on leaf proline content in each sampling period was significant. The highest content of proline was observed in SLM046 (11.76 mM g^{-1} fresh weight) and the lowest proline content was observed in Oise cultivar (6.01 mM g^{-1} fresh weight). MDA content was increased in stress conditions. The highest MDA content was observed in Oise cultivar (1.15 µM g^{-1} fresh weight) 26 days after the stress and the lowest MDA observed in SLM046 cultivar (0.695 µM g^{-1} fresh weight) 7days after the stress. Analysis of variance for yield and yield components under irrigation regimes showed that, interaction of treatments on grain yield and weight of 1000 grains was significant. Triangle and SLM046 cultivars had higher grain yield in compare to the other cultivars. SLM046 exhibited the highest stress tolerance and also contained the highest yield, grain weight, number of pod per plant, relative water content and stomata conductance among all the cultivars. In addition, the highest and the lowest yield were observed in cultivars SLM046 and Karun (2553and 2178 kg ha^{-1}, respectively), following stress application. Water deficit stress on canola decreased the number of pods per plant and the number of grains per pod.

1- M.Sc. Student of Agricultural Biotechnology, Department of Agricultural Biotechnology, University of Shahed, Tehran, Iran
2- Assistant Prof., Department of Molecular Physiology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran (ABRII), Karaj, Iran
3- Assistant Prof., Agricultural Biotechnology, Department of Agricultural Biotechnology, University of Shahed, Tehran, Iran
(*- Corresponding Author Email: thasanloo@abrii.ac.ir)

Conclusions

Occurrence of drought stress during flowering reduced the number of grains per pod and canola yield. The results showed that, there was significant difference between cultivars for crop yield, weight of thousands grains, relative water content, stomata conductance, proline and carbohydrate content. Increased carbohydrate and proline content as osmolites caused lower cell water potential. The cultivars had different response to drought stress and the the highest yield and RWC were observed in SLM046 cultivar. Sugar and proline in the cell, the cell water potential decreased. The drought tolerance of SLM046 was better than other cultivars and had the highest yield and Relative water content.

Keywords: MDA, Proline, RWC, Soluble carbohydrate, Yield

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۱۰-۵۹۸

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 598-610

اثر میزان بذر و کود نیتروژن بر عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم (*Triticum aestivum*) در بقایای گیاهی ذرت (*Zea mays*) (بی‌خاک‌ورزی)

داود امیدی نسب[۱*]- محمدحسین قرینه[۲]- عبدالمهدی بخشنده[۳]- مهران شرفی‌زاده[۴]- علیرضا شافعی‌نیا[۵]- عزیزه سقلی[۱]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۱۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۶

چکیده

به‌منظور بررسی کاشت گندم در بقایای گیاهی ذرت (بی‌خاک‌ورزی) و تأثیر آن بر میزان بذر و کود نیتروژن مصرفی در راستای کشاورزی پایدار، آزمایشی به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار و با سه عامل رقم، در دو سطح (بهرنگ (V_1) و چمران (V_2)، تراکم بذر در پنج سطح (۵۰ (D_1)، ۱۰۰ (D_2)، ۱۵۰ (D_3)، ۲۰۰ (D_4) و ۲۵۰ (D_5) کیلوگرم در هکتار) و کود نیتروژن از منبع اوره در ۶ سطح (۰ (N_1)، ۵۰ (N_2)، ۱۰۰ (N_3)، ۱۵۰ (N_4)، ۲۰۰ (N_5) و ۲۵۰ (N_6) کیلوگرم در هکتار) در پاییز سال ۱۳۹۱ – ۱۳۹۰ در مزرعهٔ کشاورزی واقع در جنوب دزفول به اجرا در آمد. نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که اثرات رقم، کود نیتروژن و بذر مصرفی بر روی عملکرد و اجزای عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. مصرف بذر بیش از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه را کاهش و افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش معنی‌دار در عملکرد دانه گردید. رقم چمران با میانگین عملکرد دانه۴۱۳/۷۰ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم بهرنگ برتری داشت و همچنین بهترین عملکرد دانه در تراکم ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین ۵ تن در هکتار به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: رقم بهرنگ، رقم چمران، عملکرد دانه

مقدمه

دامنه تحقیقاتی زیادی در خصوص افزایش عملکرد گندم در واحد سطح انجام شده است که از جملهٔ آن استفاده از کشاورزی پایدار می‌باشد، این نوع سیستم شامل کشاورزی کم‌خاکورزی و بی‌خاکورزی است (۲۶). مفهوم کشاورزی پایدار دستیابی به حداکثر ظرفیت باروری و تولید مستمر اراضی کشاورزی همراه با حفاظت از منابع پایه (آب، خاک و تنوع زیستی) است (۲۲). یکی از اصول مهم در کشاورزی پایدار استفاده‌ی بهینه و افزایش کارآیی مصرف نهاده‌های شیمیایی ازجمله کودهای شیمیایی در بوم نظام‌های کشاورزی می‌باشد (۱۴). کود نیتروژن مهمترین عنصر غذایی است که برای افزایش عملکرد گیاه زراعی استفاده می‌شود (۶). مصرف بیش از حد نیتروزن می‌تواند مشکلاتی از قبیل خوابیدگی ساقه (ورس)، آلودگی آب‌های زیرزمینی و افزایش هزینه‌ها را به دنبال داشته باشد (۲۳). بنابراین مصرف کودهای نیتروژنه به میزان لازم و در زمان معین برای حصول عملکرد گندم[۶] مهم می‌باشد (۱۲). تراکم گیاه در واحد سطح یکی از عوامل مؤثر در تولید محصولات کشاورزی می‌باشد (۱۰). اگر کلیه شرایط لازم ازجمله رقم مناسب، کود و غیره فراهم باشد ولی تراکم مناسب نباشد، حداکثر محصول در واحد سطح به‌دست نخواهد آمد (۱). بذرکاری به مقدار مطلوب موجب کاهش هزینه بذر، کاهش خوابیدگی محصول و کاهش مشکلات بیماری‌های گیاهی خواهد شد (۲۵). هیلتبرونر[۷] و همکاران (۱۹)، تراکم‌های کاشت مطلوب در گندم را کلیدی برای رسیدن به حداکثر عملکرد می‌دانند. چالش اساسی امروز دانشمندان و دولتمردان بر سر افزایش و یا حداقل حفظ استانداردهای فعلی محیط خاک، آب و هوا در مسیر برنامه‌ریزی افزایش تولید در واحد سطح است. توجه به مدیریت‌های نوین خاک ازجمله خاک‌ورزی حفاظتی با هدف حفاظت از منابع خاک و آب یک استراتژی مناسب

۱- دانشجوی دورهٔ کارشناسی ارشد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز
(*- نویسنده مسئول: Email: Davod.omidi@Yahoo.com)
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز
۳- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز
۴- کارشناس ارشد واحد کنترل و گواهی بذر استان خوزستان
۵- دانشیار گروه بیوتکنولوژی، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز

6- *Triticum aestivum*
7- Hiltbrunner

جهت برون رفت از این تنگنا به حساب می‌آید (۱۸). با توجه به فقر مواد آلی خاک به‌خصوص در بخش‌های میانی و جنوبی استان خوزستان و روش مرسوم سوزاندن کاه و کلش، مخصوصاً برای آماده‌سازی بستر لازم برای کشت‌های بعدی، بررسی راه‌کارهایی به‌منظور جایگزین نمودن روش سوزاندن، به‌طوری‌که ضمن حفظ منافع تولیدکننده، افزایش کیفیت خاک و محیط را به‌دنبال داشته باشد، ضروری به‌نظر می‌رسد. بر این اساس، آزمایش حاضر برای دستیابی به امکان کاهش میزان بذر و کود نیتروژن مصرفی در هکتار به‌عنوان راهکاری برای استفاده بهینه از نهاده‌ها، به‌صورت بی‌خاک‌ورزی (کشت گندم در بقایای ذرت در راستای زراعت پایدار گندم) صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مزرعهٔ کشاورزی واقع در ۳۰ کیلومتری جنوب شهرستان دزفول، با طول جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۰ دقیقه و ۴۴/۱ ثانیه و عرض جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقه و ۵۹/۲ ثانیه و ارتفاع ۸۸ متر از سطح دریا در پاییز سال ۱۳۹۱ – ۱۳۹۰ اجرا گردید. میانگین دمای سالیانه ۲۴/۱ درجهٔ سانتی‌گراد، حداکثر و حداقل دمای سالیانه به‌ترتیب ۳۲/۳ و ۱۶ درجهٔ سانتی‌گراد، حداکثر و حداقل رطوبت نسبی سالیانه به‌ترتیب ۷۰ و ۲۳ درصد و میانگین بارندگی سالیانه ۱۷۲ میلی‌متر می‌باشد. خصوصیات خاک محل آزمایش به شرح جدول ۱ بود. خاک محل آزمایش سیلتی کلی لومی و در فصل زراعی قبل از اجرای آزمایش زیر کشت ذرت قرار داشته است. این آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و با سه عامل رقم، میزان بذر مصرفی و کود نیتروژن اجرا گردید. در این بررسی دو رقم گندم به‌عنوان عامل اصلی: شامل ارقام گندم (V_1: رقم بهرنگ (دوروم)، V_2: رقم چمران (نان)) قرار گرفتند. میزان بذر مصرفی به‌عنوان عامل فرعی اول: شامل پنج تراکم (D_5: ۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار، D_4:۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار، D_3: ۱۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار، D_2: ۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار، D_1: ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار) در نظر گرفته شد. متوسط مصرف بذر گندم در شهرستان دزفول بر مبنای ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد. کود نیتروژن (از منبع اوره) به‌عنوان عامل فرعی دوم: شامل شش سطح کود نیتروژن (N_1: صفر (شاهد)، N_2: ۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، N_3: ۱۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، N_4: ۱۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، N_5: ۲۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار، N_6: ۲۵۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار) مورد استفاده قرار گرفت. کاربرد نیتروژن براساس عرف منطقه ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار است. ۱/۲ کود نیتروژن قبل از کشت و ۱/۲ دیگر آن به‌صورت سرک در اوایل مرحله پنجه‌زنی در کرت‌های مورد نظر توزیع گردید. همچنین براساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، قبل از کاشت کود فسفره (P_2O_5) معادل ۱۰۰ کیلوگرم به‌صورت فسفات‌آمونیوم و کود پتاسه (K_2O) معادل ۲۵۰ کیلوگرم به‌صورت سولفات‌پتاسیم در هکتار به‌طور یکنواخت برای تمام قطعات آزمایشی مصرف گردید. کشت در آبان‌ماه سال ۱۳۹۰ بدون انجام عملیات خاک‌ورزی اولیه و ثانویه به‌صورت کاشت مستقیم با ماشین کشت‌مستقیم (گاسپاردو) با توجه به تراکم‌های مورد نظر در بقایای مزرعه ذرت انجام شد. کشت با دستگاه گاسپاردو هم روی پشته و هم درون جوی‌های مزرعه ذرت صورت گرفت. دستگاه گاسپاردو در هر نوار کشت شده ۱۷ خط کشت با فاصله ۱۷ سانتی‌متری کشت می‌کند، خطوط کشت شده توسط دستگاه گاسپاردو کرت‌بندی شد به‌طوری‌که هر کرت شامل ۷ ردیف کاشت، به طول ۵ متر و عرض ۱/۵ متر (۵ × ۱/۵) بود. فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر و فاصله بین کرت‌های فرعی به اندازه یک ردیف نکاشت (۷۵ سانتی‌متر) بود. جهت محاسبه ارتفاع گیاه، از سطح خاک تا نوک ریشک برحسب سانتی‌متر در زمان برداشت به‌عنوان ارتفاع گیاه محاسبه گردید، به این منظور به‌طور تصادفی ارتفاع حدود ۱۰ بوته در هر کرت محاسبه و میانگین ارتفاع بوته در هر کرت به‌دست آمد. برای اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک در مرحلهٔ رسیدگی گیاه، پس از حذف یک متر از حاشیه در سطح یک مترمربع، کل بوته‌ها برداشت و برای هر کرت به‌طور جداگانه شماره‌گذاری و وزن گردید. جهت تعیین تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد کل سنبله‌های برداشت شده در سطح یک متر مربع مورد شمارش قرار گرفته و به‌عنوان تعداد سنبله در مترمربع در نظر گرفته شدند. تعداد دانه در سنبله، به‌طور تصادفی ۱۰ سنبله را از کل سنبله‌های همان یک مترمربع جدا کرده و پس از جدا کردن همه دانه‌های آن‌ها، شمارش گردیدند و از تقسیم تعداد دانه‌ها بر تعداد سنبله‌ها، تعداد دانه در هر سنبله به‌دست آمد. اندازه‌گیری وزن هزاردانه پس از خشک شدن و پاک کردن کامل دانه‌ها صورت گرفت، به این ترتیب که از محصول دانه به‌دست آمده هرکرت دو نمونه ۵۰۰ عددی شمارش و سپس با توزین این نمونه‌ها و استفاده از دستورالعمل ایستا[1]، وزن هزاردانه برای هر کرت محاسبه گردید. همچنین به‌منظور محاسبه عملکرد دانه، پس از حذف حاشیه کرت‌ها، کل سنبله‌های برداشت شده از سطح یک مترمربع در هر کرت با دست خرمن‌کوبی، سپس دانه‌های به‌دست آمده توزین و عملکرد در مترمربع محاسبه و در نهایت بر مبنای هکتار محاسبه گردید. شاخص‌برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک، به‌صورت درصد محاسبه گردید. عمل تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از برنامه SAS (۹/۱) انجام شد و برای آنالیز و مقایسه میانگین عملکردها از آزمون دانکن و توسط برنامه Mstat-c در سطح احتمال خطای یک درصد و برای رسم نمودارها از نرم افزار Excel (۲۰۱۳) استفاده گردید.

1- ISTA

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical characteristics soil Site testing

خصوصیات فیزیکی – شیمیایی Physical chemical characteristics	هدایت الکتریکی EC ($dS\ m^{-1}$)	اسیدیته (pH)	نسبت جذب سدیم (NAR) (ppm)	کربن آلی CO (%)	ازت N (ppm)	فسفر P (ppm)	پتاسیم K (ppm)	ماسه Sand (%)	لای Silt (%)	رس Clay (%)
عمق ۰ – ۳۰ Depth 0 - 30	4.7	7.57	2.26	0.88	700	8.4	168	%22	%52	%26

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات رقم، بذر مصرفی و کود نیتروزن بر روی تعداد سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌دار ایجاد کرده است (جدول ۲).

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاه یکی از صفاتی است که تحت تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی قرار دارد. افزایش ارتفاع معمولاً بارزترین تغییر ناشی از رشد در گیاهان است. ارتفاع می‌تواند از نظر رقابت با سایر گیاهان در یک جامعه گیاهی مزیّتی محسوب شود، یکی از نتایج افزایش ارتفاع گیاه، تشکیل برگ‌های جدید در بالای گیاه است که کارآیی بیشتری در استفاده از نور خورشید دارد (۷ و ۳۱). تراکم به‌عنوان یک عامل زراعی مهم تأثیر قابل ملاحظه‌ای در ارتفاع گیاه دارد، با افزایش مصرف بذر در هکتار ارتفاع گیاه نیز افزایش پیدا کرد، به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع گیاه در تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار، به‌دلیل کمبود نور در قسمت‌های پایینی گیاه و کمترین میزان ارتفاع گیاه در تراکم ۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار حاصل شد (جدول ۴). با افزایش تراکم گیاه و رقابت برای دستیابی به نور، ارتفاع گیاه ممکن است تا حدود زیادی افزایش یابد، در شرایطی که تراکم خیلی زیاد باشد به دلیل نرسیدن نور به قسمت‌های پایینی ساقه، میانگره‌های اوّلی و دوّمی رشد زیاد می‌کنند و غیر مقاوم می‌شوند و خطر ورس بیشتر خواهد بود (۲۸). مظاهری و مجنون‌حسینی (۲۵) نیز گزارش کردند نور رشد و نمو میانگره‌ها و در نتیجه رشد طولی ساقه را محدود می‌کند. نتایج نشان داد که با مصرف بیشتر کود نیتروژن، ارتفاع گیاه هم افزایش داشت به‌طوری‌که بیشترین ارتفاع گیاه در سطح ۲۵۰ کیلوگرم کود نیتروزن در هکتار و کمترین ارتفاع گیاه در سطح شاهد به‌دست آمد (جدول ۵)، دلیل آن می‌تواند افزایش رشد رویشی در اثر افزایش میزان مصرف نیتروژن باشد. در شرایطی که رطوبت مطلوب باشد، نیتروژن خیلی زیاد باعث طویل‌شدن میانگره‌های ساقه می‌گردد و درنتیجه بافت‌های مکانیکی ساقه توسعه چندانی نمی‌یابند و استحکام دیواره ساقه کاهش پیدا می‌کند، توسعهٔ بافت‌های سبزینه‌ای موجب تحریک فعالیت بعضی حشرات مانند شته‌ها و همچنین حساسیت گیاه نسبت به سرما، خشکی، خوابیدگی و بعضی از امراض و تأخیر در رسیدگی محصول می‌شود (۲۱). ایوب[1] و همکاران (۲)، نیز ثابت کردند با افزایش میزان مصرف کود نیتروژن، ارتفاع گیاه افزایش می‌یابد. بین ارقام هم تفاوت معنی‌داری از نظر ارتفاع گیاه وجود داشت، حداکثر ارتفاع بوته با میانگین ۸۲ سانتی‌متر در رقم بهرنگ و حداقل ارتفاع بوته با میانگین ۷۹ سانتی‌متر برتری در رقم چمران ثبت شد (جدول ۳). دامنه تغییرات ارتفاع بوته سه سانتی‌متر بود و معنی‌دار بودن این اختلاف نشان از تنوع بالای این صفت در ارقام مورد ارزیابی داشت.

تعداد سنبله

در بین ارقام، رقم چمران با میانگین تعداد ۳۶۳ سنبله در واحد سطح نسبت به رقم بهرنگ با میانگین تعداد ۳۳۱ سنبله در واحد سطح برتری معنی‌داری داشت (جدول ۳). تعداد سنبله یا پنجه‌های بارور در هر گیاه اوّلین جزء عملکرد می‌باشد که به‌طور ژنتیکی کنترل می‌شود (۹). تعداد سنبله در واحد سطح در تراکم‌های بالاتر بیشتر بود و تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین تعداد ۴۲۰ سنبله در مترمربع بیشترین تعداد سنبله و تراکم ۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین تعداد ۲۷۴ سنبله در مترمربع کمترین تعداد سنبله در مترمربع را داشتند (جدول ۴). در غلات زمستانه و بهاره افزایش تراکم جمعیت گیاهی تا محدوده معینی باعث افزایش تراکم جمعیت سنبله در واحد سطح خواهد شد، در تراکم‌های پایین که رقابت بین‌بوته‌ای کم است ممکن است تعداد پنجه‌های باروری که هر بوته تولید می‌نماید برای جبران تعداد کم سنبله در واحد سطح کافی نباشد (۱۹). راهنما و همکاران (۳۰)، گزارش کردند که افزایش میزان بذر مصرفی می‌تواند سنبله در واحد سطح را زیادتر کند.

1- Ayoub

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) عملکرد و اجزاء عملکرد دانه ارقام گندم

Table 2 - Analysis of variance (mean squares) yield and yield components of wheat cultivars

منابع تغییرات		درجه آزادی	میانگین مربعات (Mean squares)						
Sources changes		Degrees of freedom	ارتفاع گیاه Plant height	تعداد سنبله Number of spikes	تعداد دانه در سنبله The number of grain per spike	وزن هزاردانه Thousand seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
تکرار	Repeat	3	1.225**	966569.00**	14072.29**	39292.751$^{n.s}$	73743803.6**	923.41$^{n.s}$	8147.09**
رقم	Cultivars	1	652.872**	56524.84**	271.36**	1540.874**	32120166.7**	802726.667**	490.02**
خطا	Error	3	1.148	1884.16	13.11	136.110	695936.9	206.211	13.11
تراکم	Density	4	351.633**	139913.18**	141.01**	71.910**	24476416.7**	237156.667**	964.71**
نیتروژن	Nitrogen	5	961.626**	104969.67**	64.88**	16.332**	31263766.7**	1243610.667*	773.12**
رقم × تراکم	Cultivars × Density	4	210.965**	51849.22**	67.50**	112.471**	10419750.0**	118801.667**	244.02**
رقم × نیتروژن	Cultivars × Nitrogen	5	89.078**	30.481.53**	145.08**	11.949**	15616566.7**	128014.667**	665.27**
تراکم × نیتروژن	Density × Nitrogen	20	53.118**	11303**	35.29**	15.397**	12556016.7**	47870.667**	593.15**
رقم ×تراکم × نیتروژن	Cultivars × Density × Nitrogen	20	67.284**	23752.54**	34.72**	27.725**	12644150.0**	158869.667**	618.50**
خطا	Error	174	0.645	1233.85	2.75	2.652	327985	472.80	14.79
ضریب تغییرات (CV)	Coefficient of Variation	-	4.78	10.10	4.76	3.78	15.20	2.37	9.65

n.s، * و ** به ترتیب عدم تفاوت معنی‌داری و معنی‌داری در سطح ۵ و ۱ درصد احتمال

n.s, * and **. Respectively non-significant and significant at the 5 and 1% probability

جدول ۳ - اثرات رقم (بهرنگ و چمران) بر عملکرد و اجزای عملکرد

Table 3- Effects of cultivar (Chamran & Behrang) on yield and yield components

ارقام Cultivars	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله (مترمربع) Number of spikes (m^{-2})	تعداد دانه در سنبله The number of grain per spike	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield ($kg\ ha^{-1}$)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield ($kg\ ha^{-1}$)	شاخص برداشت (٪) Harvest Index (%)
بهرنگ Behrang	81.44a	330.15b	33.66b	45.77a	3400b	8595_b	38.41_b
چمران Chamran	78.15b	362.78a	35.94a	40.28b	413.70a	9751.6_a	41.27_a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل سطوح غیر معنی‌دار می‌باشند (دانکن ۱٪)

Numbers with letters communes in the columns andforeach factor no significant levels (Duncan 1%).

اثرات سطوح مختلف نیتروزن بر روی تعداد سنبله در واحد سطح در جدول ۵ نشان داده شده است و طبق جدول با افزایش کود مصرفی در هکتار، تعداد سنبله‌ها افزایش یافت، به‌طوری‌که تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروزن در هکتار با میانگین تعداد ۴۱۲ سنبله در هکتار بالاترین تعداد سنبله و تیمار شاهد با میانگین تعداد ۲۶۶ تعداد سنبله در واحد سطح کمترین تعداد سنبله در واحد سطح را دارا بودند. دلیل آن می‌تواند افزایش رشد رویشی و در نتیجه بالا رفتن میزان پنجه‌زنی در اثر مصرف نیتروژن باشد. در چنین شرایطی میزان پنجه بارور در واحد سطح افزایش پیدا کرده و بالتبع تعداد سنبله در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد. دونالدسون[1] و همکاران (۹)، رحیمی‌زاده (۲۹) و ایوب و همکاران (۲)، نیز گزارش کردند، افزیش مصرف نیتروژن، تعداد سنبله در واحد سطح را افزایش می‌دهد.

تعداد دانه در سنبله

از بین ارقام مورد بررسی، رقم چمران با میانگین تعداد ۳۶ دانه در سنبله نسبت بالاتری از رقم بهرنگ با تعداد ۳۴ دانه در سنبله داشت (جدول ۳). عملکرد در غلات دانه‌ریز به‌وسیله تعداد دانه در واحد سطح و میانگین وزن دانه تعیین می‌شود (۱۳). همچنین با افزایش تراکم بذر، تعداد دانه در سنبله کاهش یافت به‌طوری‌که حداکثر آن در تراکم ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین تعداد ۳۸ دانه در سنبله و حداقل آن در تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین تعداد ۳۳ دانه در سنبله به‌دست آمد (جدول ۴). از آنجا که تشکیل دانه بستگی به تأمین مواد غذایی لازم و شرایط محیطی مناسب در مرحلهٔ تبدیل مریستم رویشی به زایشی و مراحل بعد از آن دارد، به نظر می‌آید با افزایش تراکم بالاتر و به دنبال محدودیت مواد غذایی و نور، تولید واحدهای زایشی کاهش می‌یابد (۱۱). لذا، افزایش تراکم هرچند تعداد سنبله بالاتری در واحد سطح تولید می‌کند ولی تعداد دانه در سنبله را کاهش می‌دهد. باور[2] (۳)، نیز گزارش کرد که با افزایش تراکم تعداد دانه در سنبله کاهش پیدا کرد. همچنین با افزایش کود نیتروژن تعداد دانه در سنبله افزایش یافت و در بین سطوح مختلف نیتروژن تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین تعداد ۳۹ دانه در مترمربع و تیمار شاهد با میانگین تعداد ۳۳ دانه در مترمربع به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله در واحد سطح را ایجاد کردند (جدول ۵). رویو[3] و همکاران (۳۲)، بیان داشتند که عملکرد دانه وابسته به تعداد بوته در واحد سطح، سنبله در بوته، سنبلچه در سنبله، دانه در سنبله و وزن تک دانه است، این اجزای مهّم تعیین‌کننده عملکرد به‌شدّت

1- Donaldson
2- Bavar
3- Royo

تحت تأثیر فراهمی منابع ازجمله آبیاری و نیتروژن قرار می‌گیرند. به‌طور کلی اجزایی که تا قبل از ظهور خوشه تعیین می‌شوند مانند تعداد دانه در سنبله، افزایش مصرف نیتروژن موجب بالا رفتن آن‌ها می‌گردد (۳)، امّا با افزایش نیتروژن از یک مقدار مشخصی از تعداد دانه در سنبله کاسته می‌شود. ایوب و همکاران (۲)، نیز طی آزمایش جداگانه‌ای بر روی گندم گزارش کردند که با افزایش کاربرد کود نیتروژن، تعداد دانه در سنبله افزایش می‌یابد.

وزن هزاردانه

نتایج نشان داد که رقم بهرنگ با میانگین وزن هزاردانه ۴۶ گرم نسبت به رقم چمران با میانگین وزن هزاردانه ۴۱ گرم برتری دارد (جدول۳)، دلیل آن احتمالاً ویژگی‌های ژنتیکی ارقام گندم دوروم در داشتن دانه‌های بزرگتر و در نتیجه وزن هزاردانه بالا نسبت به ارقام گندم نان (معمولی) می‌باشد (۱۶). جووانی[1] و همکاران (۱۷)، نیز بیان کردند که وزن دانه بیشتر تحت کنترل ژنتیک است. همچنین با افزایش تراکم وزن هزاردانه کاهش یافت، براساس نتایج به‌دست آمده تراکم‌های پایین‌تر از ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار، مانند ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار وزن هزاردانه بالاتری نسبت به تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار داشتند، در تراکم‌های بالا، دانهٔ زیادی تولید می‌گردد و توزیع مواد فتوسنتزی بین آن‌ها باعث تولید دانه‌های با وزن کم می‌شود ولی در تراکم‌های پایین‌تر تولید به اندازهٔ کافی دانه و توزیع مناسب مواد فتوسنتزی بین آن‌ها سبب تولید دانه‌های با وزن بالاتر می‌شود (جدول ۴). دلیل کاهش وزن هزاردانه در تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار، می‌تواند به‌دلیل رقابت بین بوته‌های مجاور در جذب رطوبت و مواد غذایی و وجود اثرات متقابل بین تعداد سنبله و وزن هزاردانه باشد، احتمالاً بالا بودن وزن هزاردانه در تراکم‌های کمتر از ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار می‌تواند تأییدکننده این مطلب باشد که در این تراکم‌ها به علّت عدم رقابت شدید از یک طرف تولید مواد فتوسنتزی افزایش می‌یابد و از طرف دیگر کاهش تعداد سنبله باعث محدودیت مخازن شده و مجموع این عوامل سبب تخصیص بیشتر مواد فتوسنتزی به دانه و افزایش وزن هزار دانه می‌گردد. گزارش شده است که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح کلیه صفات به‌جز وزن هزاردانه و شاخص برداشت، افزایش پیدا کرده است (۱۹). بررسی اثرات نیتروژن بر روی وزن هزار دانه نشان داد که تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین وزن ۴۴ گرم، بالاترین وزن هزاردانه و تیمار شاهد با میانگین وزن ۴۳ گرم، کمترین وزن هزاردانه را تولید نمودند. بررسی اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر روی وزن هزاردانه حاکی از افزایش وزن هزاردانه، در اثر کاربرد نیتروژن می‌باشد. همچنین تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با سطوح کودی ۲۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار هم در یک کلاس آماری قرار گرفتند، بنابراین با توجه به اینکه سطوح کودی بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار نتواستند اختلاف معنی‌داری از نظر وزن هزار دانه ایجاد کنند، می‌توان گفت که افزایش نیتروژن تا حد بهینه، وزن هزاردانه را افزایش داده و کاربرد زیاد از حد نیتروژن تأثیر زیادی بر روی افزایش وزن هزاردانه ایجاد نمی‌کند (جدول ۵)، دلیل آن می‌تواند افزایش رشد رویشی در تیمارهای بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار باشد که موجب اختصاص بیشتر مواد ذخیره‌ای به اندام‌های رویشی و کاهش ذخیرهٔ مواد در دانه و همچنین افزایش رقابت بین بوته‌ای و تنفس در این شرایط اعلام کرد.

عملکرد دانه

تفاوت عملکرد دانه ارقام بهرنگ و چمران در جدول ۳، نشان داده شده است، رقم چمران با میانگین عملکرد دانه ۴۱۳۱ در هکتار نسبت به رقم بهرنگ با میانگین عملکرد ۳۴۰۰ کیلوگرم در هکتار برتری داشت. وارگا[2] و همکاران (۳۶)، نشان دادند که بین ژنوتیپ‌های مختلف گندم از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد. رقم بهرنگ با وجود وزن دانهٔ بیشتر در سنبله عملکرد کمتری از رقم چمران داشت. عملکرد بالای ارقام جدید گندم به تعداد دانه بیشتر در سنبله ربط داده شده است (۱۳). مرداک[3] و همکاران (۲۷)، در پژوهش خود گزارش کردند در بعضی از ارقام، افزایش عملکرد دانه به خاطر افزایش تعداد سنبله در واحد سطح بود، در حالی‌که در بعضی از ارقام، بیش از نیمی از افزایش عملکرد دانه به خاطر افزایش تعداد دانه در سنبله با افزایش وزن دانه و یا هر دوی این صفات بود. اثرات تراکم بر روی عملکرد دانه نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تراکم ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار حاصل شده و تراکم‌های ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار در سطح پایین‌تر و بدون اختلاف معنی‌دار قرار داشتند، در واقع در شرایط این آزمایش افزایش مصرف بذر تا ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه را افزایش داد و به‌نظر می‌رسد در تراکم‌های بالاتر به‌دلیل رقابت زیاد و شرایط نامساعد رشد و کاهش شاخص سطح برگ، عملکرد دانه روند نزولی پیدا کرده است. در آزمایش‌هایی مشابه گزارش شد که با افزایش تراکم، بر میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری افزوده می‌شود (۳ و ۳۳). تراکم ۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار کمترین عملکرد را در بین تراکم‌ها داشت (جدول ۴). دونالد[4] (۸)، نتیجه گرفت که اگر تراکم گیاه خیلی کم باشد، از تمام ظرفیت تولید کاملاً استفاده نمی‌شود و چنانچه زیاد باشد به علّت رقابت زیاد از حد گیاهان در جذب آب، مواد غذایی، دی اکسید کربن و نور راندمان

1- Giovanni

2- Varga
3- Murdock
4- Donald

کل محصول کاهش می‌یابد. تراکم مناسب و توزیع متعادل بوته‌ها در واحد سطح موجب استفاده بهتر از رطوبت مواد غذایی و نور شده و موجب افزایش عملکرد می‌شود (۲۴). به‌طور کلی با توجه به نتایج این آزمایش، به‌نظر می‌رسد که مصرف بذر کمتر در هکتار عملکرد دانه را کاهش نداده است. لذا می‌توان با مصرف بهینه بذر که با توجه به شرایط خاک و آب و هوایی هر منطقه متفاوت است، ضمن صرفه‌جویی در مصرف بذر از عملکرد دانه مطلوب نیز برخوردار شد. نتایج نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری با مصرف ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ندارد و همانطور که در جدول ۵، نشان داده شده است عملکرد دانه در مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین ۴۰۵۰ کیلوگرم در هکتار هم‌ردیف با تیمارهای ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین عملکرد دانه چهار تن در هکتار قرار دارد و سایر تیمارها عملکرد دانهٔ پایین‌تری تولید کردند. نتایج این تحقیق حاکی از آن است که با افزایش سطح نیتروژن تا مقدار مطلوب که بسته به شرایط آب و هوایی در هر منطقه متفاوت است، عملکرد افزایش یافته و با کاربرد بیشتر کود نیتروژن، عملکرد به همان نسبت افزایش نمی‌یابد. نیتروژن با افزایش تعداد برگ‌های بالغ سبب می‌شود تا نسبت فتوسنتز به تنفس افزایش یافته، تولید مواد آسیمیله و عملکرد افزایش یابد، امّا اگر نیتروژن مصرفی بیش از حد مطلوب باشد، توسعهٔ اندام‌های هوایی خیلی زیاد شده و درنتیجه تعداد برگ‌هایی که در سایه قرار می‌گیرند، افزایش و نسبت فتوسنتز به تنفس کاهش و مواد آسمیله کمتری به دانه هدایت خواهد شد و بیشتر مواد به مصرف برگ‌های بالغ و نابالغی که در سایه قرار گرفته و همچنان مصرف کننده‌اند می‌رسد (۱۱). در شرایط این آزمایش نیز تیمارهای کودی بالاتر از ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، ارتفاع بوته بالاتری داشتند و این موضوع حاکی از این مطلب است که افزایش نیتروژن توزیع ماده‌خشک را بیشتر معطوف به رشد رویشی نموده و سهم کمتری در تولید دانه و افزایش وزن آن داشته است، بنابراین تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، اندام رویشی کوتاه‌تری تولید نمود امّا در مقابل تعداد دانهٔ بالا با وزن هزاردانه مناسب تولید و در نهایت عملکرد دانهٔ بالایی هم داشت که موجب شد تا بین تیمارهای کودی ۱۵۰، ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری از نظر عملکرد دانه وجود نداشته باشد. سلیمانی‌فرد و همکاران (۳۵)، نیز در بررسی اثر کود نیتروژن (۰، ۸۰، ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بر عملکرد و اجزای عملکرد سه رقم گندم در استان ایلام، گزارش کردند که بیشترین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک به‌ترتیب به میزان ۵۱۰۰ و ۱۴۳۶۰ کیلوگرم در هکتار در سطوح کودی ۱۶۰ و ۲۴۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد.

جدول ٤- اثرات تراکم‌های مختلف بر روی عملکرد و اجزای عملکرد

Table 4- Effects different densities on yield and yield components

تراکم (کیلوگرم در هکتار) Density (kg ha^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله (مترمربع) Number of spikes (m^2)	تعداد دانه در سنبله The number of grains per spike	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest Index (%)
50	75.47d	273.66e	35.23b	43.79b	3100c	8154.1e	36.94c
100	79.56c	322.66d	37.39a	44.50a	4975a	8941.6d	47.68a
150	80.50b	353.04c	34.55c	43.25c	3737.5b	9179.1c	39.17b
200	80.60b	368.66b	34.13c	42.34d	3529.2b	9562.5b	38.37bc
250	82.86a	419.29a	32.71d	41.24e	3487.5b	10022.5a	37.04c

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل سطوح غیر معنی‌دار می‌باشند (دانکن ۱٪)

Numbers with letters communes in the columns and for each factor no significant levels (Duncan 1%).

درحال حاضر علی‌رغم اینکه مصرف کودهای شیمیایی در ایران بالاتر از مصرف متوسط جهانی و معادل متوسط مصرف کود در کشورهای توسعه یافته است، میزان تولید در واحد سطح عمدتاً به دلیل عدم شناخت نیاز واقعی گیاه، زمان نیاز و عدم تعادل بین عناصر غذایی، پایین‌تر از این کشورهاست (۲۳). بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مصرف بهینهٔ کود می‌تواند نتیجهٔ بهتری در عملکرد دانه نسبت به مصرف زیاد از حد کود که با صرف هزینه زیاد و آلودگی محیط زیست همراه است داشته باشد و این از اهداف کشاورزی پایدار می‌باشد.

عملکرد بیولوژیک[1]

عملکرد بیولوژیک به کل ماده‌خشک تولید شده (دانه، ساقه و برگ) اطلاق می‌شود. دو رقم مورد بررسی در این آزمایش از نظر عملکرد بیولوژیک با هم اختلاف آماری معنی‌داری داشتند، به‌طوری‌که رقم چمران با میانگین ۹۷۵۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم بهرنگ با میانگین ۸۶۰۰ کیلوگرم در هکتار برتری داشت (جدول ۳). دلیل بیشتر بودن بیوماس کل در رقم چمران می‌تواند این مطلب باشد که بوته‌های رقم چمران در شرایط این آزمایش توانستند توانسته‌اند به‌طور مناسب‌تری سطح مزرعه را پوشش داده و از عوامل محیطی به نحو مطلوب‌تری استفاده کنند، در نتیجه میزان عملکرد بیولوژیک بیشتری در واحد سطح نیز تولید کردند. جدول ۴ نشان می‌دهد که با افزایش تراکم، عملکرد بیولوژیک هم افزایش می‌یابد. در این آزمایش حداکثر عملکرد بیولوژیک در تراکم ۲۵۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین ۱۰۰۰۲۳ کیلوگرم در واحد سطح به‌دست آمد. این موضوع حکایت از آن دارد که در تراکم‌های بالاتر، بوته‌های گندم به‌طور مناسب‌تری سطح مزرعه را پوشش داده و از عوامل محیطی به نحو مطلوب‌تری استفاده می‌کنند، در نتیجه میزان عملکرد بیولوژیک بیشتری در واحد سطح نیز تولید می‌کنند. بخشنده و راهنما (۳۰)، گزارش کردند که با افزایش مصرف میزان بذر در هکتار، عملکرد بیولوژیک گندم هم افزایش یافت. کوکس و چرنی[2] (۶)، گزارش کردند که با افزایش تراکم بوته به علّت اینکه تعداد ساقه و برگ در واحد سطح به خاطر افزایش تعداد بوته افزایش می‌یابد و به دنبال آن مقدار ماده‌خشک تولید شده در واحد سطح نیز افزایش می‌یابد، لذا عملکرد بیولوژیک با افزایش تراکم افزایش می‌یابد. نتایج نشان داد که با افزایش مصرف کود نیتروژن مصرفی در واحد سطح، میزان عملکرد بیولوژیک نیز افزایش یافت به‌طوری‌که تیمار ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار که با تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری نداشت با میانگین ۱۰۸۶۵ کیلوگرم در هکتار، بالاترین عملکرد بیولوژیک و تیمار شاهد با میانگین ۶۰۵۰ کیلوگرم در هکتار پایین‌ترین عملکرد بیولوژیک را در بین تمامی تیمارها دارا بودند (جدول ۵). این‌گونه افزایش در عملکرد بیولوژیک، برآیند رشد قسمت‌های مختلف رویشی در اثر مصرف کود نیتروژن است. مصرف کود نیتروژن به علّت این که باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته‌ها و به دنبال آن موجب افزایش سطح سبز گیاه و در نهایت گسترش اندام‌های هوایی شده و ماده‌خشک اندام‌های هوایی را افزایش می‌دهد و به این علّت است که عملکرد بیولوژیک، با مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن افزایش می‌یابد (۵). گزارش شده است که با افزایش کود نیتروژن مصرفی، عملکرد بیولوژیک گندم روند افزایشی دارد (۲). عملکرد بیولوژیک با افزایش زیاد از حد کود نیتروژن مصرفی تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار، به دلیل سایه‌اندازی و تنفس و افزایش رقابت در جامعهٔ گیاهی و کاهش ماده‌خشک تولید و ذخیره شده، اختلاف معنی‌داری با سطح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار ایجاد نکرد.

شاخص برداشت

نتایج آنالیز واریانس ارقام برای شاخص برداشت مشخص نمود که رقم چمران با میانگین شاخص برداشت ۴۲ درصد نسبت به رقم بهرنگ با میانگین شاخص برداشت ۳۹ درصد برتری دارد (جدول ۳). جلال‌کمالی و شریفی (۹) اظهار داشتند که ژنوتیپ‌های گندم از نظر صفت شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری با هم دارند. بنابراین ارقامی که دارای شاخص برداشت بالایی هستند، می‌توانند کربوهیدرات‌های بیشتری را از اندام‌های سبز منتقل کنند و باعث افزایش عملکرد شوند (۱۵). بنابراین به‌نظر می‌رسد در رقم چمران نسبت به رقم بهرنگ درصد بیشتری از ماده‌خشک ذخیره شده به دانه‌ها انتقال پیدا کرده و عملکرد دانه نیز در نتیجه آن افزایش یافته است. با افزایش تراکم، میزان شاخص برداشت روند کاهشی داشت ولی این کاهش از روند خاصی پیروی نکرد، بر طبق نتایج شاخص برداشت در تراکم ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار با میانگین ۴۸ درصد از سایر تراکم‌ها بالاتر بود و با افزایش تراکم بذر بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از میزان شاخص برداشت کاسته شد (جدول ۴). احتمالاً در شرایط این آزمایش در تراکم‌های بالاتر از ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار به‌دلیل رقابت زیاد و شرایط نامساعد رشد مواد فتوسنتزی کمتری صرف تولید دانه شده و شاخص برداشت کاهش پیدا کرده است. شورپر[3] و همکاران (۳۴)، طی آزمایشی اعلام کردند هرچه تراکم گیاهی کمتر باشد، رقابت بین گیاهان مجاور هم کمتر شده و میزان بیشتری مواد فتوسنتزی ساخته شده صرف تولید دانه می‌شود و درنتیجه شاخص برداشت افزایش می‌یابد.

1- Biomass
2- Cox and Cherny
3- Shorper

مصرف کود نیتروزن در کرت‌های آزمایشی باعث افزایش شاخص برداشت نسبت به شاهد گردید، براساس جدول ۵، سطوح کودی ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار با میانگین شاخص برداشت ۴۴ درصد بیشترین میزان شاخص برداشت را داشته و با سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار هم اختلاف معنی‌داری نداشتند، سایر سطوح کودی نیتروژن شاخص برداشت پایین‌تری داشتند. کود نیتروژن باعث بهبود رشد رویشی گیاه می‌شود که این موضوع باعث تولید بیشتر مواد فتوسنتزی می‌گردد تا در مرحلهٔ رشد و نمو دانه، به تولید دانه اختصاص یابد و در نتیجه نسبت دانه بر عملکرد رویشی افزایش یابد. با افزایش نیتروژن بیش از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، اختلاف معنی‌داری در شاخص برداشت دیده نشد که احتمالاً ناشی از تأثیر بیشتر نیتروژن بر رشد رویشی در مقایسه با عملکرد دانه است و در نتیجه بخش رویشی نسبت به بخش زایشی در گیاه افزایش می‌یابد، ارتفاع بالاتر بوته‌های گندم در سطوح کودی ۲۰۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن نشان می‌دهد که احتمالاً مصرف زیاد از حد کود نیتروژن، بیشتر صرف افزایش ارتفاع و برگ‌های بوته‌های گندم شده و نسبت کمتری صرف تولید دانه و نهایتاً عملکرد اقتصادی می‌گردد. بنابراین مصرف بهینهٔ کود نیتروژن که بسته به شرایط آب و هوایی هر منطقه متفاوت است می‌تواند در افزایش شاخص برداشت مؤثرتر باشد.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی نتایج این آزمایش گویای این است که تراکم و کود نیتروژن می‌توانند به‌عنوان یک بخش مکمل در افزایش عملکرد گندم مؤثر باشند. با توجه به نتایج به‌دست آمده در تحقیق حاضر چنین استنباط می‌شود که رقم چمران نسبت به رقم بهرنگ از عملکرد دانهٔ بالاتری برخوردار است. بهترین عملکرد دانه در تراکم ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار و سطح کودی ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد و با توجه به اینکه بین سطوح کودی ۱۵۰ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، می‌توان تیمار ۱۰۰ کیلوگرم بذر در هکتار و سطح کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (D_4N_4) را به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار در افزایش عملکرد دانه در این آزمایش معرفی کرد. در پژوهش حاضر ملاحظه شد که با کاهش مصرف بذر و کود نیتروژن مصرفی در هکتار و کشت به‌صورت بی‌خاک‌ورزی ضمن رعایت اصول پایداری از میزان عملکرد دانه در هکتار نیز کاسته نشد، بنابراین به نظر می‌رسد برای تولید عملکرد دانه کافی در گندم به‌عنوان مهمّترین محصول کشور، نیازی به افزایش مصرف بذر و کود مصرفی در هکتار وجود ندارد، این کار ممکن است موجب افزایش هزینه‌ها و خطرات زیست‌محیطی شده و نتیجهٔ دلخواه نیز نداشته باشد.

جدول ۵- اثرات سطوح مختلف نیتروژن بر روی عملکرد و اجزای عملکرد

Table 5- Effects of different nitrogen levels on yield and yield components

سطوح کود اوره (کیلوگرم در هکتار) Urea Fertilizer levels (kg ha^{-1})	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر) Plant height (cm)	تعداد سنبله (مترمربع) Number of spikes (m^{-2})	تعداد دانه در سنبله The number of grains per spike	وزن هزاردانه (گرم) Thousand seed weight (g)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg ha^{-1})	شاخص برداشت (٪) Harvest index (%)
0	72.73f	265.20f	32.65e	40.20d	2735c	6050e	33.61c
50	75.99e	311.70e	33.05d	41.67c	3575b	8705d	38.25b
100	78.24d	345.65d	33.52d	42.73b	3695b	9235c	38.67b
150	82.88c	359.15c	34.78c	43.08ab	4050ab	9380b	43.70ab
200	84.12b	391.80b	36.75b	43.67a	4350a	10805a	44.11a
250	84.81a	411.30a	38.08a	43.83a	4490a	10865a	44.44a

اعداد دارای حروف مشترک در هر ستون و برای هر عامل سطوح غیر معنی‌دار می‌باشند (دانکن ۱٪)

Numbers with letters communes in the columns andforeach factor no significant levels (Duncan 1%).

References

1. Asdollahzadeh, R., Naderi, A., and Kakzadeh, A. 2010. Effect of plant density on yield and yield components of wheat genotypes in different planting patterns. Quarterly Journal of Crop Physiology. Islamic Azad Universityof Ahvaz. Second year. NumberOne. Pp4-6. (in Persian).
2. Ayoub, M., Guertin, S., Lussier, S., and Smith, D. L. 1994. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in eastern canada. Crop Science 34 (3): 748-756.
3. Cox, W. J., and Cherny, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density and Nitrogen effects on corn silage. Agronomy Journal 93: 597-602.
4. Bavar, M. 2008. Effects of planting date density on growth indecies and yield component of hull-less barley. The Thesis of M.Sc. degree. University of Agriculture Sciences and Natural Resources of Gorgan, 62p.
5. Camara, K. M. Payne, W. A., and Rasmussen, P. E. 2003. Long-term effects of tillage, nitrogen, and rainfall on winter wheat yields in the Pacific Northwest. Agronomy Journal 95: 828-835.
6. Costa, C., Dwyer, L. M., Strwart, D. W., and Smith, D. L. 2002. Nitrogen on grain yield and yield components of leafy and Nonleafy Maize Genotypes. Crop Science 42: 1556-1563.
7. Cox, W. J., and Cherny, D. J. R. 2001. Row spacing, plant density and Nitrogen effects on corn silage. Agronomy Journal 93: 597-602.
8. Damania, A. B., and Jackson, M. T. 2006. Anapplication of factor analysis Morphological Data of wheat and Barely landraces. Valley Nepol Research 5 (2): 25-30.
9. Donald, C. M. 1986. The breeding of crop ideotypes. Euphytica 17: 385-403.
10. Donaldson, E., Schillinger, W. E., and Dofing, S. M. 2001. Straw production and grain yield relationships in winter wheat. Crop Science 41: 100-106.
11. Elhani, S., Martos, V., Rharrabi, Y., Royo, C., and Garcia del moral, L. F. 2007. Contribution of main stem and tillers to durum wheat (*Triticumaestivum* L. var. durum) grain yield andits components grown in Mediterranean environments. Field Crops Research 103: 25-35.
12. Emam, Y., and Niknezhad, M. 2005. An introduction on physiology of crop yield. Translation Shiraz University Press. Second edition. 551 pp. (in Persian).
13. Fatima, M., Bedhlaf, M., and Rhomeri, Y. 1992. Fertilization of cereals: Soil nitrogen test. In: Proceedings of J. Ryan, and A. Matar (Eds.). Fertilizer use efficiency under rain-fed agriculture in West Asia and North Africa. ICARDA, Aleppo Syna. pp. 224.
14. Felehkora, H., Eghbalghobadi, M., and Khazaei, E. 2012. Variability of wheat spike under supplemental irrigationandnitrogen rates. Crop Science. Islamic Azad Universityof Karaj. Pp1-6. (in Persian).
15. Gharineh, M. H., and Nadian, H. 2011. Sustainable agriculture practices. 1 Printing. Chamran University Press. Page5. (in Persian).
16. Ghobadi, M., Kashani, A., Mamghani, S. A., and Egbal-Ghobadi, M. 2007. Studying tillering trend and its relationship with grain yield in wheat under different plant densities. Journal of Agricultural Sciences 3: 23-36. (in Persian).
17. Ghorbanijavid, M. 2005. Comprehensive book of Agronomy, Plant Breedingand Biotechnology. VolumeIV. Danshpzvhan Releases Tomorrow. Tehran. 247 pages. (in Persian).
18. Giovanni, G., Silvano, P., and Giovanni, D. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality old and modern Italian bread-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Eur. Agronomy Journal 21: 181-182.
19. Hemmat, A., and Eskandari, I. 2006. Dry land winter wheat response to conservation tillage in a continues cropping system in northwestern Iran. Soil and Tillage Research 92: 158-169. (in Persian).
20. Hiltbrunner, J., Streit, B., and Lidgens, M. 2007. Are seeding densities an opportunity to increase grain yield of winter wheat in a living mulch of white clover. Field Crops Research 102: 163-171.
21. Jalal-Kamali, M. R., Sharifi, H. R. 2011. Variation in developmental stages and its relationships with yield and yield components of bread wheat cultivars under field conditions. Journal of Seedlings and Seeds of Racial 89 (1): 457-461. (in Persian).
22. Khagepour, M. 2006. Principles and Found ations of Agriculture. Esfahan University Press. edition2. prints 11. 386p. (in Persian).
23. Kluson, A. R. 2006. Sustainable Agriculture: Definitions and Concepts. Newsletter of Agriculture/Natural Resource Extension.
24. Malakouti, M. J. 1993. A comprehensive method for the detection of plant and recommend the use of chemical fertilizers in agricultural land Iran. (Technical publication). Second printing. Tarbiat Modarres University Press. Page2-35. (in Persian).
25. Maleki, E., Mansouri, S., Sidan, P., Heidarnjad, M., and Jaefarzadeh, M. 2012. Investigation of different plant densities on old and new wheat varieties. Crop Science. Islamic Azad Universityof Karaj. Page5. (in Persian).
26. Mazaheri, D., and Majnonhoseyni, N. 2008. General agriculture. Sixth edition. Tehran University Press. Page1-80.

(in Persian).
27. Melero, S., Lo´pez-Bellido, R. J., Lo´pez-Bellido, L., Mun.oz-Romero, V. N., lix Moreno, Fe´., Murillo, J. M., and Franzluebbers, A. J. 2012. Stratification ratios in a rainfed Mediterranean Vertisol in wheat under different tillage, rotation and N fertilisation rates. Soil and Tillage Research 119. 7.12.
28. Murdock, L., Herbek, J., Martin, J., and James, J. 2001. Yield potential and long term effects of no – tillage on wheat production. Smallgrain. University of kenuky. Pp: 34-43.
29. Nourmohammadi, Gh., Siadat, A., and Kashani, A. 2010. Cerealcrops. Ninth printing. ChamranUniversity Press. Page 48. (in Persian).
30. Rahimizadeh, M., Kashani, E., and Zarefeizabadi, A. 2010. Effect of pre-sowing crops, nitrogen fertilizers and returning crop residue on the growth and yield of wheat. Journal of Agricultural Research 8 (1): 110-98. (in Persian).
31. Rahnama, A., Bakhshandeh, A., and Normohammadi, Gh. 2000. Investigation determination the part of the tiller in plant in the different density on seed yield yield component in wheat in Khozestan. Journal Iran Agricultural Science 2 (3): 12-24. (in Persian).
32. Rezaei, M., Eivazi, E. R., Yazdansepas, A., and Mohamadi, S. 2012. Agronomic and physiological characteristics on grain yield of wheat genotypes under limited irrigation condition. Crop Science. Islamic Azad University of Karaj. Page4. (in Persian).
33. Royo, C., Villegas, D., Rharrabti, Y., Blanco, R., Martos, V., and Garcia delmoral, L. F. 2006. Grain growth and yield formation of durum wheat grown at contrasting latitudes and water regimes in a Mediterranean environment. Cereal Research Communications 34: 1021-1028.
34. Salehi, F., Safari, S., and Rafieialhoseini, M. 2006. Effects of planting date and density on yield and yield component of hull-less barley. Abstract of sixth congress of agronomy and breeding Iran, 654p. (in Persian).
35. Shorper, J. B., Johnson, R. R., and Lumbert, R. J. 1992. Maize yield response to increased assimilates supply. Crop Science 22: 1148-1188.
36. Soleimanifard, E., Naseri, R., Naserizadeh, H., Mirzaei, A., and Nazaralizadeh, K. 2009. Effect of levels nitrogen fertilizer on yield and yield Components, wheat cultivarsin Ilam province. National Conference on Water Science. Soil, Plant and Agricultural Mechanization. Islamic Azad University of Dezful. Pp4-2. (in Persian).
37. Varga, B., Svecngak, I., and Pospisil, I. 2001. Winter wheat cultivars performance as affected by production systems in Croatia. Agronomy Journal 93: 961-966.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 598-610

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۱۰-۵۹۸

The Effect of Seeding Rates and Nitrogen fertilizer on Yield and Yield Components of Wheat Cultivars in Corn residue (No Tillage)

D. Omidi Nasab[1*]- M. H. Gharineh[2]- A. Bakhshande[2]-M. Sharafizade[3]- A. Shafeinia[2]- A. Saghali[1]

Received: 06-121-2013
Accepted: 06-06-2015

Introduction

Lots of studies have been conducted for increasing the wheat yield per unit area through sustainable agriculture, which is included low tillage and no tillage farming systems. Furthermore, nitrogen is the important element which is used to increase crop yield. On the other hand, if all the required conditions especially cultivar and fertilizer are at optimum level, but density is not appropriate, the maximum yield per unit area will not be achieved. Therefore, this study was conducted to evaluate the effect of seeding rates and nitrogen fertilizer on yield and yield components of wheat cultivars in corn residue.

Materials and Methods

An split factorial experiment in a randomized complete block design with four replications and three factors including cultivar at 2 levels, (Chamran (V_1) and Behrang (V_2)), seed density at 5 levels (50 (D_1), 100 (D_2), 150 (D_3), 200 (D_4), 250 (D_5) kg ha^{-1}) and nitrogen fertilizers from urea source at 6 levels (0 (N_1), 50 (N_2), 100 (N_3), 150 (N_4), 200 (N_5), 250 (N_6)) carried out in fall of 2011 – 2012 at Agricultural Farm located south of Dezful.

Results and Discussion

The results indicated that with increasing plant density, the number of spike and biological yield increased, however the number of grain in each spike and thousand seed weight decreased. Moreover, increasing nitrogen application resulted in increasing the number of spike, the number of grain in each cluster, thousand seed weight, biological yield and grain yield. seed consumption over than 100 (kg ha^{-1}) decreased grain yield . In addition, applied nitrogen to 150 (kg ha^{-1}) significantly increased grain yield. The effects of plant density on grain yield illustrated that the highest grain yield was obtained using 100 kg seeds per hectare. Furthermore, there were not any significant differences among 150, 200 and 250 kg seeds per hectare and they were at a lower level of grain yield. In addition, Chamran cultivar, with 413.70 (kg ha^{-1}) average grain yield, was higher in comparison to Behrang cultivar and also the best grain yield was obtained in 100 kg ha^{-1} of seed density with the average of 5 ton ha^{-1}.

In the present experiment, increasing seed rate to 100 kg per hectare, increased grain yield. Grain yield had decreasing trend in higher plant density, probably due to high competition, adverse growing conditions and leaf area index reduction. According to the results of this study, increasing nitrogen to optimal values, which is depending on the climatic conditions in each region, increases grain yield. However higher application of nitrogen fertilizer, will not increase the yield proportionally. Nitrogen application with increasing the number of mature leaves causes increasing the ratio of photosynthesis to respiration, and finally it increases assimilate materials and yield. When nitrogen is higher than optimum level, shoots will over grow, the number of leaves which are in shade will be increased. Furthermore, photosynthesis to respiration ratio will decrease and most of the assimilates will be used by leaves in shadow, thus, the lower assimilates transferred to grain.

Conclusions

In general, plant density and nitrogen fertilizer can be used as important factors to increase wheat yield. According to the results of this study, Chamran cultivar had higher grain yield compared with Behrang cultivar. The highest grain yield was obtained in 100 kg per hectare seed density with 250 kg of nitrogen fertilizer per hectare. Since there were no significant differences between 150 and 250 kg of nitrogen fertilizer per hectare, 100 kg seed per hectare and 150 kg nitrogen per hectare can be introduced as the most appropriate treatment to increase the grain yield in this experiment. In this study it was observed that by reducing application of seeds

1- M.Sc. students of Agronomy, Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
2- Department of Agronomy, Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahvaz, Iran
3- Engineer of center control and certificat seed Khozestan
(*- Corresponding Author Email: Davoud.omidi@Yahoo.com)

and fertilizer, the grain yield per hectare was not reduced. Therefore, it seems that to produce enough grain yield of wheat, as the main crop in Iran, increasing the consumption of seed and fertilizer per hectare is not necessary. Higher application of fertilizer may increase the costs and environmental risks.

Keywords: Behrang cultivar, Chamran cultivar, Grain yield

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۲۲-۶۱۱

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 611-622

ارزیابی جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) حاصل از ارقام و تاریخ‌کاشت‌های مختلف در گرگان

مرتضی گرزین[1*]- فرشید قادری فر[2]- ابراهیم زینلی[3]- سید اسماعیل رضوی[4]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۳
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۵

چکیده

به‌منظور ارزیابی جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا حاصل از تاریخ کاشت‌های مختلف، آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۱۳۹۰ انجام شد. عامل اصلی شامل پنج تاریخ کاشت ۳۱ فروردین، ۲۳ اردیبهشت، ۱۳ خرداد، ۸ تیر و ۳۱ تیر و عامل فرعی شامل سه رقم سویا ویلیامز، سحر و دی‌پی‌ایکس بود. برای ارزیابی کیفیت بذر از آزمون‌های جوانه‌زنی و قدرت بذر شامل آزمون پیری تسریع شده، سرعت رشد گیاهچه و هدایت الکتریکی استفاده شد. تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و قدرت بذر داشت. درصد جوانه‌زنی دو رقم ویلیامز و سحر در چهار تاریخ کاشت ثابت و بیش از ۹۰ درصد بود، اما در تاریخ‌های کاشت ۳۱ فروردین در رقم ویلیامز و ۳۱ تیر در رقم سحر کاهش یافت. تاریخ کاشت اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی در رقم دی‌پی‌ایکس نداشت. کشت‌های زود هنگام در بهار باعث کاهش قدرت بذر در هر سه رقم به دلیل وقوع دماهای بالا طی دوره پر شدن بذر شد. با تأخیر در کاشت قدرت بذر در هر سه رقم افزایش یافت، اما در دو رقم سحر و دی‌پی‌ایکس وقوع دماهای بسیار پایین و بارندگی زیاد طی مراحل نمو بذر در تاریخ کاشت ۳۱ تیر باعث کاهش مجدد قدرت بذر شد. بنابراین توصیه می‌شود که برای تولید بذرهایی با کیفیت بالا از کشت‌های زودهنگام و نیز دیرهنگام پرهیز شود.

واژه‌های کلیدی: آزمون پیری تسریع شده، آزمون هدایت الکتریکی، کیفیت بذر

مقدمه

سویا (*Glycine max* (L.) Merr.) گیاهی یک‌ساله از تیره بقولات (*Leguminosae*) است. این گیاه زراعی جایگاه مهمی در بین محصولات صنعتی در کشور و به‌خصوص در استان گلستان دارد، به‌طوری‌که براساس گزارش دفتر آمار و فناوری اطلاعات وزارت جهاد کشاورزی (۲۲)، کل سطح زیر کشت سویا در کشور در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ برابر ۷۶ هزار هکتار بود، که از این سطح ۱۶۳ هزار تن دانه سویا تولید شده است. استان گلستان با اختصاص ۷۵/۹ درصد از کل سطح زیر کشت سویای کشور و ۷۳/۸ درصد از کل تولید دانه این محصول به خود، در جایگاه نخست تولید سویا در کشور قرار گرفت.

پتانسیل جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا در مقایسه با سایر گیاهان زراعی دانه‌ای پایین‌تر است و اغلب در زمان کاشت کاهش زیادی می‌یابد (۲۶ و ۳۰). همچنین شرایط نامطلوب طی فرآیند تشکیل بذر در مزرعه و یا در هنگام ذخیره‌سازی بذرهای این محصول باعث زوال شدید بذرها و کاهش کیفیت بذر می‌شود (۱۷ و ۱۸). به‌طور کلی بذرهایی که دارای قدرت رشد بیشتری هستند دارای جوانه‌زنی سریع، یکنواخت و بیشتری نیز می‌باشند و بوته‌های حاصل از آن‌ها نیز رشد اولیه سریع‌تری خواهند داشت. این رشد اولیه و استقرار سریع‌تر باعث دریافت تشعشع خورشیدی بیشتر و در نهایت افزایش عملکرد می‌شود (۳۴). رشد اولیه سریع‌تر و بسته شدن زودتر تاج پوشش در مراحل اولیه رشد گیاه باعث کاهش نفوذ نور به زیر تاج پوشش شده و قابلیت رقابت گیاهان زراعی با علف‌های هرز را افزایش می‌دهد (۲۵).

نتایج تحقیقات مختلف حاکی از آن است که قدرت بذر تحت تأثیر عواملی از قبیل تنش خشکی (۱۳)، تغذیه گیاه مادری (۳۰ و ۳۱)، علف‌های هرز (۲۹)، مکان بذر بر روی بوته مادری (۱)، زمان برداشت (۱۰ و ۱۱)، تاریخ کاشت (۲)، دما (۳۵)، رطوبت نسبی (۳) و بیماری‌ها (۳۷) قرار می‌گیرد. از بین این عوامل شاید بتوان تاریخ

۱، ۲ و ۳- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیاران گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
۴- استادیار گروه گیاه‌پزشکی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
(*- نویسنده مسئول: Email: Gorzin.Morteza@yahoo.com)

کاشت را به‌عنوان مهم‌ترین عامل تأثیرگذار بر قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر در نظر گرفت. زیرا شرایط محیطی تأثیر خود را از طریق تاریخ کاشت اعمال می‌کنند (۲۷). تاریخ کاشت از طریق تغییر شرایط محیطی طی دوره پر شدن بذر، قدرت بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد. البته این تأثیر به گروه رسیدگی رقم مورد استفاده نیز وابسته است. استفاده از تاریخ کاشت‌های مختلف و ارقامی با گروه‌های رسیدگی متفاوت باعث ایجاد شرایط متفاوتی از لحاظ دما، رطوبت نسبی، طول روز، تشعشع و شیوع آفات و بیماری‌ها می‌شود، که این عوامل ویژگی‌های کمی و کیفی بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهند (۵، ۱۹، ۲۸ و ۳۸).

کاشت زود هنگام سویا در بهار به‌ویژه در ارقام زودرس باعث برخورد دوره پر شدن بذر با دماهای بالا در تابستان می‌شود. وقوع دمای بالا (بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد) طی دوره پر شدن بذر باعث افزایش درصد بذور چروکیده می‌شود که در نهایت کاهش درصد جوانه‌زنی و قدرت بذر را به‌همراه دارد، همچنین در چنین شرایطی تعداد بذرهای مرده افزایش می‌یابد (۶). از طرف دیگر افزایش دما طی دوره پر شدن بذر از طریق کاهش جذب عناصر غذایی باعث کاهش تجمع پروتئین‌ها، چربی‌ها و الیگوساکاریدها در بذر می‌شوند. این مواد برای رسیدن به حداکثر پتانسیل جوانه‌زنی ضروری هستند (۴). به‌طور کلی استفاده از تاریخ کاشت مناسب براساس گروه رسیدگی رقم مورد نظر به نحوی که دوره پر شدن بذر با دمای پایین‌تر واقع شود، می‌تواند باعث افزایش قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا شود (۳۶). اکرم‌قادری و همکاران (۲) نیز گزارش دادند که بذرهای سویای به‌دست آمده از تاریخ کاشت‌های دیرتر (کشت پس از برداشت گندم) در گرگان به‌دلیل برخورد مراحل نمو دانه با دماهای پایین‌تر در مقایسه با بذرهای به‌دست آمده از کشت‌های زودتر از بنیه رشد بیشتری برخوردار بوده و برای مصارف بذری مناسب‌ترند. همچنین رقم‌های دیررس به این دلیل که مراحل نمو دانه‌شان با دماهای خنک مواجه می‌شود، بذرهای با کیفیت‌تری در مقایسه با رقم‌های زودرس تولید می‌کنند (۳۳). علاوه بر دماهای بالا، وقوع دماهای بسیار پایین نیز می‌تواند باعث کاهش کیفیت بذر شود. برای مثال رحمان و همکاران (۲۴) گزارش کردند که در کشت‌های دیرهنگام سویا در نیوزیلند، به‌دلیل وقوع شرایط سرد و مرطوب در طی مرحله‌ی نمو دانه، کیفیت بذر کاهش می‌یابد.

غیر یکنواختی تراکم بوته در مزارع سویا همواره دغدغه بسیاری از کشاورزان استان گلستان بوده است، که با وجود مصرف مقدار زیادی بذر برای کاشت، تراکم بوته مطلوبی حاصل نمی‌شود. مصرف زیاد بذر منجر به افزایش هزینه تولید می‌شود. از طرف دیگر، افت عملکرد ناشی از کاهش تراکم، سودمندی کشت بوم‌های تولید سویا را به چالش می‌کشاند. با توجه به این موضوع که تاریخ کاشت نقش بسیار مهمی در تعیین قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا ایفا می‌کند، بررسی تأثیر این عامل مدیریتی بر خصوصیات کیفی بذر امری ضروری می‌باشد. این تحقیق به‌منظور ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر در توده‌های بذری حاصل از تاریخ کاشت‌های مختلف در برخی از ارقام رایج سویا در گرگان انجام شد.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به‌صورت آزمایش کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال ۱۳۹۰ انجام شد. این مزرعه که در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۹ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۲ متری از سطح دریا قرار دارد، در کیلومتر ۸ جاده قدیم گرگان- کردکوی واقع شده است. عامل اصلی شامل پنج تاریخ کاشت ۳۱ فروردین، ۲۳ اردیبهشت، ۱۳ خرداد، ۸ تیر و ۳۱ تیر و عامل فرعی شامل سه رقم ویلیامز با گروه رسیدگی III و رشد نامحدود، سحر با گروه رسیدگی IV و رشد محدود و دی‌پی‌ایکس با گروه رسیدگی V و رشد نامحدود بود. قبل از کاشت ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کلرور پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره در مزرعه پخش و با خاک مخلوط شد. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۷ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هر کرت دارای ۶ ردیف کاشت به طول ۶ متر بود. برای مبارزه با آفات طی فصل رشد از آفت‌کش‌های توصیه شده استفاده شد. برای تعیین مراحل فنولوژی از روش فهر و کاوینس (۸) استفاده شد.

در نهایت از هر کرت در مرحله R_7 (رسیدگی فیزیولوژیک) حدود ۵۰ بوته انتخاب شد و غلاف‌های آن‌ها با دست از بوته‌ها جدا شدند. پس از آن غلاف‌ها در سایه خشک شدند. سپس برای جلوگیری از خسارت مکانیکی بذرها با دست از غلاف جدا شدند. برای تعیین قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر از آزمون‌های جوانه‌زنی، پیری تسریع شده، سرعت رشد گیاهچه و هدایت الکتریکی استفاده شد.

آزمون جوانه‌زنی به روش حوله کاغذی در چهار تکرار ۵۰ بذری در انکوباتور با دمای ۰/۵±۲۵ درجه سانتی‌گراد براساس روش همپتون و تکرونی (۱۲) انجام شد. خروج ریشه‌چه و رسیدن آن به ۲ میلی‌متر یا بیشتر به‌عنوان معیار جوانه‌زنی درنظر گرفته شد (۹، ۱۶ و ۳۴). آزمون پیری تسریع شده نیز براساس روش همپتون و تکرونی (۱۲) انجام شد. در این آزمون بذرها به مدت ۱۵ (دقیقه)±۷۲ ساعت در انکوباتوری با دمای ۰/۵±۴۱ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. پس از پیر کردن بذرها برای انجام آزمون رشد گیاهچه از روش حوله کاغذی استفاده شد. پس از سپری شدن ۸ روز از آغاز آزمون نمونه‌ها از انکوباتور (با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد) خارج شدند و تعداد بذرهای جوانه زده و نیز گیاهچه‌های طبیعی شمارش شدند. آن‌گاه

گیاهچه‌های طبیعی پس از جدا کردن به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند و در نهایت وزن خشک گیاهچه‌های طبیعی اندازه‌گیری شد. میانگین وزن خشک گیاهچه‌های طبیعی با تقسیم وزن خشک (میلی‌گرم) به تعداد گیاهچه‌های طبیعی محاسبه شد و سرعت رشد گیاهچه (میلی‌گرم در روز) با استفاده از معادله (۱) محاسبه گردید (۱۲).

$$\text{سرعت رشد گیاهچه (میلی گرم در روز)} = \frac{\text{میانگین وزن خشک گیاهچه های طبیعی (میلی گرم)}}{\text{تعداد روز}} \quad (۱)$$

برای اندازه‌گیری هدایت الکتریکی ابتدا ۲۵۰ میلی‌لیتر آب مقطر در ظروفی با گنجایش ۵۰۰ میلی‌لیتر ریخته و درب آن‌ها بسته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند. پس از آن، چهار نمونه ۵۰ بذری از هر توده با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین و پس از شستشو با آب مقطر در هر یک از ظروف ریخته شد. درب ظروف بسته شد و مجدداً به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۰/۵±۲۰ سانتی‌گراد قرار گرفتند. در پایان ۲۴ ساعت، ظروف از انکوباتور خارج و هدایت الکتریکی محلول‌ها قرائت شد. سپس میزان هدایت الکتریکی براساس میکروزیمنس بر سانتی‌متر به‌ازای هر گرم وزن بذر (با رطوبت ۱۲ درصد) با استفاده از از معادله (۲) محاسبه گردید (۱۰ و ۱۶).

$$\text{هدایت الکتریکی(میکروزیمنس بر سانتی متر بر گرم)} = \frac{\text{قابلیت هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)}}{\text{وزن نمونه بذر (گرم)}} \quad (۲)$$

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS (Institute, Inc) 9.1.3 و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2007 استفاده شد. همچنین برای توصیف روابط موجود میان صفات مورد اندازه‌گیری و تاریخ کاشت از توابع خطی و غیر خطی استفاده شد (معادلات ۳، ۴ و ۵).

$$y = ap + b \quad (۳)$$

$$y = ap^2 + bp + c \quad (۴)$$

$$y_1 = ap + b \quad \text{if} \quad p < p_0$$
$$y_2 = ap_0 + b \quad \text{if} \quad p \geq p_0 \quad (۵)$$

که در این معادلات y صفت مورد بررسی، p تاریخ کاشت به‌صورت روز از آغاز سال، p_0 نقطه چرخش منحنی و a و b ضرایب معادله هستند.

نتایج و بحث

استفاده از تاریخ کاشت‌های مختلف سبب تغییر در زمان شروع و پایان دوره پر شدن دانه (R_5-R_7) در هر سه رقم شد (جدول ۱). این رویداد به نوبه خود باعث ایجاد شرایط متفاوتی از لحاظ دما، بارندگی و رطوبت نسبی طی دوره پر شدن بذر در این سه رقم شد. رقم ویلیامز به دلیل زودرس بودن بیش از دو رقم دیگر با دماهای بالا به‌ویژه در کشت‌های زود هنگام مواجه شد. این در حالی است که رقم دیررس دی‌پی‌ایکس با دماهای پایین‌تر و رطوبت نسبی بالاتر روبه‌رو شد. رقم سحر که از لحاظ گروه رسیدگی بین این دو رقم قرار می‌گیرد در کشت‌های زودهنگام نسبت به رقم ویلیامز با دماهای پایین‌تر و در کشت‌های دیرهنگام در مقایسه با رقم دی‌پی‌ایکس با دماهای بالاتری مواجه شد. به‌طور کلی با تأخیر در کاشت دمای هوا طی دوره پر شدن بذر کاهش یافت. هرچند رقم سحر بیش از دو رقم دیگر با دماهای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره پر شدن بذر مواجه شد، اما میانگین حداکثر دما طی دوره پر شدن بذر در رقم ویلیامز در کلیه تاریخ‌های کاشت بیش از دو رقم دیگر بود. اگرچه رطوبت نسبی هوا به‌طور منظم با تأخیر در کاشت افزایش نیافت، اما دوره پر شدن بذر در هر سه رقم در تاریخ کاشت پنجم با بالاترین رطوبت نسبی، میزان بارندگی و بیشترین تعداد روز از لحاظ قرارگیری در رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰ درصد مواجه شد (جدول ۱).

نتایج نشان داد که اثرات ساده و متقابل تاریخ کاشت و رقم تأثیر معنی‌داری بر جوانه‌زنی و قدرت بذر داشت (جدول ۲). پاسخ جوانه‌زنی ارقام مختلف به تاریخ کاشت متفاوت از یکدیگر بود. تغییرات درصد جوانه‌زنی در پاسخ به تاریخ کاشت در رقم ویلیامز از یک منحنی دو تکه‌ای تبعیت کرد. به‌طوری‌که درصد جوانه‌زنی از روز ۳۱ام تا روز ۵۴/۳ام با شیب ۰/۸۹ درصد افزایش یافت و پس از آن ثابت شد (شکل ۱، الف). در رقم سحر نیز درصد جوانه‌زنی از یک منحنی دو تکه‌ای تبعیت کرد. اما برعکس رقم ویلیامز، درصد جوانه‌زنی از روز ۳۱ام تا ۱۰۰/۷ روز پس از آغاز سال ثابت بود. پس از سپری شدن این بازه زمانی با هر روز تأخیر در کاشت درصد جوانه‌زنی به میزان ۰/۵۶ درصد کاهش یافت (شکل ۱، ب). در رقم دی‌پی‌ایکس درصد جوانه‌زنی بذر تحت تأثیر تاریخ کاشت قرار نگرفت (شکل ۱، ج).

درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده در هر سه رقم با تأخیر در کاشت به شکل‌های مختلفی تغییر کردند. در رقم ویلیامز با تأخیر در کاشت درصد جوانه‌زنی بذرهای پیر شده به‌صورت خطی افزایش یافت. به‌طوری‌که به‌ازای هر روز تأخیر در کاشت این رقم جوانه‌زنی به مقدار ۰/۲۲ درصد افزایش یافت (شکل ۲، الف). منحنی پاسخ درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده در رقم سحر از یک تابع خطی درجه ۲ تبعیت کرد. درصد جوانه‌زنی در این رقم با تأخیر در کاشت ابتدا افزایش یافت و به حداکثر مقدار خود در ۸۴/۹۱ روز از آغاز سال رسید، اما پس از آن مجدداً رو به کاهش گذاشت (شکل ۲، ب). در رقم دی‌پی‌ایکس منحنی درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده در مقابل تاریخ کاشت از یک تابع دو تکه‌ای تبعیت کرد. در مورد درصد جوانه‌زنی در این رقم ابتدا یک افزایش خطی تا ۱۰۱/۱ روز پس از آغاز سال مشاهده شد و پس از آن با یک کاهش خطی به ۲/۴۷ درصد در روز ۱۲۴ام رسید (شکل ۲، ج).

جدول ۱- میزان بارندگی، میانگین حداکثر، حداقل و کل دما و رطوبت نسبی هوا، تعداد روزهای با دمای بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی بالاتر از ۹۰ درصد طی دوره پر شدن بذر (R_5 - R_7) سه رقم سویا، در تاریخ کاشت‌های مختلف در گرگان

Table 1- Rainfall, mean maximum and minimum air temperature and relative humidity, the number of days with temperatures above 30°C and relative humidity above 90% during the seed filling period (R_5-R_7) in three cultivars of soybean at different planting dates in Gorgan

رقم Cultivar	تاریخ کاشت Planting date	روز از کاشت تا: Days from planting to:		طول دوره R_5-R_7 Duration of R_5-R_7 (day)	دما Temperature (°C)				رطوبت نسبی Relative humidity (%)				بارندگی Rainfall (mm)
		R_5	R_7		حداکثر Max	حداقل Min	میانگین Mean	T>30 (Day)	حداکثر Max	حداقل Min	میانگین Mean	RH>90 (Day)	
ویلیامز Williams	۳۱ فروردین (April 20)	102	130	28	33.1	24.7	28.9	24	80.8	53.8	67.3	6	76.6
	۲۳ اردیبهشت (May 13)	86	113	27	31.1	23.1	27.1	21	82.7	55.9	69.3	6	75.9
	۱۳ خرداد (June 3)	75	95	20	30.2	22.0	26.1	18	83.0	57.1	70.0	6	35.3
	۸ تیر (June 29)	62	86	24	30.1	20.2	25.1	13	81.6	51.9	66.8	2	16.0
	۳۱ تیر (July 22)	56	93	37	26.8	16.0	21.4	6	86.1	52.3	69.2	14	146.5
سحر Sahar	۳۱ فروردین (April 20)	111	149	38	30.8	22.3	26.5	27	83.1	55.6	69.3	6	77.3
	۲۳ اردیبهشت (May 13)	93	130	37	30.5	21.9	26.2	23	82.1	54.8	68.5	6	37.5
	۱۳ خرداد (June 3)	82	110	28	29.5	20.5	25.0	16	83.9	55.6	69.8	9	49.7
	۸ تیر (June 29)	66	101	35	28.5	18.5	23.5	11	84.0	52.1	68.1	8	35.5
	۳۱ تیر (July 22)	60	101	41	24.3	14.7	19.5	3	88.9	57.8	73.4	22	172.8
دی‌پی‌ایکس DPX	۳۱ فروردین (April 20)	122	160	38	29.6	21.0	25.3	17	85.5	55.8	69.6	9	51.3
	۲۳ اردیبهشت (May 13)	109	142	33	29.2	19.7	24.5	15	83.0	53.7	68.4	5	18.5
	۱۳ خرداد (June 3)	88	121	33	29.2	19.7	24.5	15	83.0	53.7	68.4	5	18.5
	۸ تیر (June 29)	69	110	41	28.4	17.6	23.0	10	84.7	50.2	67.5	9	35.6
	۳۱ تیر (July 22)	60	106	46	23.6	14.1	18.9	4	89.4	58.3	73.8	27	189.4

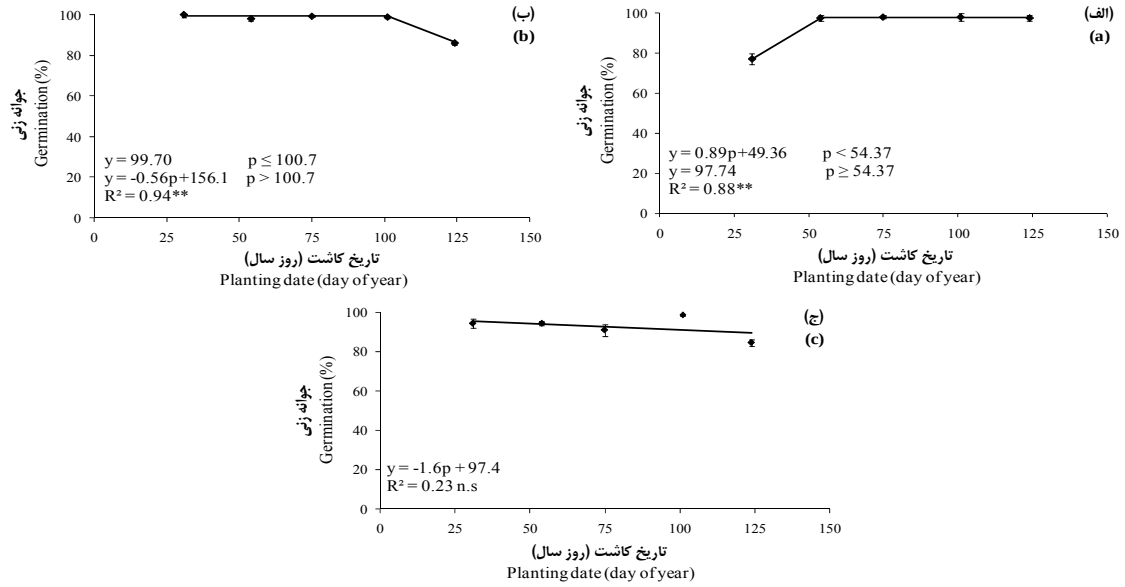
جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس برای تغییرات جوانه‌زنی (درصد)، جوانه‌زنی – پیری تسریع شده (درصد)، سرعت رشد گیاهچه – پیری تسریع شده (میلی‌گرم در روز) و هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) در سه رقم سویا، در تاریخ کاشت‌های مختلف در گرگان

Table 2- Analysis of variance for germination (%), accelerated aging-germination (%), accelerated aging-seedling growth rate (SGR, mg.day^{-1}), and electrical conductivity (µs.cm^{-1}.g^{-1}) in three cultivars of soybean at different planting dates in Gorgan

منبع تغییر S.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean Square			
		جوانه‌زنی Germination	جوانه‌زنی- پیری تسریع شده Accelerated aging-germination	سرعت رشد گیاهچه – پیری تسریع شده Accelerated aging SGR	هدایت الکتریکی Electrical conductivity
بلوک Block	3	1.97 $^{n.s}$	8.19 $^{n.s}$	2.70 $^{n.s}$	1.79 $^{n.s}$
تاریخ کاشت (a) Planting date	4	315.10 **	387.50 **	10.58 **	374.56 **
خطای a Error a	12	24.51 $^{n.s}$	22.77 $^{n.s}$	1.57 $^{n.s}$	8.13 $^{n.s}$
رقم (b) Cultivar	2	474.06 **	1576.25 **	21.37 **	55.47 **
تاریخ کاشت×رقم Planting date× Cultivar	8	213.85 **	348.12 **	15.71 **	149.59 **
باقی‌مانده (خطای b) Error b	30	18.21	16.52	1.17	6.70
ضریب تغییرات Coefficient of Variation	-	4.62	21.68	28.70	10.00

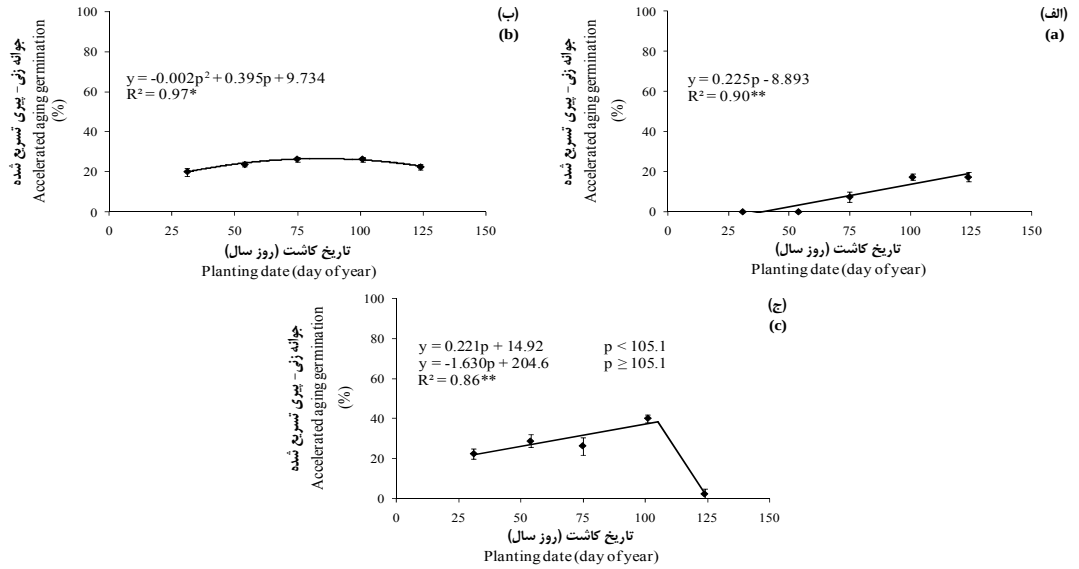
**: معنی‌دار در سطح ۱ درصد و $^{n.s}$: غیر معنی‌دار

**: significant at 1% level and ^{ns}: non significant



شکل ۱- اثر تاریخ کاشت بر درصد جوانه‌زنی بذر در سه رقم ویلیامز (الف)، سحر (ب) و دی‌پی‌ایکس (ج)

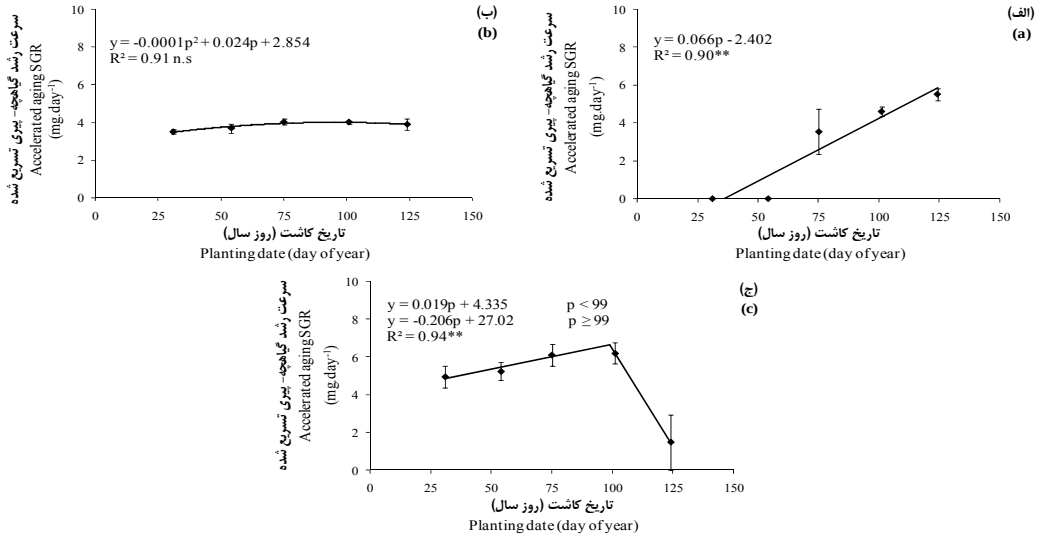
Figure 1- Effect of planting dates on seed germination (%) of three cultivars Williams (a), Sahar (b) and DPX (c)



شکل ۲- اثر تاریخ کاشت بر درصد جوانه‌زنی- پیری تسریع شده در سه رقم ویلیامز (الف)، سحر (ب) و دی‌پی‌ایکس (ج)

Figure 2- Effect of planting dates on accelerated aging-germination (%) of three cultivars Williams (a), Sahar (b) and DPX (c)

سرعت رشد گیاهچه با درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده هر یک از سه رقم مورد بررسی مطابقت داشت. به‌طوری‌که سرعت رشد گیاهچه در بذرهای پیر شده در رقم ویلیامز همانند درصد جوانه‌زنی در بذرهای پیر شده از یک رگرسیون ساده خطی تبعیت کرد و هر روز تأخیر در کاشت باعث افزایش سرعت رشد گیاهچه به میزان ۰/۰۶ میلی‌گرم در روز شد (شکل ۳، الف). هرچند که در رقم سحر سرعت رشد گیاهچه در بذرهای پیر شده از یک تابع خطی درجه ۲ تبعیت کرد، اما این روند معنی‌دار نبود (شکل ۳، ب). در رقم دی‌پی‌ایکس منحنی سرعت رشد گیاهچه در بذرهای پیر شده در مقابل تاریخ کاشت از یک تابع دو تکه‌ای تبعیت کرد. در این رقم با تأخیر در کاشت سرعت رشد گیاهچه ابتدا به‌صورت خطی افزایش یافت و پس از ۹۹ روز از آغاز سال به حداکثر مقدار خود دست یافت و بلافاصله پس از آن سرعت رشد گیاهچه به‌صورت خطی کاهش یافت و پس از گذشت ۱۲۴ روز از آغاز سال به کمترین مقدار خود رسید (شکل ۳، ج).



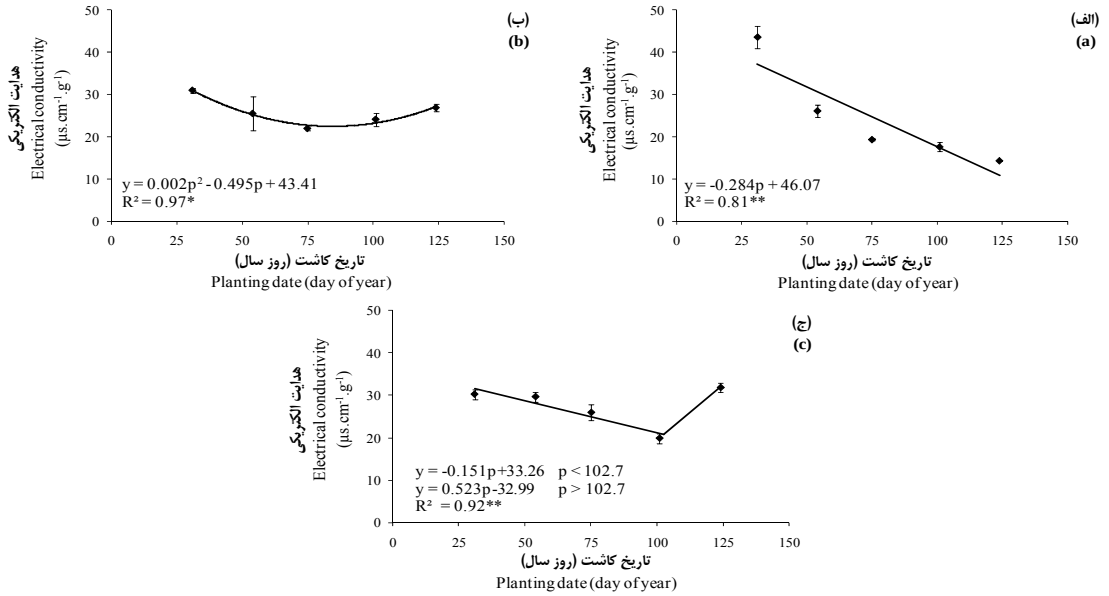
شکل ۳- اثر تاریخ کاشت بر سرعت رشد گیاهچه در بذرهای پیر شده (میلی‌گرم در روز) در سه رقم ویلیامز (الف)، سحر (ب) و دی‌پی‌ایکس (ج)

Figure 3- Effect of planting dates on accelerated aging-seedling growth rate (SGR, mg.day^{-1}) of three cultivars Williams (a), Sahar (b) and DPX (c)

نتایج آزمون هدایت الکتریکی در هر سه رقم از نتایج حاصل از درصد جوانه‌زنی و سرعت رشد گیاهچه پس از پیری تسریع شده در هر سه رقم تبعیت کرد. به‌طوری‌که هدایت الکتریکی در رقم ویلیامز از یک رگرسیون خطی ساده، در رقم سحر از یک معادله درجه دوم و در رقم دی‌پی‌ایکس از یک معادله دو تکه‌ای تبعیت کرد. با تأخیر در کاشت رقم ویلیامز هدایت الکتریکی به‌صورت خطی کاهش یافت، به‌طوری‌که هر روز تأخیر در کاشت باعث کاهش هدایت الکتریکی بذر به میزان ۰/۲۸ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم شد (شکل ۴، الف). در رقم سحر با تأخیر در کاشت تا تاریخ‌کاشت‌های میانی هدایت الکتریکی کاهش یافت و به کمترین مقدار خود پس از گذشت ۸۴/۹ روز از آغاز سال رسید. از طرف دیگر با تأخیر بیشتر در کاشت این رقم هدایت الکتریکی مجدداً افزایش یافت (شکل ۴، ب). با تأخیر در کاشت رقم دی‌پی‌ایکس نیز هدایت الکتریکی ابتدا به‌صورت خطی کاهش یافت و به حداقل مقدار خود در ۱۰۲/۷ روز از آغاز سال دست یافت و بلافاصله پس از آن هدایت الکتریکی به‌صورت خطی افزایش یافت و پس از گذشت ۱۲۴ روز از آغاز سال به ۳۱/۸۶ میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم رسید (شکل ۴، ج).

در این تحقیق با تأخیر در کاشت دمای هوا و تعداد روزهایی که دمای هوا در آن‌ها به بیش از ۳۰ درجه سانتی‌گراد طی دوره پر شدن بذر (R_5-R_7) رسید، همواره کاهش یافت (جدول ۱). هم‌گام با این تغییرات، قدرت بذر (تسریع پیری و هدایت الکتریکی) در رقم ویلیامز با حرکت از تاریخ کاشت اول به سمت تاریخ کاشت آخر (پنجم) و در رقم دی‌پی‌ایکس تا تاریخ کاشت چهارم به‌صورت خطی افزایش یافت. در رقم سحر نیز با تأخیر در کاشت تا تاریخ کاشت‌های میانی قدرت بذر افزایش یافت. در هر دو رقم سحر و دی‌پی‌ایکس تأخیر بیش از حد در کشت (تاریخ کاشت پنجم) باعث کاهش مجدد قدرت بذر شد (شکل‌های ۲ تا ۴). با وجود اختلافات زیادی که از لحاظ قدرت بذر در بین توده‌های بذری وجود داشت، اما درصد جوانه‌زنی (به استثنای تاریخ کاشت اول در رقم ویلیامز و تاریخ کاشت پنجم در رقم سحر) نوسانات چندانی را متحمل نشد. به‌طوری‌که در اکثر تاریخ‌های کاشت در هر سه رقم درصد جوانه‌زنی بالاتر از ۹۰ درصد بود (شکل ۱). علت این مسأله را می‌توان به این موضوع ارتباط داد که آزمون‌های قدرت بذر (هدایت الکتریکی و پیری تسریع شده) در مقایسه با آزمون جوانه‌زنی شباهت بیشتری به شرایط واقعی موجود در مزرعه دارند. به‌طوری‌که آزمون‌های قدرت بذر شرایط واقعی در مزرعه را شبیه‌سازی کرده و با درصد سبز شدن در مزرعه و عملکرد همبستگی بالاتری دارند. این ویژگی باعث می‌شود که آزمون‌های قدرت بذر اختلافات موجود بین توده‌های بذری را بهتر آشکار کنند (۱۰، ۱۵، ۱۶ و ۳۲).

تاریخ کاشت از طریق تغییر شرایط محیطی شامل دما، رطوبت نسبی و بارندگی، طی مراحل نمو دانه و رسیدگی کیفیت بذر را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۴).



شکل ٤- اثر تاریخ کاشت بر هدایت الکتریکی بذر (میکروزیمنس بر سانتی‌متر بر گرم) در سه رقم ویلیامز (الف)، سحر (ب) و دی‌پی‌ایکس (ج)

Figure 4- Effect of planting dates on electrical conductivity ($\mu sm.cm^{-1}.g^{-1}$) of three cultivars Williams (a), Sahar (b) and DPX (c)

در این مطالعه در هر سه رقم دما طی مراحل نمو بذر با تأخیر در کاشت همواره کاهش و رطوبت نسبی کم و بیش افزایش یافت (جدول ۱). این موضوع باعث شد تا در کشت‌های زود هنگام در بهار در هر سه رقم قدرت بذرهای تولیدی به دلیل برخورد دوره پر شدن بذر با دماهای بالا در مقایسه با کشت‌های دیر هنگام و تابستانه کاهش یابد. البته جوانه‌زنی و قدرت بذرهای تولیدی در کشت‌های زود هنگام در دو رقم سحر و دی‌پی‌ایکس همواره بیشتر از جوانه‌زنی و قدرت بذرهای مربوط به رقم ویلیامز بود. علت این مسأله عدم وقوع دماهای بسیار بالا طی دوره پر شدن بذر در این دو رقم به‌دلیل دیررس‌تر بودن آن‌ها بود. به‌طوری‌که میانگین حداکثر دما طی دوره پر شدن دانه در دو رقم سحر و دی‌پی‌ایکس در کلیه تاریخ‌های کاشت همواره کمتر از رقم ویلیامز بود (جدول ۱). از طرف دیگر رقم ویلیامز چون زودرس بوده، حتی اگر تأخیر زیادی در کشت آن رخ دهد (تاریخ کاشت ۳۱ تیر)، قادر است چرخه زندگی خود را پیش از وقوع شرایط سرد، مرطوب و پر باران پاییزی به پایان برساند و از شرایط نامطلوب انتهای فصل رشد فرار کند. اما دو رقم سحر و دی‌پی‌ایکس ناگزیر از رویارویی با چنین شرایطی بودند و به همین دلیل بذرهای حاصل از تاریخ کاشت آخر در این دو رقم از کیفیت پایین‌تری برخوردار بودند. براساس مطالعات منجیستو و هیترلی (۱۹) و مایهو و کاوینس (۱۷)، در تاریخ کاشت‌های زود هنگام در ایالات متحده آمریکا به‌دلیل وقوع شرایط گرم و مرطوب در زمان رسیدگی بذر، قابلیت جوانه‌زنی و قدرت بذر کاهش می‌یابد. همچنین تأخیر بیش از حد در کاشت از طریق قرارگیری بوته‌های سویا در معرض دماهای پایین و یا یخ‌زدگی قبل از رسیدگی فیزیولوژیک باعث کاهش شدید جوانه‌زنی و قدرت بذر می‌شود (۱۴، ۲۳ و ۲۴). انتخاب تاریخ کاشت مناسب به گروه رسیدگی رقم مورد استفاده وابسته است. دوره پر شدن بذر ارقام زودرس سویا به‌دلیل قرار گرفتن در شرایط گرم و مرطوب، بیش از ارقام دیررس در معرض عوامل کاهنده کیفیت بذر قرار می‌گیرند. تأخیر در کاشت ارقام زودرس و یا استفاده از ارقام دیررس از طریق تأخیر در رسیدگی بذرها می‌تواند باعث فرار از شرایط گرم و مرطوب شده و باعث تولید بذرهایی با کیفیت مناسب گردد (۱۹، ۲۰ و ۳۶).

نتیجه‌گیری

به‌طور خلاصه، این آزمایش نشان داد که تاریخ کاشت با تغییر شرایط محیطی طی دوره پر شدن بذر (R_5-R_7) تأثیر قابل توجهی بر جوانه‌زنی و قدرت بذر سویا دارد و این در حالی است که در مزارع تولید بذر سویا در استان گلستان به این موضوع توجهی نمی‌شود. همچنین مشخص شد که انتخاب تاریخ کاشت مناسب برای تولید بذرهایی با کیفیت بالا باید با توجه به گروه رسیدگی رقم مورد استفاده صورت پذیرد. بنابراین توصیه می‌شود که برای تولید بذرهایی با کیفیت بالا در رقم زودرس ویلیامز عملیات کاشت در تیر ماه صورت پذیرد و از کشت زود هنگام در بهار خودداری شود. البته در مورد رقم ویلیامز باید به این نکته نیز توجه کرد که با تأخیر در کاشت این رقم عملکرد بذر همواره کاهش می‌یابد. در مورد ارقام دیررس‌تر مانند سحر و دی‌پی‌ایکس نیز بهتر است عملیات کاشت در خرداد و یا حداکثر در نیمه اول تیر ماه انجام شود و از تأخیر بیش از حد در کشت آن‌ها پرهیز شود.

References

1. Adam, N. M., Mcdonald, M. B., and Henderlong, P. R. 1989. The influence of seed position, planting and harvesting dates on soybean seed quality. Seed Science and Technology 17: 143-152.
2. Akramghaderi, F., Kashiri, H., and Abolhasani, K. 2005. Effects of different sowing dates on seed vigor of soybean. Journal of Agricultural Science and Technology 9: 35-42. (in Persian).
3. Balducchi, A. J., and McGee, D. C. 1987. Environmental factors influencing infection of Soybean seeds by *Phomopsis* and *Diaporthe* species during seed maturation. Plant Disease 71: 209-212.
4. Basra, A. S. 2002. Seed quality (basic mechanisms and agricultural implications). Darya Ganj, New Delhi.
5. Calvino, P. A., Sadras, V. O., and Andrade, F. H. 2003. Quantification of environmental and management effects on the yield of late-sown soybean. Field Crops Research 83: 67-77.
6. Dornbos, D. L., Mullen, R. E., and Shibles, R. M., 1989. Drought stress effects during seed fill on Soybean seed germination and vigor. Crop Science 29: 476-480.
7. Egli, D. B., and Tekrony, D. M., Heitholt, J. J., and Rupe, J. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. Crop Science 45: 1329-1335.
8. Fehr, W. R., and Caviness, C. E. 1980. Stages of soybean development. Iowa Agriculture. Experiment. Stn.
9. Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sadeghipour, H. R. 2011. Changes in Seed Quality during Seed Development and Maturation in Medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. Pepo. *Convar.* Pepo var. *styriaca* Greb). Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 17: 249-257.
10. Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sadeghipour, H. R. 2009. Evaluation of nonlinear regeression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. Pepo. *Convar.* Pepo var. *styriaca* Greb), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. Journal of Plant Production 16: 1-19. (in Persian with English abstract).

11. Gorzin, M., Ghorbanpour, E., Ghaderi-Far, F., and Alimagham, M. 2012. Changes in seed quality during seed development and maturation in Mungbean (*Vigna radiata* L.). Proceedings of the Fourth Pulse National Conference, 8-9 Fev. 2012. Islamic Azad University of Arak, Iran. (in Persian with English abstract).
12. Hampton, J. G., and TeKrony, D. M. 1995. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich.
13. Heatherly, L. G. 1993. Drought stress and irrigation effects on germination of harvested soybean seed. Crop Science 33: 777-781.
14. Judd, R., Tekrony, D. M., Egli, D. B., and White, G. M. 1982. Effect of freezing temperatures during soybean seed maturation on seed quality. Agronomy Journal 74: 645-650.
15. Khajeh Hosseini, M., and Rezazadeh, M. 2011. The electrical conductivity of soak-water of chickpea seeds provides a quick indicative of field emergence. Seed Science and Technology 39: 692-696.
16. Khaliliaqdam, N. 2011. Study of soybean seed vigor and seed storage capabilities: The effect of environmental conditions, importance responding to stress and relevance of green field and performance. Ph.D. Dissertation, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (in Persian with English abstract).
17. Mayhew, W. L., and Caviness, C. E. 1994. Seed quality and yield of short-season soybean genotypes. Agronomy Journal 86: 16-19.
18. McDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology 27: 177-237.
19. Mengistu, A., and Heatherly, L. G. 2006. Planting date, irrigation, maturity group, year, and environment effects on *Phomopsis longicolla*, seed germination, and seed health rating of soybean in the early soybean production system of the midsouthern USA. Crop Protection 25: 310-317.
20. Meriles, J. M., Giorda, L. M., and Maestry, D. M. 2002. Effect of planting date on *Fusarium* spp. and *Diaporthe/Phomopsis* complex incidence and its relationship with soybean seed quality. Phytopathology 150: 606-610.
21. Nkang, A., and Umoh, E. O. 1996. Six months storability of five soybean cultivars as influenced by stage of harvest, storage temperature and relative humidity. Seed Science and Technology 25: 93-99.
22. Office of Statistics and Information Technology of the Ministry of Agriculture. 2011. Agricultural Statistics, Volume I: crops in 2009-2010. Publications of the Ministry of Agriculture, Program Planning and Economic Affairs, Office of Statistics and Information Technol, 119 pp. (in Persian).
23. Osorio, J. A., and McGee, D. C. 1992. Effect of freeze damage on soybean seed mycoflora and germination. Plant Disease 76: 879-882.
24. Rahman, M. M., Hampton, J. G., and Hill, M. J. 2005. The effect of time of sowing on soybean seed quality. Seed Science and Technology 33: 687-697.
25. Rebetzke, G. J., and Richards, R. A. 1999. Genetic improvement of early vigor in wheat. Australian Journal of Agricultueral Research 50: 291-301.
26. Saha, R. R., and Sultana, W. 2008. Influence of seed ageing on growth and yield of soybean. Bangladesh Journal of Botany 37: 21-26.
27. Samarah, N. H., and Abu-Yahya, A. 2008. Effect of maturity stages of winter and spring sowen chickpea (*Cicer arientinum* L.) on germination and vigor of the harvested seeds. Seed Science and Technology 36: 177-190.
28. Sastawa, B. M., Lawan, M., and Maina, Y. T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. Crop Protection 23: 155-161.
29. Sawan, Z. M., Gregg, B. R., and Yousef, S. E. 1998. Influence of nitrogen fertilization and foliar- applied plant growth retardants and zinc on cottonseed yield, viability and seedling vigour. Seed Science and Technology 26: 393-403.
30. Sawan, Z. M., Gregg, B. R., and Yousef, S. E. 1999. Effect of phosphorus, chelated zinc and calcium on cottonseed yield, viability and seedling vigour. Seed Science and Technology 27: 329-337.
31. Sayman, A. E. J., and Van de venter, H. A. 1996. Influence of weed competition on subsequent germination and seed vigour *Zea mays*. Seed Science and Technology 25: 59-67.
32. Siddique, A. B., and Wright, D. 2004. Effect of date of sowing on seed yield, seed germination and vigour of peas and flax. Seed Science and Technology 32: 455-472.
33. Sinclair, J. B., and Backman, P. A. 1989. Compendium of soybean diseases. Published by The American Phytopathological Society.
34. Soltani A., Zeinali E., Galeshi S., and Latifi N. 2001. Genetic variation for and interrelationships among seed vigor traits in wheat from the Caspian Sea Coast of Iran. Seed Science and Technology 29: 653-662.
35. Spears, J. F., TeKrony, D. M., and Egli, D. B. 1997. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigour. Seed Science and Technology 25: 233-244.
36. Tekrony, A. M., Grabau, L. J., Delacy, M., and Kane, M. 1996. Early planting of early-maturing soybean: effects on seed germination and *Phomopsis* infection. Agronomy Journal 88: 428-433.
37. Troesser, S. J. 2008. Interplanting of a deficient soybean stand. Master of Science. A thesis submitted for the

degree of M.Sc. University of Missouri-Columbia.
38. Wrather, J. A., Sleper, D. A., Stevens, W. E., Shannon, J. G., and Wilson, R. F. 2003. Planting date and cultivar effects on soybean yield, seed quality, and *Phomopsis* sp. seed infection. Plant Disease 78: 529-532.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 611-622

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۲۲-۶۱۱

Evaluation of Seed Germination and Seed Vigor of Different Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Cultivars Under Different Planting Dates in Gorgan

M. Gorzin[1*]- F. Ghaderi-Far[2]- E. Zeinali[2]- S. E. Razavi[3]

Received: 14-12-2013
Accepted: 04-04-2015

Introduction

Soybean seed germination and seed vigor potential is lower compared with other crops, and it often greatly reduces at the planting time. The occurrence of unfavorable conditions during seed formation in field causes severe deterioration of seeds and reduces the seed quality. Planting date is one of the most important influencing factors on seed quality of soybean in field conditions. Since planting date affect seed quality by changing the environmental conditions including temperature, relative humidity and rainfall during seed development and maturation.

Materials and Methods

To evaluate the seed germination and seed vigor of soybean seeds wshich were obtained from various planting dates, a field experiment was conducted with a split plot arrangement in a randomized complete block design in three replications in Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources in 2011. Main plot included five planting dates April 20, May 13, June 3, June 29 and July 22, and sub plot consisted of three cultivars (Williams, Sahar and DPX). About 50 plants were selected and harvested during R7 (physiological maturity stage) from each plot, and their pods were removed by hand. Then, pods were dried in shade. To avoid mechanical damage, the seeds were removed by hand from the pods. Ultimately, seed quality was assessed by seed germination and seed vigor including accelerated aging, seedling growth rate (SGR) and electrical conductivity tests.

Results and Discussion

According to obtained results, the use of different planting dates caused the change at the beginning and ending time of seed filling period (R5-R7) of all three cultivars. This event in turn leads to creation different conditions in terms of temperature, rainfall and relative humidity during seed filling period in all three cultivars. Therefore Williams cultivar coincided with high temperatures more than two other cultivars, especially in the early planting dates. While DPX that was serotinous, encountered with lower temperatures and higher relative humidity. Sahar cultivar that in terms of the maturity group is between these two cultivars, in early planting dates encountered with lower temperatures compared to Williams and encountered with higher temperatures compared to DPX. Generally, the air temperature during seed filling period was lower by delay in planting. Planting date had a significant effect on seed germination and seed vigor, too. Seed Germination of two cultivars including Williams and Sahar fixed above 90 percent in four planting dates, but it significantly decreased in the planting date April 20 in Williams and July 22 in Sahar. Planting date affected seed germination of DPX. Accelerated aging and electrical conductivity tests similarly showed that the early spring planting dates reduced seed vigor of three cultivars, because it occurred when the high temperatures during seed filling period. Seed vigor of three cultivars increased with delays in planting, but due to occurrence of very low temperature and high rainfall during seed development in planting date of July 22, seed vigor of Sahar and DPX were reduced. In this study air temperature decreased and relative humidity increased during seed filling period of three cultivars with delay in planting. This issue led to lower seeds vigor in early spring planting dates compared to late planting dates due to collision of seed filling period with high temperatures. Of course germination and vigor of seeds produced in early planting dates in Sahar and DPX has always been higher than the seed germination and vigor of Williams. This was due to the absence of very high temperatures during seed filling period in these two cultivars. Because the seed filling period and maturity in Sahar and DPX occurred later than seed filling period and maturity of Williams. So that the mean maximum temperature during seed filling period of two cultivars Sahar and DPX in all planting dates was always less than Williams. On the other hand, since Williams was precocious, when that long delay occurred in planting date (July 22), matured before the occurrence of cold, wet and high rain

1, 2 & 3- M.Sc. graduate of Agronomy, Associate prof., and Assistant prof of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources
(*- Corresponding Author Email: Gorzin.Morteza@yahoo.com)

conditions in autumn, and escaped from unfavorable conditions at the end of growing season. But Sahar and DPX were forced to deal with such conditions, and therefore their seeds produced in last planting date had a lower quality.

Conclusions

In summary, this study revealed that planting date with changes in environmental conditions during seed filling period (R5-R7) has a significant impact on soybean seed germination and seed vigor, and it is not considered in soybean fields in Golestan province. It was also noted that the choice of suitable planting date for the production of seeds with high quality, must be implemented according to the cultivar maturity group. Therefore, it is recommended that to produce high-quality seeds in precocious cv. Williams, planting operations must be carried out in July and avoided the early spring planting dates. In the case of serotinous cultivars like Sahar and DPX, it is better that planting operations performed in June, or at the beginning of July, and avoid any the excessive delay in theirs planting.

Keywords: Accelerated aging test, Electrical conductivity test, Seed quality

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۳۶-۶۲۳

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 623-636

اثر الگوهای کشت مخلوط ردیفی بر عملکرد، اجزای عملکرد و کنترل علف‌هرز شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) و انیسون (*Pimpinella anisum* L.)

فهیمه مردانی[۱]- حمیدرضا بلوچی[۲*]- علیرضا یدوی[۲]- امین صالحی[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۹/۲۵
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۸

چکیده

به‌منظور بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و پتانسیل کنترل علف‌های‌هرز در الگوهای مختلف کشت مخلوط ردیفی شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) با انیسون (*Pimpinella anisum* L.)، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه یاسوج در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارها شامل کشت خالص شنبلیله و انیسون، کشت مخلوط تک ردیفی، دو ردیفی و سه ردیفی شنبلیله و انیسون بدون کنترل علف‌هرز و همان تیمارها با کنترل علف‌هرز بود. صفات مورد بررسی شامل عملکرد، اجزای عملکرد، ارتفاع و شاخص برداشت هرکدام از گیاهان در کشت خالص و مخلوط، شاخص‌های سودمندی و وزن خشک علف‌های هرز بود. نتایج نشان داد که تیمارهای مختلف از نظر تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و عملکرد زیستی شنبلیله با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند و ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد دانه در غلاف و شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. در گیاه انیسون نیز بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد زیستی و عملکرد دانه اختلاف معنی‌دار وجود داشت. ولی اختلاف معنی‌دار در ارتفاع بوته، تعداد چترک در بوته، وزن هزار دانه و شاخص برداشت مشاهده نشد. پایین‌ترین وزن خشک علف‌های‌هرز با ۳۵/۱۰ گرم در مترمربع در کشت مخلوط دو ردیفی مشاهده شد و بیشترین وزن خشک علف‌های‌هرز با ۷۲/۴۳ گرم در مترمربع در کشت خالص شنبلیله به‌دست آمد. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد که کشت مخلوط شنبلیله و انیسون بر کشت خالص آنها برتری دارد و کشت مخلوط تک ردیفی بیشترین نسبت برابری زمین (۱/۳۹) را به‌خود اختصاص داد. همچنین کلیه مقادیر شاخص کاهش عملکرد واقعی مثبت بودند که نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هریک از گیاهان است. در کل پیشنهاد می‌گردد در مناطقی که مشکل رشد زیاد علف‌هرز را دارند کشت مخلوط تک ردیفی انیسون با شنبلیله مناسب‌تر است.

واژه‌های کلیدی: اسانس، چند کشتی، علف‌هرز، کاهش واقعی عملکرد، نسبت برابری زمین

مقدمه

با توجه به افزایش روزافزون جمعیت و کمبود موادغذایی، افزایش تولیدات کشاورزی بیش از پیش اهمیت می‌یابد، افزایش سطح زیرکشت و افزایش عملکرد در واحد سطح دو روش افزایش تولیدات کشاورزی محسوب می‌شوند (۲۰)، ولی راه مهم‌تر دیگری وجود دارد که بدون متحمل شدن هزینه‌های اضافی و با استفاده از آب و کود موجود بتوان تولید بیشتری نمود و آن استفاده از زمان است که شامل افزایش تولیدات کشاورزی در واحد سطح با کشت بیش از یک گیاه در یک سال زراعی می‌باشد. کشت مخلوط زمانی موفقیت‌آمیز است که مجموع رقابت بین گونه‌ای برای کسب منابع از مجموع رقابت درون گونه‌ای کمتر باشد. گیاهان در سیستم مخلوط را می‌توان طوری انتخاب کرد که یک گونه مستقیماً از تغییرات محیطی، که به‌وسیله دیگر گونه‌ها در کشت مخلوط پدید می‌آید، سود ببرد (۵ و ۱۴). کشت مخلوط به دلیل رقابت گیاهان با علف‌های‌هرز از رشد و توسعه آنها ممانعت به‌عمل می‌آورد و این امر با وجود عدم کاربرد علف‌کش، به افزایش تولید در این نوع سیستم کشت منجر می‌شود. از طرفی چون مصرف سموم گیاهی در این سیستم کمتر است، میزان آلودگی محیط زیست نیز به همان نسبت تقلیل خواهد یافت (۳۴). همچنین به دلیل بروز مقاومت در برابر آفات و علف‌های‌هرز به مواد شیمیایی در کشاورزی، بشر به دنبال روش‌های جایگزین در مدیریت آفات و

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج
(*- نویسنده مسئول: Email: balouchi@yu.ac.ir)

علف‌های‌هرز می‌باشد (۷). کشت مخلوط یکی از روش‌ها برای کاهش علف‌های‌هرز می‌باشد.

محققان زیادی برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص را بیان داشته‌اند. علیزاده و همکاران (۴) بیان داشتند که در کشت مخلوط لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) با ریحان رویشی (*Ocimum basilicum* L.)، اختلاف معنی‌داری در درصد اسانس بین تیمارها مشاهده نشد، اما عملکرد اسانس در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ریحان دو لوبیا در شرایط کنترل علف‌هرز بیشتر از همه تیمارها بود. در گیاه لوبیا نیز تعداد دانه و غلاف در بوته، عملکرد اقتصادی، عملکرد زیستی و ارتفاع بوته بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری داشت؛ ولی تعداد دانه در غلاف، شاخص برداشت، تعداد شاخه در بوته و وزن صد دانه تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفت. کمترین وزن خشک علف‌هرز در کشت مخلوط ردیفی و بیشترین وزن خشک علف هرز در کشت‌های خالص مشاهده شد. ارزیابی نسبت برابری زمین نشان داد که تقریباً تمامی تیمارهای کشت مخلوط ریحان با لوبیا بر کشت خالص آنها برتری دارد.

بیگناه و همکاران (۶) نشان دادند که تیمار ۲۵ درصد گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) و ۷۵ درصد شنبلیله بیشترین ارتفاع و عملکرد زیستی شنبلیله، بیشترین نسبت برابری زمین، کمترین درصد اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد زیستی گیاه گشنیز را به‌خود اختصاص داد. بیشترین ارتفاع، عملکرد زیستی، درصد و عملکرد اسانس گیاه گشنیز و کمترین عملکرد زیستی گیاه شنبلیله در تیمار ۷۵ درصد گشنیز و ۲۵ درصد شنبلیله مشاهده شد. جهانی و همکاران (۱۶) گزارش کردند که در کشت مخلوط عدس (*Lens culinaris* L.) و زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد زیستی، وزن هزاردانه و تعداد دانه در هر چتر زیره سبز و عملکرد دانه آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. مافی و موسیارلی (۱۹) اظهار داشتند که در کشت مخلوط نواری نعناع (*Mentha piperita* L.) و سویا (*Glycine max* L.) تعداد برگ در هر گره، سطح برگ، شاخص سطح برگ و وزن خشک ساقه و برگ در کشت مخلوط نعناع بیشتر بود.

در بررسی که روی کشت مخلوط نعناع و شمعدانی‌معطر (*Pelargonium graveolens*) انجام شد، مشاهده گردید که زیست توده علف‌های‌هرز در مقایسه با کشت خالص حدود ۴۰٪ کاهش یافت (۲۵). در کشت مخلوط شنبلیله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد که تراکم گل جالیز (*Orobanche* sp.) به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محققان دلیل این امر را به ترشح مواد دگرآسیب از ریشه شنبلیله و تأثیر آن بر گل جالیز ذکر کردند (۱۲). سانتیاگو و پوگیو (۲۹) در کشت مخلوط جو (*Hordeum vulgare* L.) و نخودفرنگی (*Pisum sativum* L.) زیست توده علف‌هرز نسبت به کشت خالص نخودفرنگی کاهش داشته و در شرایط عدم کنترل علف‌های‌هرز، مجموع زیست توده محصولات در کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به کشت خالص آنها بالاتر بود.

حبوبات به‌عنوان دومین منبع تأمین نیاز غذایی بشر در بین گیاهان زراعی از جایگاه خاصی برخوردار می‌باشند. این گیاهان به‌خاطر همزیستی با باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن نقش مؤثری در افزایش حاصلخیزی خاک دارند و به همین علت در تناوب با سایر گیاهان زراعی کشت شده و یا به‌عنوان کود سبز مورد استفاده قرار می‌گیرند (۲۲). شنبلیله (*Trigonella foenum-greacum* L.) از خانواده Fabaceae می‌باشد که ریشه، دانه و اندام هوایی آن از لحاظ میزان متابولیت‌های ثانویه بسیار غنی است (۳۵). بذر و قسمت‌های هوایی گیاه قرن‌ها به‌عنوان منبع ارزشمندی از پروتئین در تغذیه انسان و دام مورد استفاده بوده و ریشه آن دارای مواد دگرآسیب می‌باشد که این مواد از جوانه‌زنی علف‌های‌هرز جلوگیری می‌کند و بر روند رشد گیاه‌چه علف‌هرز نیز تأثیر کاهشی دارد (۱۳ و ۲۸). منشأ آن آفریقای شمالی و سواحل شرقی مدیترانه است (۱۰).

انیسون (*Pimpinella anisum* L.) به خاطر اهمیت دارویی، معروف و شناخته شده است و بومی ایران نیز می‌باشد. به‌عنوان یک ادویه دارویی برای اولین بار توسط مصریان باستان و بعداً توسط یونانی‌ها، رومی‌ها و اعراب کشت شد. این گیاه به‌واسطه داشتن اسانس فراوان در دانه مورد توجه صنایع داروسازی و بهداشتی قرار گرفته است اسانس خاصیت ضد باکتریایی دارد (۲۳ و ۳۶).

این پژوهش به‌منظور بررسی کشت مخلوط شنبلیله- انیسون تحت الگوی جایگزینی و ارزیابی پتانسیل کنترل علف‌هرزی در کشت مخلوط در مقایسه با کشت خالص صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و ۱۰ تیمار در مزرعه تحقیقاتی کشاورزی دانشگاه یاسوج با مشخصات جغرافیایی ۳۰ درجه و ۳۸ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۲ دقیقه شرقی و ارتفاع از سطح دریا ۱۸۳۲ متر در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ اجرا گردید. تیمارها شامل: کشت خالص شنبلیله، کشت خالص انیسون، کشت مخلوط تک ردیفی، کشت مخلوط دو ردیفی و کشت مخلوط سه ردیفی بدون و با کنترل علف‌هرز بود. قبل از اجرای طرح با برداشت نمونه‌های خاک از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک تعیین شد (جدول ۱). نحوه توزیع بارندگی و دیگر ویژگی‌های آب و هوایی محل اجرای آزمایش در طول فصل رشد در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil before the start of the experiment

عمق نمونه Depth sample (cm)	هدایت الکتریکی *۱۰۳ EC (dS m^{-1})	اسیدیته pH	کربن آلی Organic carbon (٪)	نیتروژن کل Total nitrogen (٪)	فسفر قابل جذب Available phosphorus (ppm)	پتاسیم قابل جذب Available potassium (ppm)	بافت خاک Soil texture
0-30	0.6	7.6	1.0	0.1	32.8	374	لومی رسی Loamy clay

جدول ۲- میانگین درجه‌حرارت، رطوبت نسبی و بارندگی ماهانه یاسوج در سال ۱۳۹۱

Table 2- Average temperature, relative humidity and monthly rainfall of Yasouj in 2012-2013

ماه Months	فروردین April	اردیبهشت May	خرداد June	تیر July	مرداد August	شهریور September	مهر October	آبان November	آذر December	دی January	بهمن February	اسفند March
میانگین دمای ماهانه Average monthly temperatures (c)	10.05	18	22.45	25.6	25.9	23.1	18.3	12.5	5.9	3.4	5.7	10.4
میانگین رطوبت نسبی ماهانه Average monthly relative humidity (٪)	51.0	50.5	34.5	36.0	36.5	40.0	52.5	56.5	55.5	54.5	56.0	51.5
میانگین ماهانه بارندگی Average monthly rainfall (mm)	36.9	0.0	0.0	0.0	0.0	2.0	2.8	62.6	74.7	41.1	39.0	84.4

عملیات آماده‌سازی زمین شامل شخم و دیسک در اسفند ماه و یک دیسک سبک قبل از کاشت بود. به‌دلیل احتمال اثرات منفی مواد شیمیایی روی کیفیت مواد مؤثره و ترکیبات گیاهان دارویی، به جای مبارزه شیمیایی، از روش‌های جایگزین و بوم‌شناختی نظیر بذر گواهی شده‌ی شرکت پاکان بذر اصفهان، وجین دستی علف‌های‌هرز و کود دامی کاملاً پوسیده استفاده شد. کرت‌ها به ابعاد ۳×۲/۵ متر و هر کرت شامل ۸ ردیف کاشت به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر بودند. فاصله بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر و بذور دو گیاه به‌طور همزمان با تراکم یکسان (۳۳ بوته در مترمربع) در اوایل اردیبهشت کشت شدند (۹ و ۳۱). فاصله بین کرت‌ها نیز در هر بلوک ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. بلافاصله بعد از کاشت آبیاری صورت گرفت و عمل آبیاری به تناسب نیاز تا قبل از رسیدگی کامل محصولات ادامه داشت.

گیاه شنبلیله در تاریخ ۱۳۹۱/۵/۱۶ در مرحله رسیدگی کامل غلاف و گیاه انیسون در تاریخ ۱۳۹۱/۶/۶ و در مرحله رسیدگی کامل دانه برداشت شدند. در زمان رسیدگی و برداشت هر گیاه، صفات مورد اندازه‌گیری برای شنبلیله شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت و برای انیسون نیز ارتفاع بوته، وزن هزار دانه، تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته، تعداد شاخه در بوته، عملکرد دانه، عملکرد زیستی و شاخص برداشت بود. به‌منظور تعیین صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در بوته، پس از رسیدگی فیزیولوژیک ۱۰ بوته در هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و مورد ارزیابی قرار گرفتند و میانگین آنها برای هر صفت محاسبه شد. البته در تیمارهای کشت مخلوط سه ردیفی بوته‌ها به گونه‌ای انتخاب شدند که دو گونه مشابه در ردیف‌های کنار هم و گونه دیگر در ردیف

مجاور را پوشش دهد. عملیات برداشت نهایی برای کلیه تیمارها زمانی صورت گرفت که تقریباً ۹۰٪ غلاف های شنبلیله به رنگ قهوه ای و ۹۰٪ چترهای انیسون خشک شده بودند. برای این منظور، پس از حذف دو خط از طرفین هر کرت، مابقی کرت‌ها جهت مقایسه عملکرد، برداشت شدند.

اندازه‌گیری شاخص‌های سودمندی

الف) شاخص نسبت برابری زمین (LER[1]) (معادله ۱): برای ارزیابی کشت مخلوط از این شاخص استفاده می‌گردد (۲۰).

LER= RY گونه اول + RY گونه دوم (۱)

RY= Yi/Ym

Yi= عملکرد گونه I در مخلوط

Ym= عملکرد همان گونه در تک کشتی

ب) شاخص کاهش عملکرد واقعی (AYL)[2]: این شاخص اطلاعات ارزشمندی در مورد رقابت و رفتار هرگونه در مخلوط به‌دست می‌دهد، از AYL جزیی می‌توان کاهش یا افزایش عملکرد را به‌دست آورد. طبق معادله ۲:

AYL= AYLa+AYLb (۲)

AYLa=[LER×(100/Za)-1]

AYLb=[LER×(100/Zb)-1]

Za= سهم a در کشت مخلوط

Zb= سهم b در کشت مخلوط

منظور از سهم هر گیاه درصد کشت هر گیاه در کشت مخلوط می‌باشد

داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ آنالیز و سپس مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

وزن خشک علف‌های‌هرز

بر طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) بیشترین وزن خشک کل علف‌های‌هرز از تیمار کشت خالص شنبلیله (۷۲/۴۳ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد که این میزان با کشت خالص انیسون و مخلوط تک ردیفی و سه ردیفی اختلاف معنی‌داری نداشت و کمترین مقدار آن از کشت مخلوط دو ردیفی (۳۵/۱۰ گرم بر متر مربع) حاصل شد که نسبت به کشت خالص شنبلیله و مخلوط تک و سه ردیفی به‌ترتیب حدود ۴۸/۵، ۵۴/۷ و ۴۹/۲ درصد کاهش نشان داد. به نظر می‌رسد افزایش وزن خشک کل در کشت خالص شنبلیله و مخلوط سه ردیفی به دلیل تثبیت نیتروژن بیشتر توسط گیاه شنبلیله می‌باشد که در این حالت به دلیل استفاده کمتر شنبلیله از نیتروژن معدنی موجود در خاک، نیتروژن بیشتری در اختیار علف‌هرز قرار گرفته که رشد آن را افزایش می‌دهد. همچنین عدم پوشش مناسب این گیاه در تیمار کشت خالص منجر به افزایش نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی شده و سبب رشد غیر عادی علف‌های‌هرز و افزایش زیست توده آنها می‌گردد. از طرفی در کشت مخلوط با ایجاد حالت پوششی که دو گونه زراعی بر روی سطح زمین به دلیل افزایش تراکم ایجاد می‌کنند. از رشد و جوانه‌زنی علف‌های‌هرز کاسته شده و در نهایت وزن خشک کل کاهش می‌یابد. این در حالی است که در کشت خالص انیسون به دلیل رقابت گیاه با علف‌های هرز برای جذب نیتروژن معدنی خاک وزن خشک علف‌های هرز از کشت خالص شنبلیله کمتر است (جدول ۳).

طبق جدول مقایسه میانگین (جدول ۳) کمترین زیست‌توده علف‌هرز پهن برگ و باریک برگ مربوط به تیمار کشت مخلوط دو ردیفی دو گیاه شنبلیله و انیسون بود. در کشت مخلوط جو و نخودفرنگی زیست توده علف‌هرز نسبت به کشت خالص نخودفرنگی کاهش داشته و در شرایط عدم کنترل علف‌های‌هرز، مجموع بیوماس محصولات در کشت مخلوط این دو گیاه نسبت به کشت خالص آنها بالاتر بود که دلیل این امر تجمع بیشتر نیتروژن در گیاه و رشد بیشتر نسبت به علف هرز بوده که خود باعث سرکوب نمودن جمعیت علف‌های هرز شده است به عبارت دیگر در کشت خالص علف‌های هرز از نیتروژن بیشتری نسبت به کشت مخلوط بهره برده و رشد بیشتری دارند (۲۹). در سیستم کشت مخلوط ذرت (*Zea mays* L.) و لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) کمترین وزن خشک و جمعیت علف‌هرز و بالاترین بهره‌وری کنترل علف‌هرز به‌دست آمد که دلیل این امر آسیب‌پذیری بیشتر گیاه به رقابت با علف‌های هرز در تک کشتی نسبت به کشت مخلوط بود (۱۸).

از نظر تأثیر کنترل علف‌های‌هرز بر روی عملکرد دانه در گیاه شنبلیله مشاهده گردید که عدم کنترل علف‌های‌هرز در کشت‌های تک ردیفه، دو ردیفه و سه ردیفه به‌ترتیب منجر به کاهش ۳، ۲۱ و ۱۸ درصدی عملکرد دانه گردید که نشان‌دهنده تأثیر بیشتر کشت تک ردیفه بر کنترل علف‌های‌هرز می‌باشد؛ زیرا در کشت سه ردیفه مقدار نیتروژن تثبیت شده بیشتر است و علف‌های هرز رقابت کمتری برای دریافت نیتروژن معدنی خاک با گیاه زراعی دارند و درنتیجه رشد آنها افزایش می‌یابد (جدول‌های ۳ و ۵).

1- Land Equivalent Ratio
2- Actual Yield Loss

جدول ۳- مقایسه میانگین آرایش‌های مختلف کشت انیسون با شنبلیله بر وزن خشک علف‌هرز

Table 3- Mean comparison of different sowing patterns anise and fenugreek on weed dry weight

تیمار Treatment	وزن خشک کل Total dry weight ($g\ m^{-2}$)	وزن خشک پهن برگ Dry weight of deciduous ($g\ m^{-2}$)	وزن خشک باریک برگ Narrow-leaf dry weight ($g\ m^{-2}$)
کشت خالص انیسون Pure anise sowing	66.20	60.16	6.00
کشت تک ردیفی Single row cropping	64.13	54.46	9.66
کشت دوردیفی Double row cropping	35.10	30.73	4.40
کشت سه ردیفی Triple row cropping	71.33	62.56	8.76
کشت خالص شنبلیله Pure fenugreek sowing	72.43	67.90	4.53
LSD	14.34	16.33	1.83

در گیاه انیسون نیز کشت سه ردیفه در شرایط عدم کنترل علف‌های‌هرز منجر به ۱۷ درصد کاهش عملکرد دانه نسبت به شرایط کنترل علف‌های‌هرز گردید که این مقدار کاهش نسبت به کشت‌های دو ردیفه و تک ردیفه بیشترین مقدار بود و در کشت تک ردیفه در این شرایط کاهش عملکردی مشاهده نگردید (جدول‌های ۳ و ۷).

ارتفاع گیاه

ارتفاع گیاهان تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشتی قرار نگرفتند (جدول‌های ۴ و ۶). میرهاشمی و همکاران (۲۱) نیز در بررسی کشت مخلوط زنیان (*Trachyspermum ammi*) و شنبلیله نیز مشاهده کردند که تیمارهای مختلف کشت مخلوط اثر معنی‌داری بر ارتفاع بوته دو گیاه نداشته است.

اجزای عملکرد شنبلیله

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از نظر تعداد شاخه در بوته و تعداد دانه در غلاف بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۴).

جدول ٤- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی اندازه‌گیری شده در شنبلیله در کشت مخلوط با انیسون تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌هرز

Table 4- Analysis of variance (mean square) quantitative traits measured in fenugreek mixed with anise cultivated under controlled conditions and lack of weed control

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه در بوته The number of branches per plant	تعداد غلاف در بوته The number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seeds per pod	وزن هزار دانه 1000 grain weight	عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	16.66 ^{ns}	53.40*	81.92 ^{ns}	2.12*	0.55 ^{ns}	3897.8 ^{ns}	77.14 ^{ns}	68.77 ^{ns}
تیمار Treatment	7	9.25 ^{ns}	8.24 ^{ns}	510.14*	0.94 ^{ns}	1.25*	22022.3**	3623.9**	40.27 ^{ns}
خطا Error	14	17.72	9.52	184.21	0.56	0.37	2419.2	42.84	18.51
ضریب تغییرات (٪) C.V.(%)		12.83	16	15.13	4.66	5.57	18.74	5.28	13.13

**و* به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد.

**, *and ns, indicate significant at 1%, 5% and not significant respectively.

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات کمی اندازه‌گیری شده در شنبلیله در کشت مخلوط با انیسون تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌هرز
Table 5- Compare the average quantity measured in fenugreek mixed with anise cultivation under controlled conditions and lack of weed control

	آرایش کاشت Sowing pattern	تعداد غلاف در بوته Pod number per plant	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)	عملکرد زیستی Biological yield ($g\ m^{-2}$)	عملکرد دانه Grain yield ($g\ m^{-2}$)
بدون عملیات وجین With weed	کشت خالص Pure sowing	100.73	10.05	357.06	160.15
	کشت تک ردیفی Single row cropping	92.33	10.78	169.52	112.38
	کشت دوردیفی Double row cropping	66.27	11.12	193.10	90.07
	کشت سه ردیفی Triple row cropping	78.87	11.83	229.52	92.38
با عملیات وجین Without weed	کشت خالص Pure sowing	104.73	10.55	420.71	191.82
	کشت تک ردیفی Single row cropping	81.33	11.71	275.24	116.42
	کشت دوردیفی Double row cropping	95.40	11.29	236.67	114.04
	کشت سه ردیفی Triple row cropping	97.87	10.33	217.54	113.49
	LSD	23.76	1.06	86.12	11.42

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۴). در بین تیمارهای بدون علف‌هرز، کشت خالص شنبلیله دارای بالاترین تعداد غلاف در بوته (۱۰۴/۷۳ غلاف) بود. در بین تیمارهای با علف‌هرز نیز کشت خالص دارای بیشترین تعداد غلاف در بوته (۱۰۰/۷۳ غلاف) بود (جدول ۵). در این تیمارها به دلیل بهره‌مندی از نور بیشتر و بهره‌برداری مطلوب‌تر از مکان تعداد غلاف بیشتر بود. نتایج تحقیق دیگر همچنین نشان داد که تعداد غلاف در بوته در کشت مخلوط زیره سبز و شنبلیله نسبت به کشت خالص شنبلیله کمتر بود (۲۴). تونا و اوراک (۳۳) در مخلوط ماش (*Vigna radiata*) و یولاف (*Avena sativa*) همراه با افزایش نسبت ماش در مخلوط این دو محصول، افزایش در تعداد غلاف در بوته ماش را مشاهده کردند.

وزن هزار دانه در بین تیمارهای مختلف در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌داری نشان داد (جدول ۴). بیشترین وزن در بین تیمارها در شرایط وجود علف‌های‌هرز مربوط به کشت مخلوط سه ردیفی که نسبت به کشت خالص ۱۷/۰۷ درصد افزایش داشت و در شرایط عدم وجود علف‌های‌هرز بیشترین وزن مربوط به کشت مخلوط تک ردیفی بود که نسبت به کشت خالص ۱۱ درصد افزایش داشت (جدول ۵).

در کشت مخلوط سه ردیفی شنبلیله و انیسون، رقابت داخل گونه‌ای افزایش یافته و شنبلیله در این رقابت موفق‌تر بوده و لذا مواد فتوسنتزی بیشتری در اختیار دانه قرار گرفته و این امر موجب افزایش وزن هزار دانه شنبلیله در این تیمار شده است. ذوالفقار و همکاران (۳۷) افزایش وزن هزار دانه کلزا (*Brassica napus*) را در کشت خالص، نسبت به سایر نسبت‌های کشت مخلوط را گزارش کردند. دهمرده (۸) بیشترین وزن هزار دانه عدس را از تیمار ۲ ردیف جو + ۴ ردیف عدس و بیشترین وزن هزار دانه جو را از تیمار ۴ ردیف جو + ۲ ردیف عدس گزارش نمود که دلیل آن را توانایی جذب بیشتر نیتروژن و مواد غذایی در این آرایش کاشت را ذکر نمود.

عملکرد دانه و عملکرد زیستی شنبلیله

از نظر عملکرد زیستی و عملکرد دانه در سطح احتمال ۱٪ بین تیمارها اختلاف معنی‌دار بود (جدول ۴). کشت خالص شنبلیله دارای بالاترین عملکرد دانه هم در شرایط کنترل (۱۹۱/۸۲ گرم در مترمربع) و هم در شرایط عدم کنترل علف‌هرز (۱۶۰/۱۵ گرم در مترمربع) بود (جدول ۵). با توجه به اینکه بالاترین اجزای عملکردی (غلاف در بوته، دانه در غلاف) نیز مربوط به کشت خالص شنبلیله بود؛ لذا کشت خالص به‌دلیل اینکه فضای بیشتری در اختیار گیاه قرار داده است عملکرد بالاتری نیز داشته است. علیزاده و همکاران (۳) نیز نشان دادند که کشت خالص لوبیا در بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط و خالص لوبیا و ریحان بذری دارای بالاترین عملکرد دانه بود. کاندهرو و همکاران (۱۷) طی آزمایشی با کشت مخلوط آفتابگردان

(*Helianthus annuus*) و ماش اعلام کردند که به علت افزایش یافتن رقابت برون گونه‌ای عملکرد آفتابگردان در حالت کشت مخلوط نسبت به کشت خالص ۲۲٪ کاهش یافت.

در شرایط حضور علف‌های‌هرز با تغییر الگوی کاشت شنبلیله از کشت مخلوط تک ردیفی به سه ردیفی روند عملکرد دانه و زیست توده کاهشی بود، اما بین دو و سه ردیفی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد که این کاهش می‌تواند به دلیل ارتفاع بیشتر و تولید کانوپی کمتر و درنتیجه فتوسنتز کمتر گیاه باشد. در شرایط بدون حضور علف‌های‌هرز نیز روند عملکرد دانه از تک ردیفی به سه ردیفی کاهشی بوده ولی اختلاف معنی‌داری با هم نداشتند (جدول ۵).

روند تغییرات عملکرد زیستی شنبلیله نشان داد که کشت خالص در هر دو شرایط وجود و عدم وجود علف‌های‌هرز دارای بالاترین عملکرد بودند. چنین به نظر می‌رسد که با افزایش تراکم گیاه در کشت خالص عملکرد نیز بیشتر شده است. در شرایط حضور و عدم حضور علف‌های‌هرز بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، زیرا نسبت یا سهم گیاه در مخلوط‌ها ثابت بوده و فقط آرایش کاشت آنها متفاوت است (جدول ۵). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری در بین تیمارها نداشت (جدول ۴).

عملکرد و اجزای عملکرد انیسون

براساس نتایج تجزیه واریانس صفات کمی انیسون (جدول ۶) بین تیمارهای مختلف از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته و عملکرد زیستی در سطح احتمال ۵٪ و از نظر تعداد چتر در بوته، تعداد دانه در بوته و عملکرد دانه اختلاف در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود. ارتفاع، تعداد چترک در بوته وزن هزار دانه و شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارها قرار نگرفتند. از نظر تعداد شاخه فرعی در بوته بین تیمارهای مختلف اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۶).

علف‌های‌هرز با کم کردن تعداد شاخه‌های جانبی گیاه بر آن اثر گذاشتند و بیشترین تعداد شاخه در بوته مربوط به تیمارهای کشت خالص (۱۲/۲۶ شاخه در بوته) و کشت مخلوط سه ردیفی (۱۲/۲ شاخه در بوته) در شرایط کنترل علف‌هرز بود (جدول ۷). حسین و همکاران (۱۵) نیز گزارش کردند که در کشت مخلوط نخود با سبزیجات زمستانی که در دو سال پیاپی انجام شد، بیشترین شاخه جانبی نخود در هر دو سال از کشت مخلوط این گیاه با گشنیز به‌دست آمد که دلیل آن را اثر مثبت گشنیز بر ارتفاع گیاه نخود دانستند و نشان دادند که با افزایش ارتفاع نخود تعداد شاخه جانبی آن افزایش می‌یابد.

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات کمی اندازه‌گیری شده در انیسون در کشت مخلوط با شنبلیله تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌هرز

Table 6- Analysis of variance (mean square) measuring the quantity of anise mixed with fenugreek cultivation under controlled conditions and lack of weed control

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع Height	تعداد شاخه فرعی در بوته The number of branches per plant	تعداد چتر در بوته Umbels per plant	تعداد چترک در بوته Number of umbelet per plant	تعداد دانه در بوته The number of grains per plant	وزن هزار دانه 1000 seed weight	عملکرد زیستی Biological Yield	عملکرد دانه Grain yield	شاخص برداشت Harvest index	عملکرد اسانس Essential oil yield
بلوک Block	2	6.87 ns	۸/۶۹ *	0.61 ns	1.93 ns	290.31 ns	0.17 ns	2606.15 ns	40.8 ns	226.14 ns	0.02 ns
تیمار Treatment	7	16.52 ns	6.30 *	89.48 **	1.39 ns	791.24 **	0.11 ns	2497.62 *	1100.78 **	44.15 ns	1.57 **
خطا Error	14	7.01	2.18	6.16	1.60	105.77	0.07	768.98	18.49	91.43	0.06
درصد ضریب تغییرات C.V. %		6.28	14.65	12.32	10.42	8.24	11.31	32.63	8.40	24.22	12.86

**،* به‌ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم وجود تفاوت معنی‌داری را نشان می‌دهد.

**, * and ns, indicate significant at 1%, 5% and not significant respectively.

کشت خالص انیسون در شرایط کنترل علف‌هرز به‌خاطر وجود فضای بیشتر و استفاده مؤثرتر از عوامل محیطی بالاترین تعداد چتر یعنی ۳۰/۶ را داشت (جدول ۷). همچنین با وجودی که تیمار کشت خالص انیسون نیز دارای بیشترین تعداد شاخه فرعی بود، لذا دارا بودن بالاترین تعداد چتر در این تیمار دور از انتظار نبود. میرهاشمی و همکاران (۲۱) گزارش نمودند که اختلاف معنی‌داری از نظر تعداد چتر و تعداد چتر بارور در بوته بین تیمارهای مختلف کشت مخلوط زنیان و شنبلیله وجود نداشت؛ اما با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت کشت مخلوط چند ردیفه از عملکرد دانه هر دو گیاه کاسته می‌شود به‌طوری‌که کشت مخلوط تک ردیفی دارای عملکرد و اجزای عملکرد بیشتری نسبت به سایر آرایش‌های کاشت می‌باشد.

کاهش تعداد بوته در ردیف در تراکم کم، سبب کاهش رقابت بر سر عوامل محیطی ازجمله نور و رطوبت گردیده و بوته‌ها تعداد بیشتری دانه در بوته تولید می‌نمایند. به‌طوری‌که بیشترین تعداد دانه در بوته انیسون (۱۵۵/۷ دانه در بوته) مربوط به تیمار کشت مخلوط سه ردیفی با کنترل علف هرز بود. علف‌های‌هرز به‌طور معنی‌داری تعداد بذر در بوته را کاهش داد، به‌طوری‌که کمترین تعداد دانه (۱۰۸/۷۳ دانه در بوته) مربوط به تیمار کشت مخلوط تک ردیفی بدون کنترل علف‌هرز بود (جدول ۷).

به نظر می‌رسد که در بین تیمارهای مختلف آزمایش، کشت مخلوط ردیفی بهترین آرایش کانوپی را برای جذب نور دارا می‌باشد در حالی‌که در کشت مخلوط نواری و کشت خالص گیاهان با سایه‌اندازی بر روی یکدیگر و رقابت درون گونه‌ای بالاتر مانع از جذب نور می‌شوند. جهانی و همکاران (۱۶) گزارش کردند که در کشت مخلوط عدس و زیره سبز وزن خشک اندام‌های رویشی، عملکرد زیستی، وزن هزاردانه و تعداد دانه در هر چتر زیره سبز و عملکرد دانه آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. افزایش وزن خشک رویشی در انواع کشت مخلوط نسبت به خالص به علت توان رقابتی بالاتر زیره سبز در جذب منابع غذایی در مقایسه با عدس می‌باشد.

جدول ۷- مقایسه میانگین اجزای عملکرد و عملکرد انیسون در کشت مخلوط با شنبلیله تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌های هرز

Table 7- Compare the average yield and its components in intercropping with anise fenugreek under controlled conditions and lack of weed control

تیمارها Treatments		تعداد شاخه فرعی در بوته The number of branches per plant	تعداد چتر در بوته Umbels per plant	تعداد دانه در بوته The number of grains per plant	عملکرد زیستی Biological yield ($g\ m^{-2}$)	عملکرد دانه Grain yield ($g\ m^{-2}$)	عملکرد اسانس Essential oil yield ($g\ m^{-2}$)
بدون عملیات وجین With weed	کشت خالص Pure sowing	9.83	17.6	112.33	123.33	70.07	2.53
	کشت تک ردیفی Single row cropping	10.2	20.26	108.73	81.75	48.49	2.00
	کشت دوردیفی Double row cropping	8.66	12.26	135.40	63.41	36.82	1.33
	کشت سه ردیفی Triple row cropping	9.26	14.60	109.06	58.1	36.98	1.18
با عملیات وجین Without weed	کشت خالص Pure sowing	12.26	30.60	124.30	132.62	90.31	3.34
	کشت تک ردیفی Single row cropping	8.46	16.26	134.20	71.98	43.88	1.91
	کشت دوردیفی Double row cropping	9.8	21.86	119.8	58.65	38.17	1.33
	کشت سه ردیفی Triple row cropping	12.2	24.66	155.7	90.08	44.68	1.67
LSD		2.58	4.34	18.01	48.53	7.55	0.43

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان‌دهنده این بود که وزن هزار دانه انیسون تحت تأثیر تیمارهای مختلف قرار نگرفت و اختلاف معنی‌داری برای این صفت مشاهده نشد (جدول ۶). در شرایط مساعد محیطی گیاه قادر است تا تعداد مخزن خود را افزایش دهد. بنابراین در انتهای فصل رشد در جهت پر شدن دانه‌ها رقابت شدیدی به‌وجود می‌آید. از آن‌جایی‌که تیمارهای مختلف از لحاظ صفت وزن هزار دانه انیسون اختلاف معنی‌داری نشان ندادند می‌توان گفت گیاه در انتهای فصل رشد متحمل هیچ‌گونه رقابتی نشده است. تحقیق بر روی کشت مخلوط زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و نخود، بالا بودن وزن هزار دانه زیره سبز در تراکم کم بوته را بیانگر رقابت کمتر درون گونه‌ای در این تیمار و اثرات مثبت کشت مخلوط نخود بر پر شدن دانه بیان نمودند (۱).

برطبق جدول مقایسه میانگین صفات کمی انیسون (جدول ۷) بالاترین عملکرد دانه در بین تیمارها مربوط به انیسون خالص بدون علف (۹۰/۳۱ گرم در متر مربع) بود و از طرفی در بین تیمارهای علف‌هرزی نیز انیسون خالص با حضور علف‌هرز دارای بالاترین عملکرد دانه (۷۰/۰۷ گرم در متر مربع) بود. دلیل عملکرد بالاتر انیسون در کشت خالص را باید تراکم بالاتر انیسون در این کشت دانست. تیمار کشت مخلوط دو ردیفی بدون کنترل علف‌هرز دارای کمترین مقدار عملکرد دانه (۳۶/۸۲ گرم در متر مربع) در بین تیمارهای مختلف بود که با کشت مخلوط سه ردیفی اختلاف معنی‌داری نداشت. مشابه چنین نتیجه‌ای را جهانی و همکاران (۱۶) با بررسی ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز و عدس بر عملکرد زیره‌سبز بیان نمودند که ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر عملکرد دانه هر دو گیاه داشتند.

ازطرفی با تغییر کاشت از کشت مخلوط تک ردیفی به کشت مخلوط سه ردیفی در شرایط حضور علف‌های‌هرز عملکرد دانه و زیست توده کاهش پیدا کرد؛ لذا دلیل بالاتر بودن عملکرد دانه در تیمار تک ردیفی را می‌توان به نزدیکتر بودن بوته‌های گیاه انیسون به بوته‌های گیاه شنبلیله و استفاده مؤثرتر از نیتروژن تثبیت‌شده توسط شنبلیله و همچنین استفاده بیشتر علف‌های هرز در کشت‌های سه ردیفی از نیتروژن باقیمانده خاک نسبت داد. تیمارهای مختلف کشت مخلوط از نظر عملکرد دانه و زیست توده در شرایط عدم حضور علف‌های‌هرز اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (جدول ۷).

برطبق مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۶) مشخص شد که کشت خالص انیسون در هر دو شرایط وجود و عدم وجود علف‌های‌هرز دارای بیشترین عملکرد زیستی به‌ترتیب (۱۲۳/۳۰ و ۱۳۲/۶۲ گرم در متر مربع) بود و کمترین عملکرد زیستی در تیمار کشت مخلوط سه ردیفی بدون کنترل علف‌های‌هرز مشاهده شد. تونا و اوراک (۳۳) در کشت مخلوط ماشک (*Vicia sativa*) با یولاف گزارش کرده‌اند که عملکرد زیستی هریک از گیاهان کشت شده در مخلوط این دو گیاه به‌طور معنی‌داری در مقایسه با کشت خالص آنها کاهش یافت. جدول تجزیه واریانس (جدول ۶) نشان داد که شاخص برداشت تحت تأثیر تیمارهای مختلف کشت قرار نگرفت.

تأثیر تیمارهای مختلف کشت مخلوط شنبلیله و انیسون بر عملکرد اسانس بذر در سطح احتمال ۱٪ داشتند. عملکرد اسانس در تیمار کشت خالص بدون علف هرز بالاترین مقدار یعنی ۳/۳۴ گرم در مترمربع را داشت و تیمار کشت مخلوط سه ردیفی با علف‌هرز کمترین مقدار عملکرد اسانس یعنی ۱/۱۸ گرم در مترمربع را داشت (جدول ۷). دلیل بالا بودن عملکرد اسانس در کشت خالص بدون علف هرز را می توان به تراکم بالاتر انیسون در این تیمار نسبت داد. لذا از آن‌جایی‌که عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس و همچنین عملکرد دانه می باشد، لذا به‌خاطر بالا بودن عملکرد دانه در تیمار انیسون خالص بدون علف افزایش عملکرد اسانس در این تیمار دور از انتظار نبود. علیزاده و همکاران (۴) نیز بیان داشتند که در کشت مخلوط لوبیا با ریحان رویشی، اختلاف معنی‌داری در درصد اسانس بین تیمارها مشاهده نشد؛ اما عملکرد اسانس در کشت خالص و کشت مخلوط چهار ریحان دو لوبیا در شرایط کنترل علف‌هرز بیشتر از همه تیمارها بود.

شاخص‌های سودمندی

در جدول ۸ مقایسه میانگین نسبت کل برابری زمین نشان داد که میزان این شاخص در تمامی تیمارهای کشت مخلوط بیشتر از یک و بین ۱/۰۴ تا ۱/۳۹ بود. به عبارت دیگر، ۴ تا ۳۹٪ سطح زمین بیشتری در تک کشتی نیاز است تا عملکردی مشابه کشت مخلوط به‌دست آید. درمجموع نسبت برابری زمین بالاتر از یک در این آزمایش نشان‌دهنده برتری کشت مخلوط نسبت به کشت خالص در این الگوهای کشت می‌باشد. LER جزئی در شنبلیله در تمامی تیمارها (بین ۰/۱–۰/۰۵) بالاتر از انیسون بود، اما در هیچ‌کدام بالاتر از یک نبود که می‌توان چنین نتیجه گرفت که شنبلیله از کشت مخلوط با انیسون تا حدودی اثر مثبت پذیرفته است (داده‌ها ارائه نشده). نسبت برابری زمین معیاری از جذب نور در جامعه گیاهان مخلوط است. اگر میزان برابری زمین بیشتر از یک باشد نشان‌دهنده بهبود جذب نور است. همچنین LER بیشتر از یک می‌تواند ناشی از کارایی مصرف نور بالاتر در مخلوط در مقایسه با کشت خالص باشد (۲۶). سانتیاگو و پوگیو (۲۹) در کشت مخلوط جو و نخودفرنگی، هرچه سهم گیاه جو در کشت مخلوط بالاتر رفت گیاه جو در رقابت با علف‌های‌هرز موفق‌تر عمل کرد و LER بالاتری نشان داد.

جدول ۸- مقایسه میانگین نسبت کل برابری زمین و کاهش عملکرد واقعی

Table 8- Compare the average of Land Equivalent Ratio and Actual Yield Loss

تیمارها Treatments		نسبت کل برابری زمین Land equivalent ratio	کاهش عملکرد واقعی Actual yield loss
بدون عملیات وجین With weed	کشت خالص Pure sowing	1.39	3.58
	کشت تک ردیفی Single row cropping	1.09	2.36
	کشت دوردیفی Double row cropping	1.10	2.42
	کشت سه ردیفی Triple row cropping	1.09	2.37
با عملیات وجین Without weed	کشت خالص Pure sowing	1.04	2.18
	کشت تک ردیفی Single row cropping	1.11	2.47
LSD		0.102	0.43

نقش اختلافات مورفولوژیک در دستیابی به LER بالاتر توسط سلیم (۲۷) در کشت مخلوط آفتابگردان و ماش، همچنین دوا و همکاران (۱۱) در کشت مخلوط سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum*) و لوبیا سبز گزارش شده است. سینگ (۳۲) اعلام کرد که با کشت مخلوط آفتابگردان و لوبیا LER به ۱/۲۵ رسید. سادی و المتولی (۳۰) طی آزمایشی اعلام کردند که با کشت مخلوط آفتابگردان و سویا (*Glycine max*) مقدار نسبت برابری زمین به ۱/۳۷ رسید.

شاخص کاهش عملکرد واقعی

در بین تیمارهای مختلف آزمایش بالاترین AYL را تیمار کشت مخلوط تک ردیفی در شرایطی که علف‌های‌هرز وجود داشتند به‌خود اختصاص داد و کمترین AYL مربوط به تیمار کشت مخلوط دو ردیفی در شرایطی که علف‌های‌هرز وجود نداشتند، بود (جدول ۸). مثبت بودن کلیه مقادیر AYL نشان‌دهنده سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک کشتی هریک از گیاهان است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کشت مخلوط در کلیه نسبت‌های ترکیب دارای رعایت اصل تولید حمایتی بود، به‌عبارت دیگر مساعدت در کلیه تیمارها وجود داشت.

احمدی و همکاران (۲) در مطالعه‌ای که بر روی ارزیابی عملکرد و شاخص‌های سودمندی در کشت مخلوط جو و ماشک گل‌خوشه‌ای انجام داد مشاهده کردند که بیشترین میزان کاهش یا افزایش عملکرد واقعی AYL متعلق به تیمار افزایشی ۱۰۰:۱۵ می‌باشد که برابر ۷/۴۳ است و کمترین میزان این شاخص مربوط به تیمار افزایشی ۱۰۰:۴۵ است که معادل ۲/۰۶ می‌باشد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد با اینکه کاهش عملکرد در تیمارهای کشت مخلوط نسبت به کشت خالص مشاهده شد، ولی در نهایت شاخص‌های مختلف ارزیابی سودمندی کشت مخلوط، سودمندی بیشتر کشت مخلوط را تأیید کردند. به نحوی که در تمام تیمارهای کشت مخلوط، نسبت برابری زمین بیشتر از یک بود. لذا دست‌یابی به LER بالاتر از یک نشان می‌دهد که کشت‌های مخلوط در مقایسه با کشت‌های خالص از منابع محیطی، شامل نور و عناصر غذایی به‌طور مؤثرتری استفاده کرده‌اند و در رابطه اجزای کشت مخلوط مکمل هم بودند. این مزیت به دلیل وجود اختلافات فیزیولوژیکی و مورفولوژیکی بین اجزای کشت مخلوط می‌باشد.

به نظر می‌رسد با افزایش تنوع گونه‌های زراعی و افزایش رقابت بین گونه‌های زراعی و علف‌های‌هرز، تخصیص منابع و توزیع آنها بین گونه‌های زراعی با کارایی بیشتری صورت می‌گیرد، لذا از تنوع و در نتیجه وزن خشک کل علف‌های‌هرز کاسته می‌شود. جذب بیشتر نور توسط کانوپی متراکم در کشت مخلوط و درنتیجه کاهش میزان نور رسیده به پایین کانوپی موجب کاهش رشد و جوانه‌زنی بذور علف‌های‌هرز می‌شود. در کل پیشنهاد می‌گردد در مناطقی که مشکل رشد زیاد علف‌هرز را دارند کشت مخلوط تک ردیفی انیسون با شنبلیله مناسب‌تر است.

References

1. Abasi Ali Kamar, R., Hejazi, A., Akbari, G., Kafi, M., and Zand, E. 2009. Study on different densities of cumin and chickpea intercropping with emphasis on weed control. Journal of Iranian Field Crop Research 4 (1): 83-95. (in Persian with English abstract).
2. Ahmadi, A., Dabbagh Mohammdi Nasab, A., Zehtab Salmasi, S., Amini, A., and Janmohammadi, H. 2010. Evaluation of yield and advantage indices in barley and vetch intercropping. Sustainable Agriculture and Production Science 20 (4): 78-87. (in Persian with English abstract).
3. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Yield, yield components and potential weed control of intercropping bean (*Phaseolus vulgaris*) with sweet basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Iranian Field Crop Research 7 (2): 541-553. (in Persian with English abstract).
4. Alizadeh, Y., Koocheki, A., and Nassiri mahallati, M. 2011. Investigating of growth characteristics, yield, yield components and potential weed control in intercropping of bean (*Phaseolus vulgaris* L.) and vegetative sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). Agroecology 2 (3): 383-397. (in Persian with English abstract).
5. Banik, B., Midya, A., Sarkar, B. K., and Ghose, S. S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: Advantages and weed smothering. European Journal of Agronomy 24: 325-332.
6. Bigonah, R., Rezvani Moghaddam, P., and Jahan, M. 2014. Effects of intercropping on biological yield, percentage of nitrogen and morphological characteristics of Coriander and Fenugreek. Journal of Iranian Field Crop Research 12 (3): 369-377. (in Persian with English abstract).
7. Bulson, H. A. J., Snaydon, R. W., and Stopes, C. E. 1997. Effect of plant density on intercropped wheat and field beans in on organic farming system. Journal of Agricultural Science Cambridge 128: 59-71.
8. Dahmardeh, M. 2013. Intercropping Barley (*Hordeum vulgar* L.) and Lentil (*Lens culinaris* L.): yield and intercropping advantages. Journal of Agricultural Science 5: 209-213.
9. Darzi, M. T., Hadjseyed Hadi, M. R., and Rejali, F. 2011. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants 26 (4): 452-435. (in Persian with English abstract).
10. Dini, M. 2005. Scientific names of plants used in traditional medicine. Research Institute of forests and pastures press. (in Persian).
11. Dua, V. K., Lal, S. S., and Govindakrishnan, P. M. 2005. Production potential and competition indices in potato-French bean intercropping system in Shimla Hills. Indian Journal of Agricultural Science 75: 321-323.
12. Fernandez-Aparicio, M., Emeran, A. A., and Rubiales, D. 2008. Control of (*Orobanch crenata*) in legumes intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum-greacum* L.). Crop Protection 27: 653-659.
13. Ghannadi, A. 2006. Iranian Herbal Pharmacopoeia. Ministry of Health. Iran. (in Persian).
14. Giller, K. E., and Wilson, K. J. 1991. Nitrogen Fixation and Tropical Cropping Systems. CAB International, Wallingford, pp: 10-120.
15. Hussain, S. A., Ali, N., Rab, A., and Hashmi, A. 2005. Intercropping effect on growth and yield of winter vegetables. Sarhad Journal Agriculture 21: 345-350.
16. Jahani, M., Koochaki, A., and Nassiri Mahalati, M. 2009. Comparison of different intercropping arrangements of cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*). Journal of Iranian Field Crop Research 6 (1): 67-78. (in Persian with English abstract).
17. Kandhro, M. N., Tunio, S. D., Memon, H. R., and Ansari, M. A. 2007. Growth and yield of sunflower under influence of mungbean intercropping. Pakistan Journal Agricultural Research 23: 9-13.
18. Karnataka, J. 2008. Effect of intercropped vegetables on maize and associated weeds in Maize vegetable Intercropping systems. Agricultural Science 21 (2): 159-161.
19. Maffei, J., and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in pepper mint-soybean strip-cropping. Field Crops Research 84: 229-240.
20. Mazaheri, D. 1998. Intercropping. Tehran, Iran. 262 pp. (in Persian).
21. Mirhashemi, S. M., Koocheki, A., Parsa, M., and Nassiri Mahallati, M. 2010. Evaluating the benefit of Ajowan and Fenugreek intercropping in different levels of manure and planting pattern. Journal of Iranian Field Crop Research 7 (1): 269-278. (in Persian with English abstract).
22. Nezami, A., and Bagheri, A. 2009. Responsiveness of cold tolerant chickpea characteristics in fall and spring planting: I- phenology and morphology. Journal of Iranian Field Crop Research 3 (1): 143-155. (in Persian with English abstract).
23. Omid-Beigi, R. 1997. Findings about Production and Process of Medicinal Plants. Tarahane Nashr Publication, Iran. 424 pp. (in Persian).
24. Rajeswara Rao, B. R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of Rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row spacing and inter cropping with cornmint *(Mentha arrensis* L.f. piperascens Malinv.EX Holmes). Industrial Crops and Products 16: 133-144.
25. Rezvani moghadam, P., and Moradi, R. 2012. Assessment of planting date, biological fertilizer and intercropping on yield and essential oil of Cumin and Fenugreek. Iranian Journal of Field Crop Science 43 (2): 217-230. (in

Persian with English abstract).
26. Sadrabadi Haghighi, R. 1999. Effect of supplemental irrigation and cultivation of wheat interferes with hairy vetch Dryland farming in a low input system. PhD dissertation of Agronomy, Faculty of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research. (in Persian).
27. Saleem, R., Umar, F. M., and Ahmed, R. 2003. Bioeconomic assessment of different sunflower based intercropping systems at different geometric configurations. Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 1187-1190.
28. Salehi Surmaghi, M. H. 2008. Medicinal plants and herbal therapy. 1: 253-254.
29. Santiago, L., and Poggio, B. 2005. Structure of weed communities occurring in monoculture and intercropping of field pea and barley. Agriculture, Ecosystems and Environment 109: 48-58.
30. Saudy, H. S., and Elmetwally, I. M. 2009. Weed management under different patterns of sunflower- soybean intercropping. Journal of Central European Agriculture 10: 41-52.
31. Sharma, S. K. 2000. Response of nitrogen and spacing on fenugreek seed production. Horticultural Journal 13 (2): 39-42.
32. Singh, J. K. 2007. Response of sunflower (*Helianthus annuus*) and French bean (*Phaseolus vulgaris*) Intercropping to different row ratios and nitrogen levels under rain fed conditions of temperate Kashmir. Indian Journal of Agronomy 52: 36-39.
33. Tuna, C., and Orak, A. 2007. The role of intercropping on yield potential of common vetch (*Vicia sativa* L.) / oat (*Avena sativa* L.) cultivated in pure stand and mixtures. International Journal of Agricultural and Biological Science 2: 14-19.
34. Weston, L. A. 1996. Utilization of allelopathy for weed management in agroecosystems. Agronomy Journal 88: 860-866.
35. Xu, J. 2007. Scientists' fiend why intercropping of faba bean with maize increases yields, Available at http://www.Horizoninter national tv.org, pp: 12-19.
36. Zargari, A., 1997. Medicinal plants, Volume 3. Tehran Univ. 925 pages. (in Persian).
37. Zulfiqar, A., AsgharMalik, M., and Cheema, M. A. 2000. Studies on determining a suitable canola–wheat intercropping pattern. International Journal of Agricultural and Biological Science 2 (1): 42-44.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 623-636

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۳۶-۶۲۳

Effect of Row Intercropping Patterns on Yield, Yield Components, and Weed Control of Fenugreek (*Trigonellafoenumgreacum* L.) and Anise (*Pimpinellaanisum* L.)

F. Mardani[1]- H. R. Balouchi[2*]- A. Yadavi[2]- A. Salehi[3]

Received: 16-12-2013
Accepted: 07-02-2015

Introduction

Due to population growth and food shortage agricultural production is on increasing demand. In this order increasing cultivation area and yield per unit area are two ways of obtaining higheragricultural production (20). There is another important way that without incurring additional costs and use of water and fertilizer could result in higher production. This approach is increasing agricultural production per unit area by growing more than one crop in a year. Intercropping will be successful when competition for sources is less than competition within a species. Plants in the mixture can be chosen in a way that a species benefits from environmental changes caused by other species in mixed cultures directly (7, 15). Intercropping inhibits the growth and development of weeds and leads to increased production. Since the system will reduce the pesticide use, environmental pollution will be also less proportionally (37).

Materials and Methods

In order to evaluate the yield, yield components and potential weeds control under intercropping fenugreek and anise, an experiment was carried out based on a randomized complete block design with three replicationsat the Agricultural Research Field of Yasouj University during growing season of 2012-2013. Treatments included pure cultures of fenugreek and anise, single-row, double-row and three-tier intercropping of fenugreek and anise at no weed control and weed control conditions.

Results and Discussion

The results showed that different intercropping treatments had significant effects on pod number per plant, grain weight and grain and biological yield of fenugreek and also, on number of lateral branches, number of grains per plant and grain and biological yield of anise. There were nosignificant effects on plant height, number of lateral branches, number of grain per pod, harvest index of fenugreek, as well as plant height, number of umbel let per plant, seed weight and harvest index of anise. The lowest weed dry weight was observed in two rows intercropping and the maximum dry weight of weeds in fenugreek monoculture, respectively. Evaluation of land equivalent ratio showed that intercropping of fenugreek and anise is superior to pure culture and single-row intercropping had highest land equivalent ratio (1.39). Index values of the actual yield loss were also positive, which indicates the usefulness of mixed culture compared to monoculture of each plant. Among the different treatments tested AYL's highest were allocated by single-row intercropping treatments in the absence of weed. AYL minimum belonged to two rows intercropping treatments and without weed. All positive values of AYL indicated the utility of intercropping. Therefore it can be concluded that intercropping in all proportions, combined with the principle of protection, is benefiial. The effect of weed control on grain yield in the absence of fenugreek was observed in single-row, double and triple rows cultivation without weed control, respectively. This resulted in a decrease of 3%, 21% and 18% yield, and indicates a greater impact of single row cultivation on the weed control. It speculated that the higher nitrogen fixation under the triple rows may help higher weed growth.

Conclusions

Results showed that higher yield in treatments of intercropping compared to pure culture. Other indicators

1- M.Sc. Student of Agronomy, Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
2- Associate Prof. of Department of Agronomy and Plant Breeding, Yasouj University
3- Assistant Professor of Agronomy and Plant Breeding Department, Yasouj University
(*- Corresponding Author Email: balouchi@yu.ac.ir)

also showed the utility of intercropping, mixed farming profitability. In this study for all treatments, intercropping, and land equivalent ratio was greater than single cultivation. Thus achieving higher LER than one indicates that mixed cultures compared with pure cultures of environmental resources, such as light and nutrients more effectively used as components of mixed cultures were complementary. This advantage is due to physiological and morphological differences between the components that are in mixed cultures. It seems to increase the diversity of crop species and increases the competition between crops and weed species, more efficient allocation of resources and their distribution among crop species occurs, resulting in reduced weed infestation. Absorption of light by a dense canopy of intercropping, reduces the amount of light loss by the canopy and thus reduces weed growth and seed germination. Fenugreek and anise single-row intercropping is better than pure cropping.

Keywords: Actual yield loss, Essential oil, Land equivalent ratio, Mix crop, Weed

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۵۰-۶۳۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 637-650

بررسی اثرات روش‌های کم آبیاری بر صفات کمی و کیفی سیب‌زمینی

خسرو پرویزی[۱*]- علی قدمی فیروز آبادی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۰
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر روش‌های کم آبیاری بر رقم جدید ساوالان آزمایشی در قالب طرح کرت‌های خرد شده با سه تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان از سال ۱۳۸۷ به مدت دو سال زراعی انجام شد. فاکتور اصلی شامل تیمارهای آبیاری در سطح۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه و فاکتور فرعی کلون‌ها و ارقام مورد بررسی شامل سه کلون جدید سیب‌زمینی و رقم جدید ساوالان به‌همراه سانته به‌عنوان شاهد بود. سیستم آبیاری مورد استفاده روش آبیاری قطره‌ای بود. صفات مورد اندازه‌گیری شامل صفات مورفولوژیکی و فنولوژیکی رشد، میزان قند احیاء غده، غده ریز و بدشکل و عملکرد کل بود. نتایج تجزیه مرکب واریانس داده‌های حاصل از دو سال آزمایش نشان داد که تنش آبی و نوع کلون در صفات تعداد ساقه اصلی، زمان پوشش کامل، زمان گلدهی، طول مدت گلدهی، زمان رسیدن، وزن تر و خشک ریشه و عملکرد کل معنی‌دار شد. در میزان قند احیاء هرچند تیمار آبیاری تفاوت معنی‌دار در سطح ۱٪ ایجاد کرد اما اثر رقم معنی‌دار نشد. اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری در وزن تر و خشک ریشه، زمان رسیدن، وزن غده ریز و عملکرد کل معنی‌دار شد. درمجموع کاهش آب آبیاری تا حد ۸۰ درصد نیاز آبی اثر منفی بر صفات رشد و عملکرد کل نداشت هرچند واکنش کلون‌ها و دو رقم ساوالان و سانته متفاوت بود. با تأمین نیاز آبی ۸۰ درصد، رقم ساوالان با متوسط تولید ۵/۴ کیلوگرم در متر مربع به‌همراه دو کلون ۱۳-۳۹۷۰۰۱۵ و ۲-۳۹۷۰۰۸ بیشترین میزان غده را تولید کردند.

واژه‌های کلیدی: تنش آبی، تیمار آبیاری، عمکرد، واکنش رشد

مقدمه

آب عمده‌ترین عاملی است که در مناطق خشک و نیمه‌خشک در تولید محصولات کشاورزی محدودیت ایجاد می‌کند. راندمان پایین مصرف آب به‌صورت آبیاری سطحی در مزارع و محدودیت منابع آب و نیز رژیم نامنظم بارندگی در این مناطق استفاده از سیستم‌های بارانی و همچنین استفاده از سیستم‌هایی با راندمان بالاتر ازجمله آبیاری قطره‌ای را اجتناب‌ناپذیر می‌کند. یکی از دلایل مرفولوژیکی تحمل پایین گیاه سیب‌زمینی (*Solanom tuberosum*) به شرایط خاک‌های نامناسب و تنش آبی (به‌ویژه در رقم‌های جدید اصلاح شده و سازگار با شرایط کشورهای اروپایی) علاوه بر فیزیولوژی خاص این گیاه، سیستم ریشهٔ سطحی آن و درصد بیشتر فعالیت ریشه در افق سطحی خاک می‌باشد که عملاً استفاده ریشه‌ها از آب افق‌های پایین‌تر خاک را محدود می‌کند. در ایران تقریباً همه ارقام سیب‌زمینی موجود در کشور، در شرایط اقلیمی کشورهای اروپایی یعنی در شرایط دمایی خنک (به دور از تنش خشکی) و طول روزهای بلندتر اصلاح شده‌اند و به همین دلیل ممکن است سازگاری چندانی با شرایط اقلیمی ما نداشته باشند (۴ و ۵). سیب‌زمینی اگرچه محصولی مقاوم به خشکی نبوده و در قیاس با محصولات زراعی از قبیل جو (*Hordeum vulgare*) و پنبه (*Gossypium herbaceum*) درجه تحمل کمتری به خشکی دارد، اما راندمان تولید انرژی آن در واحد سطح به ازاء واحد مصرف آب ۲/۵ برابر بیشتر از برنج (*Oryza sativa*) و ۲ تا ۲/۳ برابر بیشتر از گندم و ذرت می‌باشد (۹). کومار و همکاران (۱۳) به بررسی واکنش دو رقم کوفریچیپسونا-۱۱ و کوفریچیپسونا-۲ در کیفیت تهیه چیپس در سیستم‌ها و رژیم‌های مختلف آبیاری پرداختند. در این آزمایش توزیع آب آبیاری براساس میزان تبخیر از تشتک تبخیر در دو سطح ۳۵ و ۱۵ میلی‌متر انجام گرفت. نتایج نشان داد که رقم کوفریچیپسونا-۱ دارای قابلیت بالاتری در فرآوری، عملکرد کل و بیوماس خشک نسبت به رقم کوفریچیپسونا-۲ در رژیم‌های مختلف آبیاری بود. در سال‌های ۲۰۰۳ و ۲۰۰۴ در شرایط مناطق خشک کانادا مشخص شد که از تعداد ۱۲۰ کلون سیب‌زمینی دو کلون تحمل بیشتری به کم آبی داشته و با صفات مطلوبی همراه بودند که بعداً تحت نام واریته‌های مشخص و با نام‌های Glacier fryer و Altacrown معرفی شدند (۱۰). در

۱- استادیار پژوهشی، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان
(*- نویسنده مسئول: Email: khosroster@gmail.com)
۲- عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان

پژوهشی دیگر مشخص شده است که برخی از صفات مرفولوژیک در سیب‌زمینی ازجمله تغییر ضریب تبخیر و تعرق و تفاوت در گسترش حجم ریشه وابستگی نزدیک با نوع رقم داشته و می‌توانند به‌عنوان شاخص‌های تحمل به تنش رطوبتی در سیب‌زمینی مد نظر قرار گیرند (۲۰). با مشاهدات سوکین و همکاران (۱۸) مشخص شد که با کاهش آب آبیاری و ایجاد استرس در مراحل پس از غده‌سازی در سیب‌زمینی افزایش قابل ملاحظه‌ای در میزان قند گلوکز در انتهای غده سیب‌زمینی نسبت به ابتدای آن به‌وجود می‌آید. همچنین فعالیت آنزیم‌های دخیل در سنتز نشاسته و سوکروز (SPS و UGPase) کاهش چشمگیری داشتند. مازورزیک و لیس (۱۴) در آزمایشی در لهستان با بررسی سه ساله بر روی ترکیبات شیمیایی ۹۷ رقم سیب زمینی، مشخص نمودند که میزان ماده خشک و مقدار نشاسته ارقام مختلف در رژیم‌های متفاوت آبیاری در شرایطی که تنش ایجاد نشود، تقریباً ثابت بوده است. میانگین ضریب تنوع به‌ترتیب برای ماده خشک و نشاسته ۸/۴ و ۸/۸ به‌دست آمد. در این آزمایشات ارقام مختلف کمترین پایداری و ثبات را از نظر میزان قندهای احیاء در رژیم‌های مختلف آبیاری نشان دادند. تغییرات میزان قندهای احیاء در رژیم‌های مختلف آبیاری از ۳۴/۲ تا ۵۰ درصد متغییر بود. در سایر مناطق خشک و نیمه خشک جهان (از قبیل ایران) بررسی‌های کمتری درخصوص ارزیابی ارقام جدید اصلاحی در شرایط تنش خشکی و سازگار با شرایط آب و هوایی مربوطه صورت گرفته است. با توجه به محدودیت ریزش‌های جوی استان همدان (متوسط بارندگی سالیانه ۳۱۳ میلی‌متر) و نیز نامناسب بودن توزیع و پراکنش زمانی آن و از طرفی اهمیت استراتژیک سیب‌زمینی در این استان که جزو مهمترین محصولات زراعی استان همدان می‌باشد و همچنین ضرورت تأمین نیاز آبی این محصول با انجام آبیاری، ناگزیر می‌بایستی روش‌هایی اتخاذ شود که هم بهره‌وری مطلوب از منابع آبی موجود حاصل شده و همچنین به پایداری تولید این محصول که قابلیت‌های بالایی در کشت و تولید آن در استان وجود دارد، خدشه و صدمه‌ای وارد نشود. یکی از روش‌های ممکن در استفاده بهینه از منابع آبی موجود، معرفی رقم یا رقم‌هایی است که نسبت به کاهش آبیاری حساسیت کمتری داشته و قابلیت عملکردی قابل قبول در شرایط کم آبیاری داشته باشند. در سال‌های اخیر در مطالعات اصلاحی و به زراعی که بر روی کلون‌های سیب‌زمینی صورت گرفته است یک کلون با نام ۹-۳۹۷۰۰۷ که برتری نسبی به ارقام شاهد در ۳ منطقه کرج، همدان و اردبیل داشته است تحت نام ساوالان در سال ۱۳۸۶ معرفی گردید. همچنین در بین کلون‌های مورد بررسی (۲۹ کلون) ۳ کلون دیگر نیز برتری قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با رقم آگریا داشتند و مطالعات تکمیلی در مورد آنها در حال اجرا می‌باشد (۲). در این راستا لزوم انجام طرحی که میزان تحمل کلون معرفی شده (رقم ساوالان) و ۳ کلون دیگر را در قبال کم آبی نشان دهد، ضروری بود. بنابراین چنانچه کلون‌های مورد نظر درخصوص کاهش آب آبیاری تحمل نسبی داشته و اُفت کمی و کیفی در عملکرد نداشته باشند، از این نظر که به‌عنوان منابع ژنتیکی در برنامه‌های اصلاحی قابل استفاده بوده و نیز در برنامه‌های آینده در آزادسازی رقم با شرایط منطقه مورد استفاده قرار گیرند، بسیار حائز اهمیت خواهند بود. بر این اساس سعی شده است با انجام این آزمایش میزان تحمل رقم جدید ساوالان و کلون‌های برتر به روش‌های کم آبیاری ارزیابی شود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی اکباتان، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی همدان به مدت دو سال زراعی (سال‌های ۸۷ و ۸۸) اجرا گردید. خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ مشخص شده است. این آزمایش با استفاده از طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آبیاری در شش سطح (۵۰، ۶۰، ۷۰، ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه سیب‌زمینی) به‌عنوان عامل اصلی و ۳ کلون ۱۳-۳۹۷۰۰۱۵، ۲-۳۹۷۰۰۸ و ۱-۳۹۷۰۹۷ و دو رقم ساوالان (جدید) و سانته (شاهد منطقه) در پنج سطح به‌عنوان عامل فرعی به‌صورت تصادفی قرار گرفتند. در هر کرت فرعی سه خط کاشت با فاصله ۷۵ سانتی‌متر و طول ردیف‌های کاشت ۱۰ متر در نظر گرفته شد. آبیاری از ابتدای فصل رشد بلافاصله بعد از کاشت و براساس محاسبه نیاز آبی از فرمول پنمن مانتیس اصلاح شده و با احتساب راندمان ۹۰ درصد انجام پذیرفت (۶). آمار و اطلاعات مورد نیاز جهت محاسبه نیاز آبی به‌صورت روزانه از ایستگاه هواشناسی سینوپتیک فرودگاه همدان اخذ گردید (جدول ۲). روش آبیاری قطره‌ای سطحی و دور آبیاری ثابت (۳ روزه) در نظر گرفته شد. حجم آب مصرفی توسط کنتورهای واسنجی شده اندازه‌گیری شد. جهت جلوگیری از گرفتگی قطره‌چکان‌ها از فیلتر دیسکی استفاده شد. نوار تیپ مورد استفاده با ظرفیت آبدهی ۱/۴ لیتر در ساعت برای هر قطره‌چکان که در فاصله ۳۰ سانتی‌متری هم قرار داشتند، بود. این نوارها روی پشته‌ها و در کنار ردیف‌های کاشت قرار گرفتند.

از صفات مرحله داشت شامل تعداد ساقه اصلی و تاریخ پوشش کامل، ارتفاع گیاه در زمان گلدهی، زمان گلدهی، طول دوره گلدهی و تاریخ رسیدن یادداشت‌برداری به‌عمل آمد. همچنین به‌منظور بررسی اثر حجم و میزان گسترش سیستم ریشه‌ای در میزان تحمل به کم آبی در کلون‌ها و رقم شاهد (سانته) از زمان غده‌زایی و به فواصل ۱۰ روزه در سه نوبت از هر پلات آزمایشی سه بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به‌طور کامل از ریشه برداشت شدند، ریشه‌ها شستشو داده شده و تمام ریشه‌های اصلی و فرعی جدا و توزین شده و وزن تر آنها ثبت شد. سپس در آون در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸

ساعت قرار گرفته و با توزین مجدد و تقسیم توزین دوم بر اول و ضرب عدد حاصل در ۱۰۰ درصد ماده خشک ریشه محاسبه شد (۱۰).

به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد کل رکوردگیری در مرحله برداشت به‌صورت انتخاب واحدهای دو متر مربعی و به‌صورت تصادفی در دو نقطه از هر کرت مربوطه انجام شد. غده‌های با آلودگی بیشتر از چهار جوش اسکب و غده‌های بد شکل و دارای رشد ثانویه و نیز غده‌های پوسیده شمارش و در تیمارهای مختلف توزین و به‌عنوان جزء غیر قابل استفاده و غیر قابل عرضه ثبت شدند.

برای اندازه‌گیری میزان قندهای احیایی غده‌ها، از روش حجمی و تیتراسیون استفاده شد (۱).

در نهایت ادغام داده‌های حاصل از دو سال مختلف پس از انجام آزمون بارتلت و تأیید یکنواختی واریانس سال‌های مختلف، جهت تجزیه مرکب با نرم افزار SAS امکان‌پذیر شد. میانگین‌های تیمارهای آزمایش با آزمون دانکن مورد مقایسه قرار گرفت. ترسیم نمودارهای مربوطه با نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

تعداد ساقه اصلی

در بررسی این صفت نتایج تجزیه مرکب داده‌ها در دو سال آزمایش مشخص کرد که اثرات میزان آب آبیاری، نوع کلون و رقم در متوسط تولید ساقه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. اما اثر سال، اثر متقابل سال و میزان آبیاری و نیز اثرات متقابل میزان آبیاری و رقم در میزان تولید ساقه تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۳). با این نتایج مشخص می‌شود که رژیم آبیاری و سطوح آن در تولید میزان ساقه تأثیر قابل توجهی دارد. همچنین با معنی‌دار نشدن اثر متقابل کلون و میزان آبیاری می توان نتیجه گرفت که کلون‌های مختلف واکنش های یکسانی در سطوح مختلف آبیاری داشته‌اند و روند تأثیر سطوح آبیاری در نسبت فعال شدن جوانه‌های غده در کلون‌های مختلف وضعیت مشابهی داشته است. با مقایسه میانگین داده‌های حاصل از متوسط تعداد ساقه (جدول ۴) مشخص شد که در تیمار آبیاری با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی بیشترین میزان تولید ساقه (متوسط ۶/۱۶ عدد ساقه در بوته) حاصل گردیده است و در این شرایط با تیمارهای آبی ۹۰ و ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌دار حاصل نشد. در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی سیب زمینی کمترین میزان تولید ساقه وجود داشت و با رژیم‌های آبیاری ۶۰ و ۷۰ درصد در آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار نشان نداد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physiochemical traits of soil in experiential site

بافت خاک Soil texture	نیتروژن N (%)	فسفر (P)	پتاسیم (K)	pH	EC (دسی زیمنس بر متر) ds.m $^{-1}$
		میلی‌گرم در کیلوگرم ($mg.kg^{-1}$)			
لوم رسی Clay loam	0.35	4.8	386.3	7.8	1.8

جدول ۲- آمار هواشناسی محل آزمایش

Table 2- Weather data of experiment site

سال Year	ماه‌های آزمایش Month	متوسط بارندگی ماهیانه (میلی‌متر) The average monthly rainfall (mm)	متوسط ساعات آفتابی Average hours of sunshine	متوسط دمای ماهیانه (سانتی‌گراد) The average monthly temperature (^{O}C)
۱۳۸۷ 2008	خرداد (June)	0.5	319.5	18.32
	تیر (July)	0.5	333.9	22.11
	مرداد (August)	0	332.6	23.1
	شهریور (September)	0	320.2	19.6
	مهر (October)	0	275.1	12.5
۱۳۸۸ 2009	خرداد (June)	0.75	320.4	18.56
	تیر (July)	0.5	335.3	23.94
	مرداد (August)	0	337.4	25.01
	شهریور (September)	0	322.5	20.18
	مهر (October)	0	261.1	14.10

جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد آزمون

Table 3- Complete analysis variance of the test traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						
		تعداد ساقه در بوته Stem no per plant	زمان گلدهی (روز) Flowering time (day)	طول دوره گلدهی (روز) Flowering longevity (day)	پوشش کامل (روز) Full overlapping (day)	وزن تر ریشه (مرحله ۱) first root weight	وزن تر ریشه (مرحله ۲) fresh root weight	وزن تر ریشه (مرحله ۳) third root weight
سال year	1	0.35 ns	52.27 *	11.75 ns	5.33 ns	0.007 ns	27.45 ns	5.94 ns
تکرار × سال Replication × Year	4	1.24 ns	94.07 **	186.55 **	46.04 **	2.30 ns	55.66 ns	1.86 ns
تیمار آبیاری Irrigation	5	4.49 **	1073.17 **	846.42 **	1130.99 **	5997.14 **	11393.62 **	28.218.19 **
سال × تیمار آبیاری Irrigation × year	5	0.84 ns	12.03 ns	16.71 *	9.93 ns	5.39 ns	78.32 ns	2.41 ns
رقم (کلون) Cultivar (Clone)	4	17.53 **	387.68 **	455.28 **	182.12 **	110.95 **	59.59 ns	82.40 **
سال × کلون Clone × Year	4	1.95 ns	6.39 ns	10.88 ns	7.29 ns	2.72 ns	/47.34 ns	2.16 ns
تیمار آبیاری × کلون Clone × Irrigation	20	1.14 ns	6.58 ns	2.63 ns	4.83 ns	11.25 **	66.63 ns	19.10 **
سال× تیمار آبیاری × کلون Clone × Irrigation × Year	20	1.12 ns	4.49 ns	2.02 ns	3.43 ns	1.25 ns	54.69 ns	3.63 ns
خطا Error	116	1.152	9.85	5.68	8.48	3.11	58.49	5.50
کل Total	179							
ضریب تغییرات C.V		19.17	6.70	13.74	5.57	2.79	9.28	2.30

ns ، * و **: به‌ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns means no significant, *and** show being significant (α=0.01 and 0.05, respectively).

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس مرکب صفات مورد آزمون

Continued Table 3- Complete analysis variance of the test traits

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)						
		وزن خشک ریشه (مرحله ۱) First dry root weight	وزن خشک ریشه (مرحله ۲) Second dry root weight	وزن خشک ریشه (مرحله ۳) Third dry root weight	عملکرد کل Total yield (kg/m^2)	غده بد شکل و غیر قابل استفاده Malformed tuber (kg/m^2)	قند احیاء Reducing sugar (mg/100g)	زمان رسیدن (روز) Ripening time (day)
سال Year	1	0.0031 ns	1.09 ns	0.2737 ns	2.44 ns	10.75 ns	41.58 ns	2.936 ns
تکرار × سال Replication × Year	4	0.092 ns	2.22 ns	0.07 ns	1.83 ns	4.51 ns	3.22 ns	46.46 **
تیمار آبیاری Irrigation	5	239.88 **	455.74 ns	1128.72 ns	64.41 **	570.76 **	3403.54 **	1035.50 **
سال × تیمار آبیاری Irrigation × Year	5	0.215 ns	3.13 ns	0.096 ns	0.96 ns	12.04 ns	13.93 ns	12.76 ns
رقم (کلون) Cultivar (Clone)	4	4.43 **	2.38 ns	3.29 **	46.39 **	836.83 ns	13.02 ns	3185.18 **
سال × کلون Clone × Year	4	0.10 ns	1.89 ns	0.08 ns	1.037 ns	26.50 ns	2.69 ns	28.81 **
تیمار آبیاری × کلون Clone × Irrigation	20	0.54 **	2.65 ns	0.76 ns	3.19 **	382.84 **	8.25 ns	55.50 **
سال× تیمار آبیاری × کلون Clone × Irrigation × Year	20	0.05 ns	2.18 ns	0.145 ns	0.29 ns	14.48 ns	3.95 ns	6.50 ns
خطا Error	116	0.125	2.33	0.220	0.67	26.34	6.87	8.10
کل Total	179							
ضریب تغییرات C.V		2.79	9.28	2.30	18.34	21.26	11.33	3.47

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی دار و اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد می‌باشد.

ns means no significant, *and** show being significant (α=0.01 and 0.05, respectively).

در مقایسه کلون‌ها و رقم شاهد مورد بررسی مشخص شد که رقم جدید ساوالان با تولید بیشترین میزان ساقه اصلی (متوسط تولید ۶/۴۴ عدد ساقه در بوته) نسبت به رقم شاهد سانته با متوسط ۵/۹۹ عدد و نیز سایر کلون‌ها تفاوت معنی‌دار داشت.

نسبت فعال شدن جوانه‌های سیب‌زمینی بر روی غده هرچند صفتی وابسته به رقم می‌باشد اما به نوبه خود تحت شرایط فیزیولوژیکی ابتدای رشد و سن فیزیولوژیکی غده بذری نیز قرار می‌گیرد (۵). تأثیرپذیری میزان تولید ساقه از شرایط آبیاری انعکاسی از عوامل محیطی رشد و میکروکلیمای بستر کاشت بر آهنگ فعال شدن جوانه‌های غده در مراحل اولیه کاشت می‌باشد. با توجه به اینکه غده‌های ارقام و کلون‌های مختلف حاصل برداشت از کلکسیون ارقام بوده و از شرایط رشدی یکسان برخوردار بوده و همچنین در شرایط یکسان در انبار نگهداری شده بودند ضمن اینکه قبل از کاشت نیز عملیات جوانه‌گیری در آنها صورت پذیرفت لذا عملاً در هنگام کاشت با حذف غالبیت انتهایی با شرایط فیزیولوژیکی نسبتاً مشابه در بستر کاشت قرار گرفتند و ازطرفی تیمار آبیاری از همان ابتدای کاشت انجام گرفت. لذا تغییرات حاصله در تعداد ساقه بیشتر می‌تواند ناشی از تأثیر میزان رطوبت خاک در تیمارهای مختلف آبیاری بر میزان فعال شدن جوانه‌ها و تحریک رشد بعدی و درنتیجه موفقیت در خروج از خاک در آن‌ها باشد. تعداد ساقه اصلی یکی از فاکتورهای مهم در تعیین حجم کانوپی می‌باشد که در شرایطی که گیاهان با محدودیت سایر عوامل دخیل در فتوسنتز مواجه نشوند، می‌توانند در حجم اسیمیلاسیون نهایی اثربخش باشد (۸). با نتایجی که در سال‌های قبل (۲) در ارزیابی بیش از ۲۷ کلون توسط پرویزی صورت گرفت، مشخص شد که عموماً کلون ۹-۳۹۷۰۰۷ (رقم ساوالان) در بین کلون‌های مربوطه قدرت تولید ساقه بالایی داشته است که نتایج این پژوهش تأییدی بر یافته‌های قبلی می‌باشد.

زمان پوشش کامل

در جدول ۳ نتایج تجزیه مرکب دو ساله در زمان پوشش کامل بوته‌ها در پلات‌های آزمایشی مشخص نمود که اثرات نوع کلون و تیمارهای آبیاری در رسیدن به پوشش کامل معنی‌دار شده‌اند. اما اثر سال، اثرات متقابل سال و میزان آبیاری، سال و رقم، رقم و میزان آبیاری و نیز اثرات سه جانبه سال، رقم و میزان آبیاری تفاوت معنی‌دار نشان ندادند. با مقایسات میانگین داده‌های حاصل در کلون‌ها و دو رقم ساوالان و نیز رقم شاهد سانته مشخص شد که به موازات کاهش آب آبیاری زمان رسیدن به پوشش کامل با تأخیر معنی‌دار مواجه شد. ۳ کلون مورد استفاده در آزمایش از نظر رسیدن به پوشش کامل با رقم ساوالان وضعیتی مشابه داشتند اما نسبت به رقم شاهد سانته تفاوت معنی‌دار نشان دادند (جدول ۴). تاریخ پوشش کامل مزرعه سیب زمینی وابستگی نزدیکی به آهنگ و سرعت رشد بوته سیب زمینی دارد و در ارقام مختلف سیب زمینی متفاوت است اما به شدت تحت تأثیر رژیم رطوبتی، مدیریت تغذیه در مزرعه و شرایط فیزیولوژیکی غده بذری قبل از کاشت نیز می‌تواند قرار گیرد (۵ و ۱۳). در پژوهش اخیر مشخص شد که هرچند کسب زمان پوشش کامل وابستگی شدیدی با نوع کلون و رقم دارد اما به شدت تحت تأثیر رژیم‌های متفاوت آبیاری (سطوح آبیاری) نیز قرار گرفت (جدول ۴). با بررسی‌های قبلی انجام شده (۲ و ۳) در مقایسه ارقام تجاری سیب زمینی در استان که در آنها رقم سانته جزو ارقام شاهد بوده است، مشخص شد که زمان متوسط کسب پوشش کامل در رقم سانته ۴۵/۳۶ روز بوده است که با نتایج دو ساله این پژوهش که زمان پوشش کامل در این رقم ۴۸/۲۲ روز به‌دست آمده است نزدیکی زیادی دارد.

زمان و طول دوره گلدهی

تجزیه واریانس مرکب داده‌ها در زمان گلدهی مشخص کرد که اثر نوع کلون و سطوح آبیاری در بروز گلدهی مؤثر بوده است (جدول ۳). علی‌رغم اینکه کلون‌ها و رقم شاهد تفاوت مشخصی در زمان گلدهی داشته‌اند اما میزان آب آبیاری در تسریع و یا تأخیر دادن به آن تأثیر معنی‌دار داشته است. با سطح آبیاری ۷۰ درصد و بالاتر از آن در طی دو سال کلون‌های مختلف سریع‌تر وارد مرحله گلدهی شدند. در دو سطح ۱۰۰ و ۹۰ درصد تأمین آب آبیاری، گلدهی با سرعت بیشتری نسبت به سایر تیمارها اتفاق افتاد (جدول ۴). از طرفی نیز با معنی‌دار نشدن اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری، مشخص شد که کلون‌ها و رقم شاهد، مستقل از تیمار آبیاری عمل کرده و تأثیر رژیم‌های آبیاری در تاریخ گلدهی در کلون‌های مختلف روندی یکنواخت داشته است. در ارزیابی طول دوره گلدهی اثر سطوح آبیاری و نوع کلون در طول دوره گلدهی معنی‌دار بود. اما اثرات متقابل رقم و تیمار آبیاری در طول دوره گلدهی معنی‌دار نشد (جدول ۴). دوام گل در سیب زمینی صفتی کیفی و وابسته به رقم می‌باشد که درجه حرارت، شدت نور و رطوبت نسبی بر طولانی شدن آن تأثیر به‌سزایی دارد (۱۱). مقایسه میانگین طول دوره گلدهی در جدول ۲ مشخص کرد که سطوح آبیاری مستقل از نوع رقم اثر کرده و در روندی یکنواخت با افزایش میزان آب آبیاری از ۷۰ درصد و به بالا در سطحی معنی‌دار طول دوره گلدهی را افزایش داده است. با نتایج این پژوهش معلوم شد که تأمین آب آبیاری در حدود ۷۰ درصد نیاز آبی و بالاتر از آن اثرات رقم را در طول دوره گلدهی تشدید نموده و در هر چهار کلون و حتی رقم شاهد (سانته) طول دوره گلدهی را به‌طور معنی‌دار افزایش داد. رابطه مثبت و معنی‌دار بین طول دوره گلدهی در ارقام مختلف و قابلیت میوه‌بندی آنها و میزان تولید بذر حقیقی

(TPS)[1] در شرایطی که حرکت مواد پرورده[2] به طرف غده‌ها متوقف می‌شود، دیده شده است (۵). بررسی میزان میوه‌بندی در کلون‌ها و رقم ساوالان نشان داد که در سطح نسبتاً مشهودی میزان میوه‌بندی در آنها نسبت به رقم شاهد بالاتر بود. البته میزان تشکیل میوه در تیمارهای آبیاری با سطح ۸۰ درصد و بیشتر ملموس‌تر بود. به نظر می‌رسد این قابلیت در شرایطی که عوامل نور و دما در کنترل باشند و یا تیمارهای خاص هورمونی اعمال شود، بیشتر نمود پیدا می‌کند. لذا بهره‌گیری از این کلون‌ها در برنامه‌های دورگ‌گیری با توجه به سایر صفات مطلوب آنها می‌تواند راندمان میوه‌بندی و تولید بذر را نیز در آنها افزایش دهد.

وزن تر و خشک ریشه

نتایج تجزیه واریانس مرکب از مرحله اول و سوم مشخص کرد که در این دو مرحله نوع رقم (کلون)، میزان آب آبیاری و نیز اثر متقابل رقم و میزان آبیاری در وزن تر و خشک ریشه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است. اما اثرات سال‌های آزمایش و اثرات متقابل سال و رقم، سال و میزان آبیاری و اثر سه جانبه سال، رقم و میزان آبیاری تفاوت معنی‌دار نداشتند. در مرحله دوم صرفاً اثر تیمار آبیاری در وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار شد و سایر اثرات اصلی و نیز اثرات متقابل تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۳). با معنی‌دار شدن اثرات متقابل رقم و میزان آبیاری در وزن تر و خشک ریشه مشخص می‌شود که واکنش کلون‌های مختلف در میزان وزن تر و خشک ریشه در سطوح مختلف آبیاری به‌خصوص در مراحل اول و سوم یکسان نبوده است. کلون شماره ۲-۳۹۷۰۰۸ در مراحل ۱ و ۳، از بیشترین وزن تر و خشک در اکثر تیمارهای آبیاری برخوردار شد که نسبت به سایر ارقام تفاوت معنی‌دار در این دو مرحله نشان داد. از طرفی این کلون با سطوح آبیاری پایین‌تر (سطوح ۶۰ و ۷۰ درصد) که امکان وارد نمودن تنش نسبی به گیاهان سیب زمینی وجود دارد نیز نسبت به سایر کلون‌ها میزان وزن تر و خشک ریشه بیشتری تولید نمود (جدول ۵). با این نتایج مشخص می‌شود که کلون ۲-۳۹۷۰۰۸ سطح توسعه و گسترش ریشه بیشتری داشته و از دانسیته بالاتری در ریشه‌ها برخوردار بوده است. به‌طور کلی حجم ریشه و دانسیته آن مهمترین فاکتور در میزان تحمل به خشکی در گیاهان زراعی ازجمله سیب‌زمینی می‌باشد و به‌عنوان یک استراتژی در تحمل به خشکی در شرایطی که پتانسیل آب در خاک به حد پایین‌تر از ظرفیت مزرعه‌ای رسیده و به نقطه پژمردگی موقت نزدیک می‌شود، مد نظر قرار می‌گیرد. با توجه به اینکه مکان دریافت تنش خشکی ریشه‌ها و فعال شدن ژن‌های مرتبط با سنتز آبسیزیک اسید و پروتئین‌های وابسته به تنش از قبیل لوسین، زیپر پروتئین، TF پروتئین، آکوا پروتئین در ریشه‌ها می‌باشد، لذا ارقامی که به‌صورت ژنتیکی قدرت توسعه ریشه بیشتر دارند، به طریقی دو جانبه از طریق امکان جذب و انتقال آب بیشتر و همچنین با ارتقاء سیستم سیگنالینگ قابلیت بالاتری در عبور از تنش خشکی و مدیریت آن دارند (۹ و ۲۱). بالا بودن وزن تر و خشک ریشه در کلون ۲-۳۹۷۰۰۸ در هر سه مرحله نسبت به رقم شاهد و کلون‌های دیگر، ظرفیت مناسبی در بهبود رشد نسبی و درنتیجه عملکرد بالاتر (نمودار ۳) در تحت شرایط تنش رطوبتی در آن ایجاد کرده است. در این پژوهش کلون‌های سیب‌زمینی واکنش متفاوتی در مقدار توسعه ریشه در پاسخ به میزان رطوبت خاک و سطح تنش داشتند که این یافته با نتایج پژوهش تورنوکس و همکاران (۲۰) و سمت و همکاران (۱۶) همخوانی دارد.

قندهای احیاء کننده

نتایج تجزیه واریانس مرکب دو ساله در میزان درصد قند احیاء در غده‌ها نشان داد که صرفاً اثر فاکتور اصلی تیمار آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد و اثر فاکتور فرعی نوع کلون و نیز اثرات متقابل تفاوت معنی‌دار نداشتند (جدول ۲). در مقایسات میانگین هم در مجموع دو تیمار آبیاری ۵۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی موجب افزایش بیشترین سطح قند احیاء در غده‌ها شدند. در این دو تیمار متوسط قند احیاء، ۳۶/۱۱ میلی‌گرم در هر ۱۰۰ گرم وزن غده بود که نسبت به سایر تیمارهای آبیاری در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد. با افزایش سطح آب آبیاری تا ۱۰۰ درصد نیاز آبی، از میزان قندهای احیایی کاسته شد. اگرچه میزان قند احیاء در تیمارهای ۸۰ و ۹۰ درصد بسیار به تیمار ۱۰۰ نزدیک بود. سه تیمار ۸۰، ۹۰ و ۱۰۰ درصد از میزان آبیاری تفاوتی معنی‌دار با هم نداشتند. در کلون‌ها و رقم شاهد میزان قند احیاء بسیار به هم نزدیک بود و از نظر آماری نیز تفاوتی معنی‌دار نداشتند (جدول ۴).

قندهای احیایی غده سیب‌زمینی عمدتاً شامل مونوساکاریدهای گلوکز و فرکتوز و مقدار کمی دی ساکارید ساکارز می‌باشد. میزان قندهای احیائی از عوامل مؤثر در کیفیت رنگ فرآورده‌های سیب‌زمینی بوده لذا شرایطی که میزان قندهای احیائی را کاهش دهند جهت تولید سیب‌زمینی مناسب با مصارف صنعتی قابل توصیه هستند (۱۴). عواملی چون صدمات مکانیکی، جوانه‌زدن، دما و تنش‌های رطوبتی و مدیریت نامناسب آبیاری از عوامل مؤثر بر میزان تغییرات قند در غده می‌باشند. اگر میزان قند غده بیش از حد معمول گردد باعث افزایش رنگ محصول تولیدی به‌خصوص چیپس و کاهش کیفیت آنها خواهد شد (۱۳ و ۱۶). بنابراین پایین بودن قندهای احیاءکننده از عوامل مطلوب در تولید فرآورده‌های غذایی از سیب‌زمینی می‌باشد. در این پژوهش تغییرات قابل توجهی در قند

1- True potato seed
2- Assimilates

احیاء در غده‌های سیب‌زمینی و در رژیم‌های متفاوت آبیاری به‌وجود آمد. با کاهش مقدار آبیاری به پایین‌تر از ۸۰ درصد نیاز آبی افزایش معنی‌داری در میزان قند احیاءکننده در کلون‌ها، رقم ساوالان و نیز رقم شاهد ایجاد شد. بنابراین نتیجه گرفته می‌شود که با اتخاذ استراتژی مطلوب در تنظیم نیاز آبی ضمن صرفه‌جویی در مصرف آب می‌توان از بروز تنش‌های احتمالی و افزایش میزان قند در غده‌ها اجتناب نمود. به نظر می‌رسد با تأمین آب آبیاری در حد ۸۰ درصد نیاز آبی در سیب‌زمینی، این اهداف محقق گردد. تأثیر سطوح آبیاری بر میزان قندهای احیاء در غده سیب‌زمینی قبلاً با پژوهش‌های سووکینز و همکاران (۱۸)، مازوریسک و لیس (۱۴)، گوپتا (۱۲) و سینگ و سود (۱۷) نیز به اثبات رسیده است.

زمان رسیدن

در بررسی این صفت تجزیه واریانس مرکب داده‌ها نشان داد که اثر تیمار آبیاری، نوع رقم و نیز اثر متقابل رقم × تیمار آبیاری معنی‌دار شد. اما اثرات سال، سال و تیمار آبیاری و نیز اثر سه جانبه سال، رقم و تیمار آبیاری تفاوت معنی‌دار نشان ندادند (جدول ۳). سه کلون و رقم ساوالان با اختلاف قابل توجهی دیررسی بیشتری نسبت به رقم شاهد سانته داشتند و از نظر آماری به‌طور متوسط با اختلاف ۲۰ روزه تفاوتی معنی‌دار با رقم شاهد داشتند (متوسط طول دوره رشد در سه کلون با وضعیتی بسیار نزدیک به هم ۱۱۹/۴۱ روز بود) (نمودار ۱).

در ارزیابی صفات کمی و کیفی کلون‌ها در قالب طرح‌های سازگاری قبلی در استان همدان مشخص شد که عموماً کلون‌های مورد بررسی از نظر طیف رسیدگی در گروه دیررس قرار می‌گیرند. نتایج این تحقیق تأییدی بر گزارشات قبلی می‌باشد. اما با معنی‌دار شدن اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری مشخص شد که واکنش کلون‌ها، رقم ساوالان و رقم شاهد در رژیم‌های متفاوت آبیاری یکسان نبوده است. به‌عنوان مثال در تیمار آبیاری ۸۰ درصد، رقم ساوالان با تأخیر بیشتر و با اختلافی معنی‌دار نسبت به کلون ۱-۳۹۷۰۰۹۷ به رسیدگی فیزیولوژیکی رسیده است اما در تیمارهای ۷۰ درصد (تنها با یک سطح پایین‌تر از میزان آبیاری) این وضعیت برقرار نبوده و فاصله بسیار نزدیکتر شد. با این نتایج مشخص می‌شود که طول دوره رشد در سیب‌زمینی اگرچه صفتی وابسته به رقم می‌باشد اما می‌تواند تحت تأثیر رژیم و میزان آبیاری و سایر اقدامات مدیریتی در مزرعه نیز قرار گیرد.

غده بدشکل و غیر قابل فروش

در میزان تولید غده ریز، بدشکل و غیر قابل استفاده اثرات نوع کلون (رقم)، تیمار آبیاری و نیز اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. اما در تجزیه مرکب اثر سال‌های آزمایش، سال و رقم، سال و تیمار آبیاری و اثرات متقابل سه جانبه اختلاف معنی‌دار نداشتند (جدول ۳).

با مقایسه میانگین‌ها (نمودار ۲) مشخص شد که در تیمار آبیاری با ۶۰ درصد نیاز آبی، کلون ۱-۳۹۷۰۰۹۷ با تعداد متوسط ۵۲/۶۶ عدد غده ریز در متر مربع بیشترین میزان را داشت که با تمامی کلون‌ها در این تیمار تفاوت معنی‌دار داشت اما در سطوح دیگر آبیاری این وضعیت به‌وجود نیامد و یا حداقل شدت اختلاف آن نسبت به کلون‌های دیگر خفیف‌تر بود. اگرچه این کلون در اغلب تیمارهای آبیاری و حتی در سطوح بالاتر (۸۰ و ۹۰ درصد) نیز از نظر غده ریز وضعیت نامطلوبی داشت. به نظر می‌رسد این کلون حساسیت بیشتری در جهت تولید غده ریز حتی با کاهش جزیی در قبال آب آبیاری داشته باشد.

عملکرد کل

نتایج آنالیز دو ساله از تجزیه مرکب داده‌ها در عملکرد کل مشخص کرد که اثرات اصلی رقم، تیمار آبیاری و نیز اثر متقابل رقم و تیمار آبیاری در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). با مقایسه میانگین داده‌ها (نمودار ۳) در عملکرد کل مشخص شد که در مجموع با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی سیب زمینی به‌طور متوسط ۶/۲۵ کیلوگرم در متر مربع عملکرد کل حاصل شد که با دو تیمار آبیاری ۸۰ و ۹۰ تفاوت نشان نداد اما در مقایسه با تیمارهای دیگر آبیاری، تفاوت‌ها در سطح ۵ درصد آزمون دانکن معنی‌دار شد. تفاوت و واکنش کلون‌ها و دو رقم ساوالان و سانته در تیمارهای آبیاری در سطح آبیاری ۷۰ درصد و دو سطح کمتر از آن قابل توجه و مشهود بود. اما با تأمین نیاز آبی ۸۰ درصد و بیشتر از آن در کلون‌ها و دو رقم مورد مطالعه، با روندی یکنواخت عملکرد افزایش پیدا کرد. این افزایش متناسب با پتانسیل عملکرد کل در آنها بود که در مطالعات سازگاری نیز چنین وضعیتی به اثبات رسیده بود (۲ و ۳). در این پژوهش با کاهش ۲۰ درصد نیاز آبی سیب زمینی، به‌طور متوسط فقط مقدار ۰/۷ کیلوگرم در متر مربع کاهش عملکرد حاصل شد. که این وضعیت با کاهش نیاز آبی تا حد ۱۰ درصد و نیز تأمین ۱۰۰٪ نیاز آبی اختلاف معنی‌دار نشان نداد. لذا با عنایت به ارزش حیاتی آب در منطقه همدان و مناطق مشابه و در نظر گرفتن نیاز آبی سیب زمینی (مقدار بیش از ۸۰۰۰ متر مکعب در هکتار) و سطح زیر کشت بیش از ۲۵ هزار هکتار در استان، سالیانه می‌توان بیش از ۴۰ میلیون متر مکعب در میزان مصرف آب فقط در استان همدان صرفه‌جویی نمود. در عین حالی‌که عملکرد قابل قبولی نیز حاصل می‌گردد.

تأثیر رژیم‌های آبیاری و سطوح مختلف آب آبیاری بر میزان عملکرد کل سیب‌زمینی با پژوهش‌های دیگر نیز به اثبات رسیده است (۷، ۱۳، ۱۵ و ۱۹).

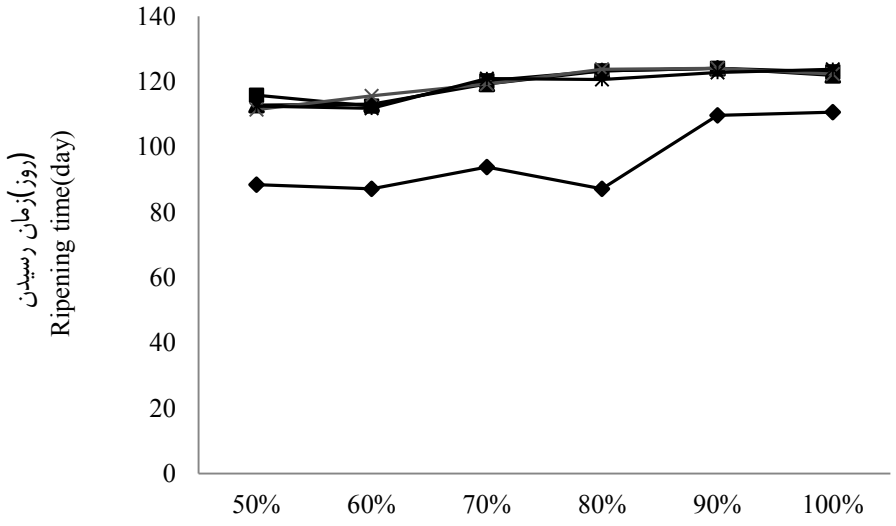
جدول ٤- مقایسه میانگین اثرات اصلی در برخی از صفات مورد آزمون

Table 4- Mean analysis of main effect on some of the test traits

تیمارها Treatments	تعداد ساقه در بوته Stem no per plant	تعداد روز تا پوشش کامل مزرعه Day to overlapping	زمان گلدهی (روز) Flowering date (day)	طول دوره گلدهی (روز) Flowering longevity (day)	میزان قند احیاء Amount of reducing sugar (mg.100g $^{-1}$)
تیمار آبیاری (I) Irrigation					
۵۰ درصد آبیاری 50 %	5.16 c	57.86 a	39.26 d	11.46 e	36.75 a
۶۰ درصد آبیاری 60%	5.46 c	59.33 a	40.76 d	12.26 e	35.51 a
۷۰ درصد آبیاری 70%	5.60 abc	54.30 b	45.23 c	15.73 d	23.24 b
۸۰ درصد آبیاری 80%	6.16 a	51.50 c	49.76 b	17.53 c	14.56 c
۹۰ درصد آبیاری 90%	5.26 c	46.66 d	52.76 a	22.66 b	14.50 c
۱۰۰ درصد آبیاری 100%	5.93 ab	43.83 e	53.03 a	24.40 a	14.16 c
رقم (کلون) Clone (cultivar)					
Sante (control)	5.91 b	4.27 b	40.97 b	11.00 b	22.32 b
Savalan	6.44 a	53.41 a	47.88 a	18.80 a	23.43 ab
3970015-13	5.91 b	53.66 a	48.86 a	18.88 a	23.93 a
397008-2	5.05 c	52.56 a	48.05 a	18.66	22.89 ab
3970097-1	4.72 c	53.19 a	48.25 a	19.36 a	22.03 ab

در هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشترک، در آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت آماری معنی‌داری در سطوح احتمال پنج درصد نداشته‌اند.

Labels with same letters on every column are not significantly different at 5% by DMRT.



شکل ۱- اثر متقابل تیمار آبیاری در کلون (رقم) در زمان رسیدن (طول دوره رشد)

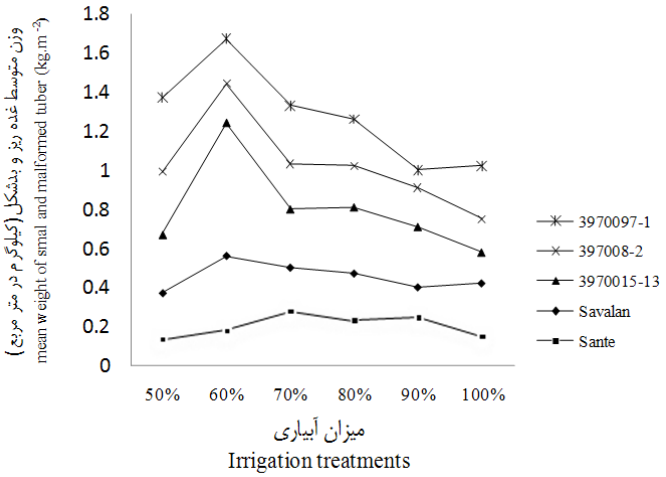
Figure 1- Interaction effect of irrigation treatment with cultivar on ripening time

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار آبیاری و رقم در وزن تر و خشک ریشه

Table 5- Mean comparison of interaction effect of irrigation with cultivar in fresh and dry root weight

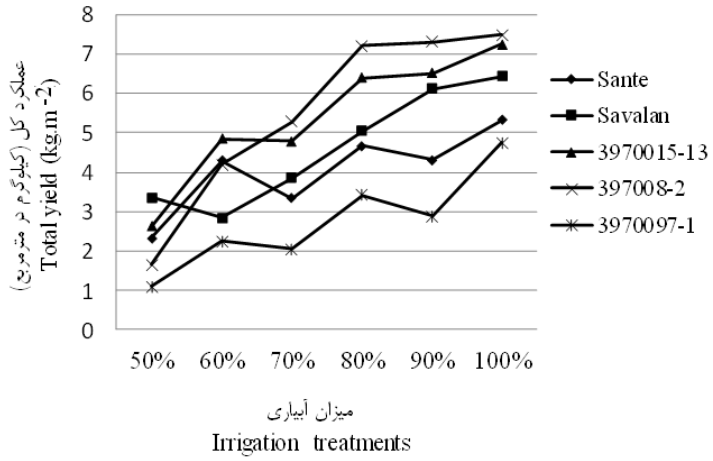
تیمار آبیاری Irrigation treatment	رقم/کلون Clone/cultivar	وزن تر ریشه (مرحله ۱) First fresh root weight	وزن تر ریشه (مرحله ۲) Second fresh root weight	وزن تر ریشه (مرحله ۳) Third fresh root weight	وزن خشک ریشه (مرحله ۱) First dry root weight	وزن خشک ریشه (مرحله ۲) Second dry root weight	وزن خشک ریشه (مرحله ۳) Third dry root weight
۵۰ درصد	Sante	46.98 I	61.19 d	70.75 m	9.39 l	12.23 d	14.15 m
	Savalan	51.09 jk	66.04 d	72.45 lm	10.21 jk	13.20 d	14.49 lm
50%	3970015-13	49.31 k	63.78 d	70.34 m	9.86 k	12.75 d	14.06 m
	397008-2	50.89 jk	68.14 d	73.79 jkl	10.17 jk	13.62 d	14.75 jkl
	3970097-1	45.95 l	61.04 d	71.83 lm	9.19 l	12.20 d	14.36 lm
	Sante	50.43 jk	64.12 d	73.05 klm	10.08 jk	13.02 d	14.61 klm
	Savalan	54.00 h	65.57 d	72.34 lm	10.80 h	13.11 d	14.46 lm
۶۰ درصد	3970015-13	51.59 ij	64.60 d	75.60 ijk	10.31 ij	12.92 d	15.12 ijk
	397008-2	53.60 hi	67.72 d	78.05 hi	10.72 hi	13.54 d	15.61 hi
60%	3970097-1	51.65 ij	63.60 d	75.73 ijk	10.33 ij	12.72 d	15.14 ijk
	Sante	50.54 jk	62.34 d	73.92 jkl	10.10 jk	12.46 d	14.78 jkl
	Savalan	51.82 ij	67.27 d	76.61 ij	10.36 ij	13.45 d	15.32 ij
۷۰ درصد	3970015-13	52.10 hij	65.21 d	79.80 h	10.42 hij	13.04 d	15.96 h
	397008-2	52.43 hij	66.17 d	79.73 h	10.48 hij	13.23 d	15.94 h
70%	3970097-1	46.86 l	61.47 d	72.42 lm	9.37 l	12.29 d	14.48 lm
	Sante	67.02 g	93.54 c	121.97 efg	10.60 g	18.70 c	24.39 efg
۸۰ درصد	Savalan	71.72 ef	97.16 bc	121.16 efg	14.34 eh	19.43 bc	24.23 efg
	3970015-13	70.59 f	100.71 abc	120.37 fg	14.11 f	20.14 abc	24.07 fg
80%	397008-2	73.20 de	99.03 abc	121.70 efg	14.64 de	19.80 abc	24.34 efg
	3970097-1	70.81 f	98.21 abc	119.35 g	14.16 f	19.64 abc	23.87 g
	Sante	71.98 ef	95.55 abc	123.61 de	14.39 ef	19.90 abc	24.72 de
۹۰ درصد	Savalan	78.87 bc	100.74 abc	124.81 d	15.77 bc	20.14 abc	24.96 d
	3970015-13	79.65 abc	97.03 bc	122.61 def	15.93 abc	19.40 bc	24.52 def
90%	397008-2	77.89 c	102.42 abc	128.39 c	15.57 c	20.48 abc	25.67 c
	3970097-1	74.79 d	99.000 abc	121.61 efg	15.97 d	19.80 abc	24.32 efg
	Sante	79.23 bc	105.03 ab	141.12 ab	15.84 bc	21.00 ab	28.22 ab
۱۰۰ درصد	Savalan	79.55 abc	105.38 ab	142.66 a	15.91 abc	21.07 ab	28.53 a
	3970015-13	80.73 ab	108.58 ab	143.23 a	16.14 ab	21.71 a	28.64 a
100%	397008-2	81.43 a	92.90 c	141.95 a	16.28 a	15.58 c	28.39 a
	3970097-1	78.63 b	101.80 abc	138.59 b	15.72 bc	20.36 abc	27.71 b

Within each column means followed by the different letters are significantly different at 5% by DMRT.



شکل ۲- اثر متقابل تیمار آبیاری در کلون (رقم) در تولید غده‌های ریز، بدشکل و غیر قابل فروش

Figure 2- Interaction effect of irrigation treatment with cultivar on production of small, malformed and unmarketable tubers



شکل ۳- اثر متقابل تیمار آبیاری در کلون (رقم) در میزان عملکرد کل

Figure 3- Interaction effect of irrigation treatment with cultivar on total yield

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش درمجموع نشان داد که کاهش میزان آبیاری تا حد ۲۰ درصد و کمتر از نیاز معمول سیب‌زمینی نه تنها اثر نامطلوب بر میزان رشد و کمیت محصول سیب‌زمینی ندارد بلکه بر کیفیت محصول تولیدی از نظر میزان قند احیاء و تولید غده‌های نامطلوب، بدشکل و نامناسب از لحاظ بازارپسندی نیز تأثیر زیان‌باری ندارد. البته تفاوت رقم سیب‌زمینی را در این مورد بایستی لحاظ نمود، چرا که رقم جدید ساوالان و کلون‌های جدید ۳۹۷۰۰۱۵-۱۳ و ۳۹۷۰۰۸-۲ از برتری نسبی در مقایسه با رقم شاهد سانته برخوردار بودند.

سپاسگزاری

از حمایت‌ها و تلاش‌های بیدریغ جناب آقای مهندس نوروزی، مسئول ایستگاه تحقیقات اکباتان تشکر و قدردانی می‌گردد. همچنین از همکاری و مساعدت آقایان مهندس علیرضا سلیمی و مهندس محمد یزداندوست همدانی که در اجرای مراحل مختلف پژوهش ما را یاری نمودند سپاسگزاریم.

References

1- Parvaneh, V. 2013. Quality control and the chemical analysis of foods. University of Tehran Press. 332 p.
2- Parvizi, K. 2007. Evaluation and comparison of quantitative yield traits of new potato clones. Annual Report of Research Design, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan. 35 p.
3- Parvizi, K. 2007. Survey and evaluation of quantitative and Qualitative yield traits of new potato cultivars with Sante and Marfona control cultivars in Hamedan region. Annual Report of Research Design, Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedan. 35 p.
4- Hassan abadi, H., Mousapor goorji, A., Hassan panah, D., Parvizi, K., Kazemi, M., and Hajian far, R. 2013. Khavaran, New potato cultivar with high yield and good quality. Research Achievements for Field and Horticulture Crops 2 (1): 67-79.
5- Soufian, M., and Emadi, M. 1992. Botanical of Potato, systematic and morphology. Agricultural Research Organization Press, Agricultural Research Center of Hamedan. 35 p.
6- Allen, R., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56. Rome, Italy. 58 p.
7- Anconellis, G., Gudobonis, G., and Batilani, A. 2003. Irrigation efficiency applying subsurface drip irrigation and minisprinkler irrigation. Potato crop forth International Symposium on Irrigation of Horticutural crop, 1-5 september 2003, University of California. 256 p.
8- Awari, H. W., and Hiwase, S. S. 1994. Effect of irrigation systems on growth and yield of potato. Annul of Plant Physiology 8 (2): 185-187.
9- Caligari, P. D. S. 1992. Breeding new varieties. In: The Potato Crop, Scientific Basis for Improvement. Harris PM. Chapman and Hall, London pp 334-372.
10- Bizimungu, B. 2005. Drought tolerance in potato clone selected under deficit irrigation. Abstract of the 93rd Annual meeting of the potato association of America. PP. 256-259.

11- Hunst, M. 1998. Minnesota,s agranking, land values, cost of production, farm number, planting and harvesting progress. Minnesota Agricultural Journal 24: 15-22.
12- Gupta, J. P., and Singh, S. D. 1983. Hydrothermal environment of soil, and vegetable production with drip and furrow irrigations. Indian Journal of Agricultural Science 53 (2): 138-142.
13- Kumar, P., Pandey, S. K., Singh, S. V., and Kumar, D. 2006. Irrigation requirement of chipping potato cultivars under west Indian Plains. Potato Journal 34: 3-14.
14- Mazurrczyk, W., and Lis, B. 2002. Variation of Chemical composition of tuber potato table cultivars under deficit and excess of water. Research Division of Jadwisin. Plant Breeding and Agricultural Institute (IHAR), Annual Report. 257 p.
15- Pereira, A. B., and Shock, C. 2006. USA development of irrigation best Management practices for Potato, Oregan State University& Agricultural experiment Station, available at http: //www. ol. Irrigation. Org/ index.
16- Semet, O., Mehmet, E., Derya, O., and Sevgi, C. 2005. Different irrigation Methods and Water stress effects on potato yield and yield components. Agricultural Water Managment Journal 37: 37-86.
17- Singh, N., and Sood, M. C. 1993. Water and Future. Proceeding of the national symposium held at modipuram during 1-3. Indian potato Association Pp. 125-131.
18- Sowokines, J. R., Shock, C. C., and Stieberand, T. D. 2000. Compositional and enzymatic changes associated with sugar end deficit in Russet Burbank potatoes. American. Journal of Potato Research 77: 47-56.
19- Tolga, E., Yesim, E., and Hakan, O. 2005. Water Yield relationship of potato under different irrigation methods and regimens, University of Trakya, Dept of farm, Structurs and Irrigation, available at http://www. Terdem.Tu.Tz.Edu.Tr.
20- Tourneux, C., Devaux, A., Camacho, M. R., Mamani, P., and Ledent, J. F. 2003. Effects of water shortage on six potato genotypes in the highlands of Bolivia, I. Morphological parameters, growth and yield. Agricultural Journal 23: 169-179.
21- Wang, W., Vinocur, B., and Altman, A. 2003. Plant responses to drought, salinity and extreme temperatures: towards genetic engineering for stress tolerance. Plantarum Journal 218: 1-14.

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 13, No. 3, Fall. 2015, p. 637-650

نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۱۳، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۴، ص. ۶۵۰-۶۳۷

The Effect of Water Deficit Imposing Methods on Quantitative and Qualitative Traits of New Potato Cultivar

Kh. Parvizi[1*]- A. Ghadami-firooz Abadi[2]

Received: 11-09-2014
Accepted: 02-02-2015

Introduction

Water deficiency is the main factor that limits crop production in arid and semiarid regions. Due to limitation in water resources, low efficiency of water in surface irrigation method and irregular rainfall application of sprinkle and triple irrigation methods is inevitable in more regions of Iran. In this respect, it is crucial to employ methods that can improve water use efficiency and do not damage the sustainable production of potato in these regions. Introduction of some potato cultivars that have good capability of yield in deficit irrigation is anopportunity in this case. In previous study new released potato cultivar (Savalan) and three other promising clones had more yield and growing potential compared with Agriacultivar. Therefore, it was necessary to evaluate new cultivar (Savalan) and promising clones in water deficit irrigation. In this respect, as is expected, if cultivars or clones have more tolerance to water deficit they canbe suitable cultivar candidate and germplasms in water critical water conditions in many regions of Iran.

Material and Methods

This experiment has been conducted in Agricultural and Natural Resources Research Center of Hamedanin split plot design based on Randomized Complete Block in three replications with two factors, including: 1. Water deficit irrigation treatment, 50, 60, 70, 80, 90 and 100% of regular potato irrigation requirement. 2. Three clones accompanied with Savalan and Sante Cultivars. Irrigation system was tape method. Irrigation treatments were established immediately after cultivation of tubers. Water requirement was calculated through corrected vapotranspiration (ETo) determined by Penman-Monteith equation considering 90% water use efficiency. During the growing season, fewgrowing indices including, flowering longevity and harvesting time were recorded along with measurement of dry and fresh root weights. Total yield was measured by selecting randomly of 2 m^2in every plot. Harvested tubers were separated as marketable and non-marketable. Reducing sugars of tuber were calculated by titration and volume accuracy method. Tow-way analysis of variance (ANOVA) of the data was carried out using SAS software and the means were compared through the Duncan's Multiple Range Test.

Results and Discussion

multiple analysis of variance of two years demonstrated that water treatment and clone effects were significant at 1% α level on number of stem, time and longevity of flowering, overlapping time, senescing time, fresh and dry root weight, unmarketable yield and total yield. Water regimes had significant effect on reducing sugars but cultivar had not the same effect. Means comparison of main stem showed that providing 80% water requirement had uppermost effect (No average of 6.16 per plant), since it didn't significant difference with 90% and 100% of water requirement. Canopy overlapping time delayed as water supplement decreased. Three clones and Savalan showed similar reaction, but differences were significant as compared with other cultivar (Sante).It seems that supplementing of water requirement as 70% and upper than that have intensified the effect of cultivar on time of flowering and its longevity. Mean comparison of fresh and root dry weight showed significant effect of interaction between cultivar and irrigation levels. 397008-2 clone had more fresh and dry root weight in all irrigation levels as compared to other clones and cultivar. Mean comparison showed that 50 and 60 percent of water requirement increased in tuber. Three higher levels of irrigation regimes (80, 90 and 100 percentage of water requirement) showed the same effect on reducing sugar of tubers and didn't show significant difference with each other. Supplying water requirement (100%) produced highest yield (6.25 kg m^{-2}) and didn't show significant with 80 and 90 percent of water supplement. In this research, there were different reaction between clone/cultivar in main stem and overlapping time for different irrigation regimes. The differences of flowering

1- Assistant Prof, Faculty member of Agricultural and Natural Resources research center, Hamedan, Iran
2- Faculty member of Agricultural and Natural Resources research center, Hamedan, Iran
(*- Corresponding author Email: kparvizi@yahoo.com)

dateand its longevity between clones in different water treatments demonstrated that although flower longevity of potato is a qualitative trait related to cultivar inherit but it can be affected by environment condition like temperature, light intensity and soil moisture. In this research there have been remarkable changes in reducing sugar of tubers under different irrigation levels. Therefore we can conclude that by determining good strategy for water use management in potato, both water stresses and higher reduction of sugar can be avoided. This result was consistent with previous studies (12, 14 and 18) that evaluated the effect of water stress and water deficiency on qualitative characters of potato. Decreasing 20 percent water requirement of potato, resulted only 0.7 kg decrease of total yield per square meter. As a result, it can be save more than 40 million cubic meter of water only in Hamedan state every year. Moreover, if we apply some suitable cultivars same as Savalan and other promising clones that have more tolerance to water deficit, it can be more efficient.

Conclusions

Totally, the result of the this research showed that decreasing water requirement of potato until 20% not only did not impair the growth and performance of potato but also did not show adverse effects on qualify of harvested tuber. It is also found that Savalan and two clone had more advantage in comparison with others.

Keywords: Water stress, Irrigation treatment, Potato, Yield and growth reaction

Contents

Evaluation of Two Mycorrhiza Species and Nitroxin on Yield and Yield Components of Garlic (*Allium sativum* L.) in an Ecological Agroecosystem 446
P. Rezvani Moghaddam- M. B. Amiri- A. Norozian- H. R. Ehyaee
Effect of Mycorrhiza Symbiosis on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Affected by Different Irrigation Regimes in Mashhad Condition 459
A. Koocheki- S. Bakhshaie- S. Khorramdel- V. Mokhtari- Sh. Taher Abadi
Grain Yield and Water Use Efficiency of Five Sorghum Cultivars under Different Irrigation Regimes in Kerman 469
H. Vahidi- Gh. R. Khajoie Nejad- A. Rezaei Estakhroeih
Effect of Mycorrhizal Fungus (*Glomus* spp) on Wheat (*Triticumaestivum*) Yield and Yield Components with Regard to Irrigation Water Quality 483
S. Habibi- M. Meskarbashee- M. Farzaneh
The Effect of Integrated Chemical and Biological Fertilizers on Growth Indices and Mucilage Yield of Isabgol (*plantagoovata* Forssk) across Different Plant Densities 494
A. Sepehri- M. Samadi
Structural and Functional Diversity of Weed Species in Organic and Conventional Rice Agro-Ecosystems 511
S. Y. Mousawi Toghani- P. Rezvani Moghaddam- M. Nasiri Mahalti- M. R. Damavandian
Assessment of Qualitative and Quantitative Characters of Two Persian Clover Ecotypes Inoculated by *Rhizobium leguminosarum biovartrifoli* and *Pesudomonas putida* Bacteria 522
R. Azamei- M. R. Ardakani- M. Gomarian
Evaluation of Drought Tolerance in Some Wheat Genotypes Based on Selection Indices 541
M. Mohseni- S. M. M. Mortazavian- H. A. Ramshini- B. Foghi
Modeling Seed Germination of *Ricinus communis* Using Hydrothermal Time Model Developed on the Basis of Weibull Distribution 551
H. Akbari- A. Derakhshan- B. Kamkar- S. A. M. Modares Sanavi
Evaluation of the Effect of Rotation and Application Rate of Nitrogen on Yield, Yield Components and Nitrogen Efficiency Indexes in wheat 568
R. Nasri- A. Kashani- F. Paknejad- S. Vazan- M. Barary
The Effect of Planting Space and Harvesting Method on Quantitative and Qualitative Traits of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 581
H. Khazaei- A. Zarea Feizabadi
Evaluation of Physiological and Biochemical Characteristics of Four Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars in drought condition 596
A. Jamshidi Zinab- T. Hasanloo- A. M. Naji
The Effect of Seeding Rates and Nitrogen fertilizer on Yield and Yield Components of Wheat Cultivars in Corn residue (No Tillage) 609
D. Omidi Nasab- M. H. Gharineh- A. Bakhshande- M. Sharafizade- A. Shafeinia- A. Saghali
Evaluation of Seed Germination and Seed Vigor of Different Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Cultivars Under Different Planting Dates in Gorgan 621
M. Gorzin- F. Ghaderi-Far- E. Zeinali- S. E. Razavi
Effect of Row Intercropping Patterns on Yield, Yield Components, and Weed Control of Fenugreek (*Trigonellafoenumgreacum* L.) and Anise (*Pimpinellaanisum* L.) 635
F. Mardani- H. R. Balouchi- A. Yadavi- A. Salehi
The Effect of Water Deficit Imposing Methods on Quantitative and Qualitative Traits of New Potato Cultivar 649
Kh. Parvizi- A. Ghadami-firooz Abadi

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 13 **No. 3** **2015**

Publisher Ferdowsi University of Mashhad

Managing P. Rezvani Moghaddam (Agroecology) Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editor- in-chief H.R. Khazaei (Crop Physiology) Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Emam, Y.	Crop Physiology	Prof., Shiraz University
Bagheri, A.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Behdani, M.A.	Crop Ecology	Assoc. Prof., Birjand University
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Assoc. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., Birjand University
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., Birjand University
Zare- Feizabadi, A.	Crop Ecology	Prof., Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province
Shahriari-Ahmadi, F.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Kafi, M.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Nezami, A.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Mazaheri, D.	Crop Ecology	Prof., Tehran University
Nassiri-Mahalati, M.	Crop Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Address: Iranian Journal of Field Crops Research Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture Mashhad, Iran,

P. O. Box: 91775-1163

Email: cesc@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: https://jcesc.um.ac.ir

Ferdowsi University of Mashhad

Vol.13 No.3

2015

Iranian Journal of Field Crops Research

ISSN:2008-1472

Contents

Evaluation of Two Mycorrhiza Species and Nitroxin on Yield and Yield Components of Garlic (*Allium sativum* L.) in an Ecological Agroecosystem 446
P. Rezvani Moghaddam- M. B. Amiri- A. Norozian- H. R. Ehyaee

Effect of Mycorrhiza Symbiosis on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Affected by Different Irrigation Regimes in Mashhad Condition 459
A. Koocheki- S. Bakhshaie- S. Khorramdel- V. Mokhtari- Sh. Taher Abadi

Grain Yield and Water Use Efficiency of Five Sorghum Cultivars under Different Irrigation Regimes in Kerman 469
H. Vahidi- Gh. R. Khajoie Nejad- A. Rezaei Estakhroeih

Effect of Mycorrhizal Fungus (*Glomus* spp) on Wheat (*Triticumaestivum*) Yield and Yield Components with Regard to Irrigation Water Quality 483
S. Habibi- M. Meskarbashee- M. Farzaneh

The Effect of Integrated Chemical and Biological Fertilizers on Growth Indices and Mucilage Yield of Isabgol (*plantagoovata* Forssk) across Different Plant Densities 494
A. Sepehri- M. Samadi

Structural and Functional Diversity of Weed Species in Organic and Conventional Rice Agro-Ecosystems 511
S. Y. Mousawi Toghani- P. Rezvani Moghaddam- M. Nasiri Mahalti- M. R. Damavandian

Assessment of Qualitative and Quantitative Characters of Two Persian Clover Ecotypes Inoculated by *Rhizobium leguminosarum biovartrifoli* and *Pesudomonas putida* Bacteria 522
R. Azamei- M. R. Ardakani- M. Gomarian

Evaluation of Drought Tolerance in Some Wheat Genotypes Based on Selection Indices 541
M. Mohseni- S. M. M. Mortazavian- H. A. Ramshini- B. Foghi

Modeling Seed Germination of *Ricinus communis* Using Hydrothermal Time Model Developed on the Basis of Weibull Distribution 551
H. Akbari- A. Derakhshan- B. Kamkar- S. A. M. Modares Sanavi

Evaluation of the Effect of Rotation and Application Rate of Nitrogen on Yield, Yield Components and Nitrogen Efficiency Indexes in wheat 568
R. Nasri- A. Kashani- F. Paknejad- S. Vazan- M. Barary

The Effect of Planting Space and Harvesting Method on Quantitative and Qualitative Traits of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) 581
H. Khazaei- A. Zarea Feizabadi

Evaluation of Physiological and Biochemical Characteristics of Four Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars in drought condition 596
A. Jamshidi Zinab- T. Hasanloo- A. M. Naji

The Effect of Seeding Rates and Nitrogen fertilizer on Yield and Yield Components of Wheat Cultivars in Corn residue (No Tillage) 609
D. Omidi Nasab- M. H. Gharineh- A. Bakhshande- M. Sharafizade- A. Shafeinia- A. Saghali

Evaluation of Seed Germination and Seed Vigor of Different Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Cultivars Under Different Planting Dates in Gorgan 621
M. Gorzin- F. Ghaderi-Far- E. Zeinali- S. E. Razavi

Effect of Row Intercropping Patterns on Yield, Yield Components, and Weed Control of Fenugreek (*Trigonellafoenumgreacum* L.) and Anise (*Pimpinellaanisum* L.) 635
F. Mardani- H. R. Balouchi- A. Yadavi- A. Salehi

The Effect of Water Deficit Imposing Methods on Quantitative and Qualitative Traits of New Potato Cultivar 649
Kh. Parvizi- A. Ghadami-firooz Abadi