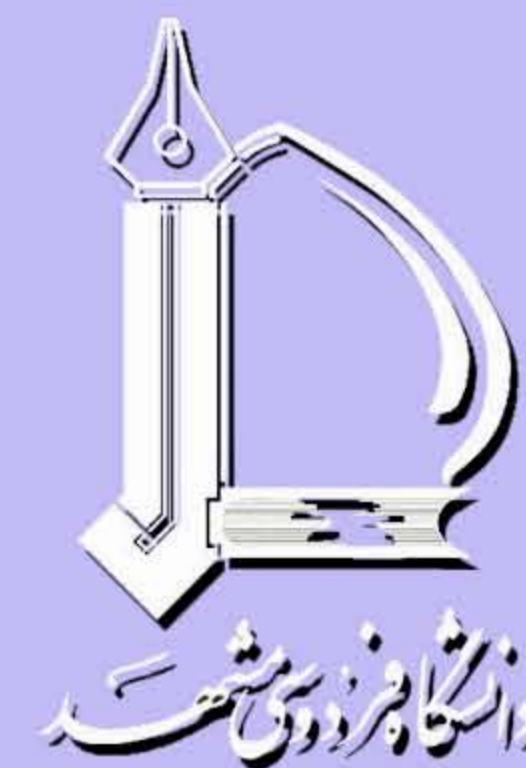




جلد ۱۴ شماره ۱

سال ۱۳۹۵

نشریه علمی - پژوهشی پژوهشهای زراعی ایران

شاپا: ۱۴۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: ۲- پیش بینی تولید محصولات زراعی و راهکارهای سازگاری ۱
علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی
- تأثیر هگزاکونازول و پنکونازول بر تحمل به سرما در گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*) ۲۱
علی کمندی - احمد نظامی - محمد کافی - جعفر نباتی
- بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد گیاه وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) در شرایط شاهرود ۳۷
علی انصوری - حسن شهقلی - حسن مکاریان - منوچهر قلی پور
- اثر روش های مختلف آبیاری و شیوه های کاشت بر بهره وری آب و سلامت ارقام تجارتي سیب زمینی ۴۸
حمیدرضا سالمی - احمد سلیمانی پور - علیرضا توکلی
- بررسی اثر کود نیتروژن بر میزان جذب و ضریب استهلاک نور در ارقام مختلف گندم ۵۹
فریده صمدیان - علی سلیمانی
- اثر محلول پاشی با غلظت های سالیسیلیک اسید و پوتری سین بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزه
(*Satureja hortensis* L.) ۷۳
عزیزه فرجی مهمانی - بهروز اسماعیل پور - فاطمه سفیدکن - سرور خرم دل
- تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص های فیزیولوژیک رشد، صفات کمی و کیفی دو رقم همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط اراک ۸۶
علی سپهری - تهمینه مهران راد - افشین کرمی
- اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و ذرت بچه هیبرید KSC 403 ۱۰۰
هاجر باوی - محمدرضا مرادی تلاوت - سید عطاءاله سیادت - احمد کوچک زاده
- اثر کاربرد حاصلخیزکننده های خاک بر برخی ویژگی های رشدی و عملکرد سورگوم دانه ای (*Sorghum bicolor*) ۱۰۹
رضا کمائی - مهدی پارسا - محسن جهان
- بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ های مختلف ارزن تحت دو رژیم آبیاری ۱۲۰
ساره مشایخی - غلامرضا خواجویی نژاد - قاسم محمدی نژاد
- بررسی تأثیر سیلیس بر بهبود تحمل به تنش شوری کلرید سدیم در یونجه یک ساله (*Medicago scutellata* L.) ۱۳۳
مایا عزیزی - احمد عبدل زاده - پویان مهربان جوبنی - حمیدرضا صادقی پور
- بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات فتوسنتزی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.) ۱۴۴
فرانک طهماسبی - پیمان حسینی - موسی مسکرباشی
- تأثیر زئولیت و محلول پاشی سلنیوم و سیلیسوم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک
کلزا تحت شرایط تنش شوری ۱۵۴
احمد بای بوردی
- بررسی اثر هورمون های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه ای
(*Zea mays* L.) در شرایط شور ۱۷۱
داوود دوانی - مجید نبی پور - حبیب الله روشنفکر دزفولی
- تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت ۱۸۵
راحله افشارمنش - اصغر رحیمی - بنیامین ترابی - عبدالرضا اخگر
- تأثیر روش های مختلف کشت پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) و میزان نیتروژن بر روند رشدی آن در شرایط
تداخل با اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*) ۲۰۰
نصرت اله کریمی آرپناهی - سید وحید اسلامی - سهراب محمودی - محمد حسن سیاری

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

سال ۱۳۹۵

شماره ۱

جلد ۱۴

صاحب امتیاز:

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

پرویز رضوانی مقدم

سر دبیر:

حمیدرضا خزاعی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد - آگرواکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیات تحریریه:

بحیی 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 بنیان 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: ۲۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

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

نمبر: ۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

مقالات این شماره در سایت <https://jcesc.um.ac.ir> به صورت مقاله کامل نمایه شده است.

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه می شود:

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۱ تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: ۲- پیش‌بینی تولید محصولات زراعی و راهکارهای سازگاری
علیرضا کوچکی - مهدی نصیری محلاتی
- ۲۱ تأثیر هگزاکونازول و پنکونازول بر تحمل به سرما در گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*)
علی کمندی - احمد نظامی - محمد کافی - جعفر نباتی
- ۳۷ بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد گیاه وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) در شرایط شاهرود
علی انصوری - حسن شهقلی - حسن مکاریان - منوچهر قلی پور
- ۴۸ اثر روش‌های مختلف آبیاری و شیوه‌های کاشت بر بهره‌وری آب و سلامت ارقام تجارتنی سیب‌زمینی
حمیدرضا سالمی - احمد سلیمانی پور - علیرضا توکلی
- ۵۹ بررسی اثر کود نیتروژن بر میزان جذب و ضریب استهلاک نور در ارقام مختلف گندم
فریده صمدیان - علی سلیمانی
- ۷۳ اثر محلول‌پاشی با غلظت‌های سالیسیلیک اسید و پوترسین بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.)
عزیزه فرجی مهمانی - بهروز اسماعیل‌پور - فاطمه سفیدکن - سرور خرم دل
- ۸۶ تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، صفات کمی و کیفی دو رقم همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط اراک
علی سپهری - تهمینه مهران راد - افشین کرمی
- ۱۰۰ اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و ذرت‌پچه هیبرید KSC 403
هاجر باوی - محمدرضا مرادی تلاوت - سید عطاءاله سیادت - احمد کوچک زاده
- ۱۰۹ اثر کاربرد حاصلخیزکننده‌های خاک بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*)
رضا کمائی - مهدی پارسا - محسن جهان
- ۱۲۰ بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن تحت دو رژیم آبیاری
ساره مشایخی - غلامرضا خواجه‌جویی نژاد - قاسم محمدی نژاد
- ۱۳۳ بررسی تأثیر سیلیس بر بهبود تحمل به تنش شوری کلرید سدیم در یونجه یک‌ساله (*Medicago scutellata* L.)
مایا عزیزی - احمد عبدل زاده - پویان مهربان جوبنی - حمیدرضا صادقی پور
- ۱۴۴ بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات فتوسنتزی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)
فرانک طهماسبی - پیمان حسینی - موسی مسکرباشی
- ۱۵۴ تأثیر زئولیت و محلول‌پاشی سلنیوم و سیلیسیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک کلزا تحت شرایط تنش شوری
احمد بای بوردی
- ۱۷۱ بررسی اثر هورمون‌های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط شور
داوود دواتی - مجید نبی پور - حبیب الله روشنفکر دزفولی
- ۱۸۵ تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول‌پاشی جای کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت
راحله افشارمنش - اصغر رحیمی - بنیامین ترابی - عبدالرضا اخگر

تأثیر روش‌های مختلف کشت پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) و میزان نیتروژن بر روند رشدی آن در شرایط تداخل با اویارسلام
ارغوانی (*Cyperus rotundus*)
نصرت اله کریمی آرپناهی - سید وحید اسلامی - سهراب محمودی - محمد حسن سیاری



تأثیر تغییر اقلیم بر کشاورزی ایران: ۲- پیش‌بینی تولید محصولات زراعی و راهکارهای سازگاری

علیرضا کوچکی^{۱*} - مهدی نصیری محلاتی^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۸/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۷/۰۲

چکیده

شواهد موجود نشان می‌دهد تغییر جهانی اقلیم بسیاری از متغیرهای اقلیمی کشاورزی ایران را در چند دهه آینده تحت تأثیر قرار خواهد داد. با این حال مطالعات اندکی در مورد پی‌آمدهای آن بر تولید گیاهان زراعی در سطح ملی انجام شده است. در این تحقیق عملکرد گندم، ذرت، نخود و چغندر قند به‌عنوان ۴ گونه مهم زراعی در شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ میلادی با مقادیر فعلی مقایسه و تغییرات آن مورد ارزیابی قرار گرفته است. شرایط اقلیمی سال هدف براساس یک سناریوی استاندارد به‌وسیله مدل گردش عمومی GFDL برآورد شد و نتایج به‌عنوان داده‌های آب و هوایی در مدل سوکروز که قبلاً به‌وسیله داده‌های آزمایشی برای گونه‌های تحت بررسی تعیین اعتبار شده بود مورد استفاده قرار گرفت. نتایج نشان داد که میانگین عملکرد گندم، ذرت، نخود و چغندر در سال هدف در مناطق مختلف کشور به‌ترتیب ۱۸/۶، ۱۹/۱، ۶/۶ و ۲۰ درصد کاهش خواهد یافت. این کاهش عمدتاً به دلیل افزایش دما بوده و افزایش غلظت دی اکسید کربن تنها در حدود ۵/۶ درصد از اثرات منفی دمای بالا را جبران می‌کند. آنالیز رگرسیون بر روی نتایج نشان داد که عملکرد گیاهان تحت بررسی به‌ازای هر ۱°C افزایش دما در طی کل دوره رشد بین ۹ تا ۱۷ درصد کاهش می‌یابد. البته در مورد گندم و ذرت کاهش عملکرد تا حد زیادی تابع میزان افزایش دما در طی دوره پر شدن دانه خواهد بود. افزایش دما، طول کل دوره رشد و نیز طول دوره پر شدن دانه را در گیاهان دانه‌ای کاهش خواهد داد. نتایج حاکی از این بود که در ذرت و گندم کاهش طول دوره پر شدن دانه و در نخود و چغندر کاهش طول دوره رسیدگی (کاشت تا برداشت) عامل اصلی کاهش عملکرد می‌باشد. با توجه به مقدار ضریب تبیین بین متغیرهای مختلف، به‌طور متوسط در حدود ۶۰ درصد از تغییرات عملکرد ۴ محصول تحت بررسی با افزایش دما توصیف می‌شود و به همین دلیل تغییرات مکانی عملکرد این محصولات در مناطق مختلف کشور با الگوی مکانی تغییرات دما در سال ۲۰۵۰ منطبق است. بنابراین راهکارهای سازگاری به شرایط اقلیمی سال هدف باید به‌گونه‌ای طراحی شوند که اثرات سوء دماهای بالا به‌ویژه در مراحل حساس رشد را کاهش دهند. ارزیابی روش‌های سازگاری از طریق شبیه‌سازی نشان داد که تغییر تاریخ کاشت و افزایش مقاومت به گرما روش‌های مؤثری برای سازگاری به شرایط اقلیمی آینده در محصولات تحت بررسی می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تغییرات عملکرد، راهکارهای سازگاری، طول دوره رشد، گرمایش جهانی

مقدمه

خواهد داشت با این حال اغلب مطالعات تجربی انجام شده متوجه کشورهای توسعه یافته می‌باشد (Kang et al., 2003). مطالعه اثرات تغییر اقلیم بر تولید محصولات زراعی مستلزم برآورد وضعیت اقلیمی آینده است. این برآوردها در حال حاضر به‌وسیله مدل‌های گردش عمومی (GCMs) و براساس سناریوهای مختلف انجام می‌گیرد و تلفیق این نتایج با مدل‌های شبیه‌سازی رشد امکان پیش‌بینی عملکرد گیاهان زراعی را در شرایط اقلیمی آینده فراهم می‌سازد (Carson, 1999). گیاهان زراعی از طریق افزایش فتوسنتز و کاهش هدایت روزنه‌ای به افزایش غلظت CO₂ پاسخ می‌دهند و سایر اثرات افزایش غلظت این گاز بر گیاه و اکوسیستم

با مطمئن‌تر شدن محققین از اینکه بالا رفتن غلظت گازهای گلخانه‌ای موجب افزایش دمای کره زمین خواهد شد (Kenter et al., 2006) نگرانی‌هایی در مورد اثرات بالقوه این تغییرات بر تولید محصولات زراعی به‌وجود آمده است. از آنجا که کشورهای در حال توسعه به شدت به کشاورزی وابسته‌اند، تأثیر گرمایش جهانی بر تولیدات این کشورها مخاطرات جدی از نظر امنیت غذایی به همراه

۱ - استاد گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: akooch@um.ac.ir)

(*) - نویسنده مسئول:

مدل گردش عمومی شاخص‌های اقلیمی کشاورزی ایران را برای سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۳۰ شمسی) پیش‌بینی کرده و نشان دادند که میانگین دمای سالانه مناطق مختلف کشور تا سال هدف بین ۳/۵ تا ۴/۵ درجه سانتی‌گراد افزایش می‌یابد در حالی که میانگین بارش سالانه بین ۷ تا ۱۴ درصد کاهش خواهد یافت. به‌علاوه این تغییرات از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور شدیدتر خواهد بود. بدون تردید بروز این تغییرات قابل توجه اقلیمی، پی‌آمدهایی را بر تولید محصولات زراعی در کشور به‌دنبال دارد که در مقیاس ملی کمتر مورد بررسی قرار گرفته و از سوی دیگر روش‌های مقابله با این شرایط نیز به‌درستی مطالعه نشده است. بنابراین هدف از اجرای این پژوهش ارزیابی تأثیر تغییرات آینده اقلیمی بر تولید برخی محصولات زراعی و ارائه راهکارهایی برای سازگاری به شرایط آینده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

داده‌های اقلیمی: آمار درازمدت هواشناسی شامل مقادیر ماهانه دما حداقل، حداکثر و بارش برای دوره ۴۰ ساله (۱۹۶۵-۲۰۰۵) مربوط به شهرستان‌های اراک، اردبیل، اصفهان، اهواز، آبادان، ایلام، ارومیه، بزم، بوشهر، بندرعباس، بندرانزلی، تبریز، تربت حیدریه، تهران، خرم‌آباد، خوی، رامسر، زاهدان، زنجان، سنج، ساری، سبزوار، سمنان، شاهرود، شهرکرد، شیراز، قزوین، قم، کرمان، کرمانشاه، گرگان، مشهد، همدان و یزد از بانک داده‌های سازمان هواشناسی کشور تهیه گردید. این ایستگاه‌ها به نحوی انتخاب شده‌اند که پوشش کاملی از نقاط مختلف اقلیمی ایران را فراهم ساخته و معرف وضعیت عمومی کشور باشند. پیش‌بینی شاخص‌های اقلیمی براساس سناریوی A1f (تداوم وضع فعلی^۱) با استفاده از دو مدل گردش عمومی GFDL و GISS برای سال ۲۰۵۰ میلادی (۱۴۳۰ شمسی) انجام شد که جزئیات آن توسط کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) توصیف شده است.

شبیه‌سازی رشد و نمو و عملکرد محصولات زراعی: جهت پیش‌بینی رشد و تولید چهار محصول زراعی شامل گندم (*Triticum aestivum*)، نخود (*Pisum sativum*)، چغندر قند (*Beta vulgaris*) و ذرت از مدل SUCROS (Van Laar et al., 1997) استفاده شد. سوکروز یک مدل عمومی است که ماده خشک، مراحل فنولوژیکی و عملکرد محصولات زراعی را براساس داده‌های روزانه آب و هوایی با فواصل یک روزه شبیه‌سازی می‌کند. مراحل نمو متناسب با سرعت نمو که خود تابعی از دما است محاسبه شده و توزیع ماده خشک بین اندام‌ها براساس مرحله نمو تعیین می‌گردد. جزئیات مدل SUCROS توسط خودریان و فان لار (Goudiraan and van

ناشی از تغییر در این دو فرآیند بنیادی است) (Goudiraan, 1996; Pidgeon et al., 2001). براساس برآوردهای مجمع بین‌دول تغییر اقلیم در غلظت‌های ۵۰۰ تا ۵۵۰ ppm گازکربنیک میانگین افزایش فتوسنتز برای گیاهان C₃، ۳۵-۳۰ درصد و برای گیاهان C₄، ۲۵-۱۰ درصد است. البته افزایش عملکرد کمتر از این مقدار بوده و برای گیاهان زراعی C₃ و C₄ به‌ترتیب بین ۲۵-۱۰ و ۱۰-۰ درصد می‌باشد (IPCC, 2007). افزایش مقاومت روزنه‌ای نیز با کاهش تعرق موجب افزایش کارایی مصرف آب و در نتیجه عملکرد بالاتر در گیاهان زراعی خواهد شد (Asseng et al., 2004). این اثرات مثبت تابع شرایط رشد گیاهان زراعی می‌باشد برای مثال توبیئلو و همکاران (Tubiello et al., 2000) نشان دادند که واکنش گندم به تغییر اقلیم در شرایط دیم یا آبی و تیز در شرایط کوددهی کم یا زیاد متفاوت می‌باشد.

با وجودی که نقش حاصلخیزکننده CO₂ بر بهبود رشد گیاهان به اثبات رسیده است، ولی افزایش دما ناشی از گرمایش جهانی این تأثیر مثبت را خنثی خواهد کرد (Long et al., 2004). البته افزایش دما در مناطق واقع در عرض‌های شمالی که با محدودیت طول فصل رشد مواجه هستند مطلوب خواهد بود در حالی که افزایش دما در مناطق گرم و خشک تولید را به‌شدت محدود می‌سازد. به‌عنوان مثال در دانمارک سطح زیر کشت ذرت (*Zea mays*) از ۱۱ هزار هکتار در سال ۱۹۹۳ به ۱۲۰ هزار هکتار در سال ۲۰۰۵ افزایش یافته که ناشی از افزایش دما در طی دوره رشد این گیاه و در نتیجه مناسب شدن شرایط تولید می‌باشد (Kjellsrom, 2005). در مقابل جونز و تورنتون (Jones and Thornton, 2003) پیش‌بینی کرده‌اند که عملکرد ذرت در آفریقا و آمریکای لاتین تا سال ۲۰۵۰ میلادی در حدود ۱۰ درصد کاهش می‌یابد که ارزش آن معادل ۲ میلیارد دلار آمریکا است. شواهد آزمایشی نشان می‌دهد که تسریع مراحل فنولوژی مهمترین پی‌آمد افزایش دما در گیاهان است. منزل و همکاران (Menzel et al., 2006) با مطالعه ۵۴۲ گونه گیاهی در ۲۶ کشور اروپا که شامل ۱۲۵ هزار سری زمانی بود دریافتند که در فاصله سال‌های ۱۹۷۱ تا ۲۰۰۰ میلادی در ۷۸ درصد موارد سرعت نمو به دلیل بالا رفتن دما افزایش یافته و طول مراحل کوتاه‌تر شده است. کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد ناشی از افزایش دما در اغلب گیاهان زراعی باعث کاهش عملکرد می‌شود زیرا تابش کمتری جذب شده و زمان کمتری برای تجمع ماده خشک در اختیار گیاه خواهد بود (Fulco and Senthold, 2006). باید توجه داشت که تأثیر توأم افزایش غلظت CO₂ و دما بر عملکرد گیاهان زراعی پیچیده بوده و بسته به موقعیت جغرافیایی متفاوت می‌باشد، بنابراین درک دقیق وضعیت تولید محصولات زراعی در شرایط اقلیمی آینده مستلزم انجام مطالعات در مقیاس منطقه‌ای و ملی می‌باشد.

کوچکی و همکاران (Koocheki et al., 2015) با استفاده از دو

1- Business as usual

استفاده شد (معادله ۲):

$$\Phi_p = \frac{(C_e - \Gamma)(C_{350} + 2\Gamma)}{(C_e + 2\Gamma)(C_{350} - \Gamma)} \quad (2)$$

که در آن Φ_p نسبت سرعت فتوسنتز در غلظت‌های بالای CO_2 نسبت به غلظت فعلی، C_{350} غلظت فعلی (۳۵۰ ppm)، C_e غلظت افزایش یافته (ppm) و Γ نقطه جبران CO_2 می‌باشد که خود وابسته به دما بوده و از معادله ۳ محاسبه می‌شود:

$$\Gamma = \frac{(163 - T)}{(5 - 0.1T)} \quad (3)$$

که در آن T دما ($^{\circ}\text{C}$) است. به این ترتیب با ضرب کردن مقدار Φ_p در A (معادله ۱) سرعت فتوسنتز در هر غلظت CO_2 به دست خواهد آمد. مقدار Φ_p در غلظت فعلی CO_2 برابر ۱ بوده و با افزایش غلظت بالا می‌رود، البته دما نیز بر آن مؤثر است و در دماهای بالا مقدار Φ_p با افزایش غلظت CO_2 کاهش خواهد یافت (شکل ۱). واکنش فتوسنتز به افزایش غلظت CO_2 در گونه‌های C_3 که با معادلات ۲ و ۳ بیان شد برای گونه‌های C_4 نظیر ذرت کاربرد ندارد زیرا پاسخ این گیاهان به غلظت‌های بالای CO_2 به مراتب کمتر از گونه‌های C_3 می‌باشد. در این مطالعه براساس برآوردهای IPCC (Kenter *et al.*, 2006) مقدار ثابتی معادل ۱۰ درصد به سرعت فتوسنتز ذرت اضافه شد.

در مدل سوکروز افزایش دما علاوه بر تأثیر بر سرعت نمو، حداکثر سرعت فتوسنتز در اشباع نوری (A_m ، معادله ۱) را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد. در شکل ۲ توابع مربوط به واکنش A_m به تغییرات دما برای چهار گونه تحت بررسی در این مطالعه نشان داده شده است.

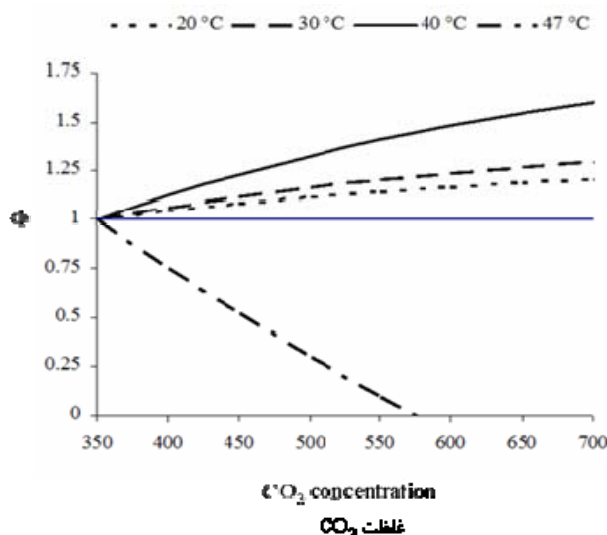
(Laar, 1993) ارائه شده است. لازم به ذکر است که نسخه اصلی مدل سوکروز برای شبیه‌سازی رشد گندم بهاره تهیه شده و در مورد گندم پاییزه لازم است تا دستورهای مربوط به بهاره شدن (ورنالیزاسیون) به آن اضافه شود که روش و معادلات مربوط به آن توسط کوچکی و نصیری (Koocheki and Nassiri, 2008) ارائه شده است. پارامترها و توابع لازم برای گندم، ذرت، نخود و چغندرقد از فایل داده‌های مربوط به محصولات زراعی در مدل WOFOST استخراج گردید. زیرا به دلیل تشابه ساختاری این داده‌ها در مدل SUCROS نیز قابل استفاده می‌باشند (van Ittersum *et al.*, 2003; Koocheki and Nassiri, 2008).

در مدل SUCROS سرعت فتوسنتز تک برگ توسط معادله ۱ توصیف شده است:

$$A = A_m (1 - \exp(-\varepsilon I_a / A_m)) \quad (4)$$

که در آن A سرعت فتوسنتز ناخالص (کیلوگرم CO_2 بر هکتار برگ بر هکتار زمین)، A_m حداکثر سرعت فتوسنتز در اشباع نوری (کیلوگرم CO_2 بر هکتار برگ بر هکتار زمین)، ε کارایی مصرف نور اولیه (کیلوگرم CO_2 بر هکتار سطح برگ بر هکتار زمین به ازای ژول در متر مربع در ثانیه) و I_a تابش جذب شده (ژول در متر مربع در ثانیه) می‌باشد.

محققین روش‌های مختلفی را برای توصیف واکنش گیاهان به CO_2 به کار برده‌اند که بسته به ساختار مدل موجب تصحیح فتوسنتز یا کارایی مصرف نور می‌شوند و انواع این روش‌ها توسط توبیئلو و اورت (Tubiello and Ewert, 2002) مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعه برای توصیف تأثیر CO_2 بر فتوسنتز از روش ارائه شده توسط راینکا و همکاران (Reyenga *et al.*, 1999)



شکل ۱- مقادیر شبیه‌سازی شده Φ براساس معادلات ۲ و ۳ در غلظت ۳۵۰ تا ۷۰۰ ppm گاز کربنیک و تأثیر دما بر آن

Figure 1- Simulated values of Φ based on Equations 2 and 3 at CO_2 concentration of 350-700 ppm as affected by temperature

نتایج و بحث

سنجش اعتبار مدل

نتایج نشان داد که مدل سوکروز قابلیت مطلوبی در شبیه‌سازی عملکرد و مراحل نمو گیاهان تحت بررسی دارد. در شکل ۳ مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهده شده عملکرد با هم مقایسه شده‌اند و مدل در مورد هر چهار گونه زراعی برآوردهای قابل قبولی داشت. مقایسه آماری بین پیش‌بینی مدل و مشاهدات (جدول ۱) نیز نشان داد که مقدار جذر میانگین مربعات خطا (RMSE%) برای عملکرد ذرت، گندم، نخود و چغندر قند به ترتیب ۵/۸، ۴/۸، ۹/۵ و ۵/۵ درصد بود که همگی کمتر از ۱۰ درصد و مطلوب می‌باشند. البته در پیش‌بینی مراحل نمو گونه‌ها قابلیت مدل کمتر بود ولی حداکثر مقدار RMSE% از ۱۲/۹ درصد تجاوز نکرد. به‌علاوه در مورد تمام متغیرهایی که تعیین اعتبار بر روی آنها انجام شد تفاوت معنی‌داری بین شب و عرض از مبدأ خط رگرسیون بین مقادیر پیش‌بینی شده و مشاهدات و خط ۱:۱ مشاهده نشد (جدول ۱).

مدل سوکروز در مطالعات قبلی نیز جهت پیش‌بینی رشد و نمو عملکرد محصولات زراعی با نتایج مطلوبی به کار رفته است (Bannayan and Crout, 1999; Easterling, 2007) خودریان (Goudiraan and van Laar, 1993) و ولف (Wolf, 2002) مدل سوکروز را پس از تعیین اعتبار برای مطالعات تغییر اقلیم در مقیاس منطقه‌ای مورد استفاده قرار داده‌اند. کوچکی و نصیری (Koocheki and Nassiri, 2008) نیز توانایی مدل سوکروز را در پیش‌بینی عملکرد و مراحل فنولوژی گندم در ایران گزارش کرده‌اند.

لازم به ذکر است که در مدل علاوه بر فتوسنتز، تنفس نیز طبق قاعده Q_{10} تابع دما بوده و در نتیجه نهایتاً فتوسنتز خالص کانوپی برای غلظت CO_2 و دما تصحیح می‌شود. برای اجرای مدل به داده‌های روزانه دما حداکثر و حداقل و نیز میزان تابش خورشیدی نیاز است که مقادیر آنها در شرایط فعلی و شرایط تغییر اقلیم برای مناطق مورد مطالعه محاسبه شد (Koocheki et al., 2015).

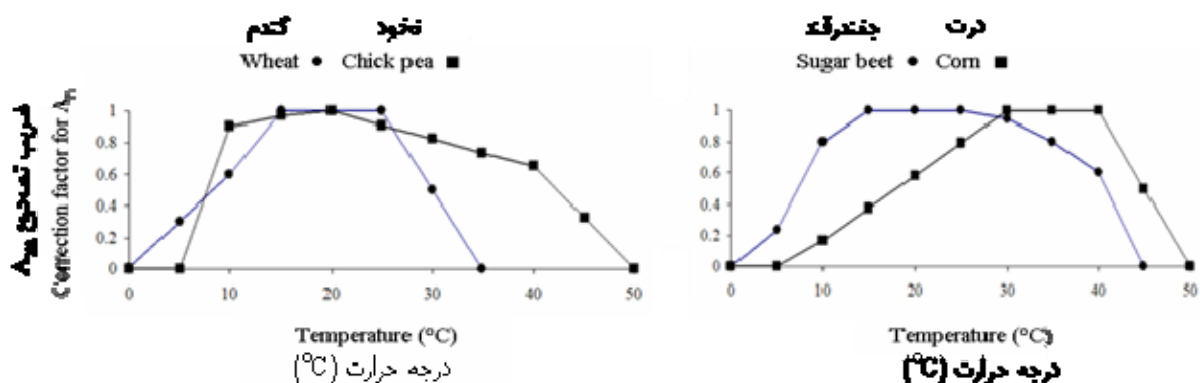
واسنجی و تعیین اعتبار مدل: مدل SUCROS

به کارگیری در مطالعه تغییر اقلیم ابتدا واسنجی و سپس تعیین اعتبار شد. واسنجی عبارتست از تعیین پارامترها و ضرایب مدل تا حصول پیش‌بینی مطلوب از مراحل فنولوژی و عملکرد و سایر خصوصیات تحت بررسی. این عمل معمولاً با اجرای مدل، تصحیح پارامترها و ضرایب جهت اصلاح نتایج نادرست و تکرار آن تا دستیابی به نتیجه مطلوب انجام می‌شود بنابراین قبل از تعیین اعتبار مدل اجرای مرحله واسنجی آن ضروری است. همانگونه که ذکر شد پارامترها و ضرایب مدل از فایل داده‌های گیاهی مدل WOFOST برای گیاهان تحت بررسی استخراج شد البته برخی از این مقادیر در طی مرحله واسنجی تصحیح گردید. مدل پس از واسنجی براساس داده‌های حاصل از آزمایش‌هایی که در شرایط بهینه رشد هر محصول اجرا شده بود، تعیین اعتبار گردید.

قابلیت مدل در پیش‌بینی عملکرد و مراحل نمو گونه‌های زراعی تحت بررسی با محاسبه جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) ارزیابی شد (معادله ۴):

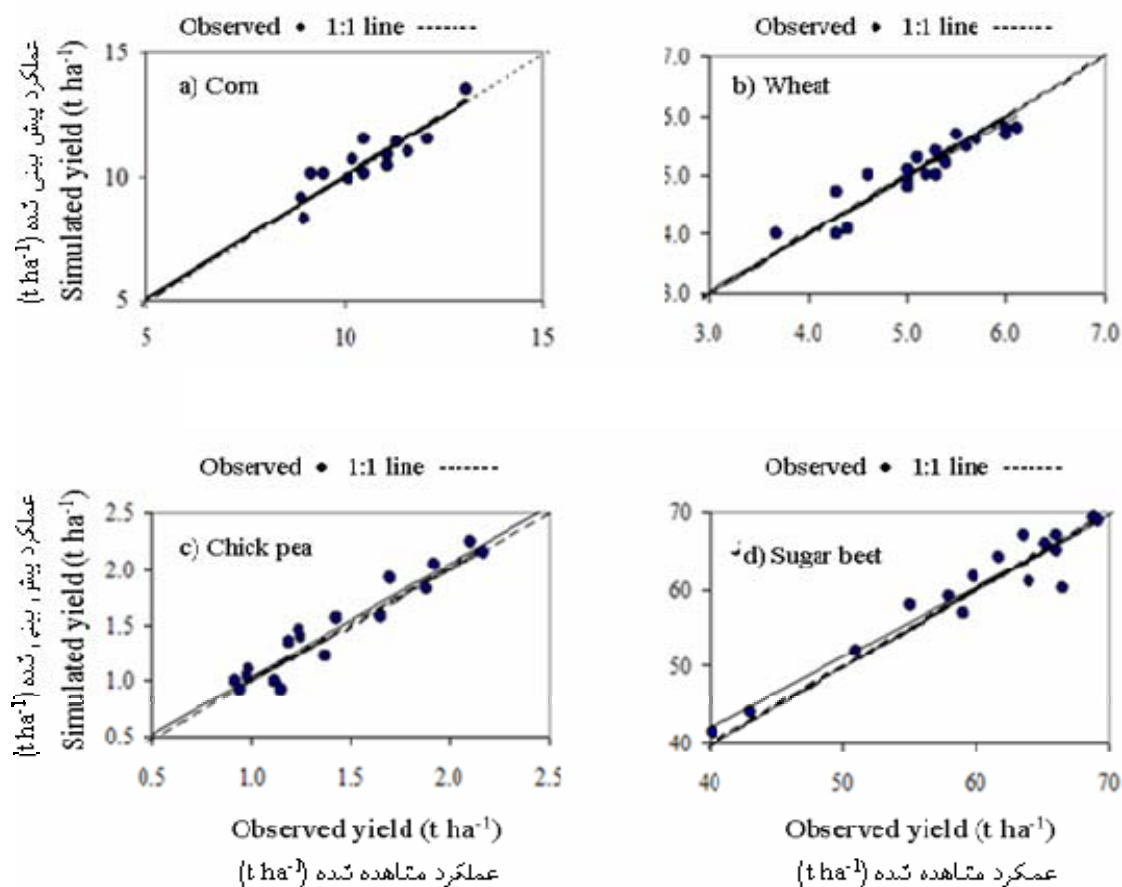
$$RMSE(\%) = \sqrt{\sum (O_i - P_i)^2 / n} \cdot \frac{100}{O} \quad (4)$$

که در آن O_i و P_i به ترتیب مقادیر مشاهده شده و پیش‌بینی شده، n تعداد مشاهدات و $\bar{O}$ میانگین مشاهدات می‌باشد.



شکل ۲- توابع تعریف شده در مدل سوکروز برای توصیف تأثیر دما بر سرعت فتوسنتز برگ، ضریب تصحیح در محور Y نسبت A_m در دمای بهینه به مقدار آن در دماهای مختلف می‌باشد

Figure 2- The function defined in SUCROS model for describing the effect of temperature on leaf assimilation rate, correction factor indicates the ratio of A_m at optimum temperature to its value at different temperatures



شکل ۳- رگرسیون بین مقادیر مشاهده شده و مقادیر پیش‌بینی شده عملکرد ذرت، گندم، نخود و چغندر قند به وسیله مدل سوکروز و مقایسه آن با خط ۱:۱

Figure 3- Comparison between observed and simulated yields of wheat, corn, chick pea and sugar beet. Regression and 1:1 lines are shown for each crop. Details of validation results are given in Table 1

تأثیر تغییر اقلیم بر عملکرد

به منظور تفکیک تأثیر افزایش دما و اثر مثبت افزایش غلظت CO_2 مدل سوکروز برای هر محصول دو مرتبه به اجرا درآمد. در اجرای نخست تنها افزایش دما برای سال هدف در مدل تعریف شد و در اجرای دوم تأثیر توأم دو عامل بر عملکرد مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که عملکرد ۴ محصول تحت بررسی در هر دو شرایط کاهش خواهد یافت (شکل ۴) و به طور کلی بیشترین میزان کاهش عملکرد مربوط به چغندر قند و کمترین آن مربوط به نخود خواهد بود. به علاوه اثرات منفی دما به مراتب شدیدتر از نقش حاصلخیزکننده CO_2 می‌باشد. افزایش غلظت CO_2 تأثیر منفی دماهای بالا را

به ترتیب در ذرت، گندم، نخود و چغندر قند به میزان ۳/۷، ۶/۹، ۴/۶ و ۷/۳ درصد خشی کرد که در میانگین معادل ۵/۶ درصد و در مقایسه با کاهش عملکرد ناشی از دما ناچیز می‌باشد. مقایسه نتایج شبیه‌سازی (شکل ۴) به وضوح نشان می‌دهد که نقش مثبت CO_2 در ذرت (C_4) کمتر از گونه‌های C_3 است. اختلاف در واکنش گونه‌های C_3 و C_4 به افزایش غلظت CO_2 در مطالعات مختلف گزارش شده است. یانگ و همکاران (Yang et al., 2006) بیان داشتند که افزایش عملکرد ناشی از غلظت‌های بالای CO_2 کمتر از واکنش فتوسنتز بوده و برای گیاهان زراعی C_3 و C_4 به ترتیب بین ۱۰-۲۵ و ۰-۱۰ درصد می‌باشد.

جدول ۱- نتایج تعیین اعتبار مدل سوکروز بر اساس مقادیر جذر میانگین مربعات خطا (RMSE) و درصد آن (RMSE%) و نیز عرض از مبدأ (a)، شیب (b) و ضریب تبیین (r^2) خط رگرسیون بین مقادیر مشاهده و پیش‌بینی شده

Table 1- Results of validation of SUCROS model based on the values of root mean square error (RMSE) and its percentage (RMSE%) together with intercept (a), slope (b) and coefficient of determination (r^2) for regression line between observed and simulated yields

	n	$\bar{X}$	RMSE	RMSE (%)	Regression coefficients		
					a	b	r ²
Corn							
عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	14	9.8	0.57	5.8	0.18	0.98	0.96
روز تا رسیدگی Days to maturity	8	132	12.3	9.3	2.12	1.03	0.94
روز تا گلدهی Days to flowering	8	69	7.3	10.5	3.6	1.12	0.92
Wheat							
عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	19	5.2	0.75	4.8	0.19	0.95	0.97
روز تا رسیدگی Days to maturity	12	276	26.9	9.7	3.11	0.91	0.94
روز تا گلدهی Days to flowering	12	219	23.6	10.7	4.15	1.18	0.90
Chick pea							
عملکرد دانه Grain yield (t/ha)	17	1.51	0.14	9.6	0.012	1.02	0.91
روز تا رسیدگی Days to maturity	9	118	13.2	11.2	3.12	1.15	0.90
روز تا گلدهی Days to flowering	9	73	9.4	12.9	4.11	1.21	0.85
Sugar beet							
عملکرد ریشه Tuber yield (t/ha)	18	59	3.27	5.5	5.58	0.91	0.92
روز تا رسیدگی Days to maturity	18	188	19	10.1	2.11	1.14	0.87

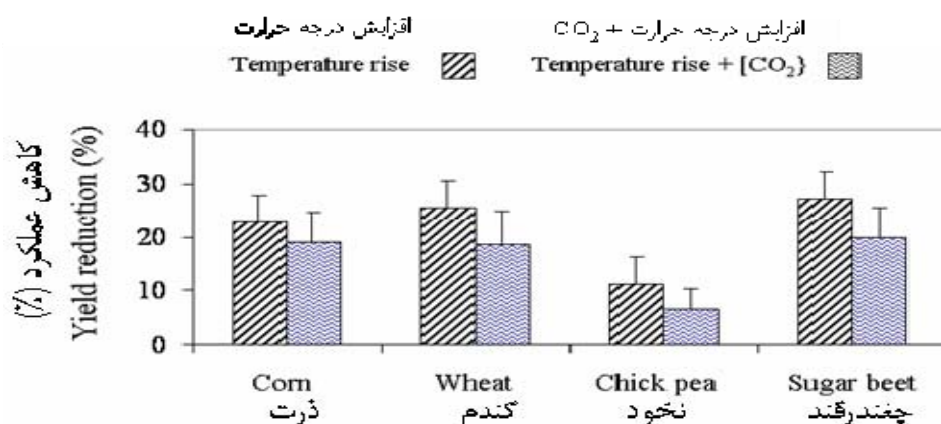
نتایج این محققین نشان داد که افزایش غلظت CO_2 تنها ۴ درصد از اثرات منفی افزایش دما و کاهش بارش را جبران خواهد کرد. نتایج مال و همکاران (Mall *et al.*, 2004) در مورد تأثیر تغییر اقلیم بر تولید سویا در هندوستان نیز حاکی از آن است که کاهش عملکرد ناشی از افزایش دما از طریق تأثیر مثبت CO_2 جبران نخواهد شد. لانگ و همکاران (Long *et al.*, 2006) براساس شواهد آزمایشی بیان داشتند که نقش حاصلخیزکننده CO_2 در تولید گیاهان به مراتب کمتر از مقداری است که انتظار می‌رود.

در شکل ۵ تغییرات عملکرد ۴ محصول زراعی تحت بررسی در این تحقیق در شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ میلادی در مناطق اصلی کشت این گیاهان در کشور که براساس آمار سطح زیر کشت و میزان تولید آنها تعیین شده (Ministry of Jihad e Agriculture, 2011) ارائه شده است. نتایج ارائه شده در نقشه‌های پیش‌بینی (شکل ۵)

اورت و همکاران (Ewert *et al.*, 2002) براساس نتایج مدل‌های شبیه‌سازی اظهار داشتند افزایش دما و کاهش رطوبت خاک اگرچه عملکرد گیاهان زراعی را تا سال ۲۰۵۰ میلادی کاهش خواهد داد ولی غنی‌سازی ناشی از افزایش غلظت گازکربنیک این اثرات را تا حد زیادی جبران خواهد کرد. به نظر می‌رسد که این اثرات منطقه‌ای بوده و در مناطق معتدله شمالی افزایش دمای تابستان و بهار به دلیل طولانی‌تر کردن فصل رشد در ترکیب با غلظت CO_2 یک مزیت محسوب شود ولی در آب و هوای نیمه خشک افزایش دمای این فصول بسیار نامطلوب بوده و بروز تنش گرما و خشکی تولید را محدود خواهد کرد (Rosenzweig and Tubiello, 1997). فولکو و سنتولد (Fulco and Senthold, 2006) براساس سناریوی افزایش شدید غلظت CO_2 پیش‌بینی کردند که تا سال ۲۰۷۰ میلادی عملکرد گندم در بخش‌هایی از استرالیا تا ۲۵ درصد کاهش می‌یابد.

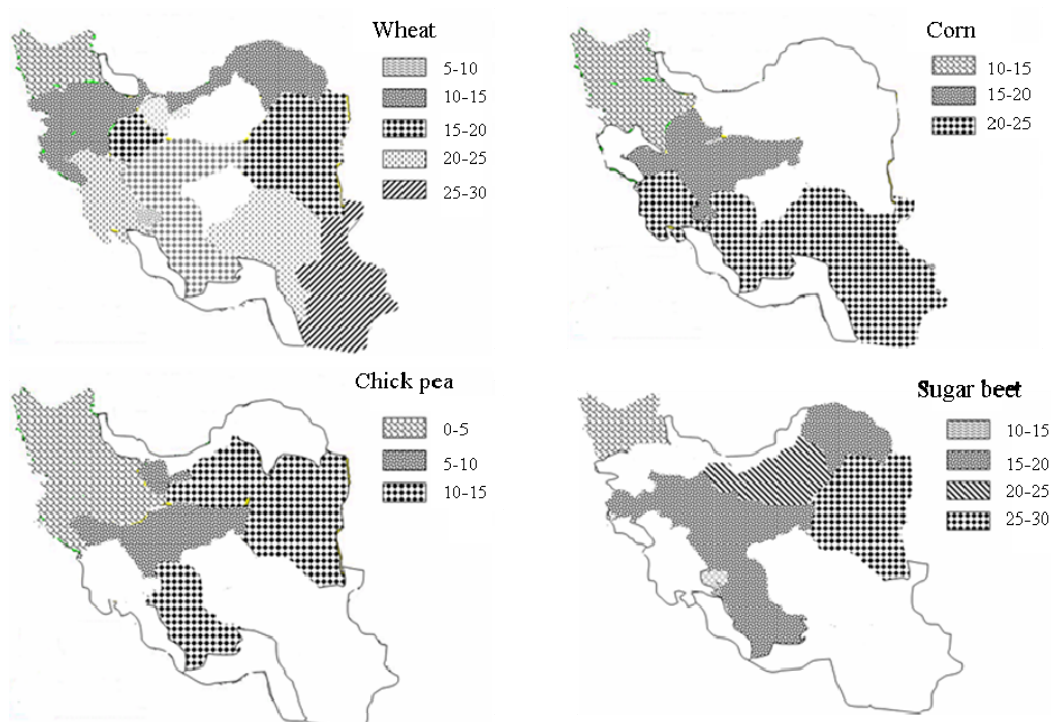
عملکرد گندم ۳۰-۵ درصد، ذرت ۲۵-۱۰ درصد، نخود ۱۵-۰ درصد و چندرقلند ۳۰-۱۰ درصد کاهش می‌یابد.

نشان می‌دهد که تا سال ۲۰۵۰ میلادی و براساس سناریوی AIF (تداوم وضع فعلی و انتشار زیاد CO₂) مجمع بین‌الدول تغییر اقلیم،



شکل ۴- پیش‌بینی میزان کاهش عملکرد ۴ محصول زراعی برای سال ۲۰۵۰ میلادی نسبت به عملکرد فعلی، جهت برآورد عملکرد هر محصول مدل سوکروز یک بار تنها با اثر گرمایش و یک بار با اثر توأم افزایش دما و غلظت CO₂ اجرا شده است. خطوط عمودی انحراف معیار مربوط به مناطق مختلف کشور می‌باشند

Figure 4- Predicted yield reduction in the studied crops for the year 2050 compared to current yields, yield are predicted using SUCROS model under temperature rise and temperature rise + increased CO₂ concentration. Vertical bars show SE of regions



شکل ۵- پیش‌بینی میزان کاهش عملکرد (%) در سال ۲۰۵۰ میلادی نسبت به شرایط فعلی برای ۴ محصول زراعی در مناطق اصلی کشت آنها در کشور

Figure 5- Predicted yield reduction (%) for year 2050 compared to current conditions for wheat, corn, chick pea and sugar beet in main cropping regions across the country

عملکرد و موقعیت جغرافیایی محل مطالعه می‌باشد، کاهش عملکرد محصولات زراعی در مناطق گرم و خشک جهان نقطه مشترک همه مطالعات است. البته پیش‌بینی‌هایی نیز در مورد افزایش عملکرد در شرایط تغییر اقلیم وجود دارد که عمدتاً مربوط به کانادا، شمال آمریکا و اروپای شمالی می‌باشند (Ewert *et al.*, 2002) یعنی مناطقی که در شرایط فعلی دماهای پایین محدودکننده رشد محصولات زراعی است.

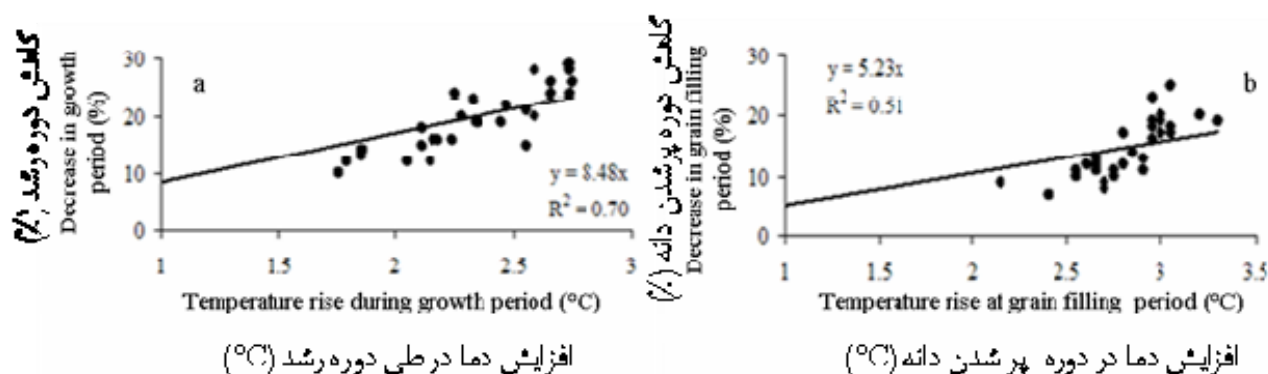
توزیع کاهش عملکرد ۴ محصول تحت بررسی در این تحقیق در سطح کشور (شکل ۵) تا حد زیادی با الگوی مکانی افزایش دما در سال هدف که توسط کوچکی و همکاران (Koocheki *et al.*, 2015) توصیف شده انطباق دارد به‌طوری‌که شدت کاهش عملکرد از غرب به شرق و از شمال به جنوب کشور افزایش می‌یابد. بنابراین به‌نظر می‌رسد که افزایش دما مهمترین عامل مؤثر بر کاهش عملکرد محصولات زراعی در کشور است.

تغییر اقلیم و طول مراحل نمو

افزایش دما ناشی از گرمایش جهانی باعث کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد در هر ۴ گونه تحت بررسی در این تحقیق شد، البته شدت تأثیر بین گونه‌ها متفاوت بود. براساس پیش‌بینی‌های انجام شده به‌وسیله مدل گردش عمومی GFDL (Koocheki *et al.*, 2015) تا سال ۲۰۵۰ میلادی میانگین افزایش دما در طی دوره رشد گندم (کاشت تا رسیدگی) در مناطق تحت بررسی $2/3^{\circ}\text{C}$ در بازه‌ای بین $1/8^{\circ}\text{C}$ تا $2/8^{\circ}\text{C}$ خواهد بود و برآورد میانگین افزایش دما برای مرحله گلدهی گندم $2/6^{\circ}\text{C}$ (۲ تا $3/1^{\circ}\text{C}$) و برای مرحله پر شدن دانه $2/8^{\circ}\text{C}$ ($2/2^{\circ}\text{C}$ تا $3/3^{\circ}\text{C}$) می‌باشد.

این افزایش دما باعث خواهد شد تا در سال هدف در مناطق مختلف کشور کل دوره رشد گندم به‌طور متوسط $19/4$ درصد و دوره پر شدن دانه $14/3$ درصد کاهش یابد. البته دامنه این تغییرات بسیار وسیع بوده و برای مثال در مورد کل دوره رشد گندم بین ۱۰ تا ۲۹ درصد برآورد شد. بررسی رابطه بین افزایش دما و طول کل دوره رشد نشان داد که در گندم به‌ازای هر 1°C افزایش در میانگین دمای دوره رشد، طول این دوره در حدود $8/5$ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۶-ا). با توجه به تفاوت بین تعداد روزهای کاشت تا رسیدگی در مناطق مختلف، این کاهش در حدود ۱۹ روز به‌ازای هر 1°C افزایش دما در طی دوره رشد خواهد بود. طول دوره پر شدن دانه نیز با افزایش دما کاهش می‌یابد که مقدار آن $6/5$ درصد یا تقریباً ۴ روز به‌ازای هر 1°C افزایش دما در طی دوره پر شدن دانه است (شکل ۶-ب).

شواهد متعدد نشان داده است که تا سال ۲۰۳۰ میلادی عملکرد محصولات زراعی در مقیاس جهانی به دلیل پی‌آمدهای تغییر اقلیم بین ۵ تا ۱۰ درصد کاهش خواهد یافت و این کاهش در مورد گندم، ذرت و برنج به دلیل حساسیت آنها بیشتر است (Kang *et al.*, 2003). پیش‌بینی‌های اردا و همکاران (Erda *et al.*, 2005) نیز نشان داده است که در طی ۲۰ تا ۸۰ سال آینده تغییر اقلیم با احتساب اثرات مثبت افزایش CO_2 ، عملکرد گندم، برنج و ذرت را در مقیاس جهانی تا ۳۷ درصد کاهش خواهد داد. مطالعات انجام شده در مقیاس منطقه‌ای نیز اغلب حاکی از کاهش عملکرد محصولات زراعی در کشورهای مختلف است. کوچکی و نصیری (Koocheki and Nassiri, 2008) با شبیه‌سازی عملکرد گندم به‌وسیله مدل سوکروز میزان کاهش عملکرد در سال ۲۰۵۰ را براساس سناریوی انتشار متوسط IPCC، بین ۱۳ تا ۲۸ درصد در مناطق مختلف کشور گزارش کردند. تفاوت عمده تحقیق قبلی با مطالعه حاضر سناریوهای اقلیمی و روش توصیف واکنش فتوسنتز به افزایش غلظت CO_2 می‌باشد. لازم به ذکر است که کاهش عملکرد گندم دیم کشور در سال ۲۰۵۰ در حدود ۳۵ درصد برآورد شده (Koocheki *et al.*, 2015) که به‌مراتب بیشتر از گندم آبی می‌باشد. توبیئلو و همکاران (Tubiello *et al.*, 2000) در مطالعه‌ای که به‌وسیله مدل CROPSYT بر روی برخی گیاهان زراعی در ایتالیا انجام شد پیش‌بینی کردند که با دو برابر شدن غلظت CO_2 ، افزایش دما به میزان ۴ درجه سانتی‌گراد و ۱۰ درصد افزایش بارش عملکرد گندم، ذرت، سویا، جو و سورگوم در این کشور به‌ترتیب ۲۰، ۲۵، ۳۵، ۳۰ و ۵۰ درصد کاهش خواهد یافت. تائو و همکاران (Tao *et al.*, 2009) کاهش عملکرد ذرت در استان هنان چین را برای سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی به‌ترتیب معادل $9/7$ ، $15/7$ و $24/7$ درصد پیش‌بینی کرده‌اند. انور و همکاران (Anwar *et al.*, 2007) با شبیه‌سازی عملکرد گندم دیم در جنوب غربی استرالیا نشان دادند که براساس دو سناریوی زیاد و متوسط انتشار CO_2 عملکرد گندم دیم تا سال ۲۰۷۰ میلادی بیش از ۲۹ درصد کاهش می‌یابد. ژیونگ و همکاران (Xiong *et al.*, 2007) نیز با استفاده از مدل CERES-MAIZE و براساس دو سناریوی تغییر اقلیم کاهش عملکرد ذرت در شمال چین را تا نیمه قرن حاضر حدود ۲۵ درصد برآورد کردند. نتایج ارائه شده توسط ازدوقان (Özdoğan, 2011) که براساس سناریوهای مختلف تغییر اقلیم انجام شده نیز حاکی از آن است که عملکرد گندم در شمال غربی کشور ترکیه تا نیمه قرن حاضر بین ۵ تا ۳۰ درصد کاهش خواهد یافت. علی‌رغم تفاوت‌های موجود بین پیش‌بینی‌ها که ناشی از عوامل مختلف از جمله سناریوی تغییر اقلیم، مدل شبیه‌سازی استفاده شده برای پیش‌بینی



شکل ۶- رابطه بین افزایش دما در کل دوره رشد (a) و در مرحله پر شدن دانه (b) با طول مراحل رشد در گندم. داده‌ها مربوط به مناطق مختلف کشت گندم در کشور می‌باشند، میزان افزایش دما در هر ایستگاه نتیجه پیش‌بینی مدل گردش عمومی برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد و طول مراحل رشد در سال هدف و در هر منطقه به‌وسیله مدل سوکروز برآورد شده است

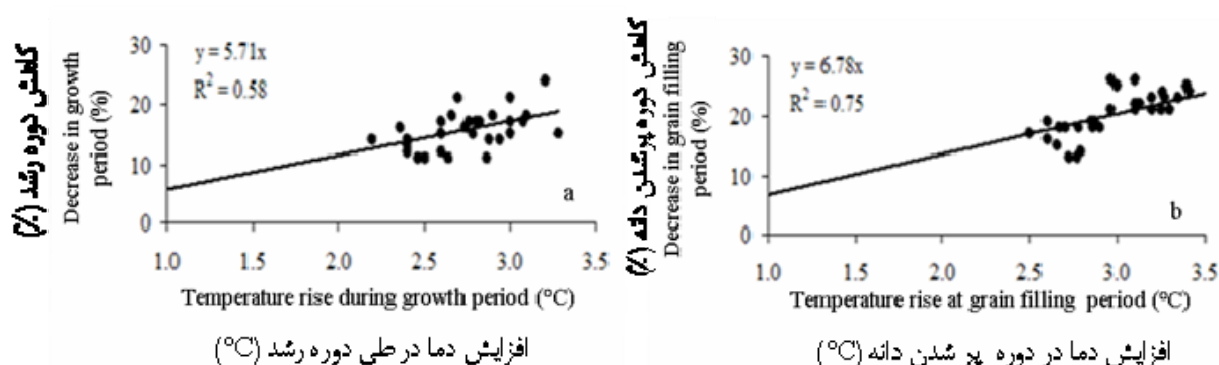
Figure 6- Relation between temperature rise during the whole growth period (a) and in grain filling period (b) and length of growth stages in wheat. Data points obtained for different regions across the country, change in temperature is predicted by GCM for year 2050 and length of growth stages for the target year is estimated by SURCOS model

میلادی در مناطق مختلف کشور بین ۱/۲ تا ۲/۴°C و میانگین آن در حدود ۱/۸°C پیش‌بینی شد. این افزایش دما باعث خواهد شد میانگین طول دوره کاشت تا رسیدگی نخود در حدود ۱۴ درصد کاهش یابد که معادل ۷ درصد (تقریباً ۶ روز) به‌ازای هر ۱°C افزایش دما می‌باشد (شکل ۸).

در مورد چغندر قند نیز افزایش میانگین دما در طی کل فصل رشد برای سال هدف ۲/۸°C پیش‌بینی شد که باعث کاهشی معادل ۱۵ درصد در طول دوره کاشت تا رسیدگی این گیاه می‌شود. رابطه رگرسیون بین این دو متغیر (شکل ۸) نشان داد که با هر ۱°C افزایش دما در طی دوره رشد، طول این دوره ۴ درصد (معادل ۹ روز) کوتاه‌تر خواهد شد.

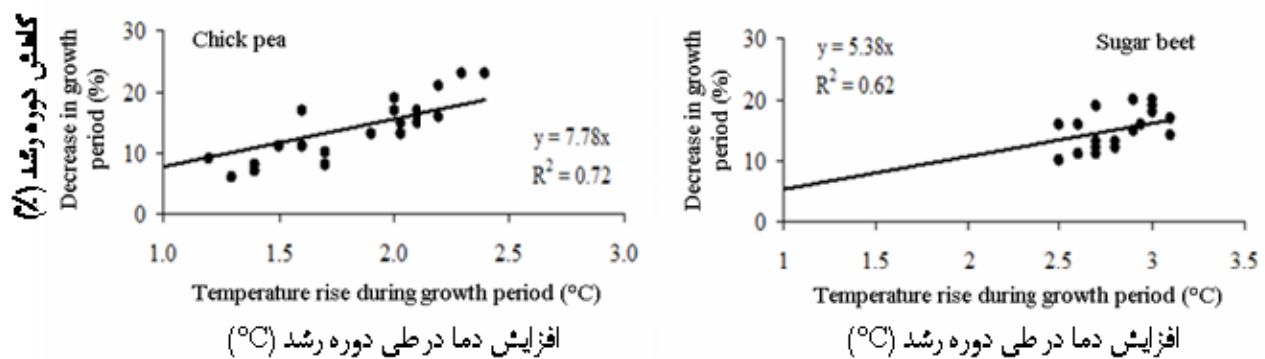
میانگین افزایش دما سال هدف در طی کل دوره رشد (کاشت تا رسیدگی) ذرت به ۲/۸°C در بازه ۲/۲-۳/۳°C خواهد رسید. این افزایش دما باعث خواهد شد که در این گیاه میانگین طول دوره رشد ۱۵/۷ درصد و طول دوره پر شدن دانه تا ۱۸ درصد کاهش یابد. ارزیابی رابطه بین دو متغیر نشان داد هر ۱°C افزایش میانگین دما در طی دوره رشد، باعث ۵/۷ کاهش در طول دوره کاشت تا رسیدگی ذرت می‌شود (شکل ۷- a) که تقریباً معادل ۸/۵ روز به‌ازای هر ۱°C افزایش دما می‌باشد. به‌علاوه طول دوره پر شدن دانه در ذرت نیز در واکنش به افزایش دما کاهش می‌یابد و میزان آن با هر ۱°C افزایش دما در طی دوره پر شدن دانه در حدود ۶/۳ درصد برآورد شد (شکل ۷- b).

دامنه افزایش دما در طی کل دوره رشد نخود برای سال ۲۰۵۰



شکل ۷- رابطه بین افزایش دما در کل دوره رشد (a) و در مرحله پر شدن دانه (b) با طول مراحل رشد در ذرت. داده‌ها مربوط به مناطق مختلف کشت ذرت در کشور می‌باشند، میزان افزایش دما در هر ایستگاه نتیجه پیش‌بینی مدل گردش عمومی برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد و طول مراحل رشد در سال هدف و در هر منطقه به‌وسیله مدل سوکروز برآورد شده است

Figure 7- Relation between temperature rise during the whole growth period (a) and in grain filling period (b) and length of growth stages in corn. Data points obtained for different regions across the country, change in temperature is predicted by GCM for year 2050 and length of growth stages for the target year is estimated by SURCOS model



شکل ۸- رابطه بین افزایش دما و طول مراحل رشد در نخود و چغندر. داده‌ها مربوط به مناطق مختلف کشت این محصولات در کشور می‌باشند، میزان افزایش دما در هر ایستگاه نتیجه پیش‌بینی مدل گردش عمومی برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد و طول مراحل رشد در سال هدف و در هر منطقه به وسیله مدل سوکروز برآورد شده است

Figure 8- Relation between temperature rise and length of growth stages in chick pea and sugar beet. Data points obtained for different regions across the country, change in temperature is predicted by GCM for year 2050 and length of growth stages for the target year is estimated by SURCOS model

تأثیر افزایش دما بر عملکرد

نتایج نشان داد که در هر چهار محصول تحت بررسی با افزایش دما عملکرد کاهش یافت. در گندم افزایش میانگین دما در طی کل دوره رشد تا 1°C تأثیری بر عملکرد نداشت ولی در بالاتر از این دما، عملکرد دانه به میزان $14/5$ درصد به‌ازای هر 1°C افزایش دما کاهش خواهد یافت (شکل ۹-ا). تأثیر افزایش دما بر عملکرد در مراحل گلدهی و پر شدن دانه شدیدتر است و براساس نتایج این تحقیق در سال هدف هر 1°C افزایش میانگین دما در طی این دو مرحله، عملکرد دانه را به‌ترتیب $16/2$ و $19/8$ درصد کاهش خواهد داد (شکل ۹-ب و ۹-ج).

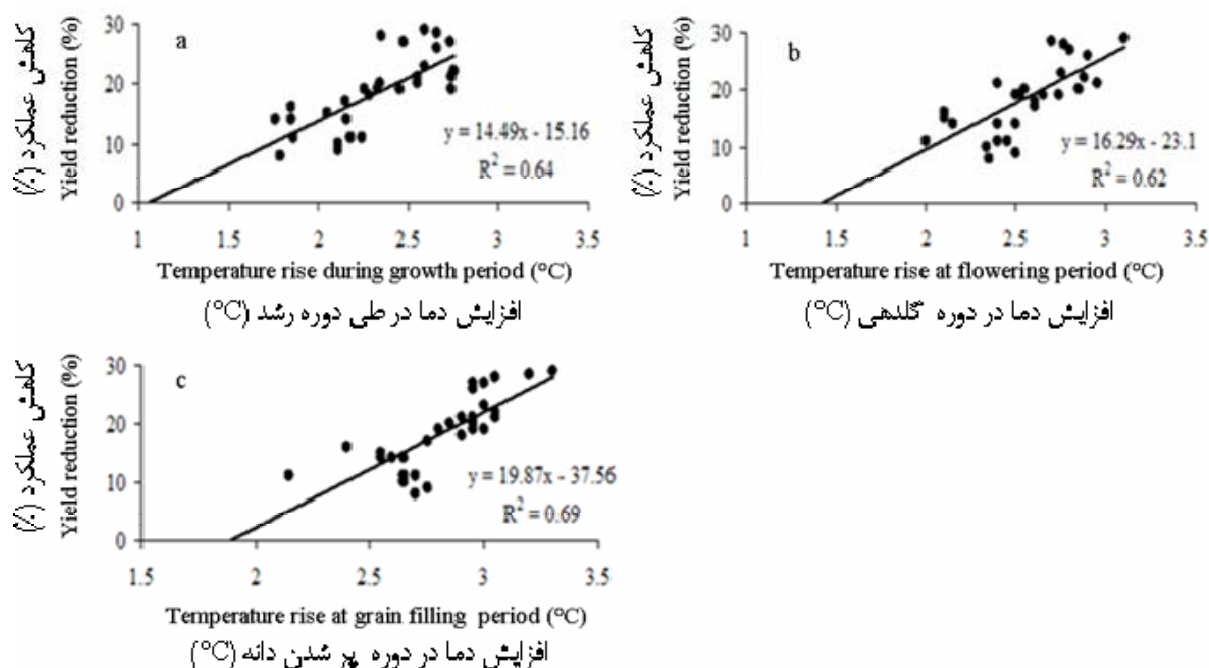
ضرایب معادلات رگرسیون نشان می‌دهد که کاهش عملکرد در مرحله گلدهی از دمای بالاتر از $1/5^{\circ}\text{C}$ و در مرحله پر شدن دانه از دمای بیشتر از $1/8^{\circ}\text{C}$ آغاز خواهد شد.

افزایش دما در طی کل دوره رشد تا دمای $1/6^{\circ}\text{C}$ و در طی دوره پر شدن دانه تا $1/7^{\circ}\text{C}$ تأثیری بر عملکرد ذرت نداشت ولی نتایج نشان داد که چنانچه میانگین دمای دوره کاشت تا رسیدگی و مرحله پر شدن دانه از مقادیر فوق بالاتر برود عملکرد به‌ترتیب $16/8$ و $14/8$ درصد به‌ازای هر 1°C افزایش دما کاهش می‌یابد (شکل ۱۰-ا و ۱۰-ب).

عملکرد نخود تا $1/1^{\circ}\text{C}$ و چغندر تا $1/6^{\circ}\text{C}$ افزایش میانگین دما در کل دوره رشد تغییر چشمگیری نداشت ولی به‌ازای هر 1°C افزایش دما به بالاتر از این مقادیر، عملکرد نخود $8/9$ و عملکرد چغندر $15/8$ درصد کاهش یافت (شکل ۱۱).

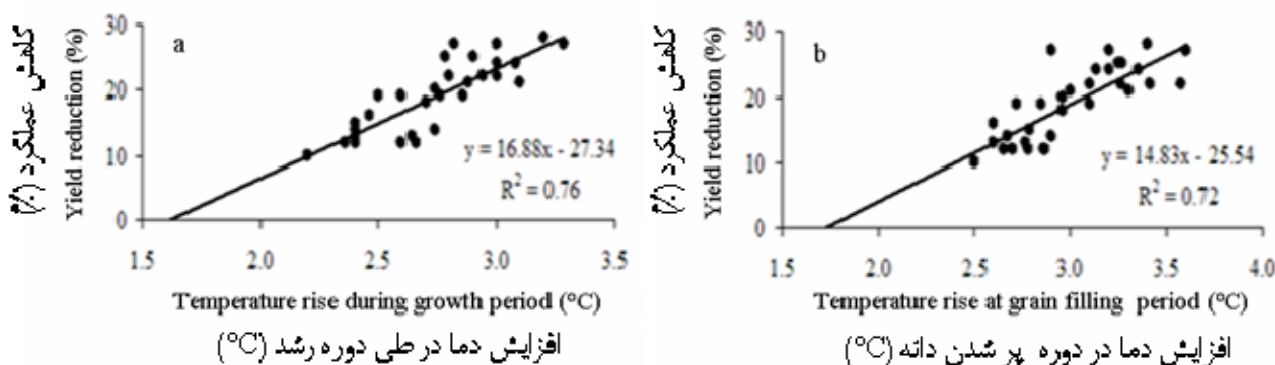
از آنجا که تاکنون شواهدی قطعی مبنی بر تأثیر مستقیم افزایش غلظت CO_2 بر تسریع مراحل فنولوژی گیاهان در اختیار نمی‌باشد (Craufurd and Wheeler, 2009) به‌نظر می‌رسد که تغییر طول مراحل رسیدگی که در این مطالعه نیز مشهود می‌باشد عمدتاً تابع افزایش دما است. ضرایب تبیین ارائه شده در شکل‌های ۶ و ۷ و ۸ نشان می‌دهد که ۶۰ تا ۷۰ درصد از تغییرات پیش‌بینی شده در طول دوره رشد گیاهان تحت بررسی توسط دما در طی دوره رشد کنترل می‌شود.

نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده است که در شرایط تغییر اقلیم مراحل نمو بسیاری از گیاهان زراعی کوتاه‌تر خواهد شد که البته میزان آن به گونه گیاهی و شدت تغییرات اقلیمی بستگی دارد. ژائو و همکاران (Xiao et al., 2008) نشان دادند که در طی چند دهه اخیر طول کل دوره رشد گندم بهاره در مناطق نیمه خشک چین به‌ازای هر 1 درجه سانتی‌گراد افزایش دما بین ۸ تا ۱۰ روز کوتاه‌تر شده است. پیش‌بینی‌های یو و همکاران (You et al., 2009) نشان داده است که در بخش عمده‌ای از چین طول دوره رشد گندم تا پایان قرن حاضر به دلیل افزایش دما بین ۲۰ تا ۳۰ روز کاهش خواهد یافت. سادراس و مونزون (Sadras and Monzon, 2006) با بررسی رابطه بین عملکرد گندم و تغییرات دما در طی یک دوره ۳۰ ساله (۱۹۷۱-۲۰۰۰) در استرالیا و آرژانتین نشان دادند که به‌ازای هر 1 درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دما طول دوره رسیدگی گندم ۷ روز کاهش می‌یابد که عمدتاً به‌دلیل کاهش طول دوره سبز شدن تا گلدهی بوده و فاصله گلدهی تا رسیدگی تقریباً بدون تغییر مانده است. تائو و همکاران (Tao et al., 2009) نیز کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد ذرت در جنوب چین را برای سال‌های ۲۰۲۰، ۲۰۵۰ و ۲۰۸۰ میلادی به‌ترتیب ۱۴، ۲۵ و ۳۵ درصد پیش‌بینی کرده‌اند.



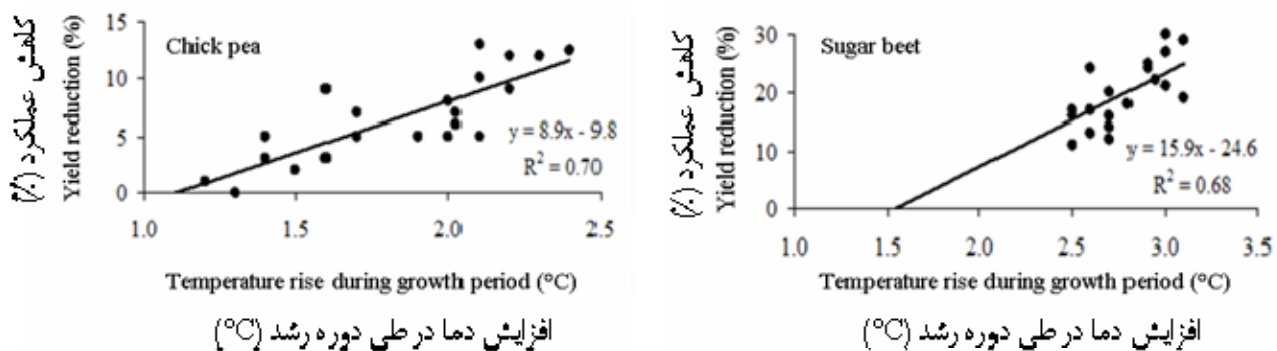
شکل ۹- رابطه بین افزایش دما در کل دوره رشد (a)، مرحله گلدهی (b) و پر شدن دانه (c) با میزان کاهش عملکرد در گندم. داده‌ها مربوط به مناطق مختلف کشت گندم در کشور می‌باشند، میزان افزایش دما در هر ایستگاه نتیجه پیش‌بینی مدل گردش عمومی برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد و کاهش عملکرد در سال هدف و در هر منطقه به وسیله مدل سوکروز برآورد شده است

Figure 9- Relation between temperature rise during the whole growth period (a), flowering stage (b) and in grain filling period (c) and yield reduction in wheat. Dtat points obtained for different regions across the country, change in temperature is predicted by GCM for year 2050 and yield reduction for the target year is estimated by SURCOS model



شکل ۱۰- رابطه بین افزایش دما در کل دوره رشد (a) و در مرحله پر شدن دانه (b) با میزان کاهش عملکرد در ذرت. داده‌ها مربوط به مناطق مختلف کشت ذرت در کشور می‌باشند، میزان افزایش دما در هر ایستگاه نتیجه پیش‌بینی مدل گردش عمومی برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد و کاهش عملکرد در سال هدف و در هر منطقه به وسیله مدل سوکروز برآورد شده است

Figure 10- Relation between temperature rise during the whole growth period (a) and during the grain filling period (b) and yield reduction in corn. Dtat points obtained for different regions across the country, change in temperature is predicted by GCM for year 2050 and yield reduction for the target year is estimated by SURCOS model



شکل ۱۱- رابطه بین افزایش دما و میزان کاهش عملکرد در نخود و چغندر. داده‌ها مربوط به مناطق مختلف کشت این دو محصول در کشور می‌باشند، میزان افزایش دما در هر ایستگاه نتیجه پیش‌بینی مدل گردش عمومی برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشد و کاهش عملکرد در سال هدف و در هر منطقه به‌وسیله مدل سوکروز برآورد شده است

Figure 11- Relation between temperature rise and yield reduction for chick pea and sugar beet. Dtat points obtained for different regions across the country, change in temperature is predicted by GCM for year 2050 and yield reduction for the target year is estimated by SURCOS model

تأثیر طول مراحل رشد بر عملکرد

نتایج ارائه شده در شکل‌های ۶، ۷ و ۸ تأثیر افزایش دما بر کاهش دوره رشد محصولات زراعی مختلف مورد ارزیابی قرار گرفت، شکل‌های ۹، ۱۰ و ۱۱ نیز نشان داد که افزایش دما ناشی از تغییر اقلیم چگونه بر عملکرد تأثیر خواهد گذاشت. بر این اساس به نظر می‌رسد که کاهش عملکرد پیش‌بینی شده برای سال هدف تا حد زیادی به دلیل کاهش طول مراحل رشد این گیاهان باشد. بررسی این روابط نشان داد که در گندم به‌ازای هر یک درصد کاهش در طول دوره کاشت تا رسیدگی عملکرد دانه ۰/۹۴ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۱۲-ا) در حالی که یک درصد کاهش در طول دوره پر شدن دانه عملکرد را ۱/۲ درصد کاهش می‌دهد (شکل ۱۲-ب).

در ذرت رابطه رگرسیونی بین کاهش کل دوره رشد و عملکرد معنی‌دار نبود ولی کاهش عملکرد به‌طور معنی‌داری از کاهش طول دوره پر شدن دانه تبعیت داشت. نتایج نشان داد که تا سال هدف به‌ازای هر یک درصد کاهش طول دوره پر شدن دانه عملکرد ذرت در حدود ۰/۹۳ درصد کاهش می‌یابد (شکل ۱۲-ج). در مورد نخود و چغندر نیز رابطه معنی‌داری بین کاهش عملکرد و کاهش کل دوره رشد (کاشت تا رسیدگی) به‌دست آمد. نتایج نشان داد که تا سال ۲۰۵۰ میلادی با هر ۱ درصد کاهش طول دوره رشد، عملکرد نخود و چغندر به‌ترتیب ۰/۴۸ و ۱/۳ درصد کاهش خواهد یافت (شکل ۱۲-د و ۱۲-ه).

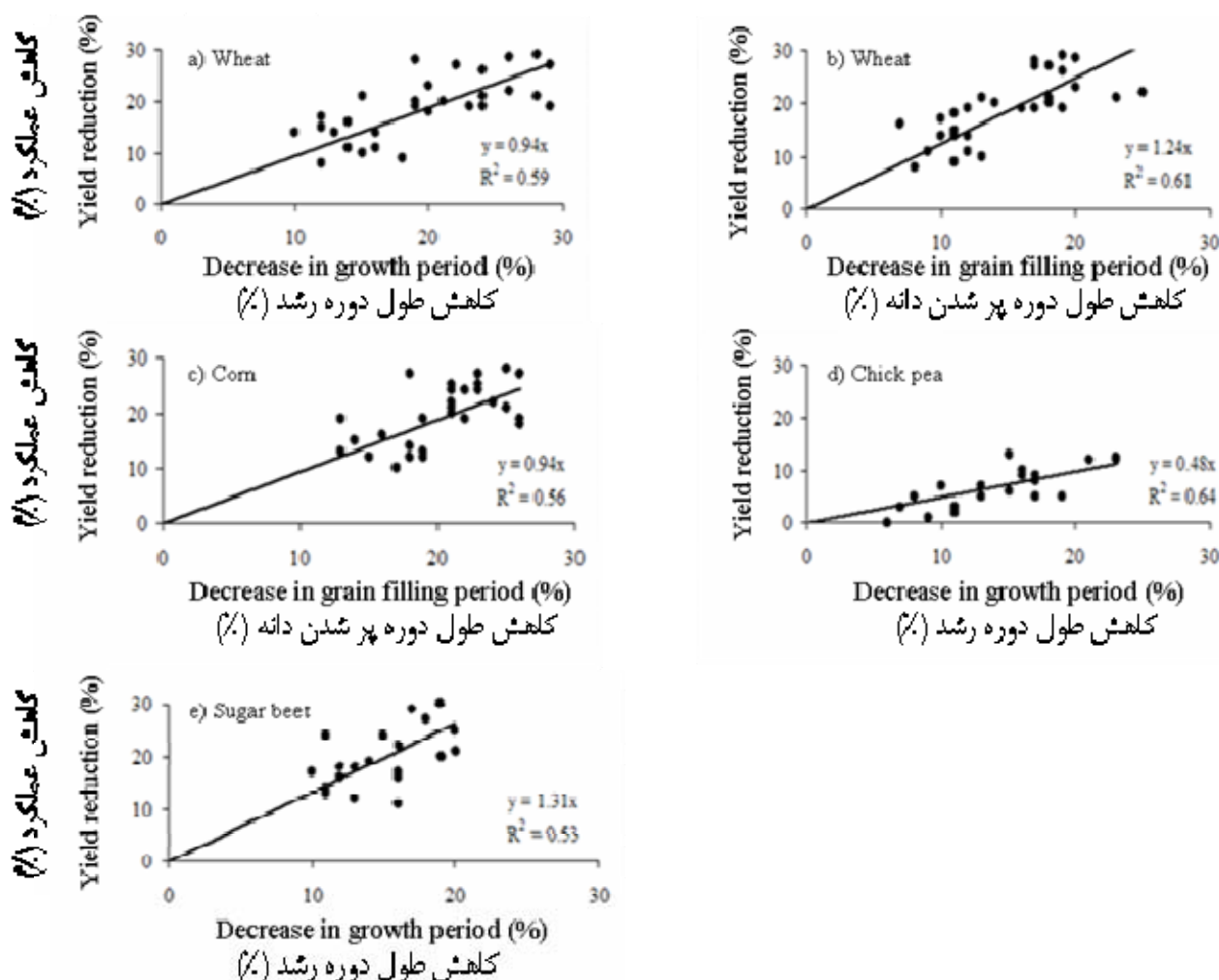
یافته‌های این تحقیق حاکی از آن است که در حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد از کاهش عملکرد محصولات زراعی در شرایط اقلیمی سال ۲۰۵۰ به دلیل کوتاه‌تر شدن طول کل دوره رسیدگی و طول دوره پر

این نتایج نشان می‌دهد که در حدود ۷۰ درصد از کاهش عملکرد پیش‌بینی شده برای محصولات تحت بررسی به دلیل افزایش دما در طول دوره رشد و نیز مراحل حساس نمو می‌باشد به‌علاوه بسته به مرحله نمو و گونه گیاهی با افزایش میانگین دما به میزان ۱-۲ درجه سانتی‌گراد کاهش عملکرد آغاز خواهد شد. کوچکی و نصیری (Koocheki and Nassiri, 2008) نیز کاهش عملکرد گندم را با افزایش دما به میزان دو درجه سانتی‌گراد یا بیشتر در مرحله گلدهی پیش‌بینی کرده‌اند. رابطه افزایش دما ناشی از گرمایش جهانی و کاهش عملکرد گیاهان زراعی در سایر مطالعات نیز گزارش شده است. لوبل و آسنر (Lobel and Asner, 2000) نشان دادند که عملکرد ذرت و سویا (*Glycine max*) در آمریکا به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش میانگین دما در طی فصل رشد ۱۷٪ کاهش می‌یابد. پنگ و همکاران (Peng et al., 2004) کاهش عملکرد برنج در فیلیپین را در حدود ۱۰ درصد به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما گزارش کردند و برآورد یو و همکاران (You et al., 2009) از کاهش عملکرد گندم در چین ۳ تا ۱۰ درصد به‌ازای هر یک درجه سانتی‌گراد افزایش دما بوده است.

باید توجه داشت که تأثیر افزایش دما بر عملکرد تا حد زیادی به منطقه تحت بررسی بستگی دارد. برای مثال نتایج استرلینگ و همکاران (Easterling, 2007) و توبیئلو و همکاران (Tubiello et al., 2007) حاکی از آن است که در مناطق معتدله افزایش دما بین ۲-۳ درجه سانتی‌گراد اثرات مثبتی بر تولید محصولات زراعی دارد و کاهش عملکرد در دماهای بالاتر آغاز خواهد شد؛ در حالی که اورتیز و همکاران (Ortiz et al., 2008) افزایش دما به بالاتر از ۱-۲ درجه سانتی‌گراد را در مناطق گرم و خشک آستانه بروز اثرات منفی گزارش کرده‌اند.

فرست کمتر برای توسعه کانوپی و تجمع ماده خشک می‌باشد (Luo et al., 2009).

شدن دانه در گندم می‌باشد. بنابراین مهمترین نقش افزایش دما کاهش طول دوره رشد و در نتیجه جذب کمتر تابش خورشیدی و



شکل ۱۲- رابطه بین کاهش طول دوره رشد و کاهش عملکرد در گندم (a و b)، ذرت (c)، نخود (d) و چغندر قند (e). داده‌ها پیش‌بینی مدل سوکروز در مناطق مختلف کشت این محصولات برای سال ۲۰۵۰ میلادی می‌باشند

Figure 12- Relation between reduction of the length of growth period and yield of wheat (a and b), corn (c), chick pea (d) and sugar beet (e). Data pints are simulated using SUCROS model for year 2050 at different regions

که افزایش دما در مراحل حساس نمو و کوتاه شدن دوره رشد اثرات مثبت غلظت‌های بالای CO_2 را خنثی کرده و حتی در صورت افزایش بارش نیز عملکرد ذرت کاهش خواهد یافت. بنابراین به نظر می‌رسد که در شرایط افزایش غلظت CO_2 حساسیت گیاه به افزایش دما بیش از کاهش بارش است. تائو و همکاران (Tao et al., 2009) نیز کاهش عملکرد ذرت در چین را به میزان ۱۵ درصد تا سال ۲۰۵۰ پیش‌بینی کرده و نشان دادند که الگوی تغییر طول دوره رشد با الگوی مکانی کاهش عملکرد انطباق دارد و به‌طور کلی ۲۵ تا ۳۵ درصد کاهش طول دوره رشد عملکرد ذرت را به ترتیب ۱۵/۷ و ۲۴/۷

ژبائو و همکاران (Xiao et al., 2008) گزارش دادند که در طی سه دهه اخیر عملکرد گندم بهاره در مناطق نیمه خشک چین بیش از ۱۶ درصد کاهش یافته که عامل اصلی آن کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد می‌باشد. در استرالیا نیز پیش‌بینی شده که افزایش دما ناشی از تغییر اقلیم باعث کوتاه‌تر شدن کل دوره رشد گندم (کاشت تا رسیدگی) و در نتیجه کاهش تجمع ماده خشک خواهد شد (Fulco and Senthold, 2006). آبراه و ساویج (Abraha and Savage, 2006) با شبیه‌سازی عملکرد ذرت در آفریقای شمالی براساس سناریوهای مختلف افزایش غلظت CO_2 و تغییر دما و بارش نشان داد

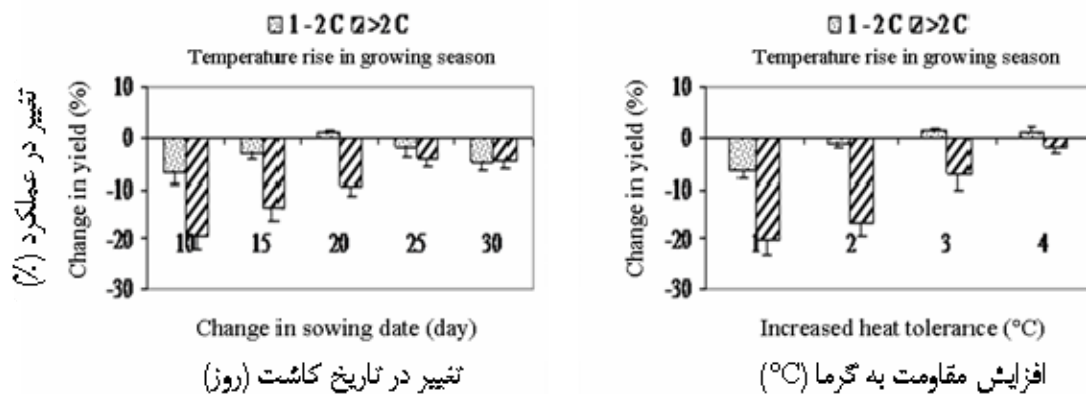
درصد کاهش خواهد داد.

البته باید توجه داشت که افزایش دما اثرات منفی دیگری از جمله افزایش تنفس نگهداری، افزایش تبخیر و تعرق و کاهش کارایی مصرف نور را نیز به همراه دارد که به نوبه خود موجب کاهش عملکرد محصولات زراعی خواهند شد (Remy *et al.*, 2003; Asseng *et al.*, 2004).

راهکارهای سازگاری

نتایج این تحقیق نشان داد که در شرایط اقلیمی آینده افزایش دما بیشترین سهم را در کاهش عملکرد محصولات زراعی دارد بنابراین راهکارهای سازگاری به این شرایط باید به نحوی انتخاب شود که از این اثرات منفی جلوگیری کنند. نتایج شبیه سازی در مورد گندم حاکی

از آن است که تغییر تاریخ کاشت و افزایش مقاومت به گرما راهکارهای مؤثر و ساده‌ای برای این منظور محسوب می‌شوند. در مناطقی که افزایش میانگین دمای کل دوره رشد در بازه ۱ تا ۲°C قرار دارد (غرب و شمال غرب کشور) ۱۵ تا ۲۰ روز تسریع در کاشت گندم علاوه بر جبران کاهش عملکرد، ممکن است باعث افزایش آن شود البته با جابه‌جایی بیشتر تاریخ کاشت عملکرد مجدداً کاهش خواهد یافت (شکل ۱۳). در نواحی جنوبی و شرقی که میانگین افزایش دما در طی فصل رشد بیشتر از ۲°C است با کاشت زودتر تا ۳۰ روز کاهش عملکرد به‌طور چشمگیری کاهش یافته و در حدود ۵ درصد خواهد بود (شکل ۱۳). به‌علاوه افزایش مقاومت به گرما نیز به میزان ۵۳ تا ۴°C در هر دامنه‌ای از افزایش دما، موجب بهبود عملکرد گندم و افزایش آن تا سطح فعلی می‌شود (شکل ۱۳).



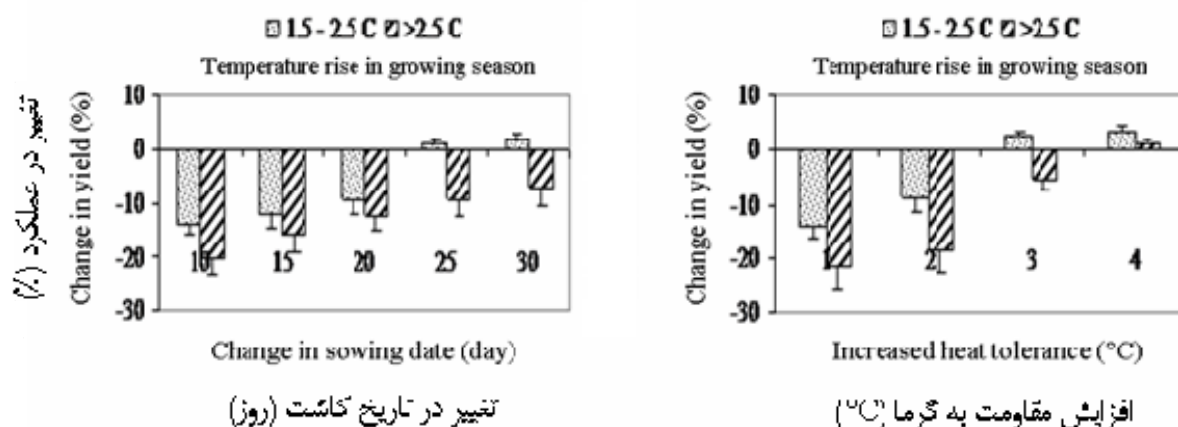
شکل ۱۳- تأثیر تغییر تاریخ کاشت و افزایش مقاومت به گرما بر عملکرد گندم در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی. شبیه‌سازی برای مناطقی که میانگین افزایش دما آنها در سال ۲۰۵۰ میلادی ۱ تا ۲°C یا بیشتر است به‌طور جداگانه انجام شده، خطوط عمودی انحراف معیار مربوط به ایستگاه‌های واقع در هر منطقه است

Figure 13- Effects of change in sowing date and increased heat tolerance on wheat yield under climate change compared to current yield. Yield is simulated for year 2050 with temperature rise between 1-2 °C or higher. Vertical bars show SE of regions

کاشت از ۲۵ تا ۳۰ روز انتظار می‌رود که میانگین عملکرد نخود در مناطق کشت آن تا ۵ درصد افزایش یابد (شکل ۱۵-ا). در چغندر قند تغییر تاریخ کاشت یا افزایش مقاومت به گرما تأثیر قابل توجهی بر بهبود عملکرد در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی نداشت. مدل‌سازی رشد این گیاه در شرایط محدودیت آب (نتایج نشان داده نشده است) حاکی از آن بود که چغندر قند در شرایط اقلیمی آینده علاوه بر تأثیر منفی دما بالا با کمبود آب نیز مواجه خواهد شد. شبیه‌سازی تحت این شرایط نشان داد که برای جبران عملکرد حداقل به ۳۰ درصد آب بیشتر جهت آبیاری این گیاه نیاز خواهد بود (شکل ۱۵-ب).

در مورد ذرت تأخیر کاشت به مدت ۲۵ تا ۳۰ روز در مناطق که افزایش میانگین دما در طی فصل رشد کمتر از ۲/۵°C باشد راهکاری مؤثر است و ممکن است افزایش جزیی عملکرد را نیز به همراه داشته باشد اما چنانچه افزایش دمای فصل رشد ذرت بیش از ۲/۵°C باشد حتی با ۳۰ روز تأخیر در کاشت نیز کاهش عملکرد تا حدود ۱۰ درصد اجتناب‌ناپذیر است (شکل ۱۴). افزایش مقاومت به گرما تا ۳°C یا بیشتر کاهش عملکرد ذرت را در اغلب مناطق کشور تقریباً به‌طور کامل برطرف خواهد ساخت (شکل ۱۴).

نتایج شبیه‌سازی نشان داد که در مورد نخود کاشت زودتر به مدت ۲۰ روز در هر دو بازه افزایش دما فصل رشد این گیاه کاهش عملکرد ناشی از گرمایش برای سال ۲۰۵۰ را جبران خواهد کرد و با تسریع

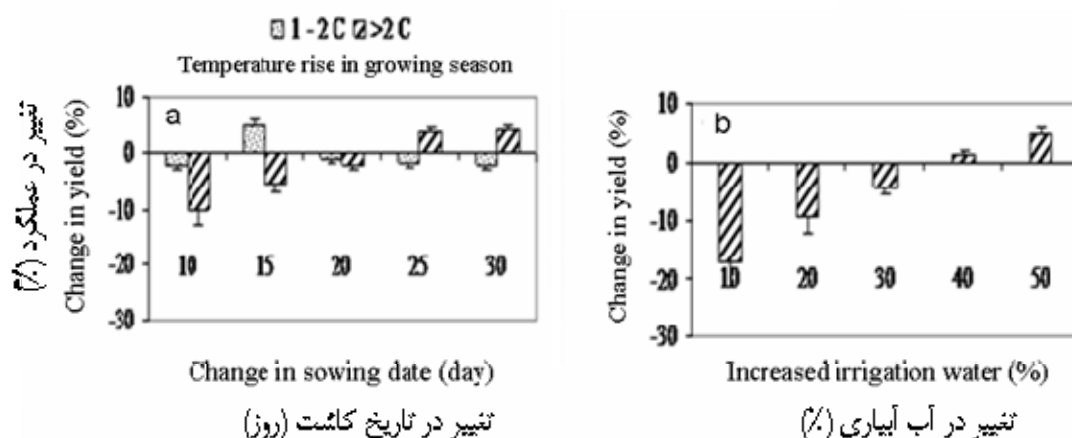


شکل ۱۴- تأثیر تغییر تاریخ کاشت و افزایش مقاومت به گرما بر عملکرد ذرت در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی. شبیه‌سازی برای مناطقی که میانگین افزایش دما آنها در سال ۲۰۵۰ میلادی ۱/۵ °C تا ۲/۵ °C یا بیشتر است به‌طور جداگانه انجام شده، خطوط عمودی انحراف معیار مربوط به ایستگاه‌های واقع در هر منطقه است

Figure 14- Effects of change in sowing date and increased heat tolerance on corn yield under climate change compared to current yield. Yield is simulated for year 2050 with temperature rise between 1.5-2.5 °C or higher. Vertical bars show SE of regions

محققین نتیجه‌گیری کردند که این جابه‌جایی در مراحل فنولوژی باعث می‌شود که فاصله گلدهی تا پرشدن دانه با دمای پایین‌تری مصادف شود لذا عملکرد گندم تا حدودی افزایش می‌یابد. به‌نظر می‌رسد چنین وضعیتی در مناطق گرم و خشک نظیر ایران تحقق نخواهد یافت، زیرا مراحل حساس نمو گندم در شرایط اقلیمی آینده حتی با کاهش طول دوره رشد نیز با دمای بالا مصادف می‌شوند. نتایج تحقیق حاضر حاکی از آن است کاشت زودتر این گیاه در ابتدای پاییز راهکار مناسبی برای ممانعت از این مشکل می‌باشد.

نتایج بسیاری از مطالعات نقش قابل توجه روش‌های سازگاری را در جبران کاهش عملکرد و حتی افزایش آن در شرایط تغییر اقلیم را به اثبات رسانده است. کوچکی و نصیری (Koocheki and Nassiri, 2008) نشان دادند که افزایش مقاومت به گرمای ارقام گندم در مرحله گلدهی به میزان ۲ درجه سانتی‌گراد روش مؤثری برای جلوگیری از کاهش عملکرد در شرایط تغییر اقلیم می‌باشد. براساس یافته‌های سادراس و مونزون (Sadras and Monzon, 2006) در آرژانتین افزایش دما طول دوره سبز شدن تا گلدهی را در گندم کوتاه‌تر کرد، ولی بر فاصله گلدهی تا رسیدگی بی‌تأثیر است. این



شکل ۱۵- تأثیر تغییر تاریخ کاشت در بازه پیش‌بینی برای افزایش دما بر عملکرد نخود (a) و افزایش مقدار آب آبیاری بر عملکرد چغندر (b) در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی. خطوط عمودی انحراف معیار مربوط به مناطق مختلف می‌باشند

Figure 15- a) Effect of change in sowing date at different rate of temperature rise on yield of chick pea and b) effect of increased irrigation water on sugar beet yield under climate change compared to current yields. Vertical bars show SE of regions

لو و همکاران (Luo et al., 2009) نیز کاشت زودتر را به عنوان راه حلی مناسب برای جلوگیری از کاهش عملکرد گندم در جنوب استرالیا گزارش کرده و نشان دادند که تسریع کاشت به مدت ۲ هفته عملکرد را در شرایط تغییر اقلیم نسبت به شرایط فعلی افزایش خواهد داد.

البته چنین راهکاری برای ذرت چندان مناسب نیست و خطر سرمازدگی گیاهچه را افزایش می دهد زیرا ذرت به ویژه در مراحل اولیه رشد به سرما حساس است. سوینسکی و همکاران (Sowinski et al., 2005) نشان دادند که قرار گرفتن ذرت در مرحله ۳ برگی در دمای ۱۲ درجه سانتی گراد یا کمتر باعث می شود که حتی اگر در مراحل بعدی رشد در دمای بهینه قرار گیرد نیز کاهش رشد قابل جبران نباشد. بنابراین کاشت دیرتر ذرت به طوری که پرشدن دانه در هوای خنک تر ابتدای پاییز تکمیل شود در کنار افزایش مقاومت به گرما در این گیاه راهکار قابل قبولی برای مقابله با شرایط اقلیمی آینده محسوب می شود.

واکنش مثبت نخود به کاشت زودتر در شرایط تغییر اقلیم چندان دور از انتظار نیست، زیرا در شرایط اقلیمی فعلی نیز کشت انتظاری این گیاه سرما دوست در انتهای زمستان در صورت عدم مواجهه با دماهای پایین باعث افزایش قابل توجه عملکرد نسبت به کشت بهاره می شود. بنابراین با برطرف شدن خطر سرمازدگی در شرایط اقلیمی آینده افزایش عملکرد امکان پذیر خواهد بود.

تغییر تاریخ کاشت تأثیر قابل توجهی بر بهبود عملکرد چغندر قند در شرایط تغییر اقلیم نداشت که این امر تا حد زیادی به دلیل دماهای بالای تابستان در طی دوره بزرگ شدن غده های این گیاه است. براساس یافته های کنتور و همکاران (Kenter et al., 2006) دمای مطلوب برای رشد غده در چغندر قند در ۱۸ درجه سانتی گراد میانگین دمای روزانه است و دماهای بالاتر سرعت رشد غده را کاهش می دهد این محققین میزان کاهش عملکرد غده در میانگین دمای روزانه ۲۲ درجه سانتی گراد را حدود ۳۰ درصد گزارش کردند. بدیهی است که با توجه به مقادیر پیش بینی شده برای افزایش دما در طی دوره رشد چغندر، تغییر تاریخ کاشت دمای مطلوب برای رشد این گیاه را در هیچ یک از مناطق کشت آن در کشور فراهم نخواهد کرد. البته کاشت زودتر این گیاه در عرض های جغرافیایی بالا راهکار مناسبی برای بهبود عملکرد خواهد بود. یافته های چمیلوسکی و همکاران (Chmielewski et al., 2003) حاکی از آن است که با افزایش دما، کشت چغندر قند در آلمان زودتر انجام خواهد شد و بسته شدن سریع تر کانوپی و افزایش طول دوره رسیدگی باعث بهبود عملکرد این محصول می شود.

بنابراین با توجه به نیاز آبی بالای چغندر قند و افزایش تبخیر و

تعرق ناشی از گرمایش، تأمین آب بیشتر راهکاری است که موجب جلوگیری از کاهش عملکرد این محصول در شرایط اقلیمی آینده خواهد شد. پیدگون و همکاران (Pidgeon et al., 2001) در بررسی حساسیت چغندر قند به خشکی نشان دادند که در مناطق کشت این گیاه در انگلستان بروز دوره های خشکی در ابتدا یا انتهای تابستان عملکرد ریشه را به ترتیب ۱۰ و ۱۵ درصد کاهش خواهد داد که علت آن کاهش کارایی مصرف نور می باشد. از سوی دیگر نتایج مطالعه ای در ایرلند (Holden et al., 2003) نشان داد که تا سال های ۲۰۵۵ و ۲۰۷۵ میلادی عملکرد سیب زمینی در این کشور به دلیل کمبود آب کاهش می یابد. براساس یافته های این تحقیق نیاز آبی سیب زمینی در آینده تا حدی افزایش می یابد که کشت آن در اغلب مناطق ایرلند امکان پذیر نخواهد بود. بر این اساس به نظر می رسد با توجه به بحران فعلی آب در کشور و تشدید آن در آینده، کشت چغندر قند در ایران نیز در شرایط تغییر اقلیم به شدت محدود شود.

نتیجه گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که در طی چند دهه آینده پی آمدهای ناشی از تغییر اقلیم و به ویژه افزایش دما عملکرد محصولات زراعی را در منطقه مختلف ایران با کاهش قابل ملاحظه ای مواجه می سازد. علی رغم عدم قطعیت هایی که در پیش بینی های مبتنی بر مدل سازی وضعیت آینده وجود دارد، در حال حاضر این مدل ها تنها ابزار موجود برای مطالعات تغییر اقلیم محسوب می شوند. به علاوه باید توجه داشت که تأثیر تغییرات اقلیمی در شرایط کنترل شده و یا در هنگام شبیه سازی به مراتب کمتر از شرایط واقعی مزرعه است زیرا در شرایط طبیعی وجود انواع تنش های زنده و غیر زنده محیطی ممکن است باعث تشدید اثرات ناشی از گرمایش شوند. علی رغم این نگرانی ها، به نظر می رسد که با اتخاذ راهکارهای مناسب می توان نظام های تولید را به شرایط اقلیمی آینده سازگار کرد. مطالعات عمیق تر در مورد پی آمدهای مختلف ناشی از تغییر اقلیم بر تولیدات کشاورزی و طراحی راهکارهای سازگاری به حفظ دراز مدت امنیت غذایی کشور کمک خواهد کرد.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات طرح پژوهش مصوب ۸۷/۹/۲ توسط معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدینوسیله سپاسگزاری می شود.

References

1. Abraha, M. G., and Savage, M. J. 2006. Potential impacts of climate change on the grain yield of maize for the midlands of KwaZulu-Natal, South Africa. *Agriculture Ecosystems and Environment* 115: 150-160.
2. Anwar, M. R., O' Leary, G., McNell, D., Hossain, H., and Nelson, R. 2007. Climate change impact on rainfed wheat in south-eastern Australia. *Field Crops Research* 104: 139-147.
3. Asseng, S., Jamieson, P. D., Kimball, B., Pinter, P., Sayre, K., Bowden, J. W., and Howden, S. M. 2004. Simulated wheat growth affected by rising temperature, increased water deficit and elevated atmospheric CO₂. *Field Crops Research* 85: 85-102.
4. Bannayan, M., and Crout, N. M. J. 1999. A stochastic modelling approach for real-time forecasting of winter wheat yield. *Field Crops Research* 62: 85-95.
5. Carson, D. J. 1999. Climate modelling: achievements and prospects. *Quarterly Journal of Royal Meteorological Society* 125: 1-28.
6. Chmielewski, F. M., Müller, A., and Bruns, E. 2003. Climate changes and trends in phenology of fruit trees and field crops in Germany, 1961-2000. *Agricultural and Forest Meteorology* 112: 132-145.
7. Craufurd, P. Q., and Wheeler, T. R. 2009. Climate change and the flowering time of annual crops. *Journal of Experimental Botany* 60: 2529-2539.
8. Easterling, W. E., 2007. Climate change and the adequacy of food and timber in the 21st century. *Proceedings of National Academy of Sciences* 104: 19679.
9. Erda, L., Wei, X., Hui, J., Yinlong, X., Yue, L., and Liping, B. 2005. Climate change impacts on crop yield and quality with CO₂ fertilization in China. *Philos. Transaction of Royal Society of Biological Sciences* 360: 2149-2154.
10. Ewert, F., Rodriguez, D., Jamieson, P., Semenov, M. A., Mitchell, R. A. C., Goudriaan, J., Porter, J. R., Kimball, B. A., Pinter Jr., P. J., Manderscheid, R., Weigel, H. J., Fangmeier, A., Fereres, E., and Villalobos, F. 2002. Effects of elevated CO₂ and drought on wheat: testing crop simulation models for different experimental and climatic conditions. *Agriculture Ecosystem and Environment* 93: 249-266.
11. Fulco, L., and Senthold, A. 2006. Climate change impacts on wheat production in a Mediterranean environment in Western Australia. *Agricultural Systems* 90: 159-179.
12. Goudiraan, J., and van Laar, H. H. 1993. *Modelling Crop Growth Processes*. Kluwer Academic Press, The Netherlands.
13. Goudiraan, J., 1996. Predicting crop yields under global change. In: Walker, B., Steffen, W. (Eds.), *Global Change and Terrestrial Ecosystems*. International Geosphere/Biosphere Programme Book Series. Cambridge University Press, pp. 260-274.
14. Holden, N. M., Brereton, A. J., Fealy, R., and Sweeney, J. 2003. Possible change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agricultural and Forest Meteorology*, 116: 181-196.
15. IPCC, 2007. *Climate Change 2007*. Cambridge University Press, New York.
16. Jones, P. G., and Thornton, P. K. 2003. The potential impact of climate change on maize production in Africa and Latin America in 2055. *Global and Environmental Change* 13: 51-59.
17. van Ittersum, M. K., Leffelaar, P. A., van Keulen, H., Kropff, M. J. Bastiaans, L., and Goudiraan, J. 2003. On approaches and applications of the Wageningen crop models. *European Journal of Agronomy* 18: 201-234.
18. Kenter, C., Hoffmann, C. M., and Marlander, B. 2006. Effects of weather variables on sugar beet yield development (*Beta vulgaris* L.). *European Journal of Agronomy* 24: 62-69.
19. Kang, Y., Khan, S., and Ma, X. 2003. Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security-A review. *Agricultural and Forest Meteorology* 117: 97-122.
20. Koocheki, A., Nassiri Mahallati, M., and Jafari, L. 2015. Evaluation of climate change effect on agricultural production of Iran: I. Predicting the future agroclimatic conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13 (4): 651-664. (in Persian with English abstract).
21. Koocheki, A., and Nassiri, M. 2008. The effects of climate change and increase in CO₂ concentration on wheat yield in Iran and evaluation of adaptation strategies. *Iranian Journal of Field Crops Research* 7 (3): 1-18. (in Persian with English abstract).
22. Kjellsrom, E. 2005. Recent and future signature of climate change in Europe. *Ambio* 33: 193-198.
23. Lobel, D., and Asner, C. 2000. Climate and management contributions to recent trends in US agricultural yield. *Science* 299: 1032.
24. Long, S. P., Ainsworth, E. A., Rogers, A., and Ort, D. R. 2004. Rising atmospheric carbon dioxide: plants face the future. *Annual Review of Plant Biology* 55: 591-628.
25. Long, S. P., Ainsworth, E.A., Leakey, A. D. B., Nosberger, J., and Ort, D. R., 2006. Food for thought: lower-than-expected crop yield stimulation with rising CO₂ concentrations. *Science* 312: 1918-1921.
26. Luo, Q., Bellotti, W., Williams, M., and Wang, E. 2009. Adaptation to climate change of wheat growing in Analysis of management and breeding strategies. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 129: 261-267.
27. Mall, R. K., Lal, M., Bhatia, V. S., Rathore, L. S., and Singh, R. 2004. Mitigating climate change impact on

- soybean productivity in India: a simulation study. *Agricultural and Forest Meteorology* 121: 113-125.
28. Menzel, A., Sparks, T. H., Estrella, N., Koch, E., Aasa, A., Ahas, R., Alm-Kubler, K., Bissolli, P., Braslavska, O. G., Briede, A., Chmielewski, F. M., Crepinsek, Z., Curnel, Y., Dahl, A., Defila, C., Donnelly, A., Filella, Y., Jatczak, K., Mage, F., Mestre, A., Nordli, O., Penuelas, J., Pirinen, P., Remisova, V., Scheffinger, H., Striz, M., Susnik, A., Van Vliet, A. J. H., Wielgolaski, F. E., Zach, S., and Zust, A. N. A. 2006. European phenological response to climate change matches the warming pattern. *Global Change Biology* 12: 1969-1976.
 29. Ministry of Jihad e Agriculture. 2011. Year book of Agricultural Statistics (Vol. 1) Field Crops year 2009-2100. Offici of Statistics and Information Technology. (in Persian).
 30. Ortiz, R., Sayre, K. D., Govaerts, B., Gupta, R., Subbarao, G. V., Ban, T., Hodson, D., Dixon, J. M., Ortiz-Monasterio, J. I., and Reynolds, M. 2008. Climate change: Can wheat beat the heat? *Agriculture Ecosystems and Environment* 126: 46-58.
 31. Özdoğan, M. 2011. Modeling the impacts of climate change on wheat yields in Northwestern Turkey. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 141: 1-12.
 32. Peng, S. B., Huang, J. L., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X. H., Centeno, G. S., Khush, G. S., and Cassman, K.G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of National Academy of Sciences* 101: 9971-9975.
 33. Pidgeon, J. D., Werker, A. R., Jaggard, K. W., Richter, G. M., Lister, D. H., and Jones, P. D. 2001. Climatic impact on the productivity of sugar beet in Europe, 1961-1995. *Agricultural and Forest Meteorology* 109: 27-38.
 34. Remy, M., Stefan, B., Andreas, B., and Hans, J. W. 2003. Effect of CO₂ enrichment on growth and daily radiation use efficiency of wheat in relation to temperature and growth stage. *European Journal of Agronomy* 19: 411-425.
 35. Reyenga, P. J., Howden, S. M., Meinke, H., and Mckeon, G. M. 1999. Modelling global change impacts on wheat cropping in south-east Queensland, Australia. *Environmental Modeling and Softwares* 14: 297-306.
 36. Rosenzweig, C., and Tubiello, F. N. 1997. Impacts of future climate change on Mediterranean agriculture: current methodologies and future directions. *Climate Change* 1: 219-232.
 37. Sadras, V. O., and Monzon, J. P. 2006. Modelled wheat phenology captures rising temperature trends: Shortened time to flowering and maturity in Australia and Argentina. *Field Crops Research* 99: 136-146.
 38. Sowinski, P., Rudzinska-Langwald, A., Adamczyk, J., Kubica, I., and Fronk, J. 2005. Recovery of maize seedling growth, development and photosynthetic efficiency after initial growth at low temperature. *Journal of Plant Physiology* 162: 67-80.
 39. Tao, F., Yokozawa, M., and Zhang, Z. 2009. Modelling the impact of weather and climate variability on crop productivity over a large area: Anew process-based model development, optimization, and uncertainties analysis. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 1266-1278.
 40. Tubiello, F. N., Donatelli, M., Rosenzweig, C., and Stockle, C. O. 2000. Effects of climate change and elevated CO₂ on cropping systems: model predictions at two Itallian locations. *European Journal of Agronomy* 13: 179-189.
 41. Tubiello, F. N., and Ewert, F. 2002. Simulating the effects of elevated CO₂ on crops: Approaches and applications for climate change. *European Journal of Agronomy*, 18: 57-74.
 42. Tubiello, F. N., Soussana, J. F., and Howden, S. M. 2007. Climate change and food security special feature: Crop and pasture response to climate change. *Proceedings of National Academy of Sciences* 104: 19686-19690.
 43. Van Laar, H. H., Goudriaan, J., and Van Keulen, H. 1997. SUCROS97: Simulation of crop growth for potential and water-limited production situations. C.T. de Wit Graduate School for Production Ecology and Resource Conservation, Wageningen, The Netherlands, pp. 52.
 44. Wolf, J. 2002. Comparison of two potato simulation models under climate change. I. Model calibration and sensitivity analyses. *Climate Research* 21: 173-186.
 45. Xiao, G., Zhang, Q., Yao, Y., Zhao, G., Wanga, R., Bai, H., and Zhang, F. 2008. Impact of recent climatic change on the yield of winter wheat at low and high altitudes in semi-arid northwestern China. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 127: 37-42.
 46. Xiong, W., Matthews, R., Holman, I., Lin, E., and Xu, Y. 2007. Modelling China's potential maize production at regional scale under climate change. *Climatic Change* 85 (3-4): 433-451.
 47. Yang, L., Huang, J., Yang, H., Zhu, J., Liu, H., Dong, G., Liu, G., Han, Y., and Wang, Y. L. 2006. The impact of free-air CO₂ enrichment (FACE) and N supply on yield formation of rice crops with large panicle. *Field Crops Research* 98: 141-150.
 48. You, L., Rosegrant, M. W., Wood, S., and Sun, D. 2009. Impact of growing season temperature on wheat productivity in China. *Agricultural and Forest Meteorology* 149: 1009-1014.



Climate Change Effects on Agricultural Production of Iran: II. Predicting Productivity of Field Crops and Adaptation Strategies

A. Koocheki^{1*}- M. Nassiri Mahallati¹

Received: 13-11-2012

Accepted: 24-09-2013

Introduction

Recent evidences confirm that during the next few decades, many agroclimatic indices of Iran would be affected by global climate change. Koocheki *et al.* using two General Circulation Models showed that the mean annual temperature of the country will increase between 3.5-4.5°C while mean precipitation will reduce by 7-15% to 2050. It is well established that crop growth and development would drastically affect by the future global warming and its consequences because yield determining processes such as photosynthesis and crop phenology are directly related to temperature. On the other hands, the combined effects of CO₂ enrichment and temperature rise on crop growth are complicated and should be studied using crop simulation models. Furthermore, adapting to climatic variability will have a substantially greater effect in reducing impacts than willing mitigation. However, such impacts on crop productivity at national scale and adaptive measures for future conditions are rarely studied in Iran. In this research crop development and yield of wheat, corn, chickpea and sugar beet were simulated for the target year of 2050 and the results are compared with the current yield as the baseline.

Materials and Methods

Future climatic variables were predicted using A₁f (business as usual) scenario by GFDL general circulation model and the results were used as weather inputs in the SUCROS model which was previously validated against measured data of the four crops. To account for the effect of CO₂ enrichment on crop growth the photosynthesis routine of the model was adopted for increased CO₂ concentration using a scaling factor. Changes in developmental stages of each crop were estimated for the future conditions and the relation between duration of these stages and yield was determined. Predicted crop yields for the year 2050 were compared with the current potential yields considering some adaptation strategies.

Results and Discussion

Results indicated the average over the different regions, yield of wheat, corn, chickpea and sugar beet will be decreased by 18.6, 19.1, 6.6, and 20%, respectively. This decrease is mainly due to temperature rise and only 5.6% of the negative effects of temperature will be compensated by increased CO₂ concentration. Regression analysis showed the yield of the studied crops will be reduced between 9 to 17% per 1°C increase in mean temperature during the growing season. For wheat and corn such a reduction would also be expected for the duration of the grain filling period. Based on these results, reduction of the total growing period (planting to maturity) as well as shortened grain filling period are the main causes of the predicted crops yield decline by the target year. On average up to 60% of the yield reduction over the country could be described by global warming and the pattern of the crops yield variation follows the same spatial pattern predicted for temperature rise in 2050. Therefore, adaptation strategies for the future climate should be designed to prevent the negative effects of increased temperature during the sensitive development stages. Simulation results obtained by SUCROS model showed that among different studied adaptation strategies, using new wheat cultivars with higher heat tolerance and changing planting dates are the most efficient management practices and drastically prevent yield reduction under defined future climate scenarios. Use of these readily implemented adaptation strategies is profitable based on the available resources by improving national wheat production compared to the same climatic scenarios without adaptation.

Conclusions

1- Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: akooch@um.ac.ir)

Despite of uncertainties in the predicted results of simulation models, the results of this research indicated that during the next few decades crop yields in different regions of Iran will be reduced due to climate change and more specifically temperature rise. This yield reduction could be more drastic under actual conditions where the effects of climate change will intensify due to biotic and abiotic stresses. However, these negative impacts could be avoided by using proper adaptation strategies.

Keywords: Adaptation, Global warming, Length of growth period, Yield variation



تأثیر هگزاکونازول و پنکونازول بر تحمل به سرما در گیاه کوشیا (*Kochia scoparia*)

علی کمندی^۱ - احمد نظامی^۲ - محمد کافی^۲ - جعفر نباتی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۲۸

چکیده

در مناطق معتدله سرمای دیررس بهاره رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این مطالعه با هدف بررسی اثر تریازول‌ها در بهبود تحمل به سرمای دیررس بهاره در گیاه کوشیا به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. غلظت‌های مختلف هگزاکونازول و پنکونازول (۰، ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر) قبل از اعمال سرما روی گیاهان تیمار شد و سپس گیاهان در شرایط کنترل شده در معرض دماهای یخ‌زدگی (۰، -۲، -۴، -۶ و -۸ درجه سانتی‌گراد) قرار گرفتند. پس از اعمال دماهای یخ‌زدگی پایداری غشاء سلولی از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها (EL) و درجه حرارت کشته برای ۵۰٪ نمونه‌ها براساس نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}) تعیین شد. درجه حرارت کشته برای ۵۰٪ گیاهان براساس درصد بقاء (LT_{50su}) و رشد مجدد گیاهان نیز سه هفته پس از بازیابی گیاهان در شرایط طبیعی تعیین شد. نتایج نشان داد که کاهش دما تأثیر معنی‌داری بر نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء، ارتفاع بوته و وزن خشک آن داشت. افزایش غلظت تریازول‌ها به میزان ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر در مقایسه با تیمار شاهد سبب کاهش نشت الکترولیت‌ها شد، به طوری که سبب کاهش LT_{50el} از ۵/۹- به ۷/۲- گردید. کاربرد تریازول‌ها با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر وزن خشک و ارتفاع گیاه را کاهش داد، ولی تأثیری بر درصد بقاء گیاهان نداشت. به طور کلی نتایج نشان داد که کاربرد تریازول‌ها سبب کاهش نشت الکترولیت‌ها از گیاه شد، ولی بر درصد بقاء و صفات مرتبط با بازیافت گیاه تأثیری نداشت.

واژه‌های کلیدی: تریازول‌ها، درصد بقاء، سرمای دیررس بهاره، نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

بیوسنتزی گیاه را کاهش داده، مانع از کارکرد طبیعی فرآیندهای فیزیولوژیکی شده و ممکن است سبب بروز صدمات غیرقابل برگشت و در نهایت منجر به مرگ گیاه گردد. توانایی گونه‌های گیاهی مختلف در تحمل دمای پایین بسیار متفاوت است. گونه‌های حساس به سرمازدگی نواحی گرمسیری، ممکن است حتی در دماهای بالاتر از صفر درجه سانتی‌گراد متحمل خسارات جبران‌ناپذیری گردند. این خسارات ناشی از آسیب‌های وارده به فرآیندهای متابولیکی و سلولی و تغییر در ویژگی‌های غشاء می‌باشد. گیاهان مقاوم به سرمازدگی ولی حساس به یخ‌زدگی قادرند دماهای اندکی پایین‌تر از صفر را تحمل نمایند ولی به شدت از تشکیل یخ در بافت‌ها آسیب می‌بینند (۳۱).

مطالعات فراوانی به منظور یافتن روشی مؤثر و سریع در ارزیابی مقاومت به یخ‌زدگی گیاهان صورت گرفته است (۲۶). به منظور اندازه‌گیری تحمل به سرما فولر و گاستا (۱۱) شاخص بقاء مزرعه را معرفی نمودند. در این روش، بقاء گیاهان از طریق کاشت آنها در مزرعه و قرارگیری در معرض سرما و سپس مقایسه آنها با نمونه شاهد ارزیابی می‌گردد. از آنجایی که بقاء گیاهان در مزرعه تحت تأثیر سایر تنش‌ها مانند یخ‌زدگی، آب کشیدگی، پوشش یخ و برف، غرقاب

کوشیا (*Kochia scoparia*) گیاهی یک ساله و چهار کرنبه بوده و منشاء آن اوراسیا می‌باشد و به دلیل سازگاری مناسب با شرایط محیطی سخت گسترش زیادی در محیط‌های مختلف یافته است (۱۸). مطالعات مختلفی که در ارتباط با پتانسیل کوشیا به عنوان علوفه انجام گرفته است (۱۸) حاکی از توان بالای این گیاه در تولید علوفه مناسب است (۲۲). چنانچه این گیاه قادر باشد سرمای دیررس بهاره را تحمل نماید با کاشت زودتر کوشیا می‌توان با بهره‌گیری از نزولات جوی در مناطق خشک و نیمه خشک که منابع آب مناسب در آنها کم است زیست توده مناسبی تولید نمود.

دمای پایین یکی از مهم‌ترین عوامل غیرزیستی محدودکننده رشد، تولید و توزیع جغرافیایی گیاهان است. دمای پایین فعالیت‌های

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

(*)- نویسنده مسئول: Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir

(*Solanum lycopersicum*) (۳۲) تیمار شده با تریازول ها گزارش شده است.

این مطالعه با هدف بررسی تحمل به سرمای گیاه کوشیا تحت شرایط کنترل شده و امکان افزایش تحمل به سرمای دیررس بهاره گیاه در اثر کاربرد قارچ کش هایی مانند پنکونازول و هگزاکونازول طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

این آزمایش در بهار سال ۱۳۸۸ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با سه تکرار اجرا شد. تعداد پنج بذر در گلدان های پلاستیکی به قطر ۱۰ سانتی متر و در عمق ۲-۱ سانتی متری خاک کشت شده و در محیط طبیعی رشد یافتند. توده کوشیا مورد استفاده در این آزمایش توده بومی سبزوار بود. سه هفته پس از کاشت که گیاهان در مرحله چهار تا شش برگی بودند محلول پاشی قارچ کش های پنکونازول و هگزاکونازول در دو غلظت ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر روی گیاهان انجام شد و عدم کاربرد قارچ کش (آب مقطر) نیز به عنوان شاهد در نظر گرفته شد. بیست و چهار ساعت پس از اعمال تیمارها گلدان ها به فریزر ترموگرادیان منتقل و در معرض پنج دمای یخ زدگی (صفر، ۲-، ۴-، ۶- و ۸- درجه سانتی گراد) قرار گرفتند. دمای فریزر در شروع آزمایش پنج درجه سانتی گراد بوده و پس از قرار دادن نمونه ها با سرعت دو درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت. این وضعیت شرایط را برای توزیع مجدد آب به بافت های گیاهی و جلوگیری از تشکیل یخ در داخل سلول ها که در طبیعت به ندرت اتفاق می افتد، فراهم می کند (۲۱). به منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه ها، در دمای ۳- درجه سانتی گراد محلول INAB^۱ روی گیاهان پاشیده شد و پس از آن دما با سرعت دو درجه سانتی گراد در ساعت کاهش یافت. به منظور ایجاد تعادل در دمای محیط، گیاهان در دمای مورد نظر به مدت یک ساعت نگه داشته شده و سپس گلدان ها به اتاقک سرد با دمای 5 ± 2 درجه سانتی گراد منتقل و به مدت ۲۴ ساعت نگهداری شدند. در مرحله بعد جوان ترین برگ توسعه یافته از هر بوته جدا شده و در لوله های آزمایش حاوی ۴۰ میلی لیتر آب دوبار تقطیر شده قرار گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی هر نمونه با استفاده از دستگاه EC متر (مدل -Jenway) اندازه گیری شد (E_1). به منظور اندازه گیری میزان کل نشت الکترولیت ها در اثر مرگ سلول، لوله های آزمایش در دستگاه بن ماری با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد به مدت ۹۰ دقیقه قرار داده شدند و مجدداً پس از ۲۴ ساعت هدایت الکتریکی نمونه ها ثبت گردید (E_2).

و عوامل بیماری زا قرار می گیرد، لذا در اغلب مواقع به دلیل بقاء کامل یا مرگ کامل گیاه تفاوت در بقاء گیاهان پس از سرما قابل اندازه گیری نخواهد بود. به همین علت جهت پرهیز از محدودیت های فوق آزمون یخبندان مصنوعی معرفی گردیده است (۵). در این روش گیاهان در شرایط کنترل شده در معرض دماهای یخ زدگی قرار گرفته و پس از اعمال یخ زدگی به گلخانه منتقل و پس از گذراندن یک دوره سه تا چهار هفتگی بازیابی، منحنی درصد بقاء آنها در برابر دماهای آزمایش ترسیم و دمای که سبب ۵۰ درصد مرگ و میر نمونه های گیاهی می شود به عنوان LT_{50su} ^۱ تعیین می گردد (۳).

از آن جایی که غشاء پلاسمایی نخستین مکانی است که تحت تأثیر تنش یخ زدگی قرار می گیرد لذا میزان خسارت وارده به گیاه را می توان از طریق اندازه گیری میزان نشت الکترولیت ها از بافت های آسیب دیده اندازه گیری نمود (۲۶). استفاده از آزمون نشت الکترولیت ها روشی آسان، سریع، قابل اعتماد و کم هزینه جهت ارزیابی تحمل به تنش یخ زدگی در مقایسه با سایر روش ها ذکر شده است (۲۶). نظامی و همکاران (۲۴) نشت الکترولیت ها را به عنوان شاخصی از خسارت یخ زدگی در کلزا (*Brassica napus*) بررسی و مشاهده نمودند که سبب افزایش میزان نشت الکترولیت ها در کلیه ارقام مورد بررسی گردید. همچنین مطالعه اثر تنش سرما بر گیاهچه های ۱۴ روزه نخود (*Cicer arietinum* L.) توسط نایار و همکاران (۲۳) نشان داد که با کاهش دما، نشت الکترولیت افزایش می یابد.

به منظور کاهش اثرات تنش های محیطی از جمله سرما استفاده از برخی مواد شیمیایی نظیر تریازول ها گسترش وسیعی یافته است (۱۰). تریازول ها یک گروه بزرگ و مهم از ترکیبات سیستمیک هستند که در دهه ۱۹۶۰ برای کنترل بیماری های قارچی در گیاهان و حیوانات مورد استفاده قرار گرفتند. تریازول های تجاری دارای مشتقاتی مانند پنکونازول و هگزاکونازول هستند که به عنوان قارچ کش و تنظیم کننده رشد در گیاهان مورد استفاده قرار می گیرند (۲). از جمله اثرات آناتومیکی و مورفولوژیکی کاربرد تریازول می توان به کاهش طولی شدن اندام هوایی، افزایش کرک های گیاه، افزایش واکس اپیدرم، تولید کلروپلاست های بزرگ تر و افزایش رشد ریشه (۱۰) اشاره کرد. اثرات بیوشیمیایی تریازول شامل سمیت زدایی اکسیژن فعال (۱۹)، افزایش میزان پرولین، افزایش فعالیت آنتی اکسیدان ها (۲) و محتوای کلروفیل (۹) می باشد. تریازول ها با ایجاد تغییرات هورمونی مانند افزایش سیتوکینین، ممانعت از سنتز جیبرلین، افزایش آبسسیک اسید و کاهش اتیلن موجب تخفیف اثرات تنش می شوند (۲). افزایش تحمل به یخ زدگی در خیار (*Cucumis sativus*) (۳۴) و گوجه فرنگی

1- Lethal temperature 50 according to the plant survival percentage (LT_{50su})

معنی‌داری از لحاظ درصد نشت در بین دماهای مختلف، ارقام شبدر و اثر متقابل دما و رقم وجود دارد. در آزمایش ایشان با کاهش دما تا ۱۸- درجه سانتی‌گراد درصد نشت ارقام مختلف شبدر حدود ۵/۷ برابر نسبت به دمای ۶- درجه سانتی‌گراد افزایش داشت.

تفاوت درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ‌های کوشیا در شرایط کاربرد غلظت‌های مختلف تریازول‌ها معنی‌دار بود (جدول ۱) و با افزایش غلظت تریازول‌ها به ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نشت الکترولیت‌ها نسبت به تیمار شاهد (عدم مصرف تریازول‌ها) ۲۶ درصد کاهش یافت (شکل ۱ a).

درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ‌های گیاه کوشیا در تیمارهای بدون کاربرد تریازول‌ها تا دمای ۴- درجه سانتی‌گراد نسبتاً اندک و ثابت بود و با کاهش بیشتر دما به شدت افزایش یافت. محلول‌پاشی ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر از تریازول‌ها باعث گردید درصد نشت الکترولیت‌ها تا دمای ۶- درجه سانتی‌گراد روند افزایشی نداشته باشد و نسبتاً ثابت باقی بماند. براساس این شاخص به نظر می‌رسد کاربرد غلظت‌های فوق سبب گردیده است تحمل به یخ‌زدگی کوشیا ۲- درجه سانتی‌گراد افزایش یابد (شکل ۲).

غشاء سلولی ساختار پویایی است که بسیاری از واکنش‌های بیوشیمیایی و بیوفیزیکی در سلول‌های گیاهی را هدایت و نقطه اثر اولیه تنش‌های محیطی می‌باشد (۱۶). تنش سرما سبب تغییر در فرآیندهای متابولیکی، کاهش فعالیت‌های آنزیمی، کاهش ظرفیت فتوسنتزی و تغییر در سیالیت غشاء می‌گردد (۷). تغییر وضعیت غشاء از حالت کریستال مایع به حالت جامد- ژل فعالیت غشاء را مختل نموده (۱۶) و سبب نشت الکترولیت‌ها از سلول می‌گردد، لذا اندازه‌گیری میزان نشت از بافت‌های تحت تنش می‌تواند معیار قابل قبولی برای سنجش مقاومت به تنش سرما باشد (۱۶ و ۲۵).

گوپی و همکاران (۱۳) گزارش نمودند که در هویج (*Daucus carota*) استفاده از تریازول‌ها منجر به کاهش نشت الکترولیت‌ها گردید. گیاهچه‌های گندم تیمار شده با پاکلوبوترازول در شرایط تنش دما استحکام غشاء بیشتری داشتند (۱۹) و تیمار یونیکونازول در سویا سبب کاهش نشت الکترولیت‌ها گردید (۲۰). در ذرت نیز پاکلوبوترازول سبب تغییر خصوصیات غشاء گردیده و بهبود نواحی خسارت دیده را سرعت بخشیده است (۲۷). از آنجایی که تریازول‌ها بیوستنز و ترکیب استرول‌ها در غشاء پلاسمایی را تغییر می‌دهند (۳۰)، لذا این تغییرات ممکن است سبب افزایش پایداری و پیوستگی غشاء و افزایش قدرت تطابق‌پذیری گیاه گردد، همان‌گونه که در صنوبر سفید نیز این تغییرات مشاهده شده است (۳۰).

نوع تریازول‌ها (پنکونازول، هگزاکونازول) تأثیر معنی‌داری بر درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ کوشیا نداشت (شکل ۱ d)، به‌طوری‌که با کاهش دما تا ۶- درجه سانتی‌گراد تفاوت معنی‌داری در نشت الکترولیت‌ها بین دو تیمار فوق مشاهده نشد. با این وجود در

سپس درصد نشت الکترولیت‌ها با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد.

$$(1) \quad (E1/E2) \times 100 = \text{درصد نشت الکترولیت}$$

سپس گلدان‌ها به محیط طبیعی منتقل شده و پس از سه هفته درصد بقاء و بازیافت گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفت. درصد بقاء گیاهان از طریق شمارش تعداد بوته‌های زنده در هر گلدان و از طریق معادله (۲) محاسبه شد.

$$(2) \quad [100 \times (\text{تعداد گیاهان قبل از تیمار یخ‌زدگی}) / (\text{تعداد گیاهان زنده سه هفته پس از تیمار یخ‌زدگی})] = \text{درصد بقاء}$$

درجه حرارت کشنده برای ۵۰ درصد نمونه‌ها براساس نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el})^۱ و درصد بقاء (LT_{50su}) به‌ترتیب با استفاده از رسم نمودار درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء گیاهان در مقابل دماهای یخ‌زدگی تعیین گردید (۲۵).

به منظور تعیین بازیافت گیاهان، ارتفاع آنها اندازه‌گیری شد و سپس بوته‌ها برداشت شده و وزن خشک آنها پس از ۴۸ ساعت قرارگیری در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تعیین شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTATC انجام گردید، جهت رسم نمودارها و تعیین LT_{50} از نرم‌افزار SlideWrite استفاده شد و مقایسه میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح اطمینان ۹۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نشت الکترولیت‌ها: کاهش دما تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر درصد نشت الکترولیت‌های برگ کوشیا داشت (جدول ۱) و با کاهش دما، میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت (شکل ۱). در بررسی اثر دمای یخ‌زدگی بر میزان نشت الکترولیت‌های برگ کوشیا مشاهده می‌شود که شیب افزایش نشت الکترولیت‌ها تقریباً از دمای ۴- درجه سانتی‌گراد شروع و با کاهش دما افزایش پیدا کرده و در دمای ۸- درجه سانتی‌گراد به حداکثر رسید (شکل ۱ b). نشت الکترولیت‌ها از برگ‌ها در دماهای ۲- و ۴- تقریباً معادل با دمای صفر درجه سانتی‌گراد و در دماهای ۶- و ۸- در مقایسه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب ۲/۶ و ۶/۴ برابر افزایش داشت. در بررسی نایار و همکاران (۲۳) روی اثر تنش سرما بر گیاهچه‌های دو هفته‌ای نخود نیز مشاهده شد که با کاهش دما، نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. ایوکینا و همکاران (۸) بیان کردند که روش نشت الکترولیت‌ها یک روش کاربردی و آسان برای به‌گزینی ژرم‌پلاسماهای مقاوم به یخ‌زدگی در گیاه شبدر می‌باشد. ایشان در آزمایشی برگ‌های جوان ارقام مختلف شبدر را در دماهای مختلف یخ‌زدگی قرار دادند و سپس با محاسبه درصد نشت الکترولیت‌ها در آنها بیان کردند که تفاوت

1- Lethal temperature 50 according to the electrolyte leakage percentage (LT_{50el})

دمای ۸- درجه سانتی‌گراد درصد نشت در تیمار محلول‌پاشی هگزاکونازول از پنکونازول مقداری کمتر بود و لذا به نظر می‌رسد تریازول‌ها تأثیر مشابهی بر افزایش نشت الکترولیت‌ها در این گیاه داشته‌اند.

گاستا و همکاران (۱۴) دمایی را که سبب ۵۰ درصد نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی می‌شود، به‌عنوان دمای ۵۰ درصد کشندگی براساس درصد نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}) پیشنهاد کردند. شاشیکومار و ناس (۳۳) با انجام آزمایشی روی هشت رقم پنجه مرغی (*Cynodon dactylon*) مشاهده نمودند که ارقام حساس‌تر به سرما، LT_{50el} بالاتری نسبت به ارقام مقاوم داشتند. در این مطالعه کاربرد غلظت‌های مختلف قارچ‌کش تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر

LT_{50el} داشت و افزایش غلظت قارچ‌کش به ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم در لیتر نسبت به عدم کاربرد آن موجب شد تا LT_{50el} از ۵/۹- به ۷/۲- درجه سانتی‌گراد برسد (شکل ۴). از سوی دیگر و هرچند کاربرد قارچ‌کش‌ها نسبت به عدم کاربرد آنها موجب بهبود LT_{50el} شده است، ولی محلول‌پاشی گیاهچه‌های کوشیا با غلظت ۱۰ میلی‌گرم در لیتر قارچ‌کش هگزاکونازول نسبت به کاربرد ۲۰ میلی‌گرم در لیتر از همین قارچ‌کش، LT_{50el} را بیشتر کاهش داده است، در حالی که در قارچ‌کش پنکونازول در غلظت ۲۰ میلی‌گرم در لیتر، LT_{50el} کاهش بیشتری نسبت به غلظت کمتر این ماده داشته است (شکل ۴).

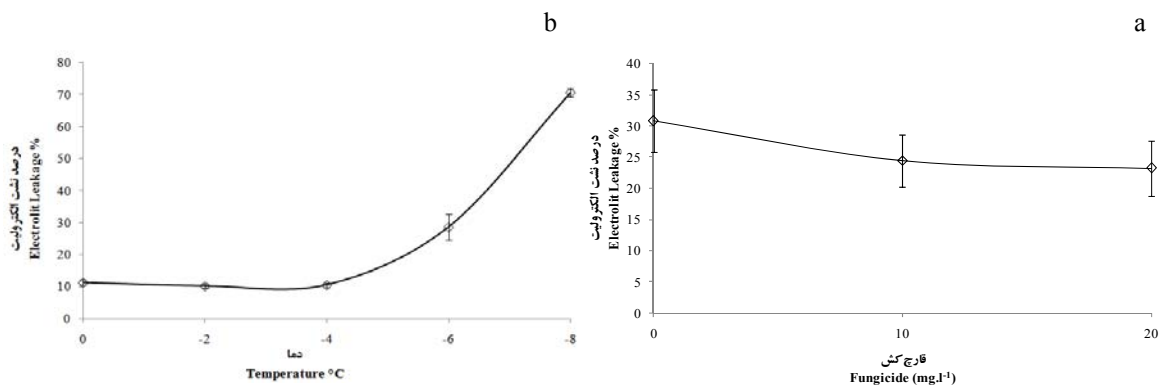
جدول ۱- منابع تغییرات، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر تریازول‌ها، غلظت آنها و دما بر درصد نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء، ارتفاع و وزن خشک گیاه کوشیا در شرایط کنترل شده

Table 1- Source of variation, degrees of freedom, and mean squares of effect of triazole concentration and temperature on the electrolytes leakage, survival percentage, height plant and dry weight of kochia under controlled conditions

منابع تغییرات	درجه آزادی	نشت الکترولیت‌ها	درصد بقاء	ارتفاع بوته	وزن خشک
S.O.V	DF	Electrolyte leakage	% Survival	High plant	Dry weight
قارچ‌کش (Fungicide)	1	37 ^{ns}	7 ^{ns}	35 ^{ns}	0.1 ^{ns}
غلظت (Concentration)	2	497 ^{**}	149 ^{ns}	112 [*]	0.7 ^{**}
قارچ‌کش × غلظت (Fungicide × Concentration)	2	10 ^{ns}	424 ^{ns}	67 ^{ns}	0.4 ^{**}
دما (Temperature)	4	12168 ^{**}	33896 ^{**}	1826 ^{**}	4.0 ^{**}
قارچ‌کش × دما (Fungicide × Temperature)	4	65 ^{**}	285 [*]	55 [*]	0.1 [*]
غلظت × دما (Concentration × Temperature)	8	459 ^{**}	250 [*]	36 [*]	0.1 [*]
قارچ‌کش × غلظت × دما	8	52 ^{**}	181 ^{ns}	21 ^{ns}	0.1 ^{ns}
(Fungicide × Concentration × Temperature)					
خطا (Error)	60	12	229	25	0.1
ضریب تغییرات % (C.V)		13.05	9.53	7.22	13.56

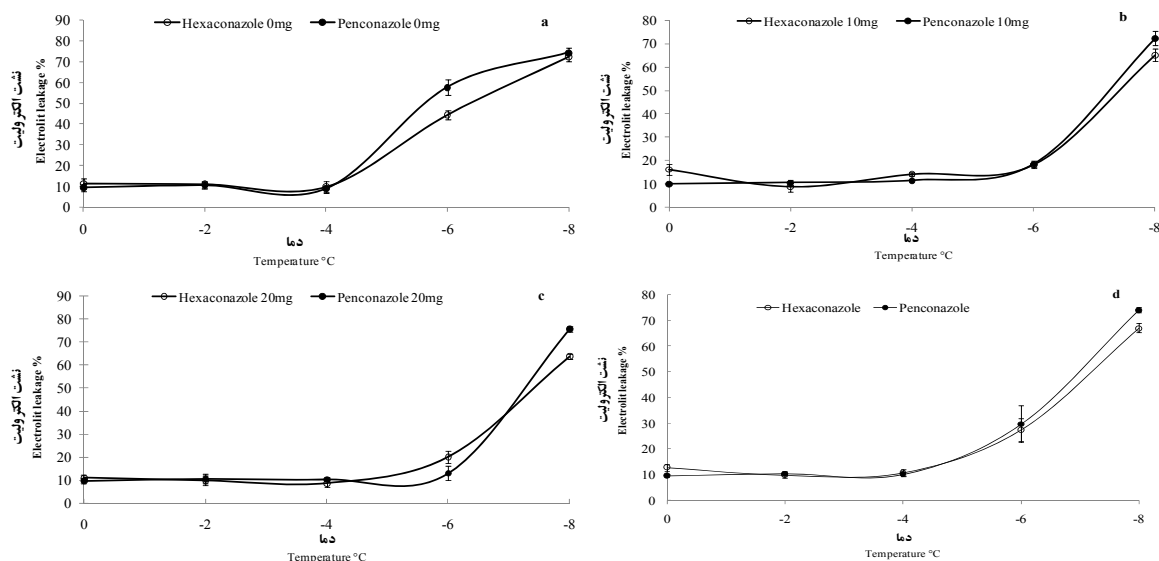
ns, **, * به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۰۵ و ۰/۰۱

ns, **, * non significant, significant at 0.01 and significant at 0.05 respectively

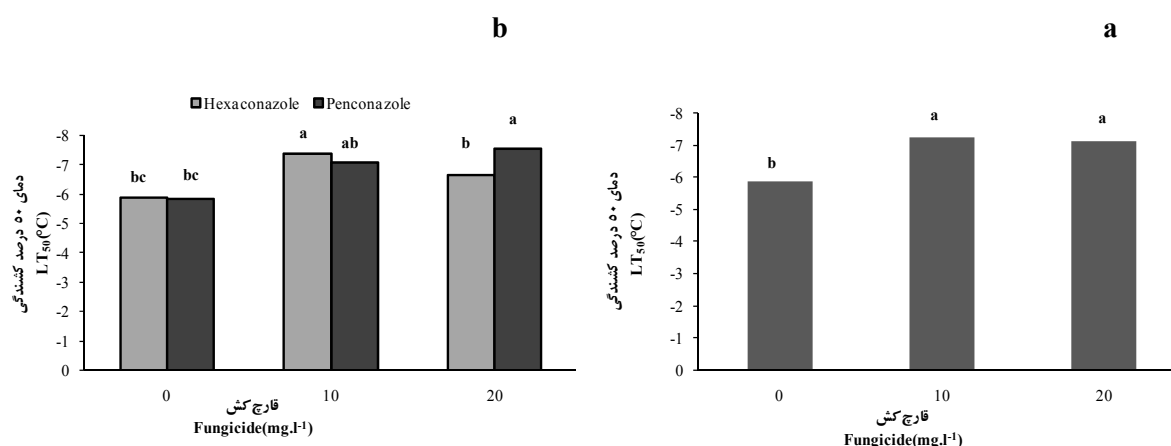


شکل ۱- اثر غلظت‌های مختلف تریازول‌ها (الف) و دما (ب) بر میزان نشت الکترولیت‌ها در کوشیا. خطوط عمودی مقادیر خطای استاندارد را نشان می‌دهند

Figure 1- Effect of different concentration of triazols (a) and temperature (b) on electrolyte leakage in kochia. Vertical lines indicate the standard error values



شکل ۲- تأثیر کاهش دما بر درصد نشت مواد در کوشیا (الف) بدون محلول پاشی، (ب) محلول پاشی با غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر، (ج) محلول پاشی با غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر و (د) کل تریازول ها. خطوط عمودی نشان دهنده میانگین $\pm$ خطای استاندارد است
Figure 2- Effect of low temperature electrolytes leakage in Kochia (a) no application, (b) sprayed at a concentration of 10 mg per liter, (c) sprayed at a concentration of 20 milligrams per liter, and (d) total. Vertical lines indicate the standard error values



شکل ۳- دمای ۵۰ درصد کشندگی (LT_{50el}) تحت تأثیر غلظت های مختلف قارچ کش (الف) و اثر متقابل قارچ کش و غلظت (ب). براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 3- LT_{50el} under different fungicides concentration (a) and interaction between fungicides and concentration (b) according to Duncan test at 5%

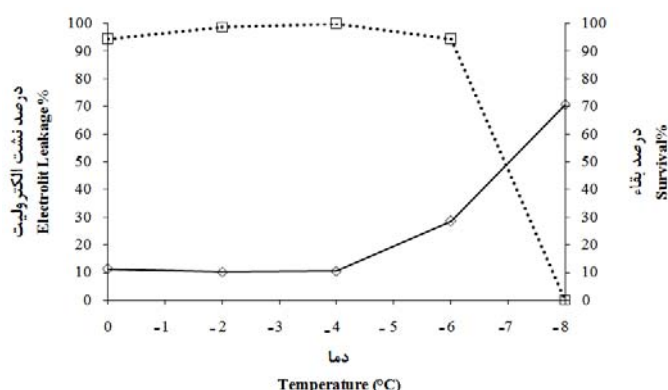
خط تندتری روند نزولی پیدا کرد و در دمای ۷- درجه سانتی گراد که نقطه تلاقی این دو صفت بود ۵۰ درصد نشت الکترولیت ها و بقاء مشاهده گردید و در دمای ۸- درجه سانتی گراد با رسیدن میزان نشت الکترولیت ها به ۷۰ درصد میزان بقاء گیاهان به صفر رسید (شکل ۵). در این مطالعه همبستگی بسیار معنی داری بین درصد نشت الکترولیت ها و درصد بقاء گیاهان وجود داشت ($r = -0.84^{**}$) (جدول ۶). به عبارت دیگر با افزایش درصد نشت الکترولیت ها، درصد بقاء

درصد بقاء و بازیافت: اثر تیمارهای دمایی بر درصد بقاء گیاهان معنی دار ($P \leq 0.01$) بود و هرچند گیاهان در شرایط اعمال تیمارهای دمایی ۲- و ۴- کاملاً زنده مانده بودند ولی با کاهش دما به کمتر از ۶- درجه سانتی گراد تمامی گیاهان از بین رفتند (جدول ۲). بررسی رابطه بین میزان نشت الکترولیت ها و درصد بقاء در شکل ۴ نشان می دهد که در دمای ۶- درجه سانتی گراد میزان نشت الکترولیت ها به شدت افزایش یافت و در همین دما میزان بقاء با شیب

دما درصد بقاء گیاهان کاهش یافت. در آزمایش ایشان بیشترین درصد بقاء در تیمار شاهد (صفر درجه سانتی گراد) و کمترین آن در دمای ۲۰- درجه سانتی گراد مشاهده شد.

اثر تیمارهای دمایی بر ارتفاع گیاه معنی دار ($P \leq 0.05$) بود. ارتفاع بوته‌های کوشیا با کاهش دما به کمتر از ۴- درجه سانتی گراد کاهش یافت (جدول ۲) و در دمای ۶- درجه سانتی گراد ۲۴/۶ درصد کمتر از دمای صفر درجه سانتی گراد بود. عزیزی و همکاران (۳) با بررسی ارتفاع ارقام گندم در شرایط تنش یخ‌زدگی گزارش کردند که ارتفاع بوته با کاهش دما کاهش می‌یابد. همچنین نظامی و همکاران (۲۵) نیز با بررسی تحمل به یخ‌زدگی ارقام جو (*Hordeum vulgare*) نتایج مشابهی گزارش کردند.

گیاهان کاهش یافته است. با وجود این بررسی شکل ۵ نشان می‌دهد که حداکثر نشت برای مرگ گیاهان ۷۰ درصد بوده لذا ۵۰ درصد آن ۳۵ درصد می‌شود که گیاهان در این درصد نشت (یعنی ۳۵ درصد) هنوز ۹۰ درصد بقاء داشته‌اند. در حقیقت نشت حدوداً ۴۰ درصد الکترولیت‌ها از برگ‌ها سبب ۵۰ درصد مرگ گیاهان براساس درصد بقاء شده است. محققان معتقدند که یک روش ارزیابی می‌بایست ساده، قابل تکرار و غیر تخریبی باشد (۱۵) و لذا جهت بررسی نشت الکترولیت‌ها غالباً از برگ‌های گیاهان استفاده می‌شود (۲۴) زیرا در این حالت می‌توان بقاء گیاهان را نیز مورد بررسی قرار داد. عزیزی و همکاران (۳) در بررسی تحمل به یخ‌زدگی ارقام گندم مشاهده نمودند که اثر تیمارهای دمایی بر درصد بقاء گیاهان معنی‌دار بود و با کاهش



شکل ۴- منحنی درصد بقاء و نشت الکترولیت‌های کوشیا تحت تأثیر دماهای یخ‌زدگی در شرایط کنترل شده (بقاء □ و نشت الکترولیت ◇)

Figure 4- Curve of survival and electrolyte leakage of kochia under freezing temperatures at controlled conditions (survival □ and leak leakage ◇)

جدول ۲- اثر قارچ‌کش، غلظت آن و دما بر درصد بقاء، ارتفاع بوته و وزن خشک بوته کوشیا سه هفته پس از بازیافت

Table 2- Effect of fungicides, concentration and temperature on survival, plant height and plant dry weight of Kochia three weeks after recovery

تیمار Treat	درصد بقاء % Survival	ارتفاع بوته High plant (cm)	وزن خشک Dry weight (g.plant ⁻¹)
قارچ‌کش Fungicide			
هگزاکونازول Hexaconaz	77.2 ^a	17.7 ^a	0.8 ^a
پنکونازول Penconazol	77.7 ^a	16.4 ^a	0.8 ^a
غلظت (mg.l ⁻¹) Concentration			
0	80.0 ^a	19.1 ^a	1.0 ^a
10	76.6 ^a	16.8 ^{ab}	0.7 ^b
20	75.8 ^a	15.2 ^b	0.7 ^b
دما °C Temperature			
0	94.4 ^a	21.5 ^a	1.1 ^a
-2	98.6 ^a	24.4 ^a	1.0 ^{ab}
-4	100.0 ^a	23.3 ^a	1.1 ^a
-6	94.4 ^a	16.2 ^b	0.8 ^b
-8	00.0 ^b	0.0 ^c	0.0 ^c

میانگین‌های دارای حروف مشابه مربوط به هر تیمار در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.

Means with the same letters of each group in each column, according to Duncan test at 5%, no significant difference

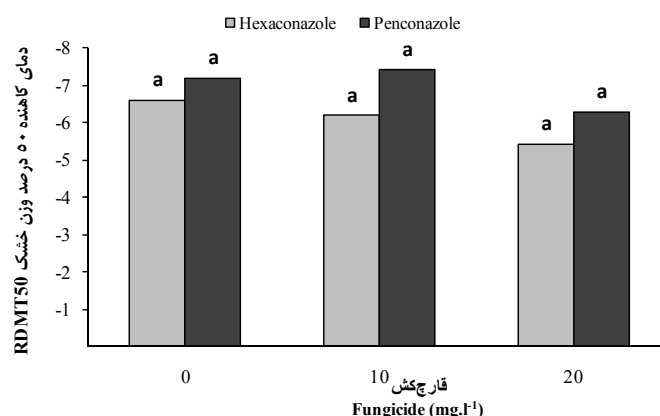
ارتفاع گیاه در تیمار قارچ کش پنکونازول در دمای ۴- درجه سانتی گراد مشاهده شد (جدول ۳). اثر متقابل غلظت قارچ کش و دما نیز بر ارتفاع گیاهان معنی دار ($P \leq 0.05$) بود و بیشترین ارتفاع بوته را در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر گیاهان در دمای ۴- درجه سانتی گراد داشتند، در حالی که بیشترین ارتفاع بوته در غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر، در دمای صفر درجه سانتی گراد مشاهده شد.

اثر تیمارهای دمایی بر وزن خشک گیاه در پایان دوره بازیافت معنی دار ($P \leq 0.05$) بود و به استثنای دمای ۸- درجه سانتی گراد که گیاهچه‌های کوشیا از بین رفتند، وزن خشک بوته‌های کوشیا با کاهش دما به کمتر از ۶- درجه سانتی گراد، ۲۷/۳ درصد کمتر از دمای صفر درجه سانتی گراد بود (جدول ۲). این کاهش احتمالاً ناشی از خسارت یخ زدگی بر توانایی رشد مجدد اندام‌های گیاهی در مرحله بازیافت بوده است. نظامی و همکاران (۲۵) با بررسی وزن خشک ارقام جو در شرایط تنش یخ زدگی گزارش کردند که وزن خشک گیاه در تیمار دمایی ۴- درجه سانتی گراد ۶/۵ درصد کمتر از تیمار شاهد بود، در صورتی که در تیمار دمایی ۱۶- درجه سانتی گراد به کمتر از ۶۰ درصد تیمار شاهد (عدم یخ زدگی) رسید.

هرچند ارتفاع بوته گیاهچه‌های کوشیا در پایان دوره بازیافت تحت تأثیر نوع قارچ کش مورد استفاده قرار نگرفت (جدول ۲) ولی غلظت‌های مختلف قارچ کش‌ها تأثیر معنی داری ($P \leq 0.01$) بر ارتفاع گیاهچه‌های کوشیا داشتند (جدول ۲) و با افزایش غلظت قارچ کش‌ها از صفر به ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر ارتفاع بوته به ترتیب ۱۱/۷ و ۲۰/۱ درصد کاهش یافت (جدول ۲).

تریازول‌ها سبب تحریک گروهی از واکنش‌های مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در گیاهان می‌گردند. برخی از این واکنش‌ها شامل کاهش طول شدن ساقه، تحریک رشد ریشه و افزایش محتوای کلروفیل می‌باشد. این ترکیبات همچنین سبب تغییر در بیوسنتز جبرلین و وضعیت کربوهیدرات‌ها در گیاهان گردیده و مقاومت به تنش‌ها را افزایش می‌دهند. آنها همچنین سبب تأخیر در پیری، افزایش سنتز سیتوکینین و افزایش موقت سنتز اسید آبسازیک می‌گردند (۲).

اثر متقابل قارچ کش و دما بر ارتفاع گیاه معنی دار ($P \leq 0.05$) بود. در شرایط کاربرد قارچ کش هگزاکونازول بیشترین ارتفاع بوته را گیاهان در دمای ۲- درجه سانتی گراد داشتند، در حالی که بیشترین



شکل ۵- اثر تریازول‌ها بر دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک ($RDMT_{50}$) گیاه کوشیا. براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪

Figure 5- Triazoles effect on temperature decreasing at 50% dry matter ($RDMT_{50}$) kochia plants. According to Duncan test at 5%

کوشیا مشاهده شد که استفاده از ۱۰ میلی گرم در لیتر هگزاکونازول سبب کاهش ۱۹/۳ درصدی وزن خشک گیاه نسبت به تیمار شاهد شد، در حالی که استفاده از ۱۰ میلی گرم در لیتر قارچ کش پنکونازول سبب کاهش ۲۶/۴ درصدی وزن خشک کوشیا شده است. نکته قابل توجه این است که کمترین وزن خشک گیاه در تیمار هگزاکونازول در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر و در تیمار پنکونازول در تیمار ۲۰ میلی گرم در لیتر حاصل شده است (جدول ۳). اثر متقابل غلظت

میزان ماده خشک تولیدی سه هفته پس از بازیافت تحت تأثیر غلظت قارچ کش‌های مورد استفاده قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین مقدار ماده خشک تولیدی در تیمار محلول پاشی بدون قارچ کش به دست آمد که اختلاف معنی داری ($P \leq 0.01$) با غلظت‌های ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر داشت، به طوری که میزان کاهش ماده خشک تولیدی در تیمارهای کاربرد قارچ کش ۳۰ درصد کمتر از شاهد بود (جدول ۲). در بررسی اثر متقابل نوع قارچ کش و غلظت آن بر وزن خشک

نتایج تحقیقات روی تریازول ها نشان داده است که این ترکیبات از فعالیت کاتورن اکسیداز جلوگیری می کنند، که این ماده نیز در مسیر سنتز جیبرلین موجب تبدیل آنت کاتورن به کاتورونیک اسید می شود، بنابراین ترکیبات تریازول بیوسنتز جیبرلین را کاهش می دهند. همچنین تریازول ها با جلوگیری از بیوسنتز جیبرلین موجب افزایش بیوسنتز آبسسیک اسید می شوند که در نهایت کاهش رشد را در پی دارند (۲). این کاهش رشد در شرایط تنش سرما باعث می شود که سطح تماس گیاه با توده ی هوای سرد کاهش یابد و همچنین غلظت ترکیبات گیاه در حجم کمتری تجمع یابد که در نهایت افزایش تحمل به دماهایی پایین را افزایش می دهد.

قارچ کش و دما بر وزن خشک گیاهان معنی دار ($P \leq 0.05$) بود. در گیاهان زنده کمترین وزن خشک گیاه در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر، در دمای ۶- درجه سانتی گراد مشاهده شد که ۱۷/۱ درصد کمتر از تیمار شاهد بود، در حالی که کمترین وزن خشک گیاه در غلظت ۲۰ میلی گرم در لیتر، در دمای ۸- درجه سانتی گراد مشاهده شد که ۴۱/۹ درصد کمتر از تیمار شاهد بود. اثر کاربرد غلظت های مختلف قارچ کش هگزاکونازول و پنکونازول بر دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک معنی داری ($P \leq 0.05$) نبود، با این وجود در تمامی غلظت های مورد استفاده، قارچ کش پنکونازول دمای کاهنده ۵۰ درصد وزن خشک کمتری نسبت به قارچ کش هگزاکونازول داشت (شکل ۶).

جدول ۳- اثر متقابل قارچ کش در غلظت و قارچ کش در دما بر درصد بقاء، ارتفاع و وزن خشک بوته کوشیا سه هفته پس از بازیافت

Table 3- The interaction of concentration in fungicides and fungicide in temperature on survival, height and plant dry weight kochia three weeks after recovery

قارچ کش Fungicide	غلظت Concentration (mg l ⁻¹)	وزن خشک Dry weight (g Plant ⁻¹)	ارتفاع بوته High plant (cm)	درصد بقاء Survival%
هگزاکونازول Hexaconazole	0	0.93 ^{ab}	18.6 ^a	80.0 ^a
	10	0.75 ^{bc}	17.1 ^a	80.0 ^a
	20	0.87 ^{ab}	17.6 ^a	71.6 ^a
پنکونازول Penconazole	0	1.06 ^a	19.7 ^a	80.0 ^a
	10	0.78 ^b	16.7 ^a	73.3 ^a
	20	0.55 ^c	13.0 ^a	80.0 ^a
دما (°C) Temperature				
هگزاکونازول Hexaconazole	0	1.20 ^a	22.6 ^a	100.0 ^a
	-2	1.03 ^a	27.7 ^a	97.2 ^a
	-4	1.21 ^a	23.6 ^a	100.0 ^a
	-6	0.80 ^a	14.7 ^a	88.9 ^a
	-8	0.00 ^b	0.0 ^b	0.00 ^b
پنکونازول Penconazole	0	1.01 ^a	20.4 ^a	88.9 ^a
	-2	1.02 ^a	21.2 ^a	100.0 ^a
	-4	1.05 ^a	23.1 ^a	100.0 ^a
	-6	0.91 ^a	17.7 ^a	100.0 ^a
	-8	0.00 ^b	0.0 ^b	0.0 ^b

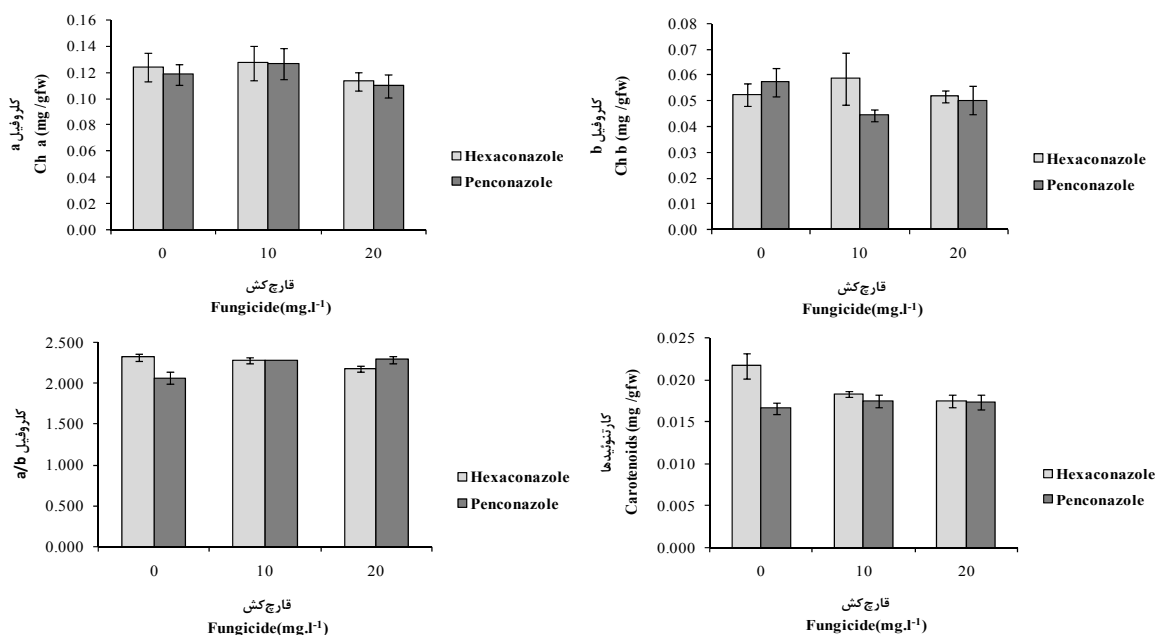
میانگین های دارای حروف مشابه مربوط به هر تیمار در هر ستون، براساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ تفاوت معنی داری ندارند.

Means with the same letters of each group in each column, according to Duncan test at 5%, no significant difference

غلظت کارتوتوئیدها در برگ کوشیا می شود (شکل ۷).
اثر غلظت های مختلف قارچ کش های هگزاکونازول و پنکونازول بر کل رنگدانه های فتوسنتزی حاکی از عدم تأثیر معنی دار این تیمارها بود با این وجود میزان کل رنگدانه ها در قارچ کش هگزاکونازول بیشتر از پنکونازول بود (جدول ۲، ۴، ۵ و شکل ۱۱).
نتایج مطالعات پیشین حاکی از افزایش میزان رنگدانه ها مانند کلروفیل، کارتوتوئیدها، زانتوفیل ها و آنتوسیانین ها در نتیجه کاربرد تریازول ها از جمله هگزاکونازول بود (۱ و ۹)، از طرف دیگر کاهش میزان فتوسنتز و رشد در نتیجه کاربرد تریازول ها گزارش شده است (۴). در این آزمایش تنها نسبت کلروفیل a به کلروفیل b و مقدار کارتوتوئیدها تحت تأثیر قارچ کش های هگزاکونازول و پنکونازول قرار گرفت و احتمالاً همانند نتایج بیشت و همکاران (۴) کاهش میزان

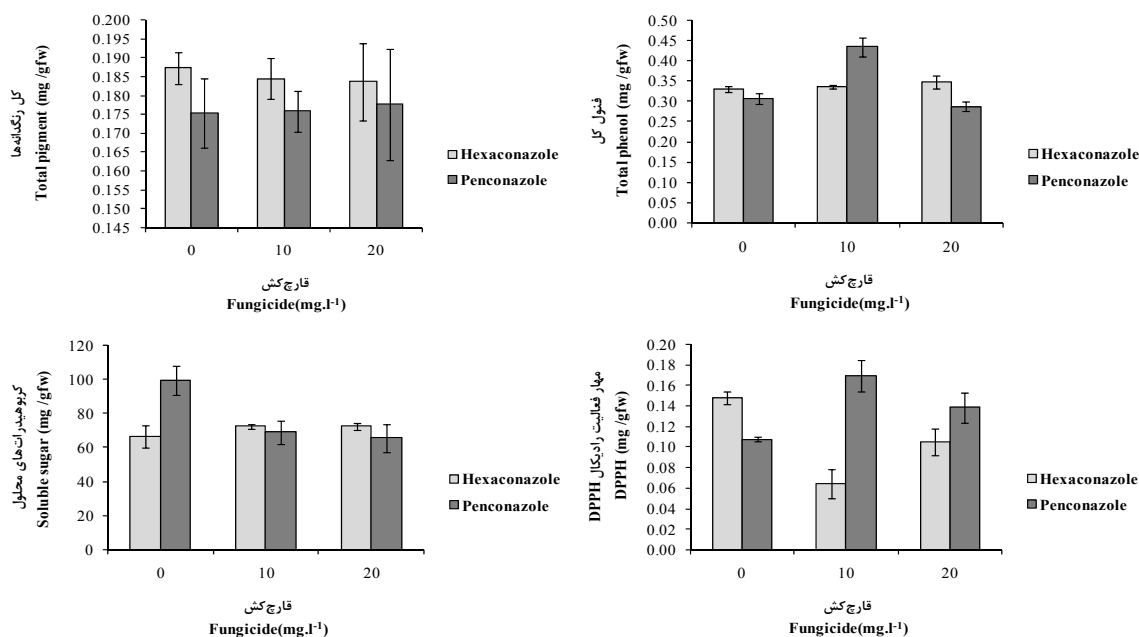
رنگدانه های فتوسنتزی: کاربرد قارچ کش های هگزاکونازول و پنکونازول و همچنین غلظت های مختلف آنها بر رنگدانه های فتوسنتزی کوشیا حاکی از عدم تأثیر معنی دار آنها بر میزان کلروفیل a و کلروفیل b بود (جدول ۴). با این وجود غلظت کلروفیل a و b در شرایط کاربرد قارچ کش هگزاکونازول بیشتر از پنکونازول بود (جدول ۵، شکل ۷). نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در دو قارچ کش مورد استفاده رفتار متفاوتی نشان داد، به طوری که با افزایش غلظت کاربرد قارچ کش هگزاکونازول این نسبت کاهش و در مقابل با افزایش غلظت کاربرد قارچ کش پنکونازول این نسبت افزایش یافت (شکل ۷).
بررسی اثر نوع و غلظت قارچ کش ها از نظر غلظت کارتوتوئیدها نشان داد که افزایش غلظت هر دو قارچ کش موجب کاهش معنی دار

فتوستنز موجب کاهش ماده خشک تولیدی شده است.



شکل ۶- اثر غلظت‌های مختلف هگزاکونازول و پنکونازول بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، نسبت کلروفیل a/b و مقدار کارتنوئیدها در کوشیا. خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین $\pm$ خطای استاندارد است

Figure 6- The effect of different concentrations of hexaconazole and penconazole on chlorophyll a, chlorophyll b, a/b and carotenoids content in Kochia. Vertical lines indicate the standard error values



شکل ۷- اثر غلظت‌های مختلف قارچ‌کش‌های هگزاکونازول و پنکونازول بر کل رنگدانه‌های فتوسنتزی، میزان فنل، کربوهیدرات‌های محلول و فعالیت مهار رادیکال DPPH کوشیا. خطوط عمودی نشان‌دهنده میانگین $\pm$ خطای استاندارد است

Figure 7- The effect of hexaconazole and penconazole on total photosynthetic pigments, phenol, soluble sugar and DPPH in Kochia. Vertical lines indicate the standard error values

نمود، اما کاهش دما به پایین تر از ۴- درجه سانتی گراد سبب افزایش شدیدی در درصد نشت الکترولیت ها گردید. همچنین افزایش غلظت قارچ کش های هگزاکونازول و پنکونازول از صفر به ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر موجب کاهش میزان نشت الکترولیت ها شد. همچنین محلول پاشی ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر از قارچ کش های پنکونازول و هگزاکونازول موجب شد که درصد نشت الکترولیت ها با کاهش دما تا ۶- درجه سانتی گراد روند افزایشی نداشته باشد. بنابراین کاربرد این قارچ کش ها به صورت محلول پاشی قبل از وقوع تنش یخ زدگی موجب افزایش ۲- درجه سانتی گراد در تحمل به یخ زدگی کوشیا (از نظر شاخص نشت الکترولیت ها) شده است. بررسی همبستگی بین نشت الکترولیت ها با سایر صفات حاکی از رابطه منفی و معنی دار ($P \leq 0.01$) بین این خصوصیت با وزن خشک و ارتفاع بوته بود (جدول ۶). افزایش نشت الکترولیت ها از غشاء سلول موجب مختل شدن فیزیولوژی رشد گیاه شده و امکان رشد طبیعی و تولید زیست توده را از گیاه سلب می کند (۳۵). در این آزمایش مشاهده شد که رابطه نشت الکترولیت ها تحت تأثیر دماهای یخ زدگی با میزان کارتنوئیدها در کوشیا مثبت و معنی دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۶). تولید کارتنوئید در شرایط تنش های محیطی به عنوان یک آنتی اکسیدانت می تواند گیاه را در برابر صدمات احتمالی تا حدی محافظت کند (۲۸).

دماهای یخ زدگی تأثیر معنی داری بر درصد بقاء، ارتفاع و وزن خشک گیاهان داشتند و کاهش دما منجر به کاهش صفات فوق شد. ارتفاع و وزن خشک گیاهان نیز تحت تأثیر غلظت قارچ کش قرار گرفت و با افزایش غلظت قارچ کش این صفات کاهش یافتند. در این مطالعه همبستگی منفی و معنی داری ($P \leq 0.01$) بین درصد نشت الکترولیت ها و درصد بقاء گیاهان وجود داشت (جدول ۶)، به عبارت دیگر با افزایش درصد نشت الکترولیت ها، درصد بقاء گیاهان کاهش یافته است. با وجود این و هرچند محلول پاشی تریازول ها قبل از تنش یخ زدگی سبب کاهش LT_{50} گردید ولی درصد بقاء تحت تأثیر تریازول ها قرار نگرفت. همبستگی تریازول ها با پایداری غشاء آزمایش های پیشین توسط فلتچر و همکاران (۱۰) گزارش شده بود. همچنین گیی و همکاران (۱۳) گزارش کردند که تیمار بوته های هویج با تریازول ها مخصوصاً هگزاکونازول و پاکلوبوترازول نشت الکترولیت ها را حدود ۲۰ درصد کاهش می دهد. تریازول ها بیوستنز استرول را دگرگون کرده و تجمع آن را در غشاء پلاسمایی تغییر می دهد (۳۰). این تغییر در تجمع استرول تغییرات زیادی در غشاء سلول ایجاد کند که ممکن است نتیجه آن افزایش پایداری غشاء باشد (۳۰). در مطالعه حاضر نشت الکترولیت ها بلافاصله پس از اعمال تنش یخ زدگی و درصد بقاء سه هفته پس از بروز تنش یخ زدگی اندازه گیری شد و لذا هرچند ممکن است کاربرد تریازول ها در ابتدا بر کاهش درصد نشت الکترولیت ها تأثیر مثبت داشته است، ولی درصد

بررسی غلظت ترکیبات فنلی در کوشیا نشان داد مقدار این ترکیبات با افزایش غلظت قارچ کش هگزاکونازول افزایش یافت اما این افزایش از نظر آماری معنی داری نبود. در مقابل تیمار کاربرد قارچ کش پنکونازول در غلظت ۱۰ میلی گرم در لیتر بیشترین میزان ترکیبات فنلی را تولید کرد (شکل ۸).

ترکیبات فنل ها در برابر تنش های محیطی سرما و گرما مکانیزم های حفاظتی برای گیاهان ایجاد می کنند این ترکیبات دسته ای از مواد آنتی اکسیدانتی هستند که در کاهش اثرات تنش های محیطی در سلول نقش دارند (۲۹). افزایش این ترکیبات با کاربرد تریازول ها می تواند در بهبود مکانیزم های تحمل به دمای گیاهان مؤثر باشد.

میزان کربوهیدرات های محلول با افزایش غلظت قارچ کش هگزونازول روند صعودی داشت، با این وجود اختلاف بین غلظت های مختلف در این قارچ کش معنی دار نبود، در مقابل میزان کربوهیدرات های محلول در تیمار کاربرد قارچ کش پنکونازول روند نزولی نشان داد، به طوری که این صفت در تیمار عدم کاربرد قارچ کش پنکونازول نسبت به تیمارهای ۱۰ و ۲۰ میلی گرم در لیتر ۳۰ و ۳۴ درصد کاهش یافت (جدول ۵ و شکل ۸).

تریازول ها موجب افزایش سنتز نشاسته و دیگر کربوهیدرات ها شده و آنزیم های متابولیسم کربوهیدرات ها را فعال می کنند به طوری که می توان با استفاده از تریازول ها به طور معنی داری میزان تولید و کیفیت غده را در گیاهان غده ای مانند کاساوا افزایش داد (۱۲). با توجه به اینکه گزارش شده است که وظایف کربوهیدرات ها در گیاه شامل، حفاظت اسمزی و بعضی از آنها مانند قندهای الکلی مهار صدمات ناشی از رادیکال های فعال اکسیژن مانند رادیکال های سوپر اکسید، پراکسید هیدروژن و رادیکال های هیدروکسیل به پروتئین ها، اسیدهای نوکلئیک و غشاء لیپیدها می باشد (۱۷)، بنابراین کاربرد تریازول ها می تواند موجب کاهش خسارات ذکر شده ناشی از سرما باشد.

میزان فعالیت مهار رادیکال DPPH در گیاهان تیمار شده با قارچ کش پنکونازول ۲۴ درصد بیشتر از قارچ کش هگزاکونازول بود و اختلاف آنها معنی داری بود (جدول ۵). برهمکنش قارچ کش های هگزونازول و پنکونازول در غلظت های مختلف نشان داد که کاربرد غلظت های مختلف قارچ کش ها موجب تغییر معنی دار فعالیت مهار رادیکال DPPH شد. فعالیت مهار رادیکال DPPH در این قارچ کش ها کاملاً متفاوت بود به طوری که بیشترین و کمترین فعالیت مهار رادیکال DPPH به ترتیب در قارچ کش پنکونازول و هگزونازول در غلظت ۱۰ میلی گرم مشاهده شد (شکل ۸).

به طور کلی نتایج این آزمایش نشان داد که تغییرات درصد نشت الکترولیت ها با کاهش دما از صفر تا ۴- درجه سانتی گراد معنی داری

بقاء و صفات مرتبط با رشد مجدد را تحت تأثیر قرار نداده است.

جدول ۶- ضرایب همبستگی صفات اندازه‌گیری در گیاه کوشیا تحت تأثیر غلظت‌های مختلف قارچ‌های همکارنازول و پنکونازول
Table 6- Correlation coefficient of kochia treats in different concentration of hexaconazole and penconazole

	15	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	
1.	0.02	0.11	0.01	** -0.69	** -0.69	-0.08	0.09	0.09	-0.13	-0.03	** 0.87	0.12	** -0.80	** -0.80	1	ارتفاع بوته High plant
2.	0.05	0.10	0.01	-0.63**	-0.63**	-0.02	-0.04	-0.07	-0.10	-0.09	** 0.78	0.26**	0.71**	1	1	وزن خشک Dry weight
3.	0.02	0.04	-0.04	0.79**	0.79**	-0.06	0.04	0.02	-0.06	0.02	0.84**	0.12	1	1	1	نشت الکترولیتها Electrolyte leakage
4.	0.25*	0.13	-0.03	0.01	0.01	-0.20	0.05	-0.07	-0.12	-0.20	0.01	1	1	1	1	LT ₅₀ Le
5.	-0.04	0.04	-0.07	-0.66**	-0.66**	-0.03	0.03	0.03	-0.06	0.01	1	1	1	1	1	بقاء Survival
6.	0.25*	0.09	-0.08	0.01	0.01	-0.04	0.06	0.05	-0.10	1	1	1	1	1	1	LT ₅₀ su
7.	-0.01	-0.45**	0.05	0.01	0.01	0.08	-0.02	0.02	1	1	1	1	1	1	1	RDMT50
8.	-0.28**	-0.25*	-0.09	0.02	0.01	-0.70**	0.95**	1	1	1	1	1	1	1	1	کلروفیل a Cha a
9.	-0.019	-0.38**	-0.05	0.02	0.01	-0.88**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	کلروفیل b Chb b
10.	0.02	0.45**	0.03	-0.01	0.01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	کلروفیل a/b Cha/Chb a/b
11.	0.01	0.01	0.01	1.00**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	کارتنوئیدها Carotenoids
12.	0.01	-0.01	0.01	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	مجموع رنگدانه‌ها Total pigment
13.	0.53**	-0.18	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	فنل کل Total phenol
14.	-0.27**	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	کربوهیدراتها Soluble sugar
15.	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	DPPH

* and ** significant at 0.05 and significant at 0.01 respectively

و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۵ و ۰/۰۱

LT50_{su} رابطه مثبت و معنی داری ($P \leq 0.01$) مشاهده شد (جدول ۶). این مطلب می تواند بیان کننده این واقعیت باشد که دماهای یخ زدگی در گیاه کوشیا، افزایش میزان نشت الکترولیت ها را در پی دارد و متعاقب آن در نتیجه تولید رادیکال های آزاد در اثر نشت الکترولیت ها، گیاه مجبور به واکنش شده و میزان آنتی اکسیدان هایی مانند مهار فعالیت رادیکال DPPH را افزایش می دهد. در ارتباط با اثر تریازول ها بر کاهش اثر اکسیدکننده ها گزارشات متعددی موجود می باشد (۱۹ و ۳۲). در این مطالعه تنها کاربرد قارچ کش پنکونازول (با افزایش غلظت کاربرد آن) سبب افزایش میزان فعالیت آنتی اکسیدانی در گیاه شده است. بنابراین در صورت کاربرد این ترکیبات قبل از وقوع تنش هایی مانند سرما می توان انتظار داشت که گیاهان نسبت به تنش اکسیداتیو که معمولاً بعد از تنش سرما اتفاق می افتد متحمل شوند.

گیاهان طیف وسیعی از تنش های محیطی را که نهایتاً منجر به بروز تنش اکسیداتیو می شود را درک می کنند. مکانیسم تحمل در برخی از تنش ها به صورت یک ارتباط درونی و نتیجه یک برنامه ریزی هماهنگ و پیچیده است. در شرایط تنش عدم توازن بین فرآیند جذب انرژی و مصرف آن توسط اندام فتوسنتزی باعث تولید گونه های اکسیژن فعال و ناتوانی گیاه در مهار آن می گردد که در نهایت منجر به بروز تنش در غشاهای سلول و بروز علائم ناشی از صدمات اکسیداتیو می شود (۶). افزایش میزان رادیکال های فعال اکسیژن در گیاه باعث می شود که برای کاهش اثرات سمی تنش اکسیداتیو ناشی از تنش های محیطی، مکانیسم های متنوعی در گیاه فعال شود. در این شرایط میزان آنتی اکسیدان ها افزایش یافته و آنزیم های مهارکننده گونه های اکسیژن فعال در جهت کاهش اثرات ناشی از تنش اکسیداتیو حاصل از تنش های محیطی، افزایش پیدا می کنند. در این مطالعه بین آنتی اکسیدان مهار فعالیت رادیکال DPPH و LT50_{Le}

References

1. Abdul Jaleel, C., Gopi, R., and Panneerselvam, R. 2008. Growth and photosynthetic pigments responses of two varieties of *Catharanthus roseus* to triadimefon treatment. *Comptes Rendus Biologies* 331: 272-277.
2. Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, C. A., Gopi, R., Somasundaram, R., and Panneerselvam, R. 2007. Induction of drought stress tolerance by ketoconazole in *Catharanthus roseus* is mediated by enhanced antioxidant potentials and secondary metabolite accumulation. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 60: 201-206.
3. Azizi, H., Nezami, A., Nasiri Mahalati, M., and Khazaie, H. R. 2007. Evaluation of cold tolerance in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars under controlled conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research* 1: 1-12. (in Persian with English abstract).
4. Bisht, R., Singariya, P., Mathur, N., and Bohra, S. P. 2007. Triazoles: Their effects on net photosynthetic rate, transpiration rate and stomatal resistance in *Setaria italica* plants grown *in vivo*. *Asian Journal of Experimental Sciences* 21: 271-276.
5. Blum, A. 1988. Plant breeding for stress environments. CRC Press, Inc., Boca Raton, FL.
6. Boughanmi, N., Michonneau, P., Verdus, M. C., Piton, F., Ferjani, E., Bizid, E., and Fleurat-Lessard, P. 2003. Structural changes induced by NaCl in companion and transfer cells of *Medicago sativa* blades. *Protoplasma* 220: 179-187.
7. Dubey, R. S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: Pessarakli, M. (Eds.) *Hand book of Photosynthesis*. Marcel Dekker Inc, New York.
8. Eugenia, M., Nunes, S., and Ray Smith, G. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. *Crop Science* 43: 1349-1357.
9. Fletcher, R., and Hofstra, G. 1988. Triazoles as potential plant protectants. In: Sterol synthesis inhibitors in plant protection. Eds D. Berg, M. Plempel, Cambridge, Ellis Horwood Ltd, 321-331.
10. Fletcher, R. A., Gilley, A., Davis, T. D., and Sankhla, N. 2000. Triazoles as plant growth regulators and stress protectants. *Horticultural Reviews* 24: 55-138.
11. Fowler, D. B., and Gusta, L. V. 1979. Selection for winter hardiness in wheat. I. Identification of genotypic variability. *Crop Science* 19: 769-772.
12. Gomathinayagam, M., Jaleel, C. A., Lakshmanan, G. M. A., and Panneerselvam, R. 2007. Changes in carbohydrate metabolism by triazole growth regulators in cassava (*Manihot esculenta* Crantz); effects on tuber production and quality. *Comptes Rendus Biologies* 330: 644-655.
13. Gopi, R., Jaleel, C. A., Sairam, R., Lakshmanan, G. M. A., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2007. Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 60: 180-186.
14. Gusta, L. V., Fowler, D. B., and Tyler, N. J. 1982. Factors influencing hardening and survival in winter wheat. In: Plant cold hardiness and freezing stress - mechanisms and crop implications, Vol. 2, In. Li P.H. and Sakai A.

- (Eds.). Academic Press, New York, 23-40.
15. Gusta, L. V., O'Connor, B. J., Gao, Y. P., and Jana, S. 2001. A re-evaluation of controlled freeze-test and controlled environment hardening conditions to estimate the winter survival potential of winter wheats. *Canadian Journal of Plant Science* 81: 241-246.
16. Hana, B., and Bischofa, J. C., 2004. Direct cell injury associated with eutectic crystallization during freezing. *Cryobiology* 48: 8-21.
17. Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., Zhu, J. K., and Bohnert, H. J. 2000. Plant cellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
18. Jami Al Ahmadi, M., and Kafi, M. 2008. *Kochia (Kochia scoparia)*: To be or not to be? In: Crop and forage production using saline waters, In: Kafi M. and Khan M.A. (Eds.). NAM S&T Centre. Daya Publisher, New Delhi.
19. Kraus, T.E., and Fletcher, R. A. 1994. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? *Plant Cell Physiology* 35: 45-52.
20. Kraus, T. E., Evans, R. C., Fletcher, R. A., and Pauls, K. P. 1995. Paclobutrazol enhances tolerance to increased levels of UV-B radiation in soybean (*Glycine max*) seedlings. *Canadian Journal of Botany* 73: 797-806.
21. Murry, G. A., Eser, D., Gusta, L. V., and Eteve, G. 1988. Winter hardiness in pea, lentil, faba bean and chickpea. In Summerfield, R.J. (Eds.), *World Crops Cool Season Food Legumes*. Kluwer Academic Publishers. The Netherlands. pp. 831-843.
22. Nabati, J. 2009. Effect of salinity on physiological characteristics and qualitative and quantitative traits of forage *Kochia (Kochia scoparia)*. PhD Thesis. Ferdowsi University of Mashhad. (in Persian with English abstract).
23. Nayyar, H., Bains, T. S., and Kumar, S. 2005. Chilling stressed chickpea seedlings: effect of cold acclimation, calcium and abscisic acid on cryoprotective solutes and oxidative damage. *Environmental and Experimental Botany* 54: 275-285.
24. Nezami, A., Borzooei, A., Jahani, M., Azizi, M., and Sharif, A. 2007. Electrolyte leakage as an indicator of freezing injury in colza (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research* 5: 167-175. (in Persian with English abstract).
25. Nezami, A., Nabati, J., Borzooei, A., Kamandi, A., Masomi, A., and Salehi, M. 2010. Evaluation of freezing tolerance in barley (*Hordeum vulgar* L.) cultivars at seedling stage under controlled conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences* 3: 9-22. (in Persian with English abstract).
26. Nezami, A., Solimani, M. R., Ziaee, M., Ghodsi, M., and Bannayan Aval, M. 2010. Evaluation of freezing tolerance of hexaploid triticale genotypes under controlled conditions. *Notulae Scientia Biologicae* 2: 114-120.
27. Paliyath, G., and Fletcher, R. A. 1995. Paclobutrazol treatment alters peroxidase and catalase activities in heat-stressed maize coleoptiles. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 1: 171-178.
28. Rainha, N., Lima, E., Baptista, J., and Rodrigues, C. 2011. Antioxidant properties, total phenolic, total carotenoid and chlorophyll content of anatomical parts of *Hypericum foliosum*. *Journal of Medicinal Plant Research* 5: 1930-1940.
29. Rivero, R. M., Ruiz, J. M., Garcia, P. C., Lopez-Lefebvre, L. R., Sanchez, E., and Romero, L. 2001. Resistance to cold and heat stress: Accumulation of phenolic compounds in tomato and watermelon plants. *Plant Science* 160: 315-321.
30. Sailerova, E., and Zwiazek, J. J. 1997. Early effect of triadimefon on water relations, sterol composition and plasma membrane ATPase activity in white spruce (*Picea gluca*) needles. *Physiologia Plantarum* 97: 747-753.
31. Sakai, A., and Larcher, W. 1987. Frost survival of plants: Responses and adaptation to freezing stress. Springer-Verlag, Berlin.
32. Senaratna, T., Mackay, C., McKersie, B., and Fletcher, R. 1988. Uniconazole-induced chilling tolerance in tomato and its relationship to antioxidant content. *Journal of Plant Physiology* 133: 56-61.
33. Shashikumar, K., and Nus, J. L. 1993. Cultivar and winter cover effects on Bermudagrass cold acclimation and crown moisture content. *Crop Science* 33: 813-817.
34. Upadhyaya, A., Davis, T., Walser, R., Galbraith, A., and Sankhla, N. 1989. Uniconazole-induced alleviation of low temperature damage in relation to antioxidant activity. *Horticultural Science* 24: 955-957.
35. Zhang, Q., Fry J., Rajashekar, C., and Bremer, D. 2009. Membrane polar lipid changes in *Zoysiagrass rhizomes* and their potential role in freezing tolerance. *Journal of the American Society for Horticultural Science* 134:322-328.



Effect of Hexaconazole and Penconazole on Kochia (*Kochia scoparia*) Freezing Tolerance

A. Kamandi¹ - M. Kafi² - A. Nezami² - J. Nabati^{3*}

Received: 06-05-2013

Accepted: 19-09-2015

Introduction

Cold and freezing are the most important limiting factors on development of sensitive plants. When the ambient temperature deviates from optimal, physiological, and biochemical, metabolic and molecular changes will occur within plants. This is an effort of plants to maximize growth and developmental processes and to maintain cellular homeostasis during such adverse conditions. At the extremes of the natural temperature range of plant, the degree of physiological, cellular, metabolic and molecular dysfunction becomes so severe that it leads to death. Triazoles are the most potent groups of growth retardants with multiple effects. Plant growing with paclobutrazol generally has little effect on rates of net photosynthetic rate. However, because the compound reduces leaf area, net photosynthesis on a per plant basis is probably reduced. They have exhibited growth regulating, fungicidal, herbicidal, apicidal and antibacterial activities. More recently, it was found that triazole compounds are able to increase tolerance of plants to cold and freezing stress. Kochia (*Kochia scoparia* (L.) Schrad.), an out crossing species whose pollen move between plants in windy areas, has recently been considered as a forage or fodder crop in marginal lands. Steppuhn and Wall (1993) claimed that Kochia offers great potential as a crop that can be grown on saline soils, yielding fodder in quantities approaching that produced by alfalfa (*Medicago sativa* L.). Shamsutdinov *et al.* (1996) also reported more than 15 Mg ha⁻¹ dry-matter production for Kochia under saline conditions and concluded that it is a good candidate for forage hay. Thus, the aim of the present study was to determine whether the triazole compounds could increase tolerance of kochia against freezing stress.

Materials and Methods

An experiment was carried out with hexaconazole and penconazole in 0, 10 and 20 mg.L⁻¹ and freezing temperatures 0, -2, -4, -6 and -8 degree centigrade in factorial based on CRBD with three replications at research greenhouse of college of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2009. Plants were kept in natural condition until three weeks after planting, which in this stage they had three leaves, and then treated with fungicide. After 24 hours plants were frozen in thermo gradient freezer, in the dark. At first, the temperature of thermo gradient freezer was five degrees centigrade, and then temperature decreased two degree centigrade per hour. In order to make ice nucleation in plant at -3-degree centigrade ice nucleation active bacteria was sprayed. Plants were keeping an hour in each temperature treatment. In order to balance the ambient temperature, the plants are kept at the desired temperature for one hour and then the pots transport in a cold chamber at a temperature of 5 ± 2°C for 24 hours. The cell membrane stability was measured through electrolyte leakage (EL) and the lethal temperature 50 (LT_{50el}) (according to El) also were determined in the youngest developed leaf from each plant. The electrolyte leakage in the solution was measured after 24 h of floating at room temperature using a conductivity meter. Total conductivity was obtained after keeping the flasks in an oven (75°C) for 90 minutes. Results were expressed as percentage of total conductivity. Survival percentage, plant height, dry weight and (LT_{50su}) (according to survival) were determined after three weeks recovery in the natural condition. The data were analyzed statistically using a two-way ANOVA, applied to the various measured and calculated parameters, followed by a Duncan test for mean comparison between treatments at a 95 % confidence level by MSTAT-C program.

Results and Discussion

The results showed that increase of fungicide concentration by 10 and 20 mg.L⁻¹ higher than control decreased electrolyte leakage but, electrolyte leakage build-up with decrease freezing temperature. Fungicide application increased -2 °C freezing tolerance in kochia. Increasing fungicide concentration in 10 and 20 mg.L⁻¹

1- Ph.D. in agronomy Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Research Center for Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding Author Email: jafarnabati@ferdowsi.um.ac.ir)

than control causes decreased $LT50_{el}$ from -5.9 to -7.2. Application of triazoles responsible of reduced electrolyte leakage but they did not effect on survival. The use of different concentrations of fungicides hexaconazole and penconazole of photosynthetic pigments in *Kochia* showed no significant effect. However, the concentration of chlorophyll a and b in the use of fungicides hexaconazole was more than penconazole.

Conclusions

Triazole application initially had a positive effect on the reduction of electrolyte leakage, but survival and re-growth did not affect. Generally, the use of Triazoles compounds prior to stresses such as cold, could expect the plants can tolerate oxidative stress, which usually occurs after cold stress.

Keywords: Cold, Electrolyte leakage, Lethal temperature 50, Triazole



بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد گیاه وسمه (*Indigofera tinctoria* L.) در شرایط شاهرود

علی انصوری^۱ - حسن شهقی^۲ - حسن مکاریان^{۳*} - منوچهر قلی پور^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۱۴

چکیده

به منظور بررسی امکان کاشت گیاه جدید وسمه در شرایط آب و هوایی منطقه و تعیین بهترین تاریخ کاشت، پژوهشی به صورت طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود در سال ۱۳۹۰ به اجرا در آمد. تیمارها شامل سه تاریخ کاشت ۲۸ خرداد، ۱۲ و ۲۷ تیر بودند. براساس نتایج آزمایش تاریخ کاشت زودتر به دلیل طولانی‌تر بودن طول دوره رشد، میزان حداکثر ماده خشک تجمعی و سرعت رشد محصول را به ترتیب به میزان ۴/۴۱ و ۳/۵۹ برابر در مقایسه با تاریخ کاشت ۲۷ تیر افزایش داد. وزن خشک برگ و ارتفاع بوته در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد به ترتیب ۵۹/۶۴ و ۵۰ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۲۷ تیر افزایش نشان داد. همچنین کاشت زودتر عملکرد بیولوژیکی را به میزان ۴۷/۲۷ درصد نسبت به کاشت دیرتر افزایش داد. به طور کلی می‌توان اظهار نمود که تاریخ کاشت ۲۸ خرداد برای کشت وسمه در شرایط شاهرود مناسب‌ترین زمان بود.

واژه‌های کلیدی: زمان کاشت، سرعت رشد محصول، گیاه دارویی، ماده خشک تجمعی

مقدمه

امروزه به منظور مطالعه در زمینه‌های مختلف مانند اصلاح گیاهان، فیزیولوژی و اکولوژی گیاهی از مدل‌های آنالیز رشد گیاه استفاده می‌شود (۱۵) و به وسیله آن امکان مطالعه ارتباط پیچیده بین رشد ارقام مختلف یک گیاه با محیط و توضیح و تفسیر پاسخ‌های فیزیولوژیکی ارقام در واکنش به محیط فراهم می‌شود (۵). انتخاب تاریخ کاشت مناسب به علت ضرورت استفاده حداکثر از منابع محیطی طی فصل رشد حائز اهمیت است. تاریخ کشت مناسب، ابزار مدیریتی مهمی برای تعیین بهترین تطابق زمانی مراحل فنولوژیکی گیاه با عوامل محیطی مؤثر بر آنها می‌باشد، به طوری که حداکثر عملکرد حاصل شود. تاریخ کشت مناسب موجب بهره‌گیری بهینه از عوامل اقلیمی مانند درجه حرارت، رطوبت، طول روز و همچنین تطابق زمان گلدهی با درجه حرارت مناسب می‌گردد (۱۶). انتخاب بهترین زمان

کاشت علاوه بر جلوگیری از اثرات سوء یخبندان بر محصول باعث عدم برخورد مراحل حساس گیاه با دماهای بالا در دوره‌های انتهایی رشد می‌شود (۱). به نظر می‌رسد با کاشت زود هنگام گیاه فرصت بیشتری برای استفاده از شرایط مناسب محیط (رطوبت خاک به‌ویژه در اوایل بهار) فراهم می‌شود، در نتیجه کانوپی گیاه در مقایسه با کاشت تأخیری توسعه بیشتری خواهد داشت که منجر به افزایش شاخص سطح برگ در کاشت زود هنگام می‌شود (۸). لویزبل یدو و همکاران (۱۵) برای کشت‌های زود هنگام در مقایسه با کشت‌های تأخیری نخود دوام سطح برگ بیشتری را گزارش کردند. سرعت رشد محصول با معناترین واژه در تجزیه و تحلیل رشد در جوامع گیاهی است که نمایانگر میزان تجمع ماده خشک در واحد سطح زمین در یک واحد زمان مشخص می‌باشد (۵). یکی از کارهای اولیه در خصوص بررسی سازگاری و زراعی کردن گیاهان دارویی تعیین تاریخ کاشت این گیاهان می‌باشد. به طور کلی تأخیر در کاشت، مراحل نمو تعیین‌کننده اجزای عملکرد را ممکن است در معرض عوامل نامساعد محیطی قرار داده و قابلیت تولید اقتصادی گیاه را کاهش دهد. از عوامل مهم تعیین‌کننده تاریخ کاشت مطلوب در هر منطقه می‌توان به درجه حرارت مناسب خاک جهت جوانه‌زنی و میزان رشد رویشی کافی

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد اگرولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهرود

۳- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود

۴- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود

(Email: h.makarian@yahoo.com)

(*) نویسنده مسئول:

قبل از گلدهی اشاره کرد (۱۱).

گرایش روز افزون به سمت طب گیاهی در درمان بیماری‌ها چه در سطح جهانی و چه در داخل ایران لزوم کشت انواع گیاهان دارویی را اجتناب‌ناپذیر می‌نماید. گیاه دارویی - صنعتی و سسمه (*Indigofera tinctoria* L.) متعلق به خانواده Fabaceae دارای منشاء ناشناخته‌ای است و گفته می‌شود که احتمالاً از هند منشاء گرفته است. این گیاه در سطح وسیع به منظور تولید نیل^۱ و مواد ثانویه در بعضی مناطق دنیا کشت می‌شود. گونه وحشی یا محلی آن در بیشتر کشورهای آفریقایی، در آسیا از کشورهای عربی تا جنوب شرق آسیا و در استرالیا یافت می‌شود. این گیاه در ایران به‌طور عمده در منطقه جیرفت و کهنوج و همچنین در شهرستان‌های ایرانشهر و بم کشت و کار می‌شود. همچنین در مناطق کوهستانی خاش، تمندان، ایرانشهر، زابل، میرجاوه، فهرج سکهور و شهرستان ریگان این گیاه به‌صورت وحشی رشد می‌کند. سطح زیر کشت و سسمه در منطقه جیرفت و کهنوج در سال زراعی ۸۵-۸۴، ۵۲۰ هکتار با میانگین عملکرد ۲۵۰۰ کیلوگرم در هکتار اعلام شده است (۲).

از گیاه و سسمه در طب سنتی استفاده بسیار می‌شود. در ایران در مناطق جنوب شرق از دم کرده برگ‌های این گیاه برای مداوای پادرد و سر درد استفاده می‌شود. همچنین در این مناطق له شده برگ‌های و سسمه برای سوزش و ترک پا کاربرد دارد. در کامرون از شاخه‌های گیاه و سسمه به‌عنوان مسواک استفاده می‌شود. در طب سنتی از عصاره برگ این گیاه (گاهی اوقات مخلوط با عسل یا شیر) برای درمان بیماری‌های صرع^۲، اختلالات عصبی^۳، آسم^۴، برونشیت‌ها^۵، تب، مشکلات معده‌ای، کلیه و طحال، به‌عنوان یک پیشگیری‌کننده هاری، به‌عنوان پماد برای درمان بیماری‌های پوست و بواسیر استفاده می‌شود. همچنین از عصاره برگ این گیاه برای درمان سوختگی و زخم حیوانات اهلی چون گاو و اسب کاربرد دارد. از پودر ریشه این گیاه در کامرون برای تسکین درد دندان، در تانزانیا برای مداوای کوفت^۶ (آبله فرنگی)، سوزاک و سنگ کلیه به‌کار برده می‌شود (۱۸). در هند از خمیر ریشه آن برای التیام زخم کاربرد دارد. همچنین از دم کرده ریشه این گیاه در هند به‌عنوان یک پادزهر در برابر مارگزیدگی و برای درمان نیش عقرب و حشرات استفاده می‌شود. از آنجا که و سسمه دارای رنگ آبی جذاب، ثبات رنگ بسیار بالا و قدرت بالای

ترکیب‌پذیری با طیف وسیعی از رنگ‌های طبیعی دیگر دارد، "پادشاه رنگ"^۷ نامیده می‌شود. هیچ گیاه رنگی دیگر، چنین جایگاه والایی مانند گونه‌های *Indigofera* در بسیاری از تمدن‌های گذشته نداشته است (۱۳). نیل بیشتر به شکل پودر عرضه می‌شود و جهت تهیه رنگ‌های آرایشی و صنعتی مصرف عمده دارد. از آنجا که در کشور ما تحقیقات چندانی روی این گیاه صورت نگرفته و با همان روش‌های سنتی کشت و کار می‌شود (۲). لذا به دلیل نقش مهم و سسمه در درمان بیماری‌ها و صنایع غذایی - بهداشتی انجام تحقیقات به زراعی در مورد این گیاه پر رنگ‌تر جلوه می‌نماید. هدف از انجام این پژوهش بررسی تأثیر تاریخ کاشت بر رشد و عملکرد زیست توده و سسمه در منطقه شاهرود بوده است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در خرداد ماه سال ۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهرود به‌صورت طرح آزمایشی بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه تاریخ کاشت ۲۸ خرداد، ۱۲ و ۲۷ تیر بودند. شهرستان شاهرود در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۲۵ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۵۷ دقیقه شمالی از نصف النهار گرینویچ واقع شده است و میانگین ارتفاع آن از سطح دریا ۱۳۴۹/۱ متر است. وضعیت درجه حرارت هوا در سال انجام آزمایش در شکل ۱ نشان داده شده است. قبل از انجام عملیات آماده‌سازی زمین و اجرای نقشه آزمایش، به منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از عمق ۰-۲۵ سانتی‌متری در ۱۰ نقطه از خاک مزرعه نمونه‌برداری‌هایی به‌صورت حرکت زیگزاگ صورت گرفت. برای این منظور از هر نقطه معادل یک کیلوگرم خاک برداشت گردید، سپس نمونه‌های جمع‌آوری شده را مخلوط کرده، نهایتاً یک نمونه مرکب یک کیلوگرمی که در برگزیده کل نمونه‌ها بود، جهت تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه شیمیایی و فیزیکی خاک در جدول ۱ نشان داده شده است. پس از آماده‌سازی زمین (شخم، تسطیح، دیسک)، به‌دلیل ریز بودن بذر و به منظور استقرار سریع گیاهچه بذور و سسمه، آن را به مدت شش ساعت هیدروپرایم کرده و به‌صورت کپه‌ای چهار عدد بذر در هر کپه کاشته شد. تراکم کاشت ۵۰ بوته در متر مربع بود. هرکرت آزمایشی شامل چهار ردیف کشت به طول سه متر، فاصله بذور روی ردیف‌های کاشت ۱۰ سانتی‌متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. با توجه به شرایط خاک، نوع آبیاری و غیره بذور در عمق ۱-۱/۵ سانتی‌متری خاک قرار داده شدند. قبل از کاشت مقدار ۱۰ تن در هکتار کود دامی اضافه شد. نمونه‌گیری در شش مرحله و هر ۱۵

۱- نیل ماده‌ای است آبی رنگ یا نیلی رنگ که از برگ‌های گیاه و سسمه حاصل می‌شود به همین دلیل در زبان انگلیسی این رنگ را blue نمی‌گویند بلکه آن را indigo می‌نامند.

2- Epilepsy
3- Nervous disorders
4- Asthma
5- Bronchitis
6- Syphilis

7- The king of dyes

در پایان فصل، ششمین مرحله نمونه‌برداری برای محاسبه عملکرد نهایی بیولوژیک در نظر گرفته شد. از هر کرت معادل ۱/۵ متر مربع برداشت شده و پس از قرار دادن نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، وزن زیست توده اندام هوایی و زیر زمینی، طول ساقه و ریشه تعیین شد. تجزیه واریانس و همبستگی ساده بین صفات اندازه‌گیری شده با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

ماده خشک تجمعی

ضرایب مربوط به برازش معادله سه پارامتری سیگموئید به داده‌های ماده خشک تجمعی وسمه در تاریخ کشت‌های مختلف در جدول ۲ ارائه شده است. مقایسه ضرایب مربوط به نمونه‌گیری طی فصل رشد نشان داد که بین سه تاریخ کاشت ۲۸ خرداد، ۱۲ و ۲۷ تیر، ۲۸ خرداد بیشترین ماده خشک را داشت و درجه روز تجمعی لازم برای رسیدن به ۵۰ درصد این حداکثر ماده خشک تجمعی ۷۳۱/۸۶ درجه روز در این تاریخ کاشت بود (شکل ۲ا و جدول ۲). همچنین مشاهده شد بیشترین درجه روز به‌دست آمده مربوط به همین تاریخ کشت می‌باشد. بررسی روند تغییرات ماده خشک نشان داد که تجمع ماده خشک در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد تا درجه روز تجمعی حدود ۴۰۰ (شکل ۲ا، الف) و در تاریخ کاشت ۱۲ و ۲۷ تیر تا حدود ۲۰۰ (شکل ۲، ب و ج) به‌صورت بطئی بوده و پس از آن هر سه تاریخ کشت ۲۸ خرداد، ۱۲ و ۲۷ تیر به‌ترتیب با کسب درجه روز تجمعی حدود ۸۰۰، ۶۰۰ و ۶۰۰ درجه روز، رشد سریعی را نشان دادند. در نهایت تجمع ماده خشک در انتهای فصل به دلیل ریزش برگ‌ها و کم شدن وزن خشک اندام‌های هوایی کاهش یافت یا ثابت ماند. شدت ریزش برگ‌ها و در نتیجه کاهش وزن خشک اندام‌های هوایی در هر سه تاریخ کاشت مختلف وسمه مشاهده شد (شکل ۲). گوپتا (۱۰) نیز بیان داشت که بین عملکرد بیولوژیکی گیاه و تاریخ کاشت ارتباط معنی‌داری وجود دارد، یعنی با تأخیر در تاریخ کاشت، میزان وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد. این موضوع بیان‌گر آن است که در تاریخ کشت اول گیاه فرصت زیادی برای انباشت ماده خشک در اختیار دارد.

سرعت رشد محصول (CGR)

ضرایب حاصل از برازش داده‌های سرعت رشد وسمه در طی فصل به معادله سه پارامتری گاوس نشان داد که در بین سه تاریخ کاشت، بیشترین سرعت رشد در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد (۳۴/۳۸) و کمترین سرعت رشد در تاریخ کاشت ۲۷ تیر (۱۲/۳۷) به‌دست آمد.

روز یکبار به‌صورت تصادفی از مساحت ۰/۲۵ مترمربع انجام پذیرفت. در آزمایشگاه پس از شمارش تعداد بوته‌های وسمه برداشت شده از سطح نمونه‌گیری، تعداد برگ و ارتفاع بوته تعیین شد. به منظور تعیین وزن خشک، نمونه‌های وسمه به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. برای محاسبه سرعت رشد از معادله (۱) استفاده شد.

$$CGR = \frac{(w_2 - w_1)}{(t_2 - t_1)SA} \quad (1)$$

در این معادله W_1 : وزن خشک در نمونه‌برداری اول، W_2 : وزن خشک در نمونه‌برداری دوم، SA : سطح زمین نمونه‌برداری شده بر حسب متر مربع، t_1 : زمان نمونه‌برداری اول، t_2 : زمان نمونه‌برداری دوم می‌باشد.

برازش معادلات و ترسیم نمودارها با استفاده از نرم افزار Sigma Plot انجام شد. برای این کار تابع سیگموئیدی سه پارامتری به داده‌های تغییرات ماده خشک تجمعی در طی فصل برازش داده شد (معادله ۲):

$$Y = \frac{a}{1 + e^{-b(x-x_0)}} \quad (2)$$

در این معادله Y : مقدار ماده خشک تجمعی در هر زمان (x) از فصل رشد می‌باشد، b شیب افزایش و x_0 زمانی (بر حسب درجه روز) است که گیاه به ۵۰ درصد ماده خشک تجمعی خود می‌رسد.

تابع سه پارامتره گاوس^۱ نیز به داده‌های تغییرات سرعت رشد محصول برازش داده شد (معادله ۳):

$$Y = ae^{[-0.5(b(x-x_0))^2]} \quad (3)$$

در این معادله Y : مقدار سرعت رشد محصول در هر زمان (x) از فصل رشد می‌باشد، b : شیب افزایش و x_0 زمانی است که گیاه به حداکثر شاخص سطح برگ یا سرعت رشد محصول می‌رسد.

در این پژوهش به جای روز از درجه روز رشد^۲ طبق معادله ۴ استفاده شد:

$$GDD = \sum_i^n \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \quad (4)$$

در این معادله T_{max} : حداکثر دمای روزانه با حد بالایی ۳۵ درجه، T_{min} : حداقل دمای روزانه با حد پایینی ۱۰/۲۷ درجه سانتی‌گراد، T_b : درجه حرارت پایه گیاه می‌باشد، که برای وسمه ۱۰/۲۷ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (۶).

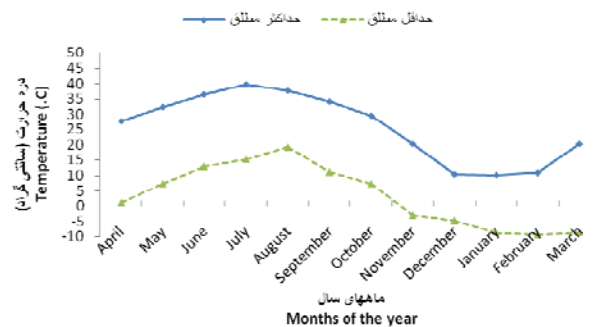
1- Gaussian

2- Growing Degree Day (GDD)

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

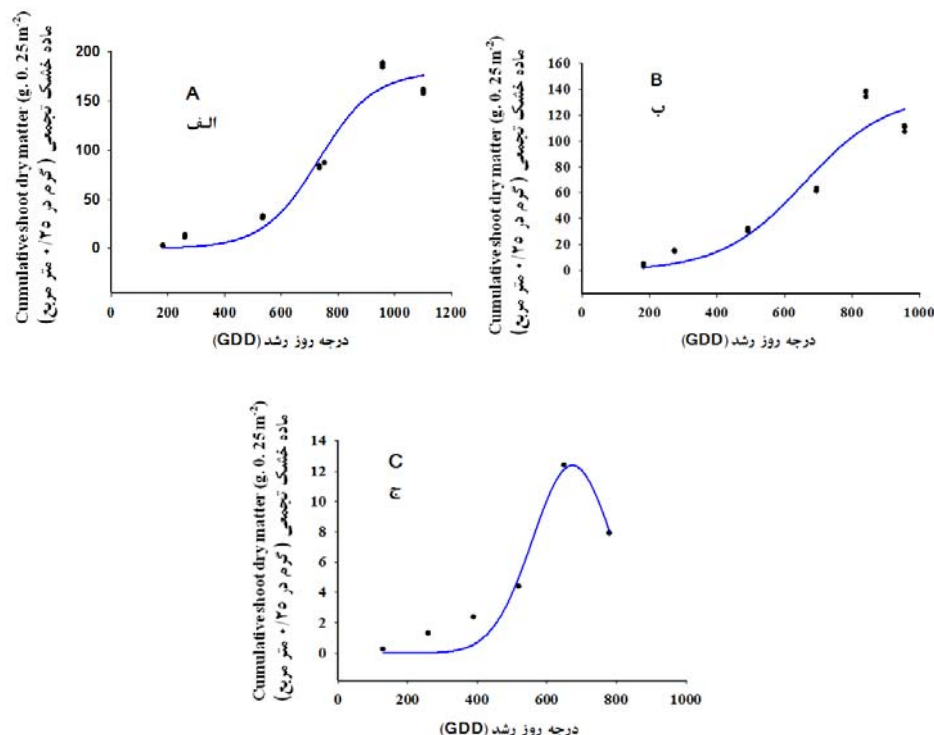
Table 1- Physical and chemical analysis of soil

نیتروژن	فسفر	پتاسیم	سولفات	منیزیم	کلسیم	مواد آلی (%)	اسیدیته (pH)
Nitrogen	Phosphorus	Potassium	Sulphat	Magnesium	Calcium	Organic matter (%)	
(ppm)	(ppm)	(ppm)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)		
0.04	10	114	6.1	23	37	0.33	8.1



شکل ۱- نمودار درجه حرارت هوای شاهرود در طی سال اجرای آزمایش در سال ۱۳۹۰

Figure 1- Air temperature (in °C) of Shahrood region along the 2010 year



شکل ۲- روند تغییرات ماده خشک تجمعی اندام هوایی و سبزه در طی فصل رشد در تاریخ کاشت‌های الف- ۲۸ خرداد، ب- ۱۲ تیر و ج- ۲۷ تیر نقاط: داده‌های اندازه‌گیری و خطوط: حاصل از برازش تابع هستند

Figure 2- The trend of cumulative shoot dry matter of indigo during the planting season on 28 June (A), 3 July (B) and 18 July (C) planting dates. Points are the measured data and lines are the fitted function

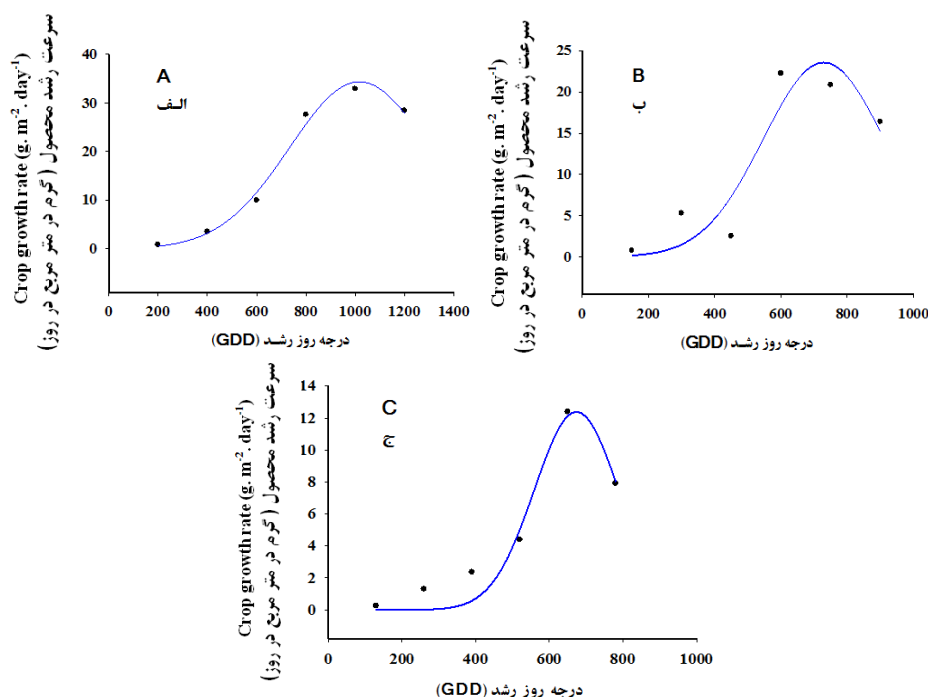
جدول ۲- ضرایب حاصل از برازش معادله سه پارامتری سیگموئیدی به داده‌های وزن خشک تجمعی وسمه در طی فصل رشد در تاریخ‌های کاشت مختلف

Table 2- The coefficients of the three-parameter sigmoid equation fitted to the data of cumulative dry matter of indigo during the growing season in different planting dates

تاریخ کاشت (Planting date)	a (حداکثر ماده خشک تجمعی) (گرم در ۰/۲۵ متر مربع) a (Maximum dry matter accumulation) (g/0.25 m ²)	b (شیب خط) (خط) b (Slope of the line)	x ₀ (درجه روز تجمعی لازم جهت رسیدن به ۵۰٪ ماده خشک تجمعی) X ₀ (Cumulative degree days required to reach 50% of dry matter accumulation)	R ²	سطح احتمال (Probability level)
۲۸ خرداد (June 18)	179.92 (0.0001)	(0.0003) 97.73	731.86 (0.0001)	0.96	<0.0001
۱۲ تیر (July 3)	135.45 (0.0001)	(0.0027) 122.28	658.76 (0.0001)	0.91	<0.0001
۲۷ تیر (July 18)	40.99 (0.0001)	(0.0024) 71.72	509.34 (0.0001)	0.92	<0.0001

Numbers in parentheses indicate the standard error

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد



شکل ۳- روند تغییرات سرعت رشد وسمه در تاریخ کاشت‌های الف- ۲۸ خرداد، ب- ۱۲ تیر و ج- ۲۷ تیر
نقاط داده‌های اندازه‌گیری و خطوط حاصل از برازش تابع هستند

Figure 3- The trend of growth rate of indigo during the planting season on 28 June (A), 3 July (B) and 18 July (C) planting dates. Points are the measured data and lines are the fitted function

۲). در تاریخ کاشت اول تقریباً برابر با ۱۰۰۰ درجه روز به حداکثر سرعت رشد خود رسید (شکل ۳، الف). در حالی که در دو تاریخ کاشت دیگر نسبت به تاریخ کاشت اول در درجه روز کمتر (تقریباً ۷۰۰ درجه روز) به حداکثر رشد خود رسید (شکل ۳، ب و ج). ال هاک (۴) در مطالعه اثر تاریخ کاشت بر عملکرد سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) گزارش نمود تأخیر در زمان کاشت باعث کاهش سرعت رشد محصول شد. با توجه به نتایج به‌دست آمده، به نظر می‌رسد کاشت دیر هنگام

دلیل بالا بودن سرعت رشد در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد را می‌توان بیشتر بودن ماده خشک تجمعی در این تاریخ کاشت دانست و تاریخ کاشت ۲۷ تیر به علت داشتن ماده خشک تجمعی کمتر، کمترین سرعت رشد را نشان داد (جدول ۲). همچنین دلیل دیگر را می‌توان به میزان دریافت درجه روز تجمعی در طی فصل رشد نسبت داد. مشاهده می‌شود که بیشترین درجه روز دریافتی در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد و کمترین درجه روز در تاریخ کاشت ۲۷ تیر حاصل شد (شکل

سبب کاهش طول دوره رشد شده و کاهش دوره و سرعت رشد می‌تواند باعث کاهش تولید بیوماس و در نهایت کاهش عملکرد گردد.

جدول ۳- ضرایب حاصل از برازش معادله سه پارامتری گاوس به داده‌های سرعت رشد و سهم در طی فصل رشد در تاریخ‌های کاشت مختلف
Table 3- The coefficients of the three-parameter Gaussian equation fitted to the data of cumulative dry matter of indigo during the growing season in different planting dates

تاریخ کشت Date) (planting	a (حداکثر ماده خشک تجمعی) (گرم در ۰/۲۵ متر مربع) a (Maximum dry matter accumulation) (g/0.25 m ²)	b (شیب خط) b (Slope of the line)	X ₀ (درجه روز تجمعی لازم جهت رسیدن به ۵۰٪ ماده خشک تجمعی) X ₀ (Cumulative degree days required to reach 50% of dry matter accumulation)	R ²	سطح احتمال Probability) (level)
۲۸ خرداد (18 Jun)	34.38 (0.0002)	(0.008) 282.92	1016.79 (0.0001)	0.99	0.0009
۱۲ تیر (3 July)	23.65 (0.0093)	(0.0238) 182.67	729.02 (0.0003)	0.86	0.0481
۲۷ تیر (18 July)	12.37(0.0027)	(0.0057) 114.56	673.73 (0.0001)	0.94	0.0113

Numbers in parentheses indicate the standard error.

اعداد داخل پرانتز نشان‌دهنده خطای استاندارد می‌باشد.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد بررسی در تاریخ‌های کاشت مختلف
Table 4- Results of analysis variance (mean squares) of traits as affected by planting dates

منابع تغییر (Source of variance)	درجه آزادی (df)	وزن خشک برگ (Leaf dry weight)	ارتفاع ساقه (Stem height)	عملکرد بیولوژیک (Biological yield)
بلوک (Block)	2	377.32	0.52	9072.19
تیمار (Treatment)	2	74289.06**	176.77**	136001**
خطا (Error)	4	967.99	1.77	13437.2
ضریب تغییرات (درصد) (CV%)		8.20	1.68	5.24

** معنی‌داری در سطح ۱ درصد

Notes. Df, Degree of freedom; CV, Coefficient of variation

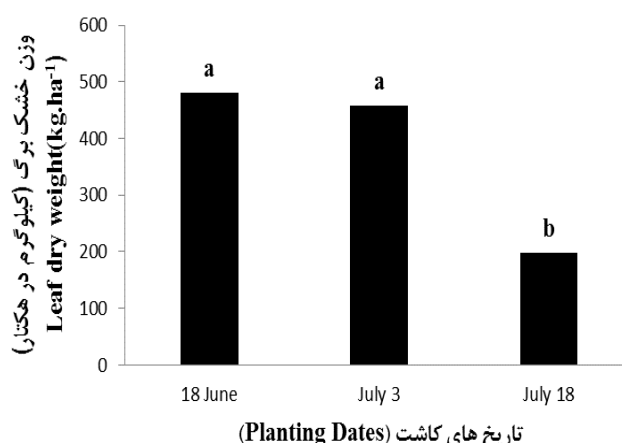
می‌شود که خود کنترل‌کننده پتانسیل عملکرد است.

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0.01$) را از نظر وزن خشک برگ بین تاریخ‌های کاشت مورد بررسی نشان داد (جدول ۴). در بین تاریخ‌های کاشت بیشترین وزن خشک برگ مربوط به تاریخ ۲۸ خرداد و کمترین وزن خشک برگ مربوط به تاریخ کاشت ۲۷ تیر با مقادیری به ترتیب برابر ۴۸۱/۱۱ و ۱۹۴/۱۴ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۴). به نظر می‌رسد افزایش ۵۹/۶۴ درصدی وزن خشک برگ در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد به دلیل بالا بودن ماده خشک تجمعی ناشی از افزایش سرعت رشد تحت تأثیر دریافت درجه روز بیشتر باشد. قربانی و همکاران (۷) اظهار نمودند بیشترین عملکرد کاه گیاه زیره در کاشت زود هنگام حاصل شد و به تأخیر انداختن تاریخ کاشت، عملکرد کاه زیره سبز کاهش یافت. گروس (۹) دلیل کاهش عملکرد در اثر کشت تأخیری را این گونه بیان کرد که کشت دیر باعث محدود شدن اندازه گیاه پیش از تغییر از نمو رویشی به زایشی

ارتفاع بوته

تاریخ‌های کاشت مختلف تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0.01$) بر ارتفاع گیاه داشتند (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین به دست آمده از ارتفاع بوته نشان داد که کمترین ارتفاع در تاریخ کاشت ۲۷ تیر و بیشترین ارتفاع مربوط به تاریخ کاشت ۲۸ خرداد به دست آمد (شکل ۵). همان‌طور که مشاهده می‌شود در تاریخ کاشت اول ارتفاع بوته به ترتیب ۱۵/۵۵ و ۵۰ درصد نسبت به تاریخ‌های کاشت دوم و سوم بیشتر شد. احتمالاً شرایط مساعد محیطی در تاریخ کاشت اول و طولانی‌تر بودن دوره رشد گیاه باعث استفاده بیشتر از منابع خاک و افزایش سرعت رشد و ارتفاع گیاه شده است.



شکل ۴- تأثیر تاریخ های کاشت بر وزن خشک برگ وسمه
Figure 4- Effect of planting dates on indigo leaf dry weight

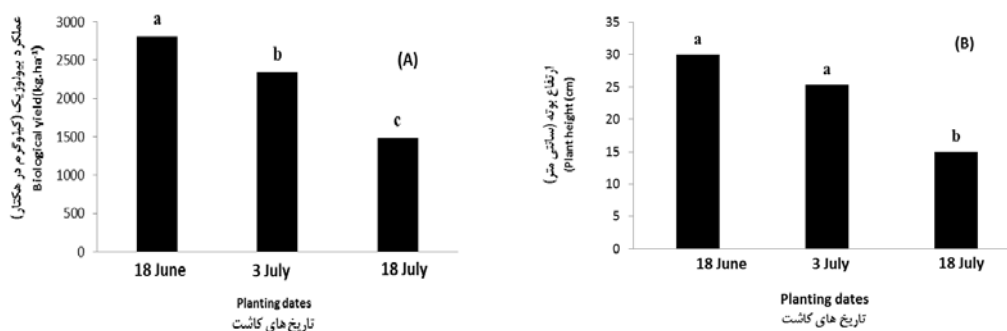
جدول ۵- همبستگی ساده بین وزن خشک بوته، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک در وسمه

Table 5- Correlation between leaf dry weight, plant height and biological yield of indigo

ارتفاع ساقه Stem height	وزن خشک برگ Leaf dry weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	صفات Traits
		1.00	عملکرد بیولوژیک Biological yield
	1.00	0.91	وزن خشک برگ Leaf dry weight
1.00	0.92	0.99*	ارتفاع ساقه Stem height

* Indicates significance at 5% level

* بیانگر معنی داری در سطح ۵ درصد



شکل ۵- تأثیر تاریخ های کاشت بر عملکرد بیولوژیک (A) و ارتفاع بوته (B) وسمه
Figure 5- Effect of planting dates on biological yield (A) and height (B) of indigo plant

عملکرد بیولوژیک

همان طور که در جدول ۴ مشاهده می شود تأثیر تاریخ های کاشت بر عملکرد بیولوژیک معنی دار ($P \leq 0.01$) شد. نتایج حاصل از مقایسه میانگین این پژوهش نشان داد در بین تاریخ های کاشت بیشترین عملکرد بیولوژیک مربوط به تاریخ کاشت ۲۸ خرداد با عملکرد ۲۸۰۷/۳۳ کیلوگرم در هکتار بود (شکل ۶). کمترین عملکرد

کولای و همکاران (۳) طی تحقیقی بیان نمودن تأخیر در کاشت گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) موجب کاهش تعداد شاخه های جانبی و رشد آن می گردد. همچنین کاسریک (۱۴) اظهار داشت که کاهش رشد ناشی از تأخیر در کاشت سبب کاهش ارتفاع، عملکرد گل تازه و خشک در بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) می شود.

کاشت زودتر کاهش داد.

نتیجه گیری

تأخیر در کاشت از طریق کوتاه کردن فصل رشد و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه و مصادف شده گیاه با دماهای پایین باعث شد تا رشد گیاه کاهش یابد. در حالی که تاریخ کاشت ۲۸ خرداد با افزایش تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، وزن برگ، ارتفاع بوته نهایتاً سبب افزایش عملکرد بیولوژیک و سمه شد. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد کاشت تأخیری از طریق کاهش تجمع ماده خشک و دریافت درجه روز کمتر سبب کاهش عملکرد بیولوژیک و سمه شد. مساعد بودن شرایط محیطی به ویژه نور و درجه حرارت و طول دوره رشد بیشتر در تاریخ کاشت ۲۸ خرداد باعث شده که گیاه از این شرایط بهتر استفاده نموده و تولید مواد فتوسنتزی را افزایش داده و نهایت عملکرد بیولوژیک افزایش یابد. با کوتاه تر شده دوره رشد، گیاه عملکرد بیولوژیکی کمتری تولید می کنند. بنابراین تاریخ کاشت ۲۸ خرداد به دلیل عملکرد بیولوژیک بیشتر، به عنوان تاریخ کاشت مناسب و سمه در شرایط شاهرود قابل توصیه است. هرچند برای اطمینان بیشتر لازم است آزمایش های تکمیلی دیگری نیز انجام شود.

بیولوژیک در تاریخ کاشت ۲۷ تیر به میزان ۱۴۸۰/۱۶ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تاریخ کاشت زود هنگام و سمه سبب افزایش ۴۷/۲۷ درصدی عملکرد بیولوژیک نسبت به کاشت تأخیری (تاریخ کاشت سوم) شد. به نظر می رسد مساعد بودن شرایط محیطی به ویژه نور و درجه حرارت در تاریخ کاشت اول باعث شد گیاه در مرحله رشد رویشی از این شرایط بهتر استفاده نموده، تولید مواد فتوسنتزی خود را افزایش داده و در نهایت عملکرد بیولوژیک بیشتری تولید کند. بین ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیک همبستگی مثبت معنی داری ($R^2 = 0.99$) مشاهده شد (جدول ۵). هرچه ارتفاع بوته بیشتر باشد مقدار گرم ماده خشکی که در هر سانتی متر اضافه می شود بیشتر شده و به دنبال آن افزایش عملکرد بیولوژیک را به همراه دارد. قربانی و همکاران (۷) دریافتند بیشترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز در سال اول در تاریخ کاشت اول و در سال دوم در تاریخ کاشت دوم حاصل شد و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در هر ۲ سال آزمایش در تاریخ کاشت سوم مشاهده شد. ترکمن نیا (۲۰) در مطالعه سه تاریخ کاشت در سیاهدانه به این نتیجه رسید که دو تاریخ کاشت اول به دلیل استفاده بیشتر گیاه از منابع محیطی، بیشترین عملکرد دانه را داشت. موسوی و همکاران (۱۷) دریافتند که تأخیر در تاریخ کاشت اسفرزه (*Plantago ovate* L.) به مقدار ۱۹/۷ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به تاریخ

References

- Adamsen, F. J., and Coffelt, T. A. 2005. Planting dates effects on flowering, seed yield, and oil content of rape and crambe cultivars. *Industrial Crops Products Abbreviation* 21: 293-307.
- Agriculture Ministry statistics, economic planning and the statistics office and information technology, production and performance of the crop years 85 acres in Kerman province, Available at <http://dbagri.maj.ir/zrt/product.asp> (visited 25 Jun 2012).
- Cholaky, L., Fernandez, E. M., Asnal, W. E., Giayetto, O., and Plevich, Y. J. O. 1993. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) sowing dates in Rio Cuouto. Pp. 395-402. Paper presented at The Third International Safflower Conference. 14-18 Jun. 1993. Beijing, China.
- El-Hag, Z. M. 1996. Effect of planting date, seed rate and method of planting on growth, yield and quality of black cumin (*Nigella sativa* L.) in Khartoum state. Khartoum. p 97.
- Ghassemi-golzari, K., Ghanehpour, S., and Dabbagh Mohammadi-Nasab, A. 2009. Effect of water limitation on growth and grain filling of faba bean cultivars. *Journal Food Agriculture and Environment* 7: 442-447.
- Gholipour, M., Ansori, A., Shahgholi, H., and Makarian, H. 2012. Determination of cardinal temperatures for germination of indigo (*Indigofera tinctoria* L.). National Congress on Medicinal Plants. 16-17 May. 2012. Kish Island, Iran.
- Ghorbani, R., Kojeki, A., Jehan, M., Hosseini, A., Mohamad Abadi, A. A., and Sabet Taemori, M. 2008. Effect of planting date, time and methods of weed management in different growth stages on yield and yield components of cumin. *Iranian Journal of Agricultural Research* 7 (1): 143-151. (in Persian with English abstract).
- Goldani, M., and Razavi Moghadam, P. 2006. Effects of different irrigation regimes and sowing date on growth and phenological characteristics of three varieties of dryland and irrigated in Mashhad. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 14: 1-12. (in Persian with English abstract).
- Gross, A. T. H. 1963. Effect of date of planting on yield, plant height, flowering and maturity of rape and turnip rape. *Agronomy Journal* 56: 76-78.
- Guptu, T. R. 1978. Path coefficient analysis of sesamum. *Oleagineux* 33: 15-62.
- Imam, Y. 1994. Physiology tropical crop production (translation). University of Shiraz, Shiraz. (in Persian).
- Jain, S., Nayak, S., and Joshi, P. 2010. Phytochemical study and physical evaluation of *Indigofera tinctoria* leaves. *Pharmacie Globale* 1:1-2.
- Jansen, P. C. M. 2005. Dyes and tannins. *Plant Resources of Tropical Africa*. p 88.
- Kacurik, S. 1979. Variation of essential oil and chamazulene content in chamomile. *Ponohospodrstvo* 25: 67-75.

15. Lopez – Bellido, F. J., Lopez – Bellido, R. J., Khalil, S. K., and Lopez – Bellido, L. 2008. Effect of planting date on winter kabuli chickpea growth and yield under rainfed Mediterranean conditions. *Agronomy Journal* 100: 957-964.
16. Mosavi, K., Pezshek Poor, P., and Shahvardi, M. 2006. Weed population responses to dryland pea varieties (*Cicer arietinum* L.) and sowing date. *Science and technology agriculture and natural resources* 40: 167-176. (in Persian with English abstract).
17. Mosavi, S. Gh., Sghat elslami, M. J., and Poyan, M. 2010. Effect of planting date and plant density on yield, and herbs Psyllium (*Plantago ovate* L.). *Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research* 27 (4): 681-699. (in Persian with English abstract).
18. Poorter, H., and Garnier, E. 1996. Plant growth analysis: an evaluation of experimental design and computational methods. *Journal of Experimental Botany* 47: 1343-1351.
19. Singh, B., Saxena, A. K., Chandan, B. K., Bhardwaj, V., Gupta, V. N., Suri, O. P., and Handa, S. S. 2001. Hepatoprotective activity of indigtone - a bioactive fraction from *Indigofera tinctoria* Linn. *Phytotherapy Research* 15: 294-297.
20. Turkemn Nia, A. 1996. The effect of time planting of *Nigella sativa* on yield under contaion of Torbate Jum. Mcs. Thesis agriculture, Torbat Jum unit Azad University. (in Persian with English abstract).
21. Zheljazkov, V. D., Pickett, K. M., Caldwell, C. D., Pincock, J. A., Roberts, J. C., and Mapplebeck, L. 2008. Cultivar and sowing date effects on seed yield and oil composition of coriander in Atlantic Canada. *Industrial Crop and Products* 28: 88-94.



The Effect of Planting Date on the Growth and Yield of Indigo (*Indigofera tinctoria* L.) in Shahrood Conditions

A. Ansori^{1*} - H. Shahgholi² - H. Makarian³ - M. Gholipoor⁴

Received: 01-03-2014

Accepted: 04-05-2015

Introduction

A suitable planting date is an important management tool to determine the best match between phenological stages of plant growth with the environmental factors affecting them. Indigo is known for the natural blue colors obtained from the leaflets and branches of this herb. In addition to indigo dyes, it has been used medicinally to purify the liver, reduce inflammation and fever and to alleviate pain. Determining the proper sowing time for the sowing indigo plant is highly important that should be based on the climate of each region separately. The objective of this research was to determine the effect of sowing date on growth and biological yield of indigo plant in Shahrood region.

Materials and Methods

This experiment was carried out on randomized complete block design with three replications in the experimental field of the University of Shahrood, Iran, in 2011. Treatments were three planting dates (18 June, 3 and 18 July). Plant density was 50 plants per square meter. The distance between the plants on and between the rows was 10 and 20 cm, respectively. Sampling was conducted in six-stages (every 15 days) randomly in 0.25 m². Equation 1 was used to calculate the growth rate.

$$CGR = \frac{(W_2 - W_1)}{(t_2 - t_1)SA} \quad (\text{Equation 1}) \quad Y = \frac{a}{1 + e^{-b(x - x_0)}} \quad (\text{Equation 2})$$

In this equation, W₁: dry weight in the first sampling, W₂: dry weight in the second sampling, SA: sampling area (m²), t₁: first sampling time, t₂: is the second sampling time. To do this, three parameters sigmoid function [Eq. 2], were fitted to dry matter accumulation variation during the season (Equation 2): In the equation 2: Y is the cumulative dry matter content at any time (x) of growing season, b: is the slope of increasing and x₀ is the time (in degree days) of reaching to 50% dry matter accumulation. Gaussian function parameter [Eq. 3] was fitted to the crop growth rate data variation:

$$Y = a e^{-\frac{1}{2b}(\frac{x - x_0}{T_{max} - T_{min}})^2} \quad (\text{Equation 3}) \quad GDD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{max} + T_{min}}{2} \right) - T_b \quad (\text{Equation 4})$$

In equation 3: Y value is crop growth rate at any time (x) of growing season, b: is the slope of increasing and x₀ is the time of reaching plant to the maximum CGR. In this study, instead of day, we used growing degree days (GDD) according to Equation 4: In this equation T_{max}: maximum daily temperature, T_{min}: minimum daily temperature, T_b: temperature of the plant, which was considered to indigo 10.27 °C (6). Fitting equations and drawing diagrams were performed using Sigma Plot 10 version. Analysis of variance and correlation between traits were performed using SAS software and means were compared using LSD test at the 5% level.

Results and Discussion

Results showed that (Figure 2a and Table 2) the earliest planting date (18 June) increased total dry matter and crop growth rate about 4.41 and 3.59 folds compared to third planting date (18 July), respectively. In addition, the highest GDD was recorded for the first sowing date (18 June). The results showed that the fastest (38.34) and the lowest (12.37) growing rate was related to 18 June and 18 July planting dates, respectively

1 and 2- M.Sc. Student in Agronomy of Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

3- Associate Professor in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding Faculty of Agriculture Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

4- Associate professor in Crop Ecology, Department of Agronomy and Plant Breeding Faculty of Agriculture Shahrood University of Technology, Shahrood, Iran

(*- Corresponding Author Email: aliansori98@yahoo.com)

(Table 3). Gupta (10) also stated that there was a significant correlation between sowing time and plant biological yield, as with delay in sowing date plant dry weight has been decreased. Mean comparison results showed that the lowest plant height was obtained at the early planting date (18 June) and the lowest of it was seen in the late planting date (18 July) (Figure 5 B). In the first planting date (18 June), biological yield increased 47.27% compared to the later planting date (18 July). In third sowing date biological yield decreased significantly than first and second planting dates (Figure 5 A). Zhelgazkov *et al.* (21) on *Coriandrum sativum* L. showed that the earliest cultivation increased the length of effective growth period and finally caused an increase in fruit and biological yield. The reason for reduction of biological yield in delayed cultivation in addition to shortening of growth season is related to coincidence of vegetative and reproduction period with summer heat which resulted in severe reduction in the stem height, leaf dry matter and finally decreasing biological yield. This result is in agreement with findings of Kacurik (14); he stated that the height, fresh and dry flowers of the chamomile was reduced with delay in planting date.

Conclusions

In this study, the highest plant height, leaf dry weight and biological yield, was observed in 18 June sowing date. According to our results may be both day long and especially temperatures during reproductive growth, flowering and maturity are the limiting factors in above ground biomass formation. Based on our results, sowing dates of 18 June was the best planting date for indigo plant in Shahrood region.

Keywords: Crop growth rate, Cumulative dry matter, Medicinal plant, Planting time



اثر روش‌های مختلف آبیاری و شیوه‌های کاشت بر بهره‌وری آب و سلامت ارقام تجارتي سیب زمینی

حمیدرضا سالمی^۱ - احمد سلیمانی پور^۲ - علیرضا توکلی^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

افزایش سطح زیرکشت ارقام تجارتي سیب‌زمینی در استان اصفهان، کاربرد سامانه‌های آبیاری تحت فشار را برای رسیدن به بالاترین راندمان آبیاری و بهره‌وری آب ضروری کرده است. این تحقیق به‌صورت طرح آماری کرت‌های دوبار خرد شده نواری در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و طی دو سال (۸۷-۱۳۸۶) اجرا شد. سه روش آبیاری شامل قطره‌ای نواری (تیپ)، بارانی و جویچه‌ای در کرت اصلی، دو روش کاشت یک ردیفه و دو ردیفه به‌عنوان کرت فرعی یکبار خرد شده و دو رقم تجارتي سیب‌زمینی در کرت فرعی دوبار خرد شده مورد مقایسه قرار گرفتند. عملکرد محصول، حجم آب مصرفی و عکس‌العمل ارقام نسبت به بیماری‌های مرسوم منطقه ارزیابی گردید. نتایج نشان داد روش آبیاری بارانی با میانگین تولید ۲۶۱۵۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به روش آبیاری تیپ با تولید ۲۳۹۷۴ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌داری دارد. بهره‌وری آب آبیاری در روش آبیاری تیپ حداکثر و برابر ۴/۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد نتایج مقایسه میانگین دو ساله عملکرد بین روش‌های کاشت نشان داد که کشت یک ردیفه با میانگین تولید ۲۴۸۳۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به کشت دو ردیفه با میانگین تولید ۲۲۹۲۷ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌دار دارد. نتایج حاصل از بررسی میزان و شدت آلودگی غده‌های سیب‌زمینی نشان داد که بیشترین میانگین آلودگی اسبک در روش آبیاری جویچه‌ای ۴۷ درصد بیشتر از روش آبیاری بارانی و ۷۸ درصد بیشتر از روش آبیاری تیپ بوده است.

واژه‌های کلیدی: آبیاری جویچه‌ای، آبیاری بارانی، آبیاری تیپ، آلودگی

مقدمه

تخصیص داده است (۱۳). فریدن با سطح زیر کشت ۱۴۰۰۰ هکتار و تولید معادل ۱۲ درصد سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) کل کشور بیشترین سهم را در تولید این محصول در استان داراست. لذا در این بخش به سامانه‌های آبیاری که آب را با بیشترین بازده کاربرد ممکن به کار می‌برند، نیاز می‌باشد. از این رو با توجه به روند توسعه روش‌های آبیاری بارانی و تیپ، مقایسه این سامانه‌ها در استان که از قطب‌های سیب‌زمینی کاری کشور به‌حساب می‌آید الزامی به‌نظر می‌رسد. محل انجام این پژوهش از مناطق ممنوعه از لحاظ برداشت آب از سفره آب زیرزمینی می‌باشند و همواره رقابت بر سر آب از بحران‌های اجتماعی و حتی سیاسی منطقه بوده است. از جمله راه‌حل‌های پیشنهادی برای جلوگیری از وقوع چنین مسائلی توسعه سامانه‌های آبیاری تحت فشار به‌جای شیوه‌های سنتی برای محصول سیب‌زمینی بوده است که با استقبال کشاورزان سیب‌زمینی کار روبه‌رو بوده است. در این میان همواره این پرسش مطرح بوده که کدامین روش آبیاری، بالاترین راندمان و بیشترین بهره‌وری را دارا بوده است. کشاورز و حیدری (۹) در مطالعات وسیعی که در سطح کشور

امروزه با بهره‌برداری فراوان و بی‌رویه از منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی، مسئله کمبود آب جنبه بحرانی پیدا کرده است به‌طوری‌که قرن آینده را می‌توان قرن مبارزه با مالکیت منابع آب نام‌گذاری کرد. در اغلب مناطق مملکت، آب یکی از عمده‌ترین عوامل محدودکننده افزایش تولید بوده و روش‌های نامناسب آبیاری خصوصاً شیوه‌های سنتی همه ساله حجم فراوانی از آب موجود را هدر می‌دهند. بخش کشاورزی حدود ۷۵ درصد از منابع آب در استان اصفهان را به‌خود

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش

کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

۲- استادیار پژوهش بخش تحقیقات اقتصادی، اجتماعی و ترویجی، مرکز تحقیقات

و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان

۳- استادیار پژوهش بخش تحقیقات فنی و مهندسی مرکز تحقیقات و آموزش

کشاورزی و منابع طبیعی استان سمنان (شاهرود)

(Email: art.tavakoli@gmail.com)

*- نویسنده مسئول:

مقایسه قرار گرفت. نتایج تحقیق جابرو و همکاران (۸) نشان داد دور آبیاری تأثیر معنی‌داری در بهره‌وری آب و عملکرد محصول ندارد، لیکن دور آبیاری هفتگی (رایج) با آرایش دو ردیفه نسبت به دوره‌های آبیاری بالاتر نقش مؤثرتری در حفظ عملکرد محصول پایدار و بهبود بهره‌وری آب همراه با کاهش درآمد خالص اقتصادی داشت.

آزمایش مزرعه‌ای تاکله و چمدا (۱۵) در اتیوبی به منظور بررسی اثرات سطوح مختلف آبیاری قطره‌ای و روش کاشت بر عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد میوه در هر بوته، تعداد شاخه‌های اولیه و ثانویه در بوته و ارتفاع بوته) فلفل سبز نشان داد اثر هر دو تیمار آبیاری و روش کاشت بر عملکرد، تعداد میوه در بوته و ارتفاع بوته بسیار معنی‌دار است. مقادیر حداکثر و حداقل عملکرد و اجزای عملکرد به ترتیب در تیمارهای آبیاری کامل با کاشت دو ردیفه و آبیاری به میزان ۵۰ درصد نیازآبی با کاشت دو ردیفه ثبت شد.

به منظور افزایش بهره‌وری زمین و راندمان کوددهی (نیتروژن) در کشت نیشکر و سویا الگوهای آرایش کاشت و دو سطح کوددهی در تحقیق ۳ ساله توسط یانگ و همکاران (۱۸) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که سامانه کاشت دو ردیفه در کشت مخلوط نیشکر و سویا بالاترین بهره‌وری اقتصادی را داراست.

نتایج پژوهش زارع ابیانه و همکاران (۱۹) در منطقه همدان نشان داد تراکم جمعیت آفت تریپس در سامانه آبیاری بارانی کمتر از سامانه آبیاری جویچه‌ای بود. آبیاری بارانی ضمن کاهش جمعیت زنجره‌ها، کنه دونه‌ای را به طور کامل از سطح مزرعه سیب‌زمینی حذف نمود. همچنین وزن تر اندام هوایی محصول در سامانه آبیاری بارانی به طور چشم‌گیری بیش از آبیاری جویچه‌ای بود. این افزایش عملکرد به واسطه سلامتی بوته‌ها به خاطر کاهش آفات، کاهش سموم مصرفی و قابلیت دسترسی بهتر گیاه به آب و مواد غذایی در سامانه آبیاری بارانی به دست آمد.

پیرا و شاگ (۱۱) مدیریت آبیاری را برای دستیابی به استفاده بهینه از منابع آب، تولید پر بازده همراه با حفظ جنبه‌های زیست محیطی لازم می‌دانند. آنها معتقدند آب اضافی موجب بروز بیماری‌های غده‌ای در سیب‌زمینی شده و کم‌آبیاری منجر به کاهش محصول و تنزل کیفیت می‌گردد. نتایج تحقیقات نامبردگان در ایالات متحده نشان داد با توجه به مواردی همچون تخلیه رطوبتی مجاز، تنش آبی و تبخیر و تعرق محصول، آبیاری قطره‌ای به منظور آبیاری در شرایط خاص تولید محصول به‌ویژه در کشت‌های متراکم الزامی است.

تحقیق براون و همکاران (۶) در کالیفرنیا نشان داد روش آبیاری قطره‌ای تیپ، نقش کمتری در بیماری غده در سیب‌زمینی (۱۳-۲۳ درصد غده‌ها) نسبت به آبیاری بارانی (۶۲-۵۶ درصد غده‌ها) دارد. شاخص پایین‌تر بیماری در روش تیپ به علت سطح کمتر خیس شده زمین نسبت به روش بارانی گزارش شده است.

انجام دادند میزان بهره‌وری آب در سامانه‌های آبیاری بارانی، سطحی و تیپ در کشت سیب‌زمینی را به ترتیب ۲/۹۵، ۰/۹ و ۳/۳ کیلوگرم بر متر مکعب اعلام کردند. احمدی و همکاران (۱) اصلاح و ارزیابی سامانه‌های آبیاری را، مؤثرترین روش مدیریتی برای تولید غذای پایدار در شرایط بحران آب می‌دانند. البته بهبود سامانه‌های آبیاری از سطحی به بارانی و توسعه کاربرد آن، ارتباط نزدیکی با یکنواختی توزیع آب آبیاری دارد (۱۲ و ۱۴). بدیهی است که همیشه شاخص عملکرد در واحد سطح، شاخص مناسبی برای گزینش تیمار برتر به شمار نمی‌رود (۱۶). توکلی (۱۷) ضمن تحلیل نقش مؤثر و کارآمد مدیریت کم‌آبیاری، این مدیریت را راهکاری برای کاهش مصارف غیرمفید و افزایش سهم مصارف مفید معرفی نمود. ایشان تعرق محصول را به عنوان مصرف مفید و تلفات حاصل از تبخیر مستقیم و تعرق علف‌های هرز را جزو منابع مصارف غیرمفید برشمرد و اشاره نمودند که تمهیداتی که منجر به توسعه عمقی ریشه گردد سبب افزایش سهم مؤثر خاک در تأمین آب مورد نیاز گیاه می‌گردد.

در پژوهش اخوان و همکاران (۲) در استان همدان بیشترین و کمترین بهره‌وری آب ۴/۶۸ و ۲/۳۳ کیلوگرم بر متر مکعب به ترتیب مربوط به روش آبیاری تیپ و شیاری بود. همچنین نتایج مربوط به مشخصه‌های عملکرد بهره‌وری آب در تیمار کارگذاری نوار تیپ در عمق ۵ سانتی‌متری از سطح زمین و وسط پشته نسبت به کارگذاری روی سطح خاک و کناره‌های پشته رضایت‌بخش‌تر بوده است (۲).

آواری و های‌ویس (۴) در یک مزرعه آزمایشی سامانه‌های آبیاری قطره‌ای، بارانی و سطحی را روی محصول سیب‌زمینی مقایسه کردند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد محصول و بهره‌وری آب تحت سامانه قطره‌ای به دست می‌آید (۴). در پژوهش الطاهر و همکاران (۳) با توجه به وابستگی عملکرد محصول و کیفیت سیب‌زمینی به مقدار آب و روش آبیاری بالاترین عملکرد متعلق به سامانه تیپ و حداقل انرژی مصرفی در آبیاری زیرسطحی حاصل شد.

باغانی و همکاران (۵) به منظور بررسی اثرات مقادیر مختلف آبیاری و سه آرایش کاشت در آبیاری تیپ بر عملکرد سیب‌زمینی، آزمایشی را در سه منطقه مشهد، اردبیل و دماوند انجام دادند. نتایج نشان داد در هر سه منطقه، تیمار آرایش کاشت دو ردیف کاشت با فاصله ۳۵ سانتی‌متر روی پشته و یک نوار آبیاری بین آنها بیشترین عملکرد قابل ارائه به بازار با غده‌هایی به اندازه ۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر را دارا بود. همچنین بهره‌وری آب این تیمار، برتر از سایر آرایش‌های کاشت بود. کاهش سطح تأمین آب آبیاری در زراعت سیب‌زمینی باعث کاهش تولید کل غده گردید.

به منظور حفظ محیط زیست با به حداقل رساندن تلفات آب به صورت رواناب سطحی و فرونشست عمقی، تأثیر دو دور آبیاری و آرایش کاشت بر آب مصرفی و بهره‌وری آب در محصولات ردیفی با خاک لومی در دشت‌های نیمه خشک شمالی ایالات متحده مورد

در شرایط فعلی به علت افزایش سطح زیرکشت سیب زمینی در استان و لزوم کاربرد سامانه‌های آبیاری تحت فشار، اندازه‌گیری حجم آب مصرفی در سه روش آبیاری مورد مطالعه، تعیین بهره‌وری آب با توجه به بررسی عملکرد ارقام تجارتي این محصول براساس دیسکراپتورهای NIAB و CIP از اهداف پژوهش حاضر به‌شمار می‌آیند.

مواد و روش‌ها

این طرح تحقیقاتی در ایستگاه تحقیقات رزوه واقع در شهرستان فریدن واقع در غرب استان اصفهان که مهم‌ترین منطقه سیب زمینی کاری استان می‌باشد بر روی ارقام آگريا و مارفونا انجام شد. اراضی منطقه با قابلیت نفوذ متوسط دارای بافت خاک سطحی متوسط تا نسبتاً سنگین و بافت شنی و سنگریزه‌ای در اعماق بیشتر از ۴۰-۵۰ سانتی‌متری بدون مشکل شوری و ماندابی است. شوری آب آبیاری در این ایستگاه ۱/۲۴ دسی‌زیمنس بر متر و میزان ظرفیت انباشت رطوبتی خاک (FC-PWP) از ۱۰ تا ۱۶ درصد وزنی در عمق‌های مختلف خاک متغیر است. وزن مخصوص ظاهری در سطح خاک ۱/۴۴ و در عمق ۱۰۰ سانتی‌متری ۱/۵۲ گرم بر سانتی‌متر مکعب اندازه‌گیری شد. در این آزمایش روش‌های آبیاری به‌عنوان کرت اصلی، روش‌های کاشت یک ردیف و دو ردیفه بر روی هر پشته به‌عنوان کرت فرعی یک بار خرد شده و ارقام سیب زمینی شامل مارفونا (زودرس) و آگريا (میان‌رس) به‌عنوان کرت فرعی دو بار خرد شده در قالب بلوک‌های دو بار خرد شده نواری در نظر گرفته شد. این پژوهش در زمینی به مساحت تقریبی ۱۶۰۰ متر مربع طی دو سال در سه تکرار انجام شد. درکشت یک ردیفه در کلیه تیمارهای آبیاری، پشته‌هایی با فواصل ۷۰ سانتی‌متر احداث و غده‌ها در اندازه‌های بذری (۳۵ تا ۵۵ میلی‌متر) با سن فیزیولوژیکی مناسب (مرحله چند جوانه‌ای) روی پشته به فاصله ۲۵ سانتی‌متر کشت شد و لوله‌های آبد (نوارهای تیپ) روی پشته‌ها قرار گرفتند. در کشت دو ردیفه ابتدا پشته‌هایی با فواصل ۱۴۰ سانتی‌متر ایجاد گردید به‌طوری‌که عرض پشته حدود ۸۰ سانتی‌متر شد. در دو طرف پشته‌ها با فاصله ۴۰ سانتی‌متر دو ردیف غده با مشخصات ذکر شده کشت گردید و لوله‌های تیپ در وسط پشته قرار گرفت و از دو طرف بوته‌ها را آبیاری می‌نمود. این دو آرایش کاشت به‌صورت مشابه در تیمارهای آبیاری بارانی و جویچه‌ای اجرا شد. روش غالب کاشت غده در منطقه پشته‌ای (فاروئی) است که در این پژوهش، ترتیبی اتخاذ شد تا با شرایط مزرعه زارعین سیب‌زمینی کار سازگار باشد. در تیمار آبیاری بارانی با توجه به سرعت باد، شرایط واقعی زمین نظیر توپوگرافی، مشخصات منبع تأمین آب،

ابعاد و آرایش کاشت از آرایش‌های تنظیم شونده ویر^۱ با فواصل ۱۲ در ۸/۴ متر استفاده شد. نوارهای تیپ ساخت شرکت آب‌فشان جنوب با فاصله روزنه ۳۰ سانتی‌متر و قطر اسمی ۱۶/۵ میلی‌متر انتخاب شد. آبدی اسمی هر روزنه با فشار ۰/۶ بار ۱/۳۵ لیتر در ساعت بود. با مشخص بودن مقدار تیخیر و تعرق گیاه^۲ برحسب میلی‌متر در روز (۵) عمق آب آبیاری محاسبه و با استفاده از پارامترهای فیزیکی خاک مزرعه و با لحاظ نمودن عمق توسعه ریشه گیاه، در آبیاری بارانی و جویچه‌ای به‌صورت دور هفت روزه و در روش تیپ چهار روزه اعمال شد.

اندازه‌گیری رطوبت خاک در هریک از تیمارها با استفاده از دستگاه TDR مدل 6050X1-E20 انجام شد. این مهم با نصب حسگرهای مربوط به دستگاه قرائت رطوبت خاک در عمق توسعه ریشه به انجام رسید. دستگاه به روش گراویمتری (ثقلی) واسنجی گردید. مشخصه بهره‌وری آب که در رابطه (۱) تعریف شده برای سه روش آبیاری محاسبه گردید.

$$WP = \frac{Yield}{WU} \quad (1)$$

که در آن WP: شاخص بهره‌وری آب (کیلوگرم بر میلی‌متر)، Yield: عملکرد محصول (غده) (کیلوگرم در هکتار)، WU: میزان آب کاربردی (میلی‌متر) است.

حجم آب ورودی به تیمارها با استفاده از کنتور حجمی ۳ اینچی واسنجی شده در روش تیپ و بارانی و WSC فلوم واسنجی شده در روش جویچه‌ای اندازه‌گیری شد. در این طرح، غده‌ها به‌وسیله ماشین در عمق ۱۵-۱۰ سانتی‌متر کاشته شد. تاریخ کاشت در سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ۸ و ۱۵ خرداد و تاریخ برداشت ۱۴ و ۱۰ مهر بود. با علف‌های هرز در این آزمایش به طریق شیمیایی با استفاده از سموم تراکرون، رورال T-S و آمبوش در تیر ماه مبارزه شد. کوددهی به روش دستی و به میزان ۶۳ کیلوگرم در هکتار اوره، ۱۳۰ کیلوگرم در هکتار پتاس و ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار فسفات قبل از کاشت و کود سرک در دو نوبت (۲۰ تیر و ۱۵ مرداد) به میزان ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار اوره انجام شد.

میزان آب آبیاری طی فصل رشد (خرداد، تیر، مرداد و شهریور) در تیمارهای مختلف روش آبیاری شامل جویچه‌ای، بارانی و تیپ در جدول ۱ ارائه شده است. راندمان کاربرد آب در سامانه آبیاری جویچه‌ای، بارانی و تیپ به‌ترتیب حدود ۶۰، ۷۵ و ۹۵ درصد به‌دست آمد. با توجه به مقادیر راندمان کاربرد و تیخیر غیرمفید از سطح خاک و تیخیر قطرات باران، حجم آب مصرفی در سامانه آبیاری جویچه‌ای، بارانی و تیپ به‌ترتیب ۸۴۹۳، ۷۲۱۷ و ۵۱۱۳ متر مکعب به‌دست آمد.

1- VIR 5001

2- ETC

جدول ۱- میزان آب آبیاری طی فصل رشد (مترمکعب در هکتار) در روش‌های مختلف آبیاری

 Table 1- Amounts of water use during crop season ($m^3 \cdot ha^{-1}$) for different irrigation methods

روش آبیاری	آبیاری جویچه‌ای	آبیاری بارانی (کلاسیک ثابت)	آبیاری تیپ
Irrigation methods	Furrow irrigation	Sprinkler	Drip tape
June	2100	1857	854
July	2848	2385	1830
August	2663	2235	1857
September	882	740	572
جمع Sum.	8493	7217	5113

امکان‌سنجی استفاده بهینه از آب در ارقام تجاری سیب‌زمینی ارزیابی گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها با آزمون دانکن در سطح آماری پنج درصد با نرم‌افزار آماری SAS انجام شد.

نتایج و بحث

عملکرد و بهره‌وری آب

نتایج حاصل از آنالیز واریانس مرکب دو ساله مندرج در جدول ۲ نشان می‌دهد که روش آبیاری و سال در سطح پنج درصد و اثر رقم × سال در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. اثر رقم و همچنین اثر متقابل روش کاشت × روش آبیاری، رقم × روش کاشت، رقم × روش آبیاری، رقم × روش کاشت × روش آبیاری و رقم × روش آبیاری × روش کاشت × سال معنی‌دار نگردید.

در طول دوره رشد، پارامترهایی نظیر تاریخ جوانه‌زنی، شروع گلدهی، زمان تشکیل غده‌ها، زمان رسیدن محصول و عکس‌العمل گیاه در مقابل آفات و امراض منطقه‌ای ثبت گردید و پس از رسیدن محصول با حذف خطوط حاشیه‌ای، عملکرد در کرت‌های آزمایشی اندازه‌گیری شد. در این آزمایش نیز تیمارهای آزمایشی از نظر شدت و میزان آلودگی غده‌ها به اسبک و ریزوکتونیا مورد ارزیابی قرار گرفت. روش کار بدین صورت بود که ابتدا تعداد یک صد نمونه از هر تیمار و تکرار به‌طور تصادفی انتخاب گردید و میزان آلودگی براساس الگوهای مؤسسه ملی گیاه‌شناسی کشاورزی براساس درصد سطح آلودگی ۰، ۲۵ و ۵۰ و بیش از ۵۰ درصد تعیین شد. جدول‌های دو طرفه میانگین کل درجه آلودگی در ارتباط با آبیاری × رقم، آبیاری × ردیف و ردیف × رقم تشکیل گردید. در پایان تجزیه واریانس داده‌ها براساس کرت‌های خرد شده نواری و آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام و سپس

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب عملکرد محصول سیب‌زمینی

Table 2- Combined Analysis of variance (means of squares) of potato yield

منابع تغییرات	درجه آزادی	جمع مجزورات	میانگین مربعات
S.O.V	df	Sum squares	Means of squares
سال (Y)	1	15.12	15.12 ^{n.s.}
تکرار در سال (Y*Rep)	4	32.15	8.04 ^{**}
روش آبیاری (Irr.)	2	341.23	170.70 [*]
روش آبیاری × تکرار (Irr.*Rep)	5	40.05	1.80 [*]
روش کاشت (Plant.)	1	38.43	38.43 [*]
روش کاشت × روش آبیاری (Irr.*Plant.)	2	47.31	23.66 ^{n.s.}
روش کاشت × تکرار × سال × روش آبیاری (Plant.*Irr.*Y.Rep.)	12	38.54	3.17 ^{n.s.}
رقم (Var.)	1	13.02	13.02 ^{n.s.}
رقم × روش آبیاری (Irr.*Var.)	2	4.25	2.12 ^{n.s.}
رقم × روش کاشت (Var.*Plant.)	1	0.03	0.032 ^{n.s.}
رقم × روش کاشت × روش آبیاری (Irr.*Var.*Plant.)	2	1.09	0.55 ^{n.s.}
روش آبیاری × سال (Irr.*Y)	2	24.90	12.45 ^{n.s.}
روش کاشت × سال (Plant.*Y)	1	0.94	0.94 ^{n.s.}
رقم × سال (Var.*Y)	1	11.30	11.30 ^{**}
رقم × روش آبیاری × روش کاشت × سال (Var.*Irr.*Plant.*Y)	1	4.27	2.13 ^{n.s.}
باقیمانده Residual	24	43.08	1.795

Irr.: سامانه آبیاری، Var.: رقم و Plant.: روش کاشت، Irr.: irrigation methods, Var.: Potatoes variety and Plant.: Planting methods

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دو ساله روش‌های آبیاری، روش کاشت و ارقام مورد بررسی

Table 3- Comparison of potato yield under irrigation methods, planting methods and potatoes cultivars

الف) روش آبیاری Irrigation methods	عملکرد غده (کیلوگرم در هکتار) Tuber-yield (kg ha ⁻¹)	بهره‌وری آب (کیلوگرم بر متر مکعب) Water productivity (kg m ⁻³)
آبیاری جویچه‌ای (I ₁ =Furrow irrigation)	20848 c	2.45 c
آبیاری بارانی (I ₂ = Sprikler)	26152 a	3.62 b
آبیاری تیپ (I ₃ = Drip tape)	23794 b	4.49 a
ب) رقم		
اگریا (V ₁)	24083 a	3.47 a
مارفونا (V ₂)	23233 a	3.45 a
ج) روش کاشت		
یک ردیفه (P ₁)	24388 a	3.51 a
دو ردیفه (P ₂)	22927 b	3.30 a

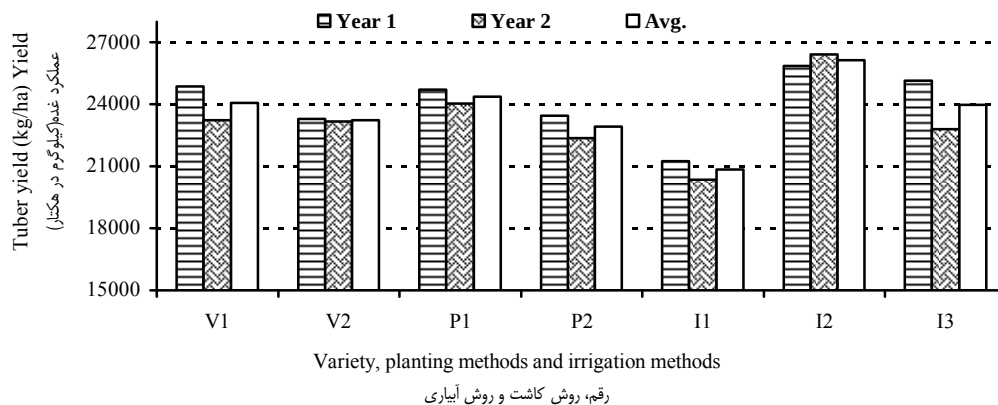
اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار ($P < 0.05$) نمی‌باشند، آزمون دانکن در سطح آماری پنج درصد..

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$), Duncan's test (95% confidence level).

I.: سامانه آبیاری، V.: رقم و P.: روش کاشت

درصد بیشتر از آبیاری بارانی است، ضمن اینکه میزان مصرف آب در روش بارانی ۴۱/۲ درصد بیشتر از روش تیپ می‌باشد. بر این اساس در صورتی که به میزان آب به کار رفته در یک هکتار آبیاری سطحی (۸۴۹۳ متر مکعب) آب در اختیار باشد، سطح قابل آبیاری با بارانی و تیپ به ترتیب ۱/۱۷۷ و ۱/۶۶ هکتار خواهد بود و میزان تولید با همین مقدار ثابت آب به ترتیب ۳۰/۷۸۱ و ۳۹/۸۲۱ تن در هکتار خواهد شد. در این شرایط و با میزان ثابت آب قابل دسترس، میزان افزایش تولید بارانی نسبت به جویچه‌ای، تیپ نسبت به جویچه‌ای و تیپ نسبت به بارانی به ترتیب ۴۷/۶، ۹۱ و ۲۹/۴ درصد خواهد بود. بنابراین از منظر شاخص بهره‌وری آب و استفاده حداکثری از حجم ثابتی از آب قابل دسترس، روش آبیاری تیپ ارجحیت ملموس دارد.

نتایج حاصل از جدول ۳ نشان داد که روش آبیاری بارانی با میانگین عملکرد ۲۶۱۵۲ کیلوگرم در هکتار نسبت به روش آبیاری تیپ با تولید ۲۳۹۷۴ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌داری دارد. همچنین روش آبیاری جویچه‌ای با تولید ۲۰۸۴۸ کیلوگرم در هکتار، کمترین میزان محصول را تولید نموده است. با توجه به مقادیر آب آبیاری به کار رفته در هر یک از روش‌ها و میانگین عملکرد محصول در روش‌های آبیاری جویچه‌ای، بارانی و تیپ که به ترتیب برابر ۲۱۳۳۲، ۲۵۸۷۷ و ۲۵۱۳۹ کیلوگرم در هکتار اندازه‌گیری شده (شکل ۱)، مقدار بهره‌وری آب در تیمارهای آبیاری فوق به ترتیب برابر ۲/۴۵، ۳/۶۲ و ۴/۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب به دست آمد (جدول ۳). مطابق با شکل ۱، اگرچه میانگین عملکرد محصول به روش بارانی ۹/۰۸ درصد بیشتر از روش تیپ است، اما میزان بهره‌وری آب در روش تیپ ۲۹/۶



Irr.: سامانه آبیاری، Var.: رقم و Plant.: روش کاشت

شکل ۱- اثر رقم، روش کاشت و روش آبیاری بر عملکرد غده سیب‌زمینی در سال‌های آزمایش

Figure 1- Effects of irrigation methods, planting methods and potatoes cultivars on tuber yield

شاخص بهره‌وری آب حاکی از برتری نسبی کشت یک ردیفه سیب‌زمینی (۳/۵۱ کیلوگرم بر متر مکعب) نسبت به کشت دو ردیفه می‌باشد (جدول ۳).

عملکرد محصول سیب‌زمینی در روش آبیاری جویچه‌ای در کشت دو ردیفه بیشترین کاهش محصول را داشته که این کاهش به‌ترتیب در روش آبیاری تیپ و بارانی به حداقل می‌رسد. یکی از دلایل این اتفاق به خاطر میزان آلودگی و شیوع بیماری است چرا که بالاترین میزان آلودگی در کشت دو ردیفه در روش آبیاری جویچه‌ای به‌دست آمد.

نتایج آزمایش باغانی و همکاران (۵) نشان داد نحوه آرایش کاشت دو ردیفه روی پشته و یک نوار آبیاری بین آنها بیشترین عملکرد را دارا بوده است. همچنین در آزمایش‌های جابرو و همکاران (۸)، تاکله و چمدا (۱۵) و یانگ و همکاران (۱۸) آرایش دو ردیفه نسبت به یک ردیفه نقش مؤثرتری در استحصال محصول بیشتر داشته است. این در حالی است که در تحقیق حاضر در روش آبیاری بارانی با آرایش کاشت یک ردیفه بیشترین عملکرد حاصل شده است. نتایج چهار آزمایش فوق در شرایط آبیاری کامل (بدون تنش آبی) به‌دست آمده است در حالی که در منطقه مورد مطالعه به سبب خشکسالی‌های مکرر که از ۱۴ سال گذشته شروع شده گیاهان کمتر از ۱۰۰٪ نیاز آبی آب دریافت می‌دارند. بهره‌وری آب بالاتر در تحقیق حاضر نسبت به آزمایش‌های کشاورز و حیدری (۹) و اخوان و همکاران (۲) مؤید تحت تنش بودن شرایط آرایش حاضر است.

بیماری‌ها

نتایج مربوط به میزان و شدت آلودگی غده‌ها به اسکب معمولی (جدول ۴) و همچنین نتایج آزمون‌های دو طرفه درجه آلودگی نسبت به اسکب معمولی نشان می‌دهد که میانگین آلودگی اسکب در روش آبیاری جویچه‌ای ۴۷ درصد بیشتر از روش آبیاری بارانی و ۷۸ درصد بیشتر از روش آبیاری تیپ می‌باشد، ولی بین ارقام تفاوت محسوسی وجود ندارد.

در روش‌های کاشت یک ردیفه و دو ردیفه بین ارقام مارفونا و اگر یا از نظر میانگین میزان آلودگی تفاوت چندانی وجود نداشت. همچنین نتایج بیانگر بیشترین میزان آلودگی در کشت دو ردیفه و یک ردیفه در روش آبیاری جویچه‌ای می‌باشد. در کلیه موارد، آبیاری تیپ کمترین آلودگی را نشان می‌دهد. ضمناً براساس جدول ۴ در روش آبیاری بارانی و تیپ، در بیش از ۵۰ درصد آلودگی غده‌ها به بیماری، شدت آلودگی به اسکب تقریباً صفر می‌باشد.

معنی‌دار شدن اثر روش آبیاری بر عملکرد غده را می‌توان با تأثیر نحوه قرار دادن آب در اختیار گیاه و توزیع آن در محل ریشه مرتبط دانست. کاهش عملکرد در تیمار آبیاری جویچه‌ای به‌دلیل توزیع نامتناسب آب در پروفیل خاک (پایین بودن راندمان کاربرد) و بالا بودن میانگین آلودگی اسکب در این تیمار می‌باشد. بین ارقام اگر یا و مارفونا به‌ترتیب با تولید ۲۴۰۸۳ و ۲۳۲۳۳ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود نداشت و مقادیر شاخص بهره‌وری آب نیز مؤید این نتیجه است (جدول ۳).

مقایسه میانگین اثر سال نشان می‌دهد بین سال‌های اول و دوم آزمایش به‌ترتیب با میانگین تولید ۲۴۱۱۶ و ۲۳۱۹۹ کیلوگرم در هکتار تفاوت معنی‌داری وجود ندارد. مقایسه میانگین‌های اثر رقم × سال نشان داد در سال اول رقم اگر یا با تولید ۲۴۹۳۸ کیلوگرم در هکتار نسبت به رقم مارفونا با تولید ۲۳۳۹۵ کیلوگرم در هکتار و همچنین ارقام اگر یا و مارفونا در سال دوم به‌ترتیب با تولید ۲۳۲۲۹ و ۲۳۱۷۱ کیلوگرم در هکتار برتری نسبی دارد. مطابق با شکل ۱ در هر دو سال، رقم اگر یا دارای عملکرد بیشتری بوده است و از آنجایی که میزان یکسانی از آب کاربردی در اختیار داشتند، لذا بهره‌وری آب در رقم اگر یا (۳/۴۷ کیلوگرم بر متر مکعب) بیشتر است.

نتایج این تحقیق همسو با گزارش دیگر محققین است به‌طوری که کشاورز و حیدری (۹) در مطالعات خود بهره‌وری آب را برای آبیاری نشتی حداقل و در روش تیپ حداکثر به میزان ۳/۳ کیلوگرم بر متر مکعب اعلام نمودند. شاخص بهره‌وری برای محصول سیب‌زمینی در دشت‌های بزرگ شمالی آمریکا (نیمه خشک) و در روش آبیاری بارانی، ۵۴ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار بر میلی‌متر برای غده سیب‌زمینی گزارش شد (۱۰). همچنین اخوان و همکاران (۲) با ارزیابی مزارع تحت پوشش آبیاری تحت فشار در استان همدان، بهره‌وری آب در زراعت سیب‌زمینی با روش آبیاری تیپ را تا ۴/۶۸ کیلوگرم بر متر مکعب برآورد کردند و همانطور که ذکر شد در تحقیق حاضر بهره‌وری آب در روش آبیاری تیپ برابر ۴/۶۹ کیلوگرم بر متر مکعب به‌دست آمد. البته پرایر و شک (۱۱) نشان دادند با توجه به مواردی همچون تخلیه رطوبتی مجاز، تنش آبی و تبخیر و تعرق محصول، آبیاری بارانی نسبت به آبیاری سطحی و تیپ اولویت دارد.

مقایسه میانگین روش‌های کاشت نشان داد که کشت یک ردیفه با میانگین تولید ۲۴۸۳۹ کیلوگرم در هکتار نسبت به کشت دو ردیفه با میانگین تولید ۲۲۹۲۷ کیلوگرم در هکتار برتری معنی‌داری داشت. در کشت دو ردیفه رقابت برای جذب مواد غذایی بیشتر بوده و سایه‌اندازی و هم‌پوشانی بوته‌ها سبب کاهش عملکرد می‌شود. میزان آب کاربردی در کشت یک و دو ردیفه برابر هست، لذا شاخص بهره‌وری آب ملاک و معیار مناسبی برای انتخاب شیوه برتر است.

جدول ۴- ارزیابی میزان و شدت آلودگی غده‌ها به اسکب معمولی

Table 4- Intensity and the infection rate of diseases on tuber to Scab

وضعیت تیمار	سالم	10%	25%	50%	>50%	درصد آلودگی
Treatments	Healthy					Rate of diseases
I ₁ V ₁ P ₁	20	40	20	10	5	19
I ₁ V ₂ P ₁	15	40	30	10	5	21.5
I ₁ V ₁ P ₂	13	40	30	10	7	23.5
I ₁ V ₁ P ₂	19	30	30	13	8	25
I ₂ V ₁ P ₁	30	35	25	10	-	14.8
I ₂ V ₂ P ₁	29	40	15	15	1	15.5
I ₂ V ₁ P ₂	30	35	25	10	-	14.7
I ₂ V ₂ P ₂	35	30	20	15	-	15.5
I ₃ V ₁ P ₁	52	20	15	13	-	12.3
I ₃ V ₂ P ₁	55	15	15	15	-	13
I ₃ V ₁ P ₂	45	25	20	10	-	12.5
I ₃ V ₂ P ₂	37	30	25	8	-	13.2

I.: irrigation methods, V.: Potatoes variety and P.: Planting methods روش کاشت: Plant، رقم و Var.: سامانه آبیاری، Irr.

می‌شود. تحقیق زارع ایبانه و همکاران (۱۹) در منطقه فریدن نشان می‌دهد روش آبیاری بارانی در مقایسه با روش جویچه‌ای دارای عملکرد بالاتری بوده و همچنین تراکم جمعیت آفات مورد ارزیابی در این روش کمتر بوده است (۱۹). نقش روش آبیاری تیپ در کاهش تولید بیماری‌های غده در سیب‌زمینی که از نتایج تحقیق براون و همکاران (۶) می‌باشد مؤید نتایج آزمایش حاضر در خصوص بیماری‌های اسکب معمولی و ریزوکتونیا می‌باشد که سطح کمتر خیس شده زمین نسبت به دیگر روش‌های آبیاری از دلایل اصلی این موضوع است.

جدول ۵ مربوط به میزان و شدت آلودگی غده‌ها به ریزوکتونیا و همچنین جدول‌های دو طرفه میزان آلودگی ریزوکتونیا نشان داد هر چند آبیاری تیپ در کلیه موارد کمترین میزان آلودگی را داشته، لیکن تفاوت محسوسی از نظر میزان آلودگی بین ارقام و سطوح آبیاری، ردیف و رقم، ردیف و آبیاری، ارقام با یکدیگر و ردیف‌ها با یکدیگر وجود نداشت.

پژوهش آواری و های‌ویس (۴) نشان داد بالاترین بهره‌وری آب در سامانه آبیاری تیپ قابل حصول می‌باشد. همچنین در روش‌های آبیاری تیپ و بارانی که توزیع رطوبت در خاک مناسب‌تر انجام می‌شود از توسعه بیماری‌های پوسیدگی غدد و پژمردگی جلوگیری

جدول ۵- ارزیابی میزان و شدت آلودگی غده‌ها به ریزوکتونیا

Table5- Intensity and the infection rate of diseases on tuber to rhizoktonia

وضعیت تیمار	سالم	10%	25%	50%	>50%	درصد آلودگی
Treatments	Healthy					Rate of diseases
I ₁ V ₁ P ₁	40	35	15	10	-	11.5
I ₁ V ₂ P ₁	35	30	20	13	-	14.5
I ₁ V ₁ P ₂	40	35	15	10	-	11.5
I ₁ V ₁ P ₂	35	35	20	10	-	13.5
I ₂ V ₁ P ₁	45	30	17	10	-	12.2
I ₂ V ₂ P ₁	50	25	15	10	-	10.5
I ₂ V ₁ P ₂	45	25	20	10	-	12.5
I ₂ V ₂ P ₂	45	20	13	12	-	11.5
I ₃ V ₁ P ₁	55	15	15	6	-	9
I ₃ V ₂ P ₁	55	25	15	10	-	10.5
I ₃ V ₁ P ₂	40	30	15	10	-	11
I ₃ V ₂ P ₂	45	25	20	10	-	12.5

I.: irrigation methods, V.: Potatoes variety and P.: Planting methods روش کاشت: Plant، رقم و Var.: سامانه آبیاری، Irr.

شارماسارکر و همکاران (۱۴) که دلالت به ارجح بودن آبیاری بارانی و تیپ دارد، مؤید نتیجه آزمایش فعلی می‌باشد.

باتوجه به تحلیل داده‌های این آزمایش در خصوص کاهش تولید بیماری‌های غده و مقادیر بهره‌وری آب در صورت وجود محدودیت آب، علی‌رغم پایین تر بودن عملکرد غده در روش آبیاری تیپ، این روش به دیگر روش‌ها ارجحیت دارد. نتایج اخذ شده توسط

نتیجه‌گیری

بارانی بیشترین عملکرد محصول قابل حصول بوده و همچنین از نظر شدت و میزان آلودگی به بیماری‌های منطقه بر روی غده (اسکب معمولی و ریزوکتونیا) نسبت به آبیاری جویچه‌ای برتری محسوس دارد. لذا در صورت عدم وجود محدودیت آب و نبود مشکل وزش باد شدید می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد. نتایج این آزمایش نشان می‌دهد کشت یک ردیفه در زراعت سیب‌زمینی در کلیه تیمارها نتیجه مطلوبی دارد.

نتایج این تحقیق نشان داد که سامانه آبیاری تیپ علی‌رغم عملکرد محصول پایین‌تر نسبت به روش آبیاری بارانی، بهره‌وری آب را افزایش می‌دهد. همچنین غده‌ها از نظر ظاهری کمترین آلودگی به بیماری‌های اسکب معمولی و ریزوکتونیا را در این روش آبیاری نشان داده است. از این‌رو کاربرد این روش به‌ویژه در شرایط وجود محدودیت آب در زراعت سیب‌زمینی الزامی است. در روش آبیاری

References

1. Ahmadi, S. H., Andersen, M. N., Plauborg, F., Poulsen, R. T., Jensen, C. R., Sepaskhah, A. R., and Hansen, S. 2010. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes :Yield and water productivity. *Agricultural Water Management* 97 (11): 1923-1930.
2. Akhava, S., Mostafa Zadeh, F., and Ghadami FirouzAbadi, A. 2007. Comparison Two Irrigation Systems, Tape and Furrow Irrigation Methodes on Yield and water productivity of potato farming. *Soil and Water Science* 11 (41): 15-26. (in Persian with English abstract).
3. Alttaher, S. M., Medany, A., Abdel-Aziz, A., and Mustafa, M. M. 2002. Energy requirements and yield of drip irrigated potato. *International Society for Horticultural Science*. Saudi Arabia.
4. Awari, H. W., and Hiwase, S. S. 2004. Effect of irrigation systems on growth and yield of potato. *Annals of plant physiology* 8 (2): 185-187.
5. Baghani, J., Sadr Ghaen, H., and Kanoni, A. 2006. The effect of planting pattern and the amount of water in drip irrigation on potato yield. *The second technical workshops micro-irrigation, Agricultural Engineering Research Institute, Karaj*, 10pp. (in Persian with English abstract).
6. Brown, T., Detar, R., Sanden, L., and Phene, J. 2002. Comparison of drip and sprinkler irrigation systems for applying managing stem rot on potato. *Plant Disease Journal* 86 (11): 1211-1218. U. S. A.
7. Farshi, A. A., Shariati, M. R., Jarollahi, R., Ghaemi, M. R., Shahabi Far, M., and Tavallaei, M. M. 1997. Estimates crop water requirements of major agricultural and horticultural of the country. Vol. 1, *Soil and Water Research Institute*, 90pp. (in Persian with English abstract).
8. Jatro, J. D., Iversen, W. M., Evans, R. G., Stevensand, W. B., and Allen B. L. 2013. Water Use and Water Productivity of Sugarbeet, Malt, Barley and Potato affected by Irrigation Frequency. *US Department of Agriculture Agricultural Research Service*.
9. Keshavarz, A., and Heydari, N. 2003. Analysis of the loss of water resources in production processes and consumption of agricultural products. *Proceedings of the First National Conference Losses of Agricultural Products, Tarbiat Modarres University, Tehran*, 5pp. (in Persian with English abstract).
10. O'Neill, C. J., Humphreys, E., Louis, J., and Katupitiya A. 2008. Maize productivity in southern New South Wales under furrow and pressurized irrigation. *Aust. J. Exp. Agric.* 48 (3): 285-295.
11. Pereira, A. B., and Shock, C. C. 2006. Development of irrigation best management practices for potato from a research perspective in the United States. *Sakia. Orge-Publish* 1: 1-20. U. S. A.
12. Pereira, L. S., Oweis, T., and Zairi, A. 2002. Irrigation management under water scarcity. *Agricultural Water Management* 57 (3): 175-206.
13. Salemi, H. R., and Amin, M. S. 2010. (Serial No.28) Water Resources Development and Water Utilization in the Gavkhuni River Basin, Iran. *Journal of Agricultural Science and Technology* 4: 25-33.
14. Sharmasarkar, F. C., Sharmasarkar, Sh., Held, L. J., Miler, S. D., Vance, G. F., and Zhang, R. 2001. Agro economic Analyses of Drip Irrigation for Sugar beet Production. *Agronomy Journal* 93 (3): 517-523.
15. Takele, G., and Chemed, D. 2009. Effects of drip irrigation levels and planting methods on yield and yield components of green pepper (*Capsicum annum* L.) in Bako, Ethiopia. *Agricultural Water Management* 96 (11): 1673-1678.
16. Tavakoli, A. R. 2010. Improving water productivity by using integrated advanced agronomic management and limited irrigation at rainfed cereals farming. PhD thesis, Department of Irrigation and Drainage Irrigation and Reclamation, Faculty of Agricultural Engineering and Technology, University of Tehran. (in Persian with English abstract).
17. Tavakoli, A. R. 2013. Deficit Irrigation and Supplemental Irrigation Management for Rainfed and Irrigated Wheat at Selseleh Region. *J. of Water Research in Agriculture* 4: 589-600. (in Persian with English abstract).

18. Yang, W., Lia, Z., Wanga, J., Wua, P., and Zhanga, Y. 2013. Crop yield, nitrogen acquisition and sugarcane quality as affected by interspecific competition and nitrogen application. *Field Crops Research* 146: 44-50.
19. Zare Abyaneh, A. A., Kazz azi, M., and Soltani, H. 2009. The effect of sprinkler irrigation and furrow on sucking pest population and potato yield. *Journal of Agronomy* 84: 31-38. (in Persian with English abstract).



Effect of Different Irrigation and Planting Methods on Water Productivity and Health of Commercial Varieties of Potato

H. R. Salemi¹- A. Soliamanipur²- A. R. Tavakoli^{3*}

Received: 12-03-2014

Accepted: 02-02-2015

Introduction

Water crisis as a main factor of agronomy limitation exists in all over the arid and semiarid regions such as Isfahan, province which is located in the central part of the Zayandehrud River Basin (ZRB). Due to the increase in the cultivated area of potato in Fareidan Region located in the west of Isfahan province, it will be necessary to use pressurized irrigation systems to achieve the highest irrigation application efficiency and water productivity.

Materials and Methods

The ZRB (41,500 km²) is a closed basin with no outlet to the sea. The research was conducted in the Fareidan region of Isfahan, which is located in the west part of the ZRB. The Rozveh Agricultural Research Station (32° 58' N, 50° 25' E) is located at the altitude of 2390 m above the sea level. This study was conducted as a randomized complete blocks design as a split strip plot layout with three replications and during two years (2007-2008). Three irrigation systems (Drip tape, Sprinkler and furrow) were considered as main plots, two planting methods (one - row planting and two-row planting) as split subplots and two potato cultivars (Marfuna and Agria) as split-split subplots. Production (Tuber-yield), the consumption water and cultivars reactions to common diseases were evaluated in different treatments. The soil of the experimental area, according to USDA Soil Taxonomy 1994 is of silty loamy. At the soil depth of 1m, soil salinity (1.1-2.0 dS m⁻¹), water salinity (1.24 dS m⁻¹), soil moisture at field capacity (23 Vol. %), and bulk density (BD = 1.44 g/cm³) at the field site were measured or experimentally obtained in the Isfahan Soil and Water Laboratory. The results were subjected to an ANOVA to analyze the effects of the treatments and their interactions. The data obtained were analyzed using the compound variance analysis and the averages of different treatments were separated using the Duncan multiple range test using the statistical software (SAS Institute, Inc., Cary, NC). The probability level of 0.05 (Duncan's test) also was selected.

Results and Discussion

An analysis of variance (ANOVA) was conducted on the irrigation systems and planting methods using PROC GLM (SAS 9.1, SAS institute Ltd., USA). Duncan's multiple range tests at 0.05 probability level was used for paired mean comparison. The Results provided in two years show that the effect of irrigation systems × year ($P \leq 0.05$) and cultivars × year ($P \leq 0.01$) on (Tuber-yield), the consumption water and cultivars reactions to common diseases were found to be significant. There is no interaction between irrigation and planting methods, Variety × planting methods, Variety × irrigation, irrigation × Variety × planting methods and irrigation × Variety × planting methods × Year for (Tuber-yield), the consumption water and cultivate reactions to common diseases. On the contrary, the effects of the irrigation system treatments on the Tuber-yield and water productivity were significant ($p \leq 0.05$). The effects of variety on Tuber-yield and water productivity were not significantly ($P \geq 0.05$) detected.

Sprinkler irrigation method with 26152 kg ha⁻¹ of production mean was preferred significantly to tape irrigation method with 23974 kg/ha of production mean. Tape irrigation leded to the highest mean of WP equal to 4.69 kg m⁻³. Two years comparison of yield mean showed no significant difference between Agria and Marfuna potato cultivars. The two year comparison results of yield means using different planting methods

1- Assistant professor of Agricultural Engineering Research Department, Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Esfahan, Iran.

2- Assistant professor of Economic, Social and Extension Department, Researcher of Esfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Esfahan, Iran.

3- Assistant professor of Agricultural Engineering Research Department, Semnan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center (Shahrood), Shahrood, Iran. Corresponding Author

(*- Corresponding Author Email: art.tavakoli@gmail.com)

indicated that one row planting method (24839 kg ha^{-1}) was preferred significantly comparing to two row planting methods (22927 kg ha^{-1}). Evaluation of tuber infection by ordinary scab and rhizoctonia showed that the highest mean of infection was observed in furrow method and the lowest one was observed in tape method of irrigation. Scab infection in furrow irrigation was 47% higher than sprinkler irrigation and 78% higher than tape irrigation.

Conclusions

During the three (2) years of the experiments with the three (3) irrigation treatments imposed on the potato crop, it was found that the drip type irrigation system, despite its lower yield than sprinkler irrigation, increased water productivity. A lowest pollution tuber to scab infection and rhizoctonia was determined by Drip type method. Thus, using this method, particularly in water restrictions on potato planting is required. The highest tuber yield was obtained in sprinkler irrigation, as well as from the point of view of the intensity and the infection rate of diseases on the tuber to Scab and rhizoctonia there was significant advantage compared to furrow irrigation. Therefore, in the lack of water restriction and the high speed wind can be used. The results showed that the one row planting method for all treatments is desirable therefore highly recommended for agricultural potato production.

Keywords: Drip tape irrigation, Furrow irrigation, Infection, Sprinkler irrigation



بررسی اثر کود نیتروژن بر میزان جذب و ضریب استهلاک نور در ارقام مختلف گندم

فریده صمدیان^۱ - علی سلیمانی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۲/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۹

چکیده

به منظور ارزیابی میزان جذب و ضریب استهلاک نور در ارقام مختلف گندم تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود نیتروژن در منطقه اصفهان، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان، اجرا شد. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، با سه تکرار انجام شد. سطوح مختلف کود نیتروژن شامل چهار سطح ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره در کرت‌های اصلی و ارقام مختلف گندم، شامل پیشتاز، سپاهان و SW-846 در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر درصد جذب نور را در مقایسه با سایر تیمارهای حاصل نمود. بیشترین درصد جذب نور، سرعت رشد محصول و ماده خشک کل، مربوط به رقم پیشتاز و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بود. میزان ضریب استهلاک نور محاسبه شده در طی فصل رشد برای تیمارهای کودی ۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به ترتیب ۰/۴۶۷۵، ۰/۴۷۹۴، ۰/۴۸۵۸ و ۰/۴۹۵ و برای رقم‌های پیشتاز، سپاهان و SW-846 به ترتیب برابر با ۰/۴۸۸، ۰/۴۶۱۸ و ۰/۴۵۰۴ به دست آمد. جهت دستیابی به حداکثر درصد جذب نور، سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ مناسب برای تولید بیشترین ماده خشک کل، تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و رقم پیشتاز تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر مناسب به نظر می‌رسد.

واژه‌های کلیدی: سرعت اسیمیلاسیون خالص، سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ

مقدمه

مواد غذایی و درجه حرارت مورد نیاز گیاه وجود نداشته باشد در آن صورت نور تنها عاملی است که روی میزان محصول هر گیاه اثر تعیین کننده دارد. همبستگی نزدیکی بین مقدار تشعشع دریافتی توسط گیاه و رشد آن وجود دارد. کود نیتروژن از طریق تأثیر بر میزان شاخص سطح برگ بر میزان جذب و ضریب استهلاک نور تأثیر دارد (۲۴). شواهد نشان می‌دهد که هرچه جذب مؤثر نور در جامعه گیاهی بیشتر باشد، عملکرد نیز افزایش خواهد یافت. با افزایش جذب نور عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی نیز افزایش می‌یابد.

افزایش سریع سطح برگ و رسیدن به شاخص سطح برگ بحرانی که باعث می‌شود هرچه زودتر میزان فتوسنتز و سرعت رشد گیاه به حداکثر برسد، دارای اهمیت است. این عوامل تضمین کننده عملکرد زیاد و کاهش رقابت علف‌های هرز نیز می‌باشد (۲۰). برای به حداکثر رسیدن سرعت رشد محصول بایستی به میزان کافی برگ در جامعه گیاهی وجود داشته باشد تا بیشترین مقدار نور خورشید را دریافت کند. فتوسنتز انجام شده، خود سبب افزایش شاخص سطح برگ می‌گردد. بدین لحاظ شاخص سطح برگ مطلوب و حداکثر سرعت رشد محصول به‌طور همزمان حادث می‌شود (۱۸). با این حال

گندم (*Triticum aestivum*) از زمره قدیمی‌ترین و مهم‌ترین محصولات زراعی ایران و جهان به شمار می‌رود و از زمان‌های بسیار دور در تأمین معاش و ادامه حیات ساکنان این کره خاکی نقش به‌سزایی به عهده داشته است (۱۲ و ۱۳). گندم در درجه اول به‌عنوان غذای انسان و در مرحله بعدی برای تغذیه دام و طیور و هم‌چنین کاربردهای صنعتی کشت می‌گردد (۱۰). افزایش تولید گندم در ایران از طریق افزایش راندمان تولید میسر است که برای موفقیت در امر تولید، شیوه‌های مدرن به‌زراعی و به‌نژادی در راستای دستیابی به حداکثر عملکرد تا حدود زیادی بستگی به بهینه کردن ماشین‌آلات، تغذیه گیاه و رفع کمبودهای مواد غذایی مورد نیاز گیاه و بالاخص مراقبت‌های مدیریتی دارد. یکی از جنبه‌های مدیریتی استفاده از کودهای شیمیایی و حداکثر استفاده گیاه از نور می‌باشد. چنانچه کمبودی از نظر آب،

۱ و ۲- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان (خوراسگان)
(*)- نویسنده مسئول: (Email: a_soleymani@khuisf.ac.ir)

میزان تجمع ماده خشک کل گیاه بستگی زیادی به توصیف کامل شاخص سطح برگ، سرعت اسیمیلایون خالص، سرعت رشد محصول، ضریب استهلاک نور و کارایی مصرف نور دارد (۲۰). با توجه به این که ایران در منطقه خشک و نیمه خشک قرار گرفته، میزان مواد آلی خاک پایین بوده و در نتیجه دارای سطوح پایین نیتروژن می باشد و گیاهان نیز دچار کمبود نیتروژن می باشند لذا تأمین نیتروژن ضروری است (۱۸). ارقام مختلف گیاه گندم توانایی متفاوتی در دریافت نیتروژن و تولید شاخص برگ دارند که بررسی عکس العمل آنها در جذب نور نیز حائز اهمیت است.

لذا هدف از این تحقیق بررسی اثر کود نیتروژن بر میزان جذب نور و محاسبه ضریب استهلاک نور در طول دوره رشد در ارقام مختلف گندم تحت شرایط اقلیمی اصفهان است.

مواد و روش ها

به منظور ارزیابی روند جذب نور و محاسبه ضریب استهلاک نور و شاخص های رشد در ارقام مختلف گندم تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود نیتروژن، آزمایشی در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اصفهان، واقع در روستای خاتون آباد در عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۴۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۱۵۵۵ متر از سطح دریا اجرا شد. این منطقه طبق تقسیم بندی کوپن دارای اقلیم خشک بسیار گرم با تابستان های گرم و خشک و زمستان های نیمه سرد می باشد. متوسط دراز مدت بارندگی و درجه حرارت سالیانه به ترتیب ۱۲۰ میلی متر و ۱۶ درجه سانتی گراد است. آزمایش به صورت کرت های یکبار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش سطوح مختلف کود نیتروژن در کرت های اصلی که شامل چهار سطح ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص از منبع اوره و ارقام مختلف گیاه گندم شامل سه رقم، پیشتاز، سپاهان و sw-846 در کرت های فرعی قرار گرفتند. زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت کلزا بوده که در آبان ماه سال ۱۳۹۰ زمین تا عمق ۳۰ سانتی متر توسط گاوآهن برگردان دار شخم زده شد و به کمک سیکلوتیلر کلوخه ها کاملاً خرد و در نهایت تسطیح زمین انجام شد. به منظور تقویت زمین و تأمین عناصر مورد نیاز گیاه با توجه به نتیجه آزمایش خاک، طبق تیمار بندی صورت گرفته براساس نقشه آزمایش، مقدار یک سوم کود شیمیایی اوره (۴۶٪ نیتروژن) هنگام کاشت و دو سوم هنگام پایان پنجه دهی به زمین داده شد. مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

سرعت رشد محصول در اثر زیاد شدن شاخص سطح برگ تا حدی افزایش می یابد که میزان نوری که برای فتوسنتز به برگ های پایینی می رسد برای جبران تنفس کافی باشد (۲۰). کارایی دریافت و جذب تشعشع یک گونه گیاهی تا حد زیادی تابعی از نمو برگ های آن است که با شاخص سطح برگ مشخص می شود (۴). لیکن افزایش سهم عملکرد اقتصادی نسبت به عملکرد بیولوژیک در محصولات دانه ای مورد نظر است (۲۱). ضریب استهلاک نور (k) تعیین کننده میزان کارآمدی تاج پوشش گیاهی با یک شاخص سطح برگ معین در دریافت تشعشع است. در واقع ضریب استهلاک نور مفهومی است که بیانگر میزان نفوذ نور در داخل کانوپی گیاه می باشد به طوری که هرچه برگ های بالایی کانوپی زاویه کمتری با ساقه داشته باشند ضریب استهلاک نور کمتر و هرچه برگ ها افقی تر باشند این ضریب بیشتر خواهد بود و نشانگر نرخ کاهش نور در جامعه گیاهی است (۱۷). برخی محققین با رگرسیون گیری لگاریتمی از مقدار نور عبور کرده نسبت به شاخص سطح برگ و یا شاخص سطح سبز در طی دوره توانستند مقدار ضریب استهلاک نور را محاسبه نمایند (۲). بنابراین، آن مقدار از نور خورشید که در جامعه نفوذ می کند، تحت تأثیر شاخص سطح برگ و آرایش برگ ها قرار می گیرد. ضریب کاهش تشعشع مقدار کاهش نور در جامعه گیاهی را با عدد بیان می کند و مشخصه آرایش برگ هاست که عمدتاً شامل زاویه برگ ها و چگونگی تجمع برگ ها در داخل جامعه گیاهی است.

عملکرد کل ماده خشک نتیجه کارایی جامعه گیاهی از نظر استفاده از تشعشع خورشید در طول فصل رویشی است، در این ارتباط جامعه گیاهی نیاز به سطح برگ کافی داشته که به طور یکنواختی توزیع شده باشد و سطح زمین را کاملاً بپوشاند (۱۱).

یکی از عوامل مؤثر در افزایش کمی و بهبود کیفی محصولات کشاورزی، مصرف صحیح کودهای شیمیایی است که متأسفانه در ایران رعایت نمی شود و مصرف نامتعادل کودهای شیمیایی موجب تشدید بعضی از کمبودها، کاهش حاصلخیزی خاک و افت کیفیت محصولات زراعی و باغی شده است (۸). نیتروژن مهمترین عنصر غذایی در تولید گیاهان زراعی به شمار می آید و کمبود آن در اکثر خاک های آهکی دیده می شود (۱۴ و ۱۸). از آنجا که نور قابل ذخیره نبوده و یکی از عوامل محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی است یکی از روش های افزایش کارایی استفاده از نور، افزایش شاخص سطح برگ از طریق دریافت مقدار کافی نیتروژن است. محتوای نیتروژن برگ تا حد زیادی نشان دهنده حداکثر فتوسنتز در تشعشع بالا می باشد (۹). بنابراین مطالعات تنوریک پیشنهاد می کند اگر اختصاص نیتروژن به برگ هایی صورت گیرد که نور بیشتری دریافت می کنند، فتوسنتز کانوپی به حداکثر خواهد رسید (۳).

جدول ۱- مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در عمق ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر

Table 1- Physical and chemical properties of site soil at the depth of 0 to 30 and 30 to 60 cm

عمق Depth (cm)	هدایت الکتریکی EC (ds m ⁻¹)	اسیدیته pH	ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن قابل جذب N	فسفر قابل جذب P	پتاسیم قابل جذب K	سیلت Silt	شن Sand	رس Clay
					(mg kg ⁻¹)			(%)	
0-30	3.6	7.9	1.71	0.12	36	415	39	22	39
30-60	4.48	7.9	1	0.10	41	428	35	24	41

آماري با رعایت حاشیه اندازه‌گیری تشعشع فعال فتوسنتزی با طول موج ۴۰۰ تا ۷۰۰ نانومتر انجام شد. لذا هر ۱۵ روز یک بار بین ساعات ۱۱ تا ۱۳ ظهر واقعی تحت شرایط آسمان صاف و آفتابی اندازه‌گیری صورت گرفت. در هر مرحله اندازه‌گیری نور ۲۰ اندازه‌گیری در بالای پوشش گیاهی و ۳۰ اندازه‌گیری در پایین پوشش گیاهی انجام گرفت و سپس میانگین اندازه‌گیری‌های بالای پوشش گیاهی و میانگین اندازه‌گیری‌های پایین پوشش گیاهی ثبت گردید.

درصد جذب نور و ضریب استهلاک نور با استفاده از قانون لامبرت-بیر به ترتیب از معادلات (۵) و (۶) محاسبه شد.

$$\text{درصد نور جذب} = \frac{I_0 - I}{I_0} \times 100 \quad (5)$$

$$\ln \frac{I}{I_0} = -k LAI \quad (6)$$

که در آن، I میزان تشعشع فعال فتوسنتزی در پایین پوشش گیاهی، I₀ میزان تشعشع فعال فتوسنتزی در بالای پوشش گیاهی و K ضریب استهلاک نور است که شیب خط رابطه (۶) می‌باشد.

محاسبات آماری مورد نیاز با استفاده از نرم افزارهای آماری Mstat-c و Statgraph، رسم گراف‌ها با استفاده از نرم افزار Excel انجام گردید و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه دانکن در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

حداکثر شاخص سطح برگ

بیشترین میزان شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی توسط تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با سایر تیمارهای کودی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که با افزایش میزان نیتروژن شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. روند تغییرات شاخص سطح برگ طی فصل رشد حاکی از آن است که تا قبل از مرحله گرده‌افشانی، اختلاف قابل توجهی بین تیمارهای مختلف وجود نداشت ولی پس از آن به تدریج اختلاف بین تیمارها به‌صورت بارزی نمایان شد، به‌طوری‌که در مرحله گرده‌افشانی شاخص سطح برگ به بیشترین میزان خود رسید و پس از آن تا پایان دوره رشد به دلیل ریزش برگ‌ها شاخص سطح برگ

کاشت در ۱۴ آبان ماه ۱۳۹۰ و با تراکم ۴۰۰ بوته در متر مربع صورت پذیرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۱۰ خط کاشت با فاصله خطوط کاشت ۱۵ سانتی‌متر و به طول پنج متر بود و به منظور جلوگیری از هرگونه اختلاط کود نیتروژن بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد سایر آبیاری براساس نیاز گیاه و میزان بارندگی و زمان کوددهی در طول فصل رشد انجام گرفت. در طول دوره رشد به منظور کنترل علف‌های هرز از علف‌کش توفوردی و جهت مبارزه با آفت شته و سایر حشرات از حشره‌کش فنیتریپتون استفاده گردید. از ابتدا و انتهای هر خط کاشت، نیم متر به‌عنوان اثرات حاشیه‌ای حذف گردید. از ۱۰ خط کاشت در هر کرت، سه خط از کنار هر دو طرف کرت حذف شد و ۴ خط وسط جامعه آماری آزمایش را تشکیل داد. جهت تعیین شاخص‌های رشد گیاه نمونه‌برداری از ۳۵ روز پس از سبز شدن به فاصله هر ۱۵ روز یک بار از ۱۵ سانتی متر طولی با رعایت حاشیه، تا زمان رسیدگی فیزیولوژیکی انجام شد. نمونه‌ها پس از انتقال به آزمایشگاه به اجزای مختلف (برگ، ساقه و خوشه) تفکیک شد و به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد در آون تهویه‌دار خشک گردید و سپس توزین شدند. برای تعیین تغییرات میزان شاخص سطح برگ، روند تجمع ماده خشک کل، سرعت اسیمیلاسیون خاص و سرعت رشد محصول از بهترین روابط رگرسیونی طبق معادلات (۱)، (۲)، (۳) و (۴) استفاده گردید (۲۲).

$$LAI = e^{a_1 + b_1 t + c_1 t^2} \quad (1)$$

$$W = e^{a_2 + b_2 t + c_2 t^2} \quad (2)$$

$$NAR = (b_2 + 2c_2 t) e^{(a_2 - a_1) + (b_2 - b_1) + (c_2 - c_1) t^2} \quad (3)$$

$$CGR = NAR \times LAI = (b_2 + 2c_2 t) e^{a_2 + b_2 t + c_2 t^2} \quad (4)$$

در روابط فوق، W ماده خشک کل بر حسب گرم بر متر مربع، t زمان بر حسب تعداد روز پس از سبز شدن، LAI شاخص سطح برگ، NAR سرعت اسیمیلاسیون خالص، CGR سرعت رشد محصول و a₁, b₁, c₁, a₂, b₂, c₂ ضرایب رگرسیونی می‌باشند.

جهت اندازه‌گیری میزان جذب نور از دستگاه نورسنج مدل (TES-1334 A) ساخت کارخانه لوترون تایوان استفاده شد. بدین منظور یک روز قبل از اندازه‌گیری ماده خشک و سطح برگ، در یک متر مربع در همان محل که سطح برگ اندازه‌گیری شد از جامعه

کاهش یافت. تیمار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار در طی فصل رشد از شاخص سطح برگ بیشتری در مقایسه با سایر تیمارها برخوردار بود (شکل ۱). در کر و همکارن (۷) نیز نشان دادند افزایش کاربرد کود نیتروژن موجب افزایش معنی دار شاخص سطح برگ در گیاه گندم می شود.

بیشترین میزان شاخص سطح برگ در مرحله گرده افشانی توسط رقم پیشتاز حاصل شد که اختلاف آن با سایر ارقام معنی دار بود و اختلاف معنی داری بین ارقام سپاهان و SW مشاهده نشد (جدول ۲). روند تغییرات شاخص سطح برگ در طی فصل رشد در ارقام مختلف حاکی از آن است که تا در ابتدای فصل رشد اختلاف قابل توجهی بین رقم های مختلف وجود نداشت، پس از آن با رسیدن به مرحله گرده افشانی اختلاف بین ارقام به صورت بارزی نمایان شد به طوری که در حدود ۱۸۸ روز پس از کاشت به بیشترین میزان شاخص سطح برگ رسیده و پس از آن تا پایان دوره رشد به دلیل ریزش برگ ها شاخص سطح برگ کاهش یافت (شکل ۲). آستین و همکارن (۲۰) نیز اختلاف ارقام از نظر میزان شاخص سطح برگ را به اختلافات ژنوتیپی آنان ارتباط دادند و بیان داشتند که تعداد برگ تولیدی به طور ژنتیکی کنترل شده و همچنین اندازه برگ نیز تحت تأثیر خصوصیات ژنتیکی ارقام می باشد.

ماده خشک کل

بیشترین میزان ماده خشک کل در مرحله گرده افشانی توسط

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر وزن خشک کل ارقام مختلف گندم تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن در مرحله گرده افشانی

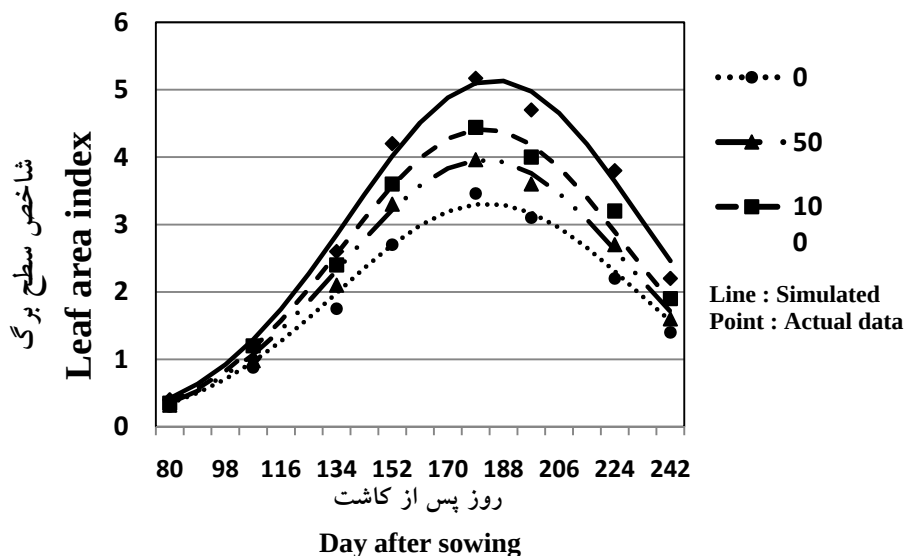
Table 2- Comparison of the average main effects of maximum leaf area index and total dry weight of wheat cultivars under different levels of nitrogen fertilizer in anthesis stage

تیمار ها Treatments	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	حداکثر وزن خشک کل Maximum total dry weight (g m ⁻²)	جذب نور Light interception (%)
نیتروژن			
Nitrogen (kg ha⁻¹)			
0	3.46 c	948.7 b	81.40 c
50	3.96 bc	1089.9 b	87.26 b
100	4.44 b	2065.0 a	90.80 ab
150	5.17 a	2571.1 a	94.43 a
رقم			
Cultivar			
sw	4.06 b	1784.0 a	85.87 b
Sepahan	4.17 b	1887.0 a	87.85 b
Pshtaz	4.45 a	2007.0 a	91.70 a

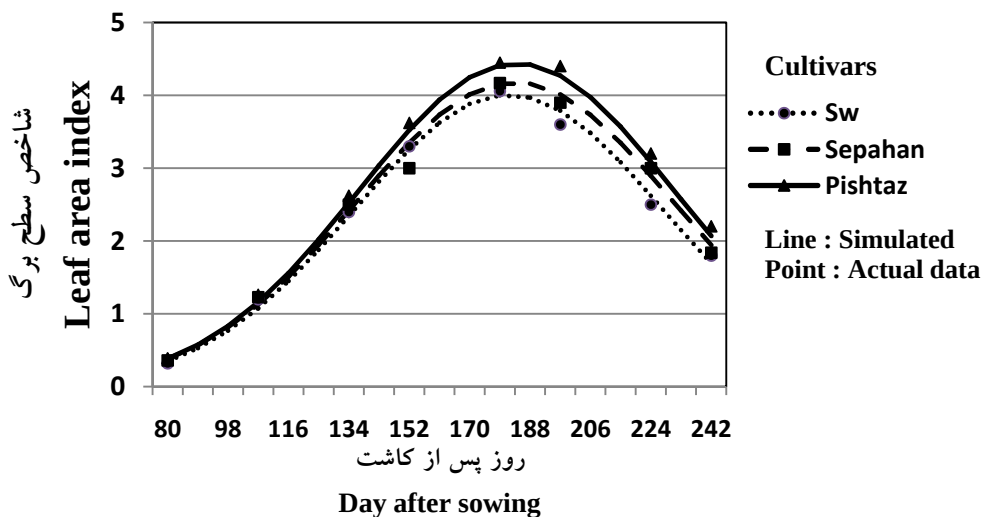
ستون هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی دار براساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشند

The columns that share at least one letter have no significant differences according to Duncan test at 5 percent of probability

تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار حاصل شد که اختلاف آن با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار معنی دار نبود ولی اختلاف آن با سایر تیمارهای کودی معنی دار بود (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است که مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن نیاز کودی گیاه را مرتفع نمی کند به طوری که با افزایش کود نیتروژن از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار ماده خشک کل به طور معنی داری افزایش یافت. روند تغییرات تجمع ماده خشک کل در سطوح مختلف مصرف نیتروژن، در طی فصل رشد حاکی از آن است که تا حدود ۱۱۶ روز پس از کاشت اختلاف قابل توجهی بین تیمارهای مختلف نیتروژن وجود نداشت و پس از آن با شروع مرحله گرده افشانی، اختلاف بین تیمارها به صورت بارزی نمایان شد. با افزایش رشد رویشی و در حدود ۲۲۴ روز پس از کاشت یعنی تا اواسط دوره پر شدن دانه ها تجمع ماده خشک افزایش یافت، سپس ثابت و اندکی کاهش یافت (شکل ۳). این عکس العمل احتمالاً مربوط به سایه اندازی برگ های بالایی بر برگ های پایینی به ویژه در اواخر دوره رشد می باشد. دریسر و همکاران (۵) خاطر نشان کردند که افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع گیاه می گردد. از طرفی افزایش شاخص سطح برگ تا حد مطلوب موجب افزایش کارایی فتوسنتزی و رشد اندام های رویشی و زایشی شده که متعاقب آن افزایش ماده خشک کل را منجر می گردد که این عکس العمل با نتایج مطالعه حاضر تطابق دارد.



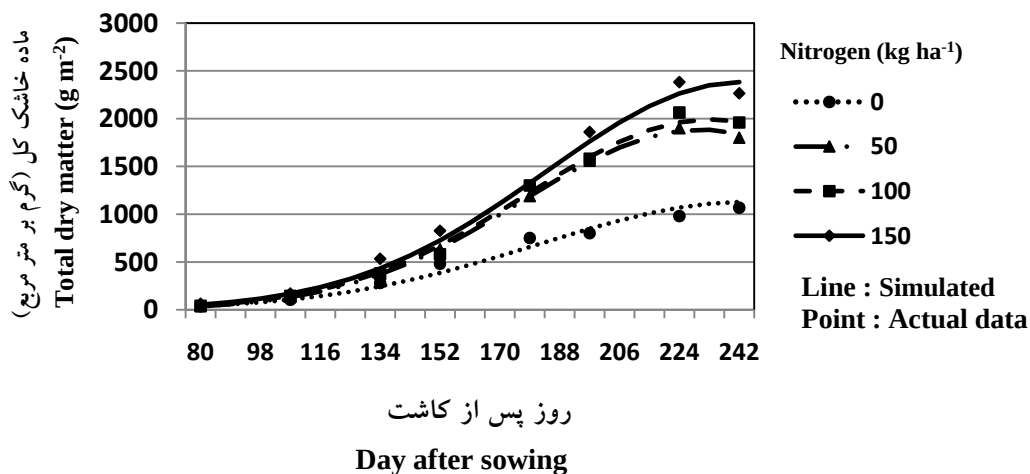
شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن
Figure 1- The trend of leaf area index changes (LAI) under different levels of nitrogen



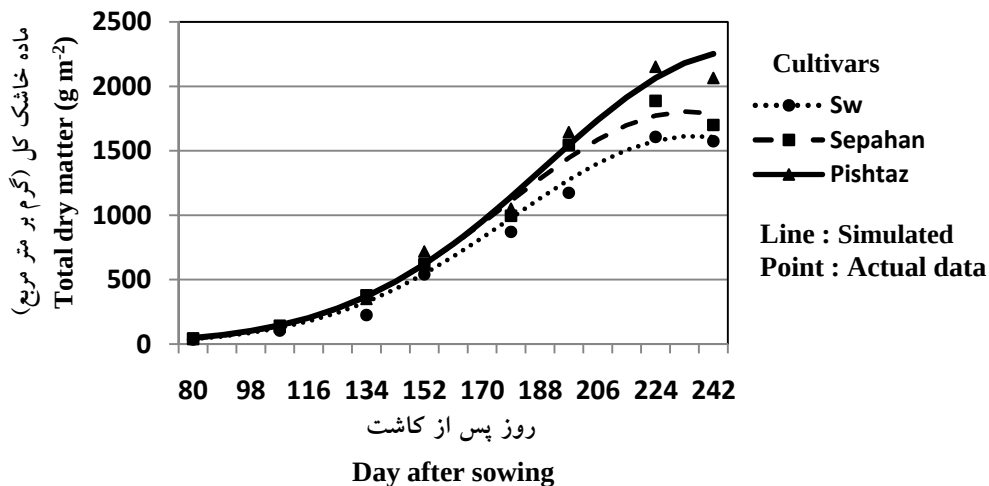
شکل ۲- روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) تحت تأثیر ارقام مختلف گندم
Figure 2- The trend of changes in the leaf area index (LAI) affected by different wheat cultivars

رقم پیشتاز افزایش بیشتری در تجمع ماده خشک نشان داد. سپس میزان ماده خشک کل اندکی کاهش یافت که میزان این کاهش در لاین SW بیش از سایر ارقام بود و در نهایت در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی این رقم ماده خشک کل کمتری نسبت به سایر ارقام داشت (شکل ۴). به نظر می‌رسد رقم پیشتاز توانسته با افزایش رشد رویشی میزان ماده خشک کل را نسبت به سایر ارقام افزایش دهد. نتایج حاصل از مطالعات متعددی (۵، ۲۲ و ۲۳) نیز حاکی از آن است که ارقامی که شاخص سطح برگ بیشتری برخوردار باشند و سرعت توسعه پوشش گیاهی آنان بیشتر باشد ماده خشک کل بیشتری را نیز تولید می‌کنند.

اختلاف بین ارقام از نظر ماده خشک کل در مرحله گرده‌افشانی معنی‌دار نبود ولی با این وجود بیشترین ماده خشک کل توسط رقم پیشتاز حاصل شد که از شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به سایر ارقام برخوردار بود (جدول ۲). روند تغییرات ماده خشک کل در طول فصل رشد گندم در ارقام مختلف حاکی از آن است که با افزایش رشد رویشی میزان ماده خشک کل افزایش می‌یابد. تا حدود ۱۵۲ روز پس از کاشت اختلاف قابل توجهی بین ارقام مختلفی وجود نداشت پس از آن با رسیدن به مرحله گرده‌افشانی اختلاف بین ارقام به صورت بارزی نمایان شد. پس از آن نیز میزان ماده خشک کل تا اواسط مرحله پر شدن دانه‌ها افزایش یافت و به بیشترین میزان خود رسید به طوری که



شکل ۳- روند تغییرات وزن خشک کل (TDM) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن
Figure 3- The trend of total dry matter (TDM) under different levels of nitrogen



شکل ۴- روند تغییرات وزن خشک کل (TDM) تحت تأثیر ارقام مختلف گندم
Figure 4- The trend of total dry weight (TDM) under the influence of different wheat cultivars

فتوستترکننده در طول زمان کاهش می‌یابد. زیرا با افزایش سطح برگ و در نتیجه سایه‌اندازی بیشتر، برگ‌هایی که در قسمت‌های بالاتر پوشش گیاهی قرار گرفته و نور خورشید به‌طور مستقیم به آنها برخورد می‌کند، در مقایسه با برگ‌هایی که در قسمت‌های زیرین پوشش گیاهی قرار گرفته و نور کمتری به دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالاتر به آنها برخورد می‌کند، کارایی بیشتری خواهند داشت. بنابراین باید انتظار داشت که سرعت اسمیلاسیون خالص با افزایش سایه‌اندازی و پیری برگ‌ها کاهش یابد و در انتهای دوره رشد به سبب زرد شدن برگ‌ها سرعت اسمیلاسیون خالص منفی می‌شود. روند تغییرات سرعت اسمیلاسیون خالص در طی فصل رشد در ارقام مختلف گندم حاکی از آن است که تمامی رقم‌ها تا حدود ۱۷۵ روز پس از کاشت

سرعت اسمیلاسیون خالص

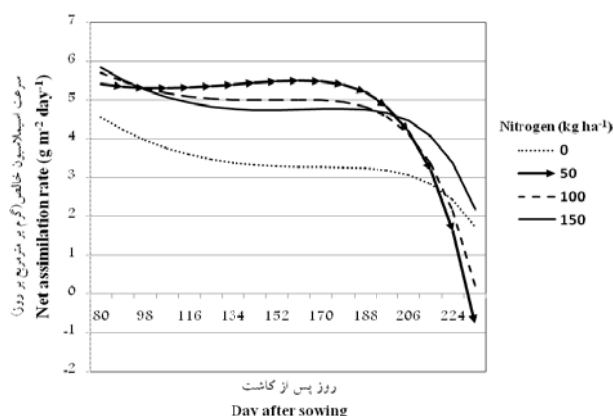
روند تغییرات سرعت اسمیلاسیون خالص در طی فصل رشد در تیمارهای مختلف کودی حاکی از آن است که تا حدود ۱۰۷ روز پس از کاشت اختلاف تیمارهای ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ناچیز است. پس از آن میزان سرعت اسمیلاسیون خالص افزایش یافته و تا قبل از مرحله ۵۰ درصد سنبله‌دهی به حداکثر میزان خود می‌رسد. سپس با نزدیک شدن به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک و افزایش کسر تنفسی ناشی از ریزش برگ‌ها و فتوستتر رو به کاهش گذاشت به‌طوری‌که در حدود ۲۰۶ روز پس از کاشت، سرعت اسمیلاسیون خالص رو به منفی شدن رفت و در زمان برداشت به کمترین میزان خود رسید (شکل ۵). تولید ماده خشک نسبت به سطح

کاشت، اختلاف چشمگیری بین تیمارهای مختلف مشاهده نشد اما پس از آن تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، با اختلاف قابل ملاحظه‌ای، سرعت رشد محصول بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت. در حدود مرحله گرده افشانی میزان سرعت رشد محصول به حداکثر میزان خود رسید و سپس تا پایان دوره رشد کاهش یافت به طوری که در اواخر دوره رشد محصول به دلیل ریزش برگ‌ها و کاهش میزان فتوسنتز، میزان سرعت رشد محصول منفی شد. تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارهای کودی کمترین سرعت رشد محصول را داشت (شکل ۷). نتایج حاکی از آن است که روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای کودی با شاخص سطح برگ (شکل ۱) و تجمع ماده خشک (شکل ۳) هماهنگ است. کاتروپاس و همکاران (۱۶) نیز بیان داشت که مصرف نیتروژن موجب افزایش شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول شده که در نتیجه منجر به افزایش ماده خشک کل می‌گردد.

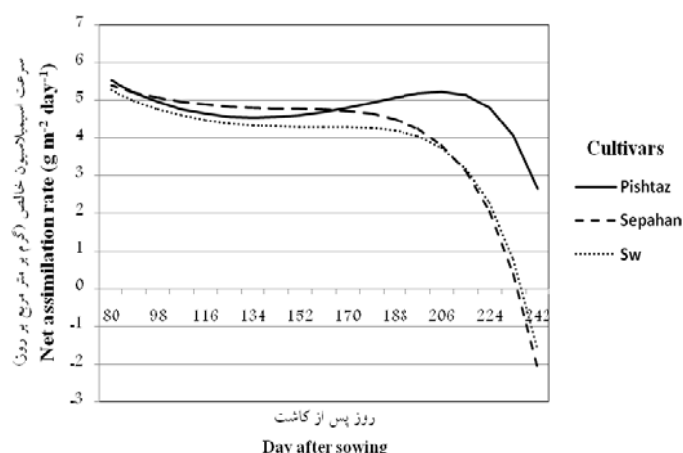
روند کاملاً مشابهی را طی کردند، ولی پس از آن رقم پیشتاز با تفاوت چشمگیری از سایر ارقام، سرعت اسیمیلسیون خالص آن کاهش کمتری را نشان داد (شکل ۶). سلیمانی و همکاران (۲۲) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند و بیان داشتند در ابتدای دوره رشد که شاخص سطح برگ کم می‌باشد، کارایی تولید مواد فتوسنتزی هر برگ بیشتر می‌باشد و سرعت اسیمیلسیون خالص بالایی مشاهده می‌شود در صورتی که در زمان به حداکثر رسیدن شاخص سطح برگ، سایه‌اندازی برگ‌های بالا بر برگ‌های پایین کارایی تولید مواد فتوسنتزی هر برگ را کاهش داده و در نتیجه سرعت اسیمیلسیون خالص کاهش می‌یابد.

سرعت رشد محصول

روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد، در تیمارهای مختلف کودی حاکی از آن است که تا حدود ۸۵ روز پس از



شکل ۵- روند تغییرات نرخ فتوسنتز خالص (NAR) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن
Figure 5- The trend of net photosynthesis rate (NAR) under different levels of nitrogen

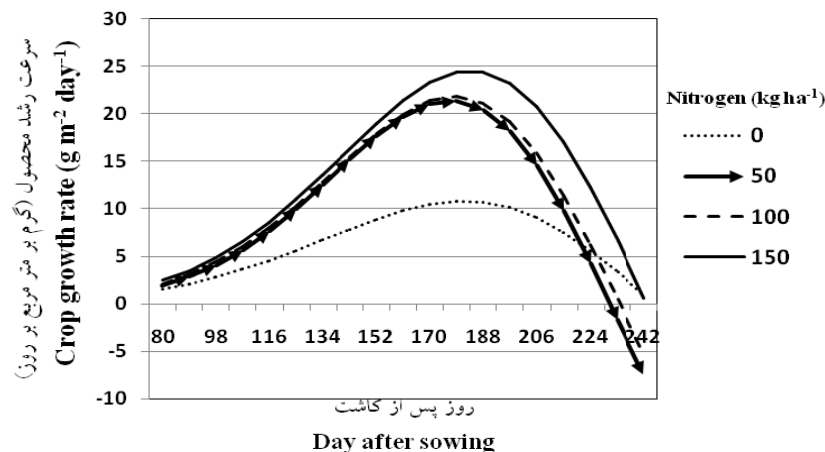


شکل ۶- روند تغییرات نرخ فتوسنتز خالص (NAR) تحت تأثیر ارقام مختلف گندم
Figure 6- The trend of changes in the net assimilation rate (NAR) under the influence of different wheat cultivars

درصد جذب نور و ضریب استهلاک نور (K)

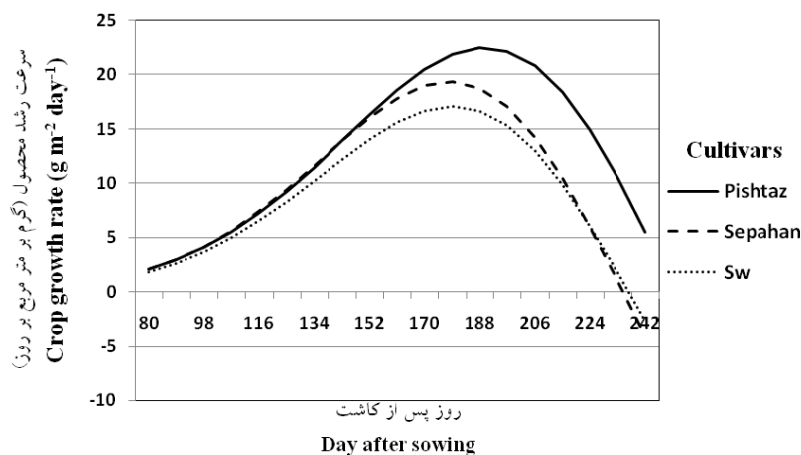
بیشترین درصد جذب نور توسط تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار حاصل شد که اختلاف آن صرفاً با تیمار ۱۰۰ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار معنی دار نبود و با سایر تیمارها اختلاف معنی داری داشت (جدول ۲). نتایج حاکی از آن است با افزایش مصرف کود نیتروژن از ۵۰ به ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار درصد جذب نور به طور معنی داری افزایش می یابد علت این عکس العمل افزایش میزان شاخص سطح برگ در اثر افزایش مصرف کود نیتروژن است به طوری که هماهنگی کاملی مشاهده می شود (جدول ۲). فلنت و همکاران (۶) نیز نشان دادند که عواملی که موجب افزایش شاخص سطح برگ می شوند در افزایش جذب نور نیز مؤثرند. آنان نیز بیان داشتند که ضریب استهلاک نور نیز از میزان شاخص سطح برگ تأثیر می پذیرد.

روند تغییرات سرعت رشد محصول در طی فصل رشد حاکی از آن است که روند رشد محصول کلیه ارقام تا ۱۰۷ روز پس از سبز شدن به دلیل کامل نبودن کانونپی گیاهی و درصد جذب نور کم خورشید بطئی بوده و سپس شروع به افزایش نمود و در حدود ۱۸۰ روز پس از سبز شدن به دلیل افزایش سطح برگ و جذب نور بیشتر به حداکثر مقدار خود رسید پس از آن به دلیل توقف رشد رویشی و پیری برگ ها رو به کاهش گذاشت و سپس به دلیل ریزش برگ ها رو به منفی شدن گذاشت (شکل ۸). همچنین شکل ۸ نشان داد که بیشترین سرعت رشد محصول توسط رقم پیشتاز حاصل شد و کمترین سرعت رشد محصول توسط لاین SW حاصل شد. به نظر می رسد که رقم پیشتاز با داشتن طول دوره رشد بیشتر و به دلیل ویژگی های ژنتیکی از سرعت رشد محصول بالاتری نسبت به ارقام دیگر برخوردار می باشد.



شکل ۷- روند تغییرات سرعت رشد گیاه (CGR) تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن

Figure 7- The trend growth rate changes (CGR) under different levels of nitrogen



شکل ۸- روند تغییرات سرعت رشد گیاه (CGR) تحت تأثیر ارقام مختلف گندم

Figure 8- The trend growth rate changes (CGR) under the influence of different wheat cultivars

درصد جذب نور، بیشترین ضریب استهلاک نور با کمترین شاخص سطح برگ بحرانی را حاصل کرد که نتیجه آن سرعت رشد محصول بالاتر این رقم در مقایسه با سایر ارقام بود. اکمل و جانسنز (۱) نیز بیان داشتند که با افزایش میزان کود نیتروژن شاخص سطح برگ و ضریب استهلاک نور افزایش می‌یابد ولی افزایش سرعت رشد محصول به نحوه استهلاک نور توسط برگ‌های گیاه بستگی دارد. لذا افزایش نیتروژن تا زمانی می‌تواند موجب افزایش سرعت رشد محصول شود که برگ‌هایی پایینی نور را دریافت کنند و در سایه برگ‌های پایینی قرار نگیرند. در این حالت این برگ‌ها سرعت اسیمیلسیون خالص مناسبی داشته و کارایی تولید در هر برگ کاهش نمی‌یابد.

گرین و همکاران (۹) نیز نشان دادند که ارقام گیاهی که توانایی بالایی در دریافت نیتروژن و افزایش شاخص سطح برگ دارند از ضریب استهلاک نور بیشتری برخوردار هستند و سرعت رشد محصول بالاتری را نیز تولید می‌کنند. نتایج حاصل از مطالعات متعددی (۴، ۹ و ۲۳) حاکی از آن است که سرعت رشد محصول در اثر افزایش شاخص سطح برگ تا حدی افزایش می‌یابد که میزان نوری که برای فتوسنتز به برگ‌های پایینی می‌رسد برای جبران تنفس کافی باشد. تانوسا و همکاران (۲۴) نیز ویژگی‌های ژنتیکی ارقام گندم در نحوه استفاده از نیتروژن در تولید شاخص سطح برگ بالاتر و توسعه سریع پوشش گیاهی برای جذب نور را عامل مهمی برای تولید حداکثر سرعت رشد محصول دانستند.

نتیجه‌گیری

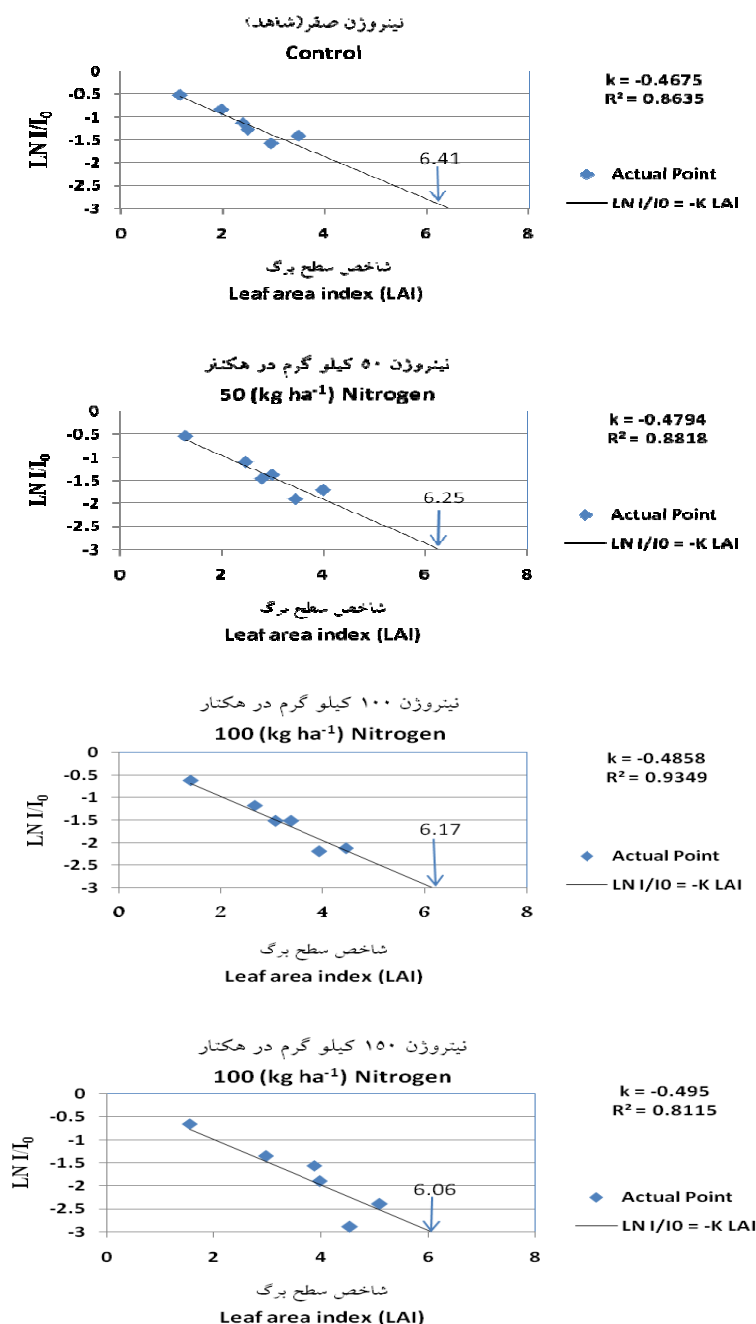
نتایج نشان داد که اثر کود نیتروژن بر ماده خشک کل، شاخص سطح برگ بیشینه، درصد جذب نور معنی‌دار بود و تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین شاخص سطح برگ و درصد جذب نور را تولید کرد که در نتیجه بیشترین سرعت رشد محصول را حاصل نمود و منجر به ایجاد بالاترین سرعت رشد محصول و در نهایت بالاترین عملکرد ماده خشک کل شد. اثر رقم بر درصد جذب نور و شاخص سطح برگ نیز معنی‌دار بود. رقم پیشتاز نیز با داشتن بیشترین شاخص سطح برگ و درصد جذب نور، بیشترین ضریب استهلاک نور را با کمترین شاخص سطح برگ بحرانی حاصل کرد که نتیجه آن سرعت رشد محصول بالاتر این رقم در مقایسه با سایر ارقام بود. نتایج حاکی از آن است که جهت دستیابی به حداکثر میزان سرعت رشد محصول و شاخص سطح برگ مناسب برای تولید بیشترین ماده خشک کل، تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و رقم پیشتاز تحت شرایط مشابه با مطالعه حاضر مناسب به نظر می‌رسد.

در مطالعه حاضر ارزیابی میزان ضریب استهلاک نور در طی فصل رشد نشان داد که در تیمار عدم مصرف نیتروژن ضریب استهلاک نور به میزان ۰/۴۶۷۵ به‌دست آمد و با افزایش مصرف نیتروژن به میزان ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن ضریب استهلاک نور به‌ترتیب به میزان ۰/۴۷۹۴، ۰/۴۸۵۸ و ۰/۴۹۵ حاصل شد (شکل ۹). نتایج حاکی از آن است که با افزایش مصرف نیتروژن ضریب استهلاک نور نیز افزایش یافته است این عکس‌العمل به دلیل آن است که با افزایش مصرف نیتروژن، شاخص سطح برگ افزایش داشته است، درصد جذب نور بالاتری را داشته و موجب افزایش ضریب استهلاک نور در طی فصل رشد شده است. نظر به اینکه $LNI/I_0 = -3$ نشان‌دهنده ۹۵ درصد جذب نور و ۵ درصد عبور نور به کف پوشش گیاهی می‌باشد لذا شاخص سطح برگ مقابل آن، شاخص سطح برگ بحرانی می‌باشد که میزان آن برای تیمارهای شاهد، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار برابر با ۶/۴۱۷۱، ۶/۲۵۷۸ و ۶/۱۷۵۳ و ۶/۰۶۰۶ بود (شکل ۹).

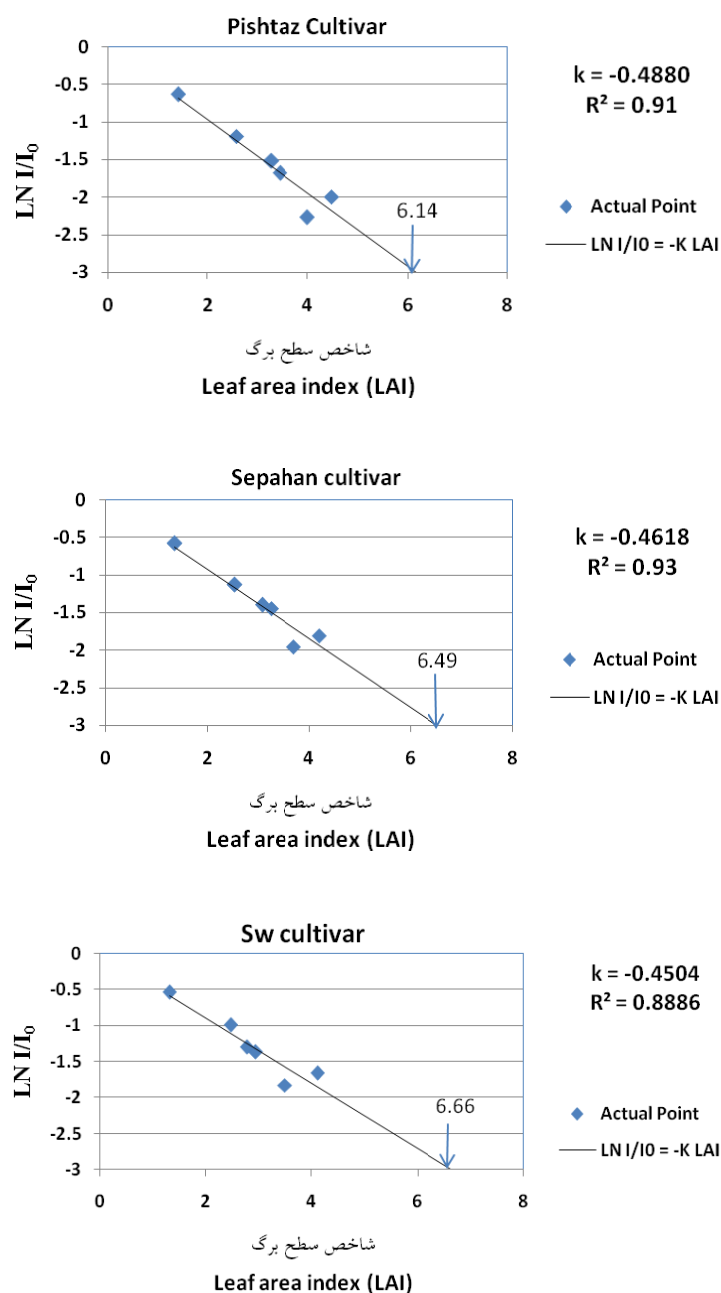
این عکس‌العمل نشان‌دهنده آن است که با افزایش مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار، میزان شاخص سطح برگ بحرانی کاهش می‌یابد و پس از آن با مصرف نیتروژن بیشتر به میزان ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سطح برگ بحرانی افزایش می‌یابد. نتایج حاصل از مطالعات متعددی (۱۵، ۱۹ و ۲۵) نیز حاکی از آن است که با افزایش میزان ضریب استهلاک نور، شاخص سطح برگ بحرانی کاهش می‌یابد.

بیشترین درصد جذب نور توسط رقم پیشتاز حاصل شد که اختلاف آن صرفاً با رقم سپاهان معنی‌دار نبود ولی با رقم SW اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۲). بالاتر بودن شاخص سطح برگ رقم پیشتاز نسبت به سایر ارقام موجب برتری آن در جذب نور بیشتر شده است. ضریب استهلاک نور محاسبه شده برای ارقام پیشتاز، سپاهان و SW به‌ترتیب ۰/۴۸۸۰، ۰/۴۶۱۸ و ۰/۴۵۴۰ به‌دست آمد (شکل ۱۰). بیشتر بودن ضریب استهلاک نور در رقم پیشتاز در مقایسه با سایر ارقام نیز با درصد جذب نور آن هماهنگی کاملی دارد (جدول ۲). شاخص سطح برگ بحرانی برای ارقام پیشتاز، سپاهان و SW به‌ترتیب ۶/۱۴، ۶/۴۹ و ۶/۶۶ به‌دست آمد (شکل ۱۰).

بررسی عکس‌العمل روند تغییرات شاخص‌های رشد مورد بررسی و ارتباط آن با میزان جذب نور و ضریب استهلاک نور در تیمارهای کودی و ارقام مختلف به‌کار رفته نشان می‌دهد که تیمار کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بیشترین شاخص سطح برگ و درصد جذب نور را دارا بود که سبب شد بیشترین ضریب استهلاک نور با کمترین شاخص سطح برگ بحرانی حاصل شود که نتیجه آن ایجاد بالاترین میزان سرعت رشد محصول در مقایسه با سایر تیمارهای کودی است. رقم پیشتاز نیز با داشتن بیشترین شاخص سطح برگ و



شکل ۹- رابطه میزان عبور نور از کانوپی ($LN(I/I_0)$) و شاخص سطح برگ (LAI) تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن
Figure 9- The relationship between the amount of light passing through the canopy ($LN I/I_0$) and leaf area index (LAI) affected by different levels of nitrogen fertilizer



شکل ۱۰- رابطه میزان عبور نور از کانوپی ($LN(I/I_0)$) و شاخص سطح برگ (LAI) تحت تأثیر ارقام مختلف گندم

Figure 10- The relationship between the amount of light passing through the canopy ($LN I/I_0$) and leaf area index (LAI) affected by different wheat cultivars

References

1. Akmal, M., and Janssens, M. 2004. Productivity and light use efficiency of perennial ryegrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crops Research* 88: 143-155.
2. Austin, R. B., Bingham, J., Blackwell, R. D., Evans, L. T., Ford, M. A., Morgan, C. L., and Taylor, M. 1992. Genetic improvements in winter wheat yields and associated physiological changes. *Journal of Agriculture Science Cambridge* 94: 673-689.
3. Board, J. 2000. Light interception efficiency and light quality affect yield compensation of soybean at low plant population. *Crop Science* 40: 1285-1294.

4. Bonhomme, R. 2000. Beware of comparing RUE values calculated from PAR vs. solar radiation or absorbed vs. intercepted radiation. *Field Crops Research* 68: 247-252.
5. Dreccer, M. F., Schapendonc, A. H. C. M., Salfer, G. A., and Rabbinge, R. 2000. Comparative response of wheat and oilseed rape to nitrogen supply: absorption and utilization efficiency of radiation and nitrogen during the reproductive stages determining yield. *Plant and Soil* 220: 189-205.
6. Flent, F., Kiniry, J. R., Board, J. E., Westgate, M. E., and Reicosky, D. C. 1996. Row spacing Effects on Light Extinction coefficients of corn, sorghum, soybean and sunflower. *Agronomy Journal* 88: 185-190.
7. Garofalo, P., and Rinaldi, M. 2015. Leaf gas exchange and radiation use efficiency of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in response to different deficit irrigation strategies: From solar radiation to plant growth analysis. *European Journal of Agronomy* 64: 88-97.
8. Gheybi, M. 1999. The need to optimize the fertilizer for increasing yield and improving the quality of maize. Technical Bulletin No. 44. Promotion of agricultural research institute of soil and water. Tehran, Iran. (In Persian).
9. Green, D. S., Erickson, J. E., and Kruger, E. L. 2003. Foliar morphology and canopy nitrogen as predictors of light-use efficiency in terrestrial vegetation. *Agricultural Forest Meteorology* 115: 163-171.
10. Imam, Y. 2004. Cereal crops. Shiraz University Press. (in Persian).
11. Imam, Y., and Niknezhad, V. 2004. Introduction on and plant and crop physiology (Translation). Danshah Shiraz Press. (in Persian),
12. Kazemi, A. 1999. Private agriculture. 1st Edition. Tehran: Center of Tehran University Press. (in Persian).
13. Khodabande, N. 2005. Cultivation of crops. Tehran: Tehran University Press. (in Persian).
14. Khoshgoftar Manesh, H. 2007. Evaluation of plant nutrition and fertilizer management. Jihad Daneshgahi, Industrial University of Isfahan. (in Persian).
15. Kiniry, J. R., Landivar, J. A., Witt, M., Gerik, T. J., Cavero, J., and Wade, L. J. 1998. Radiation use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crops Research* 56: 265-270.
16. Koutroubas, S. D., Papkosta, D. K., and Doitsinis, A. 2008. Nitrogen utilization efficiency of safflower hybrids and open-pollinated varieties under Mediterranean conditions, *Field Crops Research* 107: 56-61.
17. Major, D. J., and Otegu, B. W. 1996. Leaf area light interception and development in maize radiation use efficiency. *Agronomy Journal* 83: 895-903.
18. Malakouti, M. J., and Homaei, M. 2004. Arid and semi-arid soil fertility. 2nd edition, Tehran Tarbiat Modarres University Press. (in Persian).
19. McCullough, D. E., Girardin, O., Mihajlovic, M., Agui Fra, A., and Tollenaar, M. 1994. Influence of N supply on development and dry matter accumulation of an old and new maize hybrid. *Canadian Journal Plant Science* 74: 471-477.
20. O'Connell, M. G., O'Leary, G. J., Whitfield, D. M., and Connor, D. J. 2004. Interception of photosynthetic ally active radiation and radiation-use efficiency of wheat, field pea and mustard in a semi-arid environment. *Field Crops Research* 85: 111-124.
21. Siddique, K. H. M., Tennant, D., Perry, M. W., and Belford, R. K. 1990. Water use and water use efficiency of old and modern wheat cultivars in a Mediterranean-type environment. *Australian Journal of Agricultural Research* 41: 431-447.
22. Soleymani, A., Khajepour, M. R., Noormohamadi, G. H., and Sadeghyian, Y. 2003. Effect of planting date and pattern on some physiological growth indices of sugar beet. *Journal of Agricultural Science* 9 (1): 105-123. (in Persian with English abstract).
23. Thomas, S. M., and Thorne, J. N., 1975. Effect of nitrogen fertilizer on photosynthesis and ribulose 1, 5-diphosphate carboxylase activity in spring wheat in the field. *Journal of Exp. Botany* 26: 43-51.
24. Tunusa, I. A. M., Siddique, K. H. M., Belford R. K., and Karimi, M. 1993. Effect of canopy structure on efficiency of radiation interception and use in spring wheat cultivars during the pre-anthesis period in a Mediterranean-type environment. *Field Crops Research* 35: 113-122.
25. Werker, A. R., and Jaggard, K. W. 1998. Dependence of sugar beet yield on light interception and evapotranspiration. *Agricultural and Forest Meteorology* 89: 229-240.



Effect of Nitrogen Fertilizer on Light Interception and Light Extinction Coefficient in Different Wheat Cultivars

F. Samadiyan¹ - A. Soleymani^{2*}

Received: 12-03-2014

Accepted: 19-01-2016

Introduction

Wheat (*Triticum aestivum*) is a cereal grain, originated from the levant region of the near east and Ethiopian highlands, currently cultivated worldwide. Light extinction coefficient K is a coefficient that represents the amount of light reduced by the plant. Light or radiation extinction coefficient is a concept that expresses the light penetration decrease into the canopy in the way the upper leaves of the canopy with less angles have lower amount of K in comparison with the horizontal leaves. Green *et al.*, (2003) stated that nitrogen fertilizer increased light absorption by plant leaves; and affects the yield. The distribution patterns of nitrogen allocation in leaves are more exposed therefore photosynthesis rate per unit leaf area and canopy were optimized. Differences in canopy structure by the light extinction coefficient (k) of the Act Lambert - Beer is described, along LAI differing due to different species and genotypes which are important factors in absorption and light use efficiency. This experiment was performed to evaluate the maximum light absorption and light extinction coefficient in different levels of nitrogen usage and wheat cultivars.

Materials and Methods

An experiment was conducted during 2011-2012 on a research farm of Islamic Azad University, Isfahan Branch, located in Khatoon Abad Village (northern latitude of 32° and $40'$ and eastern longitude of 51° and $48'$ with altitude of 1555 m above sea level). A split plot layout within randomized complete block design was used with three replications. Main plots were consisted in four levels of N fertilizer (0, 50, 100 and 150 kg ha^{-1}) from an urea source in main plots and different cultivars of wheat included Pishtaz, Sepahan and SW-486 in sub plots. Planting was performed on 14 November 2011 and at a density of 400 plants per square meter. In order to strengthen the land and required elements for plant regarding soil test and treatments based on the test plan, the amount of a third off chemical fertilizer of urea, 46 % Nitrogen was given to the plant and two third by the end of clawing the plot. In the period of growing in order to control brushes 2, 4, D herbicide and Fenitrothion insecticidal was used for countering the louse pest and other insects. In the laboratory, leaf area was measured using scanner and 4.Image 0.2 software program. To determine changes of growth indices, regression relations were used. Total dry matter, leaf area index, net assimilation rate, crop growth rate, light interception extinction were measured.

Results and Discussion

The results showed that the effects of N fertilization were significant on the maximum leaf area index, total dry matter and light interception percent were related to Pishtaz cultivar and 150 kg N ha^{-1} fertilizer treatment significantly resulted Maximum light interception percent, net assimilation rate, with other treatments. Effects of cultivar were significant on maximum light absorption. The Maximum absorption of light, crop growth rate, total dry matter was related to Pishtaz. The interaction between nitrogen and the harvest index was significant at the five percent level. The evidence showed that higher light interception in plants, is associated with the higher performance of plant. The increase of light interception promote the biological and economic performance.

Conclusions

The results showed that application of 150 kg nitrogen per hectare, with the highest level of leaf area index and higher light absorption caused higher extinction coefficient of light in the canopy. Nitrogen fertilizer consumption increased light absorption by leaves, therefore the light extinction coefficient consuming more nitrogen in the plant community. The Maximum absorption of light, crop growth rate, total dry matter was

1, 2- Ms.c, Associate Prof., Department of Agronomy and Plant Breeding, Isfahan (Khorasgan) Branch, Islamic Azad University, Isfahan, Iran, respectively

(*-Corresponding Author Email: a_soleymani@khuif.ac.ir)

related to pishtaz. Scale of light extinction coefficient for fertilizer treatment control, 50, 100, 150 kg ha⁻¹, was 0.4675, 0.4794, 0.4858 and 0.495, respectively and for Pishtaz, Sepahan and SW-486 cultivars 0.488, -0.4618 and -0.4504, respectively. The results indicated that the application of 150 kg nitrogen per hectare, provides the highest level of morphological characteristics of the plant for producing the highest level of dry matter. Nitrogen fertilizer increased with increasing total plant dry matter. Treatment of 150 kg N per hectare, with the highest plant height, leaf area index and light absorption led to the highest growth rate and resulted in the highest biological and grain yield. The results indicated that 150 kg nitrogen fertilizer treatment for Pishtaz under similar climatic conditions with the present study produces maximum amount of growth indicators.

Keywords: Crop growth rate, Leaf area index, Net assimilation rate



اثر محلول پاشی با غلظت‌های سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و عملکرد مرزه (*Satureja hortensis* L.)

عزیزه فرجی مهمانی^۱ - بهروز اسماعیل پور^{۲*} - فاطمه سفیدکن^۳ - سرور خرم دل^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۰۱

چکیده

این آزمایش با هدف بررسی عکس‌العمل خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه نسبت به محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. تیمارها شامل سه غلظت ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید و چهار غلظت ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و شاهد بود. محلول پاشی برگ‌ها در سه مرحله ابتدای ساقه‌دهی، آغاز گل و گلدهی انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل ارتفاع بوته و قطر تاج پوشش گیاهی، تعداد ساقه جانبی در بوته، وزن خشک اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار در گیاه، تعداد برگ در گیاه، وزن و عملکرد برگ، سطح برگ، تعداد گل‌آذین، وزن خشک و عملکرد گل‌آذین، درصد وزنی و بازده اسانس و غلظت کلروفیل a، b و کل بودند. نتایج نشان داد که اثر محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر شاخص‌های رشد و عملکرد اسانس معنی‌دار بود. بیشترین وزن خشک اندام‌های هوایی (۴۵/۶۳ گرم در گیاه)، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ۳۲/۶۳ گرم در گیاه در محلول پاشی با سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید بود. بیشترین (۷۶/۷۶ کیلوگرم بر هکتار) و کمترین (۲۹/۶ کیلوگرم در هکتار) عملکرد اسانس به ترتیب با محلول پاشی با ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین و شاهد حاصل گردید. بیشترین درصد وزنی اسانس (۲/۱۶ درصد) برای محلول پاشی با غلظت یک میلی‌مولار سالیسیلیک اسید حاصل گردید. به‌طور کلی، نتایج این آزمایش نشان داد برای دستیابی به بیشترین عملکرد اندام‌های هوایی و عملکرد اسانس به ترتیب می‌توان از محلول پاشی غلظت سه میلی‌مولار سالیسیلیک اسید و غلظت ۱۵۰ میلی‌گرم بر لیتر پوتریسین استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: اسانس، تنظیم‌کننده رشد، گیاه دارویی، محصول طبیعی

مقدمه

۶۰ سانتی‌متر می‌رسد و ساقه‌ها و شاخه‌ها معمولاً پوشیده از کرک می‌باشند. برگ‌ها متقابل، دارای دم‌برگ‌های کوتاه یا تقریباً بدون دم‌برگ می‌باشند، در سطح برگ لکه‌های کوچک فراوانی به نام غده وجود دارد که حاوی اسانس است. گل‌آذین‌ها گریزن بوده و به‌صورت چرخه‌های جدا از یکدیگر با ۱۷-۲ گل در محور برگ‌های بالایی ظاهر می‌شوند، گل‌ها نر و ماده بوده و به رنگ‌های سفید تا ارغوانی دیده می‌شوند (۳۷).

به منظور بهبود رشد کمی و کیفی گیاهان دارویی، امروز از انواع تنظیم‌کننده‌های گیاهی استفاده می‌شود. یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد مورد استفاده بدین منظور سالیسیلیک اسید می‌باشد که دامنه‌ای از فرآیندهای متنوع نظیر جوانه‌زنی بذر (۸ و ۱۶)، باز شدن روزنه (۶ و ۱۸)، جذب یون و انتقال آن (۳۳)، نفوذپذیری غشاء (۷) و سرعت رشد (۱۷ و ۱۸) را تحت تأثیر قرار می‌دهد. اسید سالیسیلیک به‌عنوان یکی از تنظیم‌کننده‌های رشدی محسوب می‌شود که بسته به غلظت، نوع

عوارض جانبی داروهای شیمیایی و تمایل به استفاده بیشتر از محصولات طبیعی به منظور حفظ سلامت و همچنین بروز مشکلات داروهای صنعتی، باعث افزایش توجه به تولید گیاهان دارویی شده است (۵ و ۲۴). مرزه (*Satureja hortensis* L.) گیاهی یک‌ساله یا چندساله علفی و معطر از خانواده Lamiaceae بوده که دارای ساقه‌های متعدد افراشته یا خیزان و کمانی با ارتفاع ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر، به رنگ تیره‌تر از برگ‌ها می‌باشد. ارتفاع این گیاه حداکثر تا

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد باغبانی، دانشگاه محقق اردبیلی

۲- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

۳- استاد مؤسسه تحقیقات مراتع و جنگل‌ها

۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی

مشهد

(Email: behsmaiel@yahoo.com)

(*)- نویسنده مسئول

نشاء گیاه پروانش (*Vinca minor* L.) موجب بهبود رشد در مراحل نمو گردید (۳۴). نتایج مطالعه‌ای روی تأثیر پوتریسین و ترانس سینامیک اسید به صورت محلول پاشی بر گیاه بر ریحان (*Ocimum Basilicum* L.) نشان داد که اعمال این دو ماده سبب افزایش خصوصیات رشدی گیاه نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی و درصد اسانس شد (۳۳). نتایج مشابهی در رابطه با محتوای کربوهیدرات‌ها، آهن و روی، قندهای محلول، نیتروژن و فسفر و پتاسیم قابل دسترس نیز مشاهده شد. محلول پاشی با پوتریسین سبب ایجاد تغییر در رشد، اجزای ترکیبات شیمیایی مانند اسانس و عصاره گیاه ریحان نیز شد (۳۳). محلول پاشی بر گیاه پوتریسین باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته، تعداد برگ، وزن تر برگ، وزن تر و خشک، سطح برگ، طول غده، قطر و وزن غده پیاز شده و همچنین عملکرد کمی و کیفی آن را از نظر تمام قندهای محلول، ترکیبات گوگرد، محتوای فنل‌های محلول، اسید آمینه‌های آزاد و کل محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی افزایش داد (۴). نقش تنظیم‌کنندگی محلول پاشی با پوتریسین بر بهبود تولید برخی دیگر از گیاهان نیز مانند فلفل شیرین (*Capsicum annum* L.) (۳۴)، گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) (۷)، نخود فرنگی (*Pisum sativum* L.) (۱۲) و بادنجان (*Solanum melongena* L.) (۱۰) به تأیید رسیده است.

به طور کلی، به دلیل اهمیت پتانسیل تولید کشت و کار گیاهان دارویی و بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه مرزه به عنوان یکی از گونه‌های ارزشمند، این آزمایش با هدف بررسی عکس‌العمل خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، اسانس و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه نسبت به غلظت‌های مختلف محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، ایستگاه تحقیقات البرز کرج در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. غلظت‌های محلول پاشی بر گیاه با سالیسیلیک اسید در سه سطح شامل ۱، ۲ و ۳ میلی‌مولار بر لیتر و پوتریسین در چهار سطح شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ میلی‌گرم بر لیتر و شاهد بود. قبل از شروع آزمایش خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول‌های ۱ و ۲ نشان داده شده است.

بذر مرزه یک‌ساله از پژوهشکده گیاهان دارویی دانشگاه شهید بهشتی تهیه شد. کرت‌ها با ابعاد ۱/۵ در ۱/۵ متر با فاصله یک متر از یکدیگر تهیه و بذرها به روش جوی و پشته داخل کرت‌ها به صورت سطحی به صورت دستی در اواخر خرداد ماه کاشته شدند. فاصله ردیف

گونه گیاهی، مرحله رشدی و شرایط محیطی، نقش مهمی را در تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی گیاهان مثل رشد، جذب یون، فتوسنتز و جوانه‌زنی ایفاء می‌کند. این ماده همچنین به عنوان یک سیگنال مولکولی مهم در نوسانات گیاهی در پاسخ به تنش‌های محیطی شناخته شده است (۲۶). یزدان پناه و همکاران (۳۷) دریافتند که کاربرد سالیسیلیک اسید و اسید آسکوربیک با افزایش تحمل مرزه نسبت به تنش خشکی، اثر کمبود آب را خنثی نمود و برخی از پارامترهای رشدی را افزایش داد. سینگ و همکاران (۲۹) نیز دریافتند که کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت ۵۰ میکرومولار سبب افزایش شاخص‌های رشد گیاه خیار شد. نتایج نشان داد که در شرایط کم آبی و شرایط طبیعی بذور لوبیا چشم بلبلی پیش تیمار شده با سالیسیلیک اسید در غلظت ۲۷۰۰ میکرومولار در مقایسه با سایر تیمارها وضعیت مطلوبی از نظر صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک داشتند (۲۸). مداح و همکاران (۲۰) دریافتند که محلول پاشی سالیسیلیک اسید در مقایسه با روش آبیاری روی گیاه نخود (*Cicer aurantium* L.)، تأثیر بیشتری بر فاکتورهای کیفی گیاه داشت. نتایج مطالعه آنها همچنین نشان داد که محلول پاشی با غلظت ۰/۷ میلی‌مولار سالیسیلیک اسید میزان پروتئین محلول کل و عملکرد بوته را به طور معنی‌داری افزایش داد.

پلی‌آمین‌ها یک گروه جدید از تنظیم‌کننده‌های رشد طبیعی گیاهی هستند که امروزه به عنوان هورمون‌های گیاهی شناخته شده‌اند و در بسیاری از فرآیندهای رشد و نمو نیز نقش دارند. عمومی‌ترین پلی‌آمین‌ها در گیاهان، پوتریسین دی‌آمین (Put)^۱، اسپرمایدین تری‌آمین (Spd)^۲ و اسپرمایدین تتراآمین (Spm)^۳ هستند که در تنظیم فرآیندهای رشد گیاهان دخالت می‌کنند (۲۵). در واقع پلی‌آمین‌ها، مولکول‌هایی با وزن مولکولی کم می‌باشند که در طیف وسیعی از فرآیندهای فیزیولوژیکی مانند جنین‌زایی، تقسیم سلولی، توسعه و گسترش برگ‌ها و مقاومت نسبت به تنش‌های محیطی دخالت دارند (۱۹ و ۲۲). کاربرد پلی‌آمین‌ها از طریق جلوگیری از تولید رادیکال‌های آزاد به عنوان ترکیبات ضدپیری نیز مفید می‌باشد (۳۳ و ۳۶). داتا و همکاران (۹) اظهار داشتند که پوتریسین (Put)^۴ یکی از پلی‌آمین‌های بسیار رایج است که در تمام سلول‌های گیاهی و در اسیدیت‌های مختلف (۵/۰-۶/۰) به عنوان کاتیون یافت می‌شود. محجوب و همکاران (۲۱) با بررسی اثر محلول پاشی پوتریسین و تیمار روی گیاه دارویی بابونه (*Matricaria chamomilla* L.) مشاهده کردند که بهترین تأثیر بر صفات فیزیولوژیک و عملکرد گیاه با محلول پاشی ۱۵۰ ppm پوتریسین به دست آمد. کاربرد خارجی پوتریسین بر روی

- 1- Diamine Putrescine
- 2- Triamine Spermidine
- 3- Triamine Spermine
- 4- Putrescine

نتایج و بحث

نتایج آنالیز واریانس و مقایسه میانگین اثر محلول پاشی با غلظت های مختلف سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه به ترتیب در جدول های ۳ و ۴ نشان داده شده است. اثر محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش، قطر ساقه، وزن خشک اندام های هوایی، وزن خشک سرشاخه های گلدار، وزن خشک برگ، وزن خشک گل آذین، عملکرد اندام های هوایی، سرشاخه های گلدار، برگ و گل آذین، تعداد برگ و گل آذین، غلظت کلروفیل کل، a و b و درصد وزنی و بازده اسانس گیاه مرزه در سطح احتمال یک درصد ($p \leq 0.01$) و بر روی تعداد ساقه جانبی مرزه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار ($p \leq 0.05$) بود (جدول ۳).

بیشترین ارتفاع بوته با ۷/۴۵ سانتی متر برای محلول پاشی با ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین به دست آمد که فقط با شاهد و یک میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری داشت. کمترین ارتفاع با ۷/۳۹ سانتی متر نیز مربوط به شاهد بود که با کلیه سطوح محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین اختلاف معنی داری داشت (جدول ۴). به نظر می رسد که محلول پاشی با پوتریسین از طریق تولید آنزیم های بیوسنتز کننده باعث بهبود رشد رویشی شده که این امر از طریق افزایش طول میانگره ها در نتیجه باعث افزایش ارتفاع بوته شده است. عبدالعزیز و همکاران (۲) دریافتند که غلظت های مختلف تنظیم کننده های رشد نظیر تیمارین موجب افزایش رشد رویشی رزماری (*Rosmarinus officinalis* L.) شد. محبوب و همکاران (۲۱) اظهار داشتند که کاربرد غلظت های مختلف پوتریسین به طور معنی داری ارتفاع کوکب (*Dahlia pinnata* L.) را تحت تأثیر قرار داد و آن را بهبود بخشید. نتایج مطالعه یوسف و همکاران (۳۸) نشان داد که کاربرد پوتریسین به طور معنی داری ارتفاع گیاه شب بو (*Matthiola incana* L.) را افزایش داد.

بیشترین میزان قطر تاج پوشش گیاهی با ۳۹/۴۷ سانتی متر مربوط به غلظت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین بود که با تیمارهای ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین، یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی داری داشت. کمترین میزان این صفت با ۹/۳۳ سانتی متر مربوط به شاهد بود که با محلول پاشی با غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین و یک میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۴). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تیمارها (جدول ۴) بیشترین قطر ساقه با ۹ سانتی متر مربوط به تیمار سه میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با تیمار دو میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری نداشت و کمترین میزان این صفت با ۷ سانتی متر مربوط به شاهد بود که با تمامی سطوح تیماری اختلاف معنی داری داشت.

۵۰ سانتی متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری های بعدی با توجه به شرایط آب و هوایی به صورت سه روز در میان تا زمان برداشت انجام شد. عملیات تنک در مرحله ۴-۶ برگی انجام شد. هفت روز پس از کاشت جوانه زنی مشاهده شد. دوازده روز پس از جوانه زنی گیاهان وارد مرحله چهار برگی شدند، ۲۱ روز پس از جوانه زنی اولین مرحله محلول پاشی همزمان با شروع ساقه دهی صورت گرفت، مراحل بعدی محلول پاشی با فاصله ۱۴ و ۲۱ روز بعد به ترتیب در ابتدای مرحله های غنچه دهی و شروع گلدهی انجام شد. عملیات دستی وجین بنا به ضرورت در طول فصل رشد صورت گرفت.

در مرحله شروع گلدهی صفات مورفولوژیک از قبیل ارتفاع گیاه و قطر تاج پوشش و ساقه اندازه گیری شد. در مرحله گلدهی کامل، گیاهان برای اندازه گیری سایر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و محتوی و خصوصیات اسانس شامل وزن خشک اندام های هوایی و سرشاخه های گلدار، تعداد، وزن، عملکرد و سطح برگ، تعداد، وزن خشک و عملکرد گل آذین و درصد وزنی و بازده اسانس برداشت شدند. پس از اندازه گیری صفات مورد نظر، بوته ها به مدت دو هفته در سایه خشک شدند. پس از آسیاب کردن برگ، عمل اسانس گیری با دستگاه کلونجر به روش تقطیر با بخار به مدت سه ساعت انجام و درصد اسانس تعیین و عملکرد اسانس براساس معادله (۱) محاسبه شد:

$$(1) \text{عملکرد اسانس} = \text{عملکرد دانه} \times \text{محتوی اسانس}$$

بازده اسانس با استفاده از معادله (۲) محاسبه گردید (۱):

$$(2) 100 \times (\text{وزن خشک گیاه} / \text{وزن اسانس}) = \text{بازده اسانس}$$

محتوی کلروفیل a، b و کاروتنوئید و محاسبه غلظت رنگدانه ها با استفاده از معادلات (۳) تا (۵) انجام گرفت (۲۳):

$$(3) g.l^{-1} \text{ کلروفیل } = (OD_{663} - 0.00802 \times OD_{645}) / 0.0202$$

$$(4) g.l^{-1} \text{ کلروفیل } a = (OD_{663} - 0.00269 \times OD_{645}) / 0.0127$$

$$(5) g.l^{-1} \text{ کلروفیل } b = (OD_{645} - 0.00448 \times OD_{663}) / 0.0229$$

داده ها با استفاده از برنامه آماری SAS 9.1 تجزیه و تحلیل شدند و میانگین ها براساس آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD)^۲ در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

1- Optical Density

2- Least Significant Difference

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 1- Physical properties of soil before initiation of experiment

شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک
Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture
25.51	37.78	35.71	رسی Clay

جدول ۲- خصوصیات شیمیایی خاک قبل از شروع آزمایش

Table 2- Chemical properties of soil before initiation of experiment

هدایت الکتریکی Electrical conductivity m ⁻¹ (dS)	اسیدیته pH	نیتروژن کل Total N (%)	مواد خنثی شونده Neutralizing compounds (%)	کربن آلی Organic Carbon (%)	سدیم اشباع Saturated Sodium (%)	آهن Fe (ppm)	روی Zn (ppm)	فسفر قابل دسترس Available P (ppm)	پتاسیم قابل دسترس (ppm)
7.48		0.09	2.29	1.33	35.29	3.18	0.37	8.16	580

بیشترین تعداد ساقه جانبی با ۷/۲ ساقه در گیاه مربوط به غلظت سه میلی مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که سه میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که با شاهد و غلظت‌های یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و ۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی داری داشت و کمترین تعداد ساقه جانبی با ۵/۱۷ ساقه در گیاه به شاهد تعلق داشت که فقط با غلظت سه میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری داشت. به نظر می‌رسد که محلول پاشی با پوتریسین از طریق افزایش تقسیم سلولی، قطر ساقه را افزایش داده است. عبدالعزیز و همکاران (۲) نیز اظهار داشتند که محلول پاشی با پوتریسین، تقسیم سلولی را افزایش داد. اسمیت (۳۱) گزارش نمود که مصرف خارجی پلی آمین‌ها باعث تحریک رشد گیاهان گردید. این محققان دلیل این امر را به وجود نیتروژن در این مواد تنظیم کننده رشد نسبت دادند و تأکید کردند که برای بهبود رشد گونه‌های مختلف گیاهی می‌توان مصرف این مواد تحریک کننده را مدنظر قرار داد.

مقایسه میانگین تأثیر تیمارها (جدول ۴) نشان داد که بیشترین تعداد برگ با ۱۶۶۹ برگ در گیاه، وزن خشک برگ با ۳۹/۶ گرم در گیاه، عملکرد برگ با ۷۱۰ کیلوگرم در هکتار و سطح برگ با ۷۵ مربوط به محلول پاشی با غلظت سه میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که با سایر سطوح سالیسیلیک اسید، کلیه سطوح پوتریسین و شاهد اختلاف معنی داری داشت. کمترین میزان این صفات به ترتیب با ۸۷۹ برگ در گیاه، ۳۷/۳ گرم در گیاه، ۳۷۴ کیلوگرم در هکتار و ۴۰ به شاهد اختصاص داشت که با کلیه سطوح سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری داشت، ولی با هیچ کدام از سطوح محلول پاشی پوتریسین اختلاف معنی داری نداشت. به نظر می‌رسد که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید از طریق افزایش سنتز پروتئین موجب افزایش سطح برگ شده است (۱۵). سرافینی-فراکاسینی (۲۷) دریافتند که کاربرد پلی آمین‌ها موجب افزایش سنتز پروتئین شد.

بیشترین غلظت کلروفیل کل با ۴۴/۱ میلی گرم بر لیتر برای

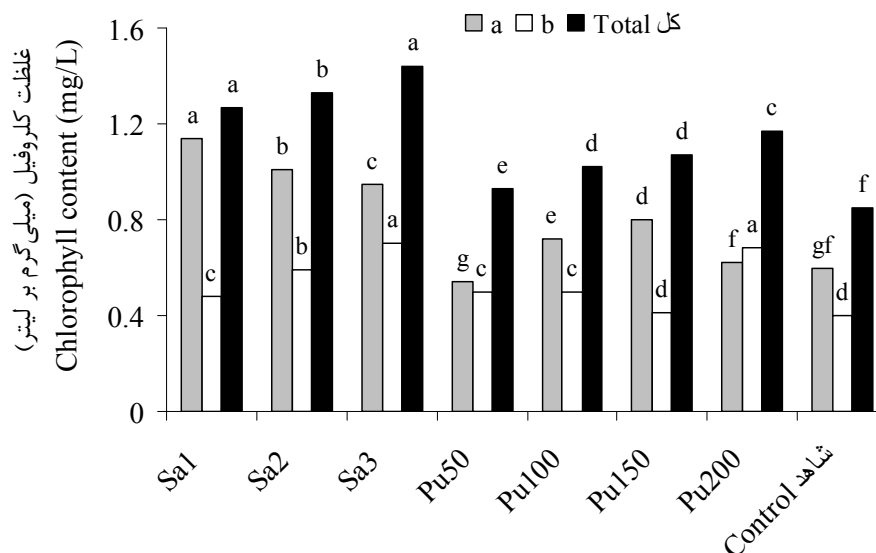
محلول پاشی با غلظت سه میلی مولار سالیسیلیک اسید مشاهده شد که با کلیه سطوح تیماری اختلاف معنی داری داشت. کمترین میزان این صفت با ۸۵ میلی گرم بر لیتر نیز مربوط به شاهد بود که دارای اختلاف معنی داری با کلیه سطوح بود. بیشترین غلظت کلروفیل a با ۱۴/۱ میلی گرم بر لیتر مربوط به غلظت یک میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که با سایر سطوح اختلاف معنی داری داشت. کمترین میزان این صفت نیز با ۶ میلی گرم بر لیتر برای شاهد حاصل گردید که با کلیه سطوح اختلاف معنی داری داشت. بیشترین میزان کلروفیل b با ۷ میلی گرم بر لیتر مربوط به محلول پاشی با غلظت سه میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با تیمار ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی داری نداشت، کمترین میزان این صفت نیز با ۴ میلی گرم بر لیتر مربوط برای شاهد حاصل گردید که با تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۱). از آنجا که منیزیم عنصر اصلی تشکیل دهنده کلروفیل محسوب می‌شود (۳)، به نظر می‌رسد که محلول پاشی باعث سنتز کلروفیل شده (۱۳) و یا از طریق افزایش جذب منیزیم (۱۴) سنتز کلروفیل را افزایش داده است. در همین راستا، نتایج نشان داد که محتوای کلروفیل گیاه کوکب تحت تأثیر کاربرد خارجی پوتریسین و تیمار به صورت معنی داری افزایش یافت (۲۱). طلعت و همکاران (۳۵) بیان داشتند که کاربرد برگی پوتریسین و تریپتوفان بر برگ‌های *Carthamus roseus* L. باعث افزایش رشد، رنگدانه‌های فتوسنتزی (نظیر کلروفیل a، b و کاروتنوئیدها)، قندهای محلول و غیرقابل حل، پروتئین و آلکالوئیدها گردید.

با توجه به جدول مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۴) بیشترین تعداد گل آذین (۳۱۵ گل آذین در گیاه) مربوط به غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین بود که با غلظت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین و سه میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری

اول و دوم به صورت معنی داری افزایش داد. این محققان نتیجه گرفتند که تیمار ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر (بالا ترین غلظت) بیشترین اثر افزایشی را بر شاخصه‌های رشد ریحان نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در واحد گیاه، وزن تر و خشک اعمال نمود. از آنجا که هدایت روزنه‌ای تعیین کننده میزان ورود دی اکسید کربن به گیاه و در نتیجه تولید آسیمیلات‌ها و مواد فتوسنتزی می‌باشد (۱۱)، به نظر می‌رسد که محلول پاشی با سالیسیلیک اسید از طریق افزایش درجه بازشدگی روزنه موجب بهبود سرعت رشد و فتوسنتز شده که این امر در نهایت، عملکرد اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار را موجب شده است. لاریو-ساودا (۲۱) نیز دریافت که سالیسیلیک اسید از طریق تأثیر بر بازشدگی روزنه، خصوصیات رشدی و سهم تولید آسیمیلات‌ها را در گیاهان تحت تأثیر قرار داد. محبوب و همکاران (۲۳) نیز با بررسی اثر محلول پاشی با پوتریسین و تیمار بر گل کوکب دریافتند که غلظت ۱۵۰ پی پی ام پوتریسین بیشترین اثر را بر ارتفاع، تعداد شاخه، تعداد برگ، وزن تر و خشک و قطر ساقه و عملکرد گل داشت. یافته‌های فوق با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. امین و همکاران (۴) در بررسی اثر پوتریسین و گلوتامین بر عملکرد پیاز دریافتند که بیشترین عملکرد کمی و کیفی پیاز (*Allium cepa* L.) با محلول پاشی با غلظت‌های ۱۰۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین و ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر گلوتامین به صورت ترکیبی و جداگانه به دست آمد.

نداشت، کمترین میزان این صفت با ۱۶۴ گل آذین در گیاه نیز به شاهد اختصاص داشت که دارای اختلاف معنی داری با کلیه سطوح محلول پاشی بود. بیشترین وزن خشک گل آذین با ۶۵/۱۵ گرم در گیاه و عملکرد گل آذین با ۱۷۳۹ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول پاشی با سه میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با شاهد و محلول پاشی با غلظت یک میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری داشت. کمترین وزن خشک گل آذین با ۲۵/۸ گرم در گیاه و عملکرد گل آذین با ۹۱۶ کیلوگرم در هکتار به شاهد اختصاص داشت که با کلیه سطوح تیمارها اختلاف معنی داری داشت. اسلوکوم و گالستون (۳۰) اظهار داشتند که پلی آمین‌ها از طریق تأثیر بر فیزیولوژی گیاه، سنتز متابولیت‌ها، رشد و گلدهی گیاه را تحت تأثیر قرار داد.

بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ۶۳/۴۵ گرم در گیاه، وزن خشک سرشاخه‌های گلدار با ۶۳/۳۲ گرم در گیاه مربوط به محلول پاشی با سه میلی مولار سالیسیلیک اسید بود که تنها با شاهد و یک میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری دارند. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی با ۴۰/۲۴ گرم در گیاه و وزن خشک سرشاخه با ۱۹/۱۷ گرم در گیاه مربوط به شاهد بود که با سایر سطوح اختلاف معنی داری داشت (جدول ۴ و شکل ۲). طلعت و همکاران (۳۳) در تحقیق روی اثر پوتریسین و ترانس سینامیک اسید بر گیاه ریحان دریافتند که این تیمارها میزان عملکرد اندام هوایی را در چین



شکل ۱- اثر غلظت‌های محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر غلظت کلروفیل گیاه دارویی مرزه

Figure 1- Effects of foliar spraying with SA and Putrescine on chlorophyll content of Summer Savory

Sa₁, Sa₂ and Sa₃ showed spraying with 1, 2 and 3 mM.I SA, respectively and Pu₅₀, Pu₁₀₀ and Pu₁₅₀ showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD (p<0.05).

غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Sa₁, Sa₂ and Sa₃ Showed Spraying with 1, 2 and 3 mM.I SA, respectively and Pu₅₀, Pu₁₀₀ and Pu₁₅₀ Showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD (p<0.05).

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) پیش تیمار با سالیسیلیک اسید و بوتریسین بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه
Table 3- Analysis of variance (square of means) for the effect of priming with effect of SA and Putrescine Pretreatment on growth and physiological characteristics and quality and quantity of yield in summer savory

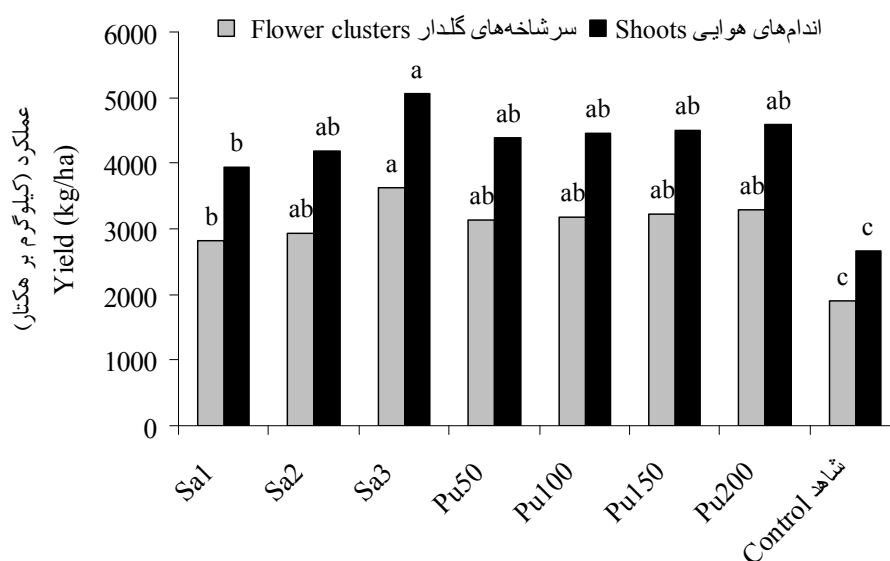
وزن خشک برگ	تعداد برگ	عملکرد شاخه های گلدار	عملکرد شاخه گلدار	وزن خشک شاخه گلدار	وزن خشک اندام هوایی	عملکرد اندام هوایی	عملکرد اندام هوایی	وزن خشک گلبرگی	وزن خشک گلبرگی	تعداد ساقه جانبی	قطر ساقه	قطر تاج پوش	ارتفاع بوته	درجه آزادی	منابع تغییرات
Dry weight of Leaf	Leaf No.	Yield of Flowering Stems	Yield of Flowering Stems	Dry weight of Flowering Stems	Yield of aerial parts	Yield of aerial parts	Yield of aerial parts	Yield of aerial parts	Yield of aerial parts	Axillary Stem No.	Stem Diameter	Canopy Diameter	Plant height	DF	Source of variation
0.15	11518	109548	8.87	62.4**	17.35	214284	1506731**	122**	18.19	1.83	0.004	2.31	1.29	2	تکرار
2.79**	171262**	770279**	62.4**	62.4**	122**	1506731**	1506731**	122**	18.19	3.19*	0.01**	12.5**	13.3**	7	تیمار
0.24	17536	114836	9.3	9.3	18.19	22.46	22.46	18.19	1.19	1.19	0.002	1.37	2.65	14	خطا
10.9	10.9	11	11	11	11.21	11.21	11.21	11.2	5.75	5.75	5.29	3.13	3.4		خطای
															تغییرات (%)

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
* and **: significant in (p≤0.5) and (P≤0.01), respectively

ادامه جدول ۳
Table 3 continued

عملکرد اسانس	بازده اسانس	درصد وزنی اسانس	کلروفیل b	کلروفیل a	کلروفیل کل	عملکرد گل آذین	وزن خشک گل آذین	تعداد گل آذین	شاخص سطح برگ	عملکرد برگ	درجه آزادی	منابع تغییرات
Essential Oil Yield	Essential Oil efficiency	Essential oil percent	Chlorophyll b	Chlorophyll a	Total Chlorophyll	Yield of Inflorescence	Dry weight of Inflorescence	Inflorescence No.	Leaf area index	Yield of leaf	DF	Source of variation
279	0.07	0.015	0.003	0.007	0.005	25923	2.1	182	0.0021	1862	2	تکرار
691**	0.26**	0.21**	0.04**	0.013**	0.12**	183101**	14.83**	7528**	4.13**	34491**	7	تیمار
146	0.05	0.03	0.005	0.001	0.002	26816	2.17	682	0.034	3032	14	خطا
23.23	10.7	9.06	4.2	3	0.97	11.22	11.22	9.8	7.9	10.9		خطای
												تغییرات (%)

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
* and **: significant in (p≤0.5) and (P≤0.01), respectively



شکل ۲- اثر غلظت‌های محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوترسین بر عملکرد اندام‌های هوایی و سرشاخه‌های گلدار گیاه دارویی مرزه
Figure 2- Effects of foliar spraying with SA and Putrescine on yield of aerial parts and flowering stems of Summer Savory

Sa₁, Sa₂ و Sa₃: به ترتیب نشان دهنده محلول پاشی با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید و Pu₅₀، Pu₁₀₀ و Pu₁₅₀: به ترتیب نشان دهنده محلول پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوترسین براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد.

Sa₁, Sa₂ and Sa₃ Showed Spraying with 1, 2 and 3 mM.l SA, respectively and Pu₅₀, Pu₁₀₀ and Pu₁₅₀ Showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD ($p \leq 0.05$).

سالیسیلیک اسید و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوترسین حاصل گردید که با شاهد و غلظت سه میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری داشت. کمترین میزان این صفت (۵۵/۱) نیز مربوط به شاهد بود که تنها با تیمار سه میلی مولار اسید سالیسیلیک اختلاف معنی داری نداشت (جدول ۴). از آنجا که اسانس‌ها ترکیب‌هایی ترپنوئیدی بوده که واحدهای سازنده آن‌ها (ایزونوئیدها) مانند ایزوپنتیل پیرو فسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز به ATP و NADPH دارند و با در نظر گرفتن این مطلب که حضور عناصر غذایی برای تشکیل ترکیب‌های اخیر ضروری می‌باشد، به نظر می‌رسد که محلول پاشی از طریق فراهمی و افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و همچنین سنتز قندها و کربوهیدرات‌ها موجب افزایش عملکرد اسانس این گیاه دارویی شده است (۲۴). رولند و همکاران (۲۵) دریافتند که کاربرد خارجی پلی آمین‌ها باعث تحریک متابولیسم ترکیبات نیتروژن شد. نتایج مطالعه طلعت و همکاران (۳۳) نشان داد که کاربرد پوترسین و ترانس سینامیک اسید موجب بهبود معنی دار درصد و عملکرد اسانس ریحان شد. عبدالعزیز و همکاران (۶) در بررسی اثر پوترسین، آسکوربیک اسید و تیامین روی گلایل دریافتند که پوترسین در غلظت ۲۰۰ پی پی ام بیشترین اثر را بر رشد رویشی، پارامترهای گلدهی و ترکیبات شیمیایی گیاه داشت.

علاوه بر این، به نظر می‌رسد که نقش پوترسین در افزایش رشد گیاهان در شرایط بدون تنش احتمالاً مربوط به اثر آنتی اکسیداتیو، کمک به تعادل کاتیون-آنیون و یا احتمالاً عمل به عنوان منبع نیتروژن بوده است (۳۶). نتایج مطالعه عبدال-واحد و جمال الدین (۱) بیان داشتند که محلول پاشی با اسپمیدین در مرحله رشد رویشی باعث بهبود خصوصیات رشدی بابونه نظیر ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و وزن تر و خشک اندام‌های هوایی شد. نتایج مطالعه گیوتیز-کورونادو و همکاران، (۱۵) نیز نشان داد که کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید به طور معنی داری رشد ساقه و ریشه را افزایش داد.

بیشترین عملکرد اسانس سرشاخه‌های گلدار با ۷۶/۷۶ کیلوگرم بر هکتار به محلول پاشی با غلظت ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوترسین اختصاص داشت که با کلیه سطوح به جز شاهد اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز با ۶/۲۹ کیلوگرم در هکتار برای شاهد حاصل گردید. بیشترین درصد وزنی اسانس با ۱۶/۲ درصد مربوط به محلول پاشی با غلظت یک میلی مولار سالیسیلیک اسید حاصل گردید که با غلظت سه میلی مولار بر لیتر سالیسیلیک اسید و شاهد اختلاف معنی داری نداشت. کمترین میزان این صفت نیز با ۴۳/۱ درصد به شاهد اختصاص داشت که تنها با تیمار سه میلی مولار سالیسیلیک اسید اختلاف معنی داری نداشت (شکل ۳). بیشترین بازده اسانس (۳۵/۲) برای محلول پاشی با غلظت هاس دو میلی مولار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر پیش تیمار با سالیسیلیک اسید و پوترسین بر خصوصیات رشدی و فیزیولوژیکی و عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی مرزه
Table 4- Mean comparison of effect of SA and Putrescine Pretreatment on growth and physiological characteristics and quality and quantity of yield in summer savory

عملکرد برگ Yield of Leaf	عملکرد برگ Dry weight of leaf	وزن خشک برگ Leaf No.	تعداد برگ Leaf No.	وزن خشک شاخه‌های گلدار Dry weight of Flower clusters (g)	وزن خشک اندام‌های هوایی Dry weight of shoots (g)	وزن ساقه Branch No.	تعداد ساقه جانبی	قطر ساقه Stem diameter (cm)	قطر تاج پوشش Canopy diameter (cm)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تیمار Treatment
550	4.95	1294	1294	25.3	35.38	18.47	19.5	0.8	35.3	42	1
586	5.27	1387	1387	26.94	37.67	19.5	20.67	0.86	38.4	43.33	2
710	6.39	1669	1669	32.63	45.63	20.67	17.47	0.92	39.33	45.07	3
439	3.59	1082	1082	28.27	39.54	17.47	19.1	0.83	38.17	44.53	50
446	4.01	1098	1098	28.7	40.14	19.1	19.3	0.82	38.3	45.67	100
451	4.06	1110	1110	29.02	40.58	19.3	19.87	0.81	39.47	44.47	150
459	4.13	1131	1131	29.56	41.34	19.87	17.47	0.81	36	43.6	200
374	3.37	892	892	17.19	24.04	17.47		0.68	33.87	39.07	شاهد
96.43	0.8579	231.9		5.34	7.469	1.91		0.2477	2.05	2.851	LSD

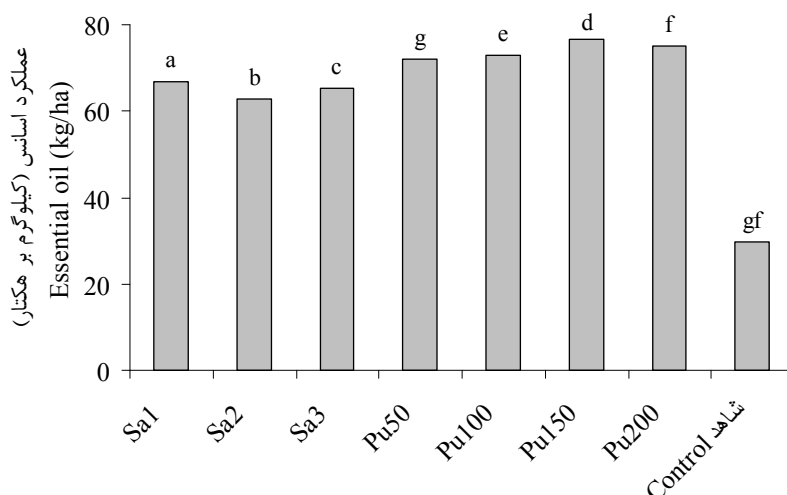
* میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD می‌باشد ($p \leq 0.05$).
* Means with different letters in each column have significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$).

ادامه جدول ۴

Table 4 continued

اسانس yield of essential oil	عملکرد اسانس Essential oil efficiency	بازده اسانس Essential oil efficiency	درصدوزنی اسانس Essential oil percent	Yield of Inflorescence (kg. ha ⁻¹)	عملکرد گل آذین Inflorescence (g)	وزن خشک گل آذین Dry weight of Inflorescence (g)	تعداد گل آذین Inflorescence No.	شاخص سطح برگ Leaf area index	تیمار Treatment
66.91	2.35	2.16	2.16	1348	12.14	242	0.59	1	سالیسیلیک اسید (mM)
62.86	2.11	1.94	1.94	1436	12.92	257	0.62	2	Salicylic Acid (mM)
65.21	1.8	1.67	1.67	1739	15.65	312	0.75	3	
72.13	2.3	2.13	2.13	1525	13.72	247	0.47	50	
72.97	2.29	2.13	2.13	1547	13.93	268	0.47	100	پوترسین (mg.l)
76.76	2.35	2.1	2.1	1565	14.08	307	0.48	150	Putrescine (mg.l)
75.05	2.27	2.13	2.13	1594	14.34	315	0.49	200	
29.65	1.55	1.43	1.43	916	8.25	164	0.40		شاهد
21.16	0.3916		0.3033	286.8	2.58	45.73	0.3229		

* میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار براساس آزمون LSD می‌باشد ($p \leq 0.05$).
* Means with different letters in each column have significant difference based on LSD ($p \leq 0.05$).



شکل ۳- اثر غلظت‌های محلول پاشی با سالیسیلیک اسید و پوتریسین بر عملکرد اسانس گیاه دارویی مرزه

Figure 3- Effects of foliar spraying with SA and Putrescine on yield of essential oil in Summer Savory

Sa₁, Sa₂ and Sa₃: به ترتیب نشان دهنده محلول پاشی با غلظت‌های ۱، ۲ و ۳ میلی مولار سالیسیلیک اسید و Pu₅₀, Pu₁₀₀ و Pu₁₅₀: به ترتیب نشان دهنده محلول پاشی با غلظت‌های ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی گرم بر لیتر پوتریسین براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می باشد.

Sa₁, Sa₂ and Sa₃ Showed Spraying with 1, 2 and 3 mM.l SA, respectively and Pu₅₀, Pu₁₀₀ and Pu₁₅₀ Showed spraying with Putrescine in 50, 100 and 150 mg.l concentrations. based on LSD ($p \leq 0.05$).

عملکرد اندام هوایی بیشترین تأثیر را داشت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و نظریات سایر محققین در رابطه با مکانیسم عمل پوتریسین بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت گیاه، می توان نتیجه گرفت از آنجا که پوتریسین یکی از پلی آمین های فعال بوده و بخشی از متابولیسم های ترکیبات نیتروژنی را شامل می شود، توانسته است از طریق فراهمی نیتروژن برای گیاه سبب افزایش شاخص های رشد و عملکرد گیاه گردد. کاربرد پوتریسین با ایجاد تنظیم کنندگی سبب افزایش تقسیم سلولی، تمایز یابی سلول ها و جلوگیری از پیری گیاه به وسیله جلوگیری از کاهش تخریب کلروفیل و ممانعت از سنتز اتیلن می شود. علاوه بر این، پوتریسین بر میزان آنزیم های گیاهی اثر هم افزایی داشته و سبب افزایش سنتز آنزیم ها می شود. از سوی دیگر، پوتریسین عامل مهمی در سنتز قندها و کربوهیدرات ها محسوب می شود. از مطالب فوق، استناد می شود که پوتریسین با افزایش جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن و سنتز آنزیم های رشدی و اثر تنظیم کنندگی سبب افزایش شاخص های رشدی و عملکرد کلی گیاه مرزه شده است.

عبدال-واحد و جمال الدین (۵) با بررسی اثر مصرف اسپمیدین در مرحله رشد رویشی بابونه، افزایش اسانس گل را موجب گردید. طلعت و همکاران (۳۲) بیان داشتند که محلول پاشی با غلظت ۵۰ میلی لیتر سالیسیلیک اسید موجب افزایش محتوی و عملکرد اسانس شمعدانی گردید.

نتیجه گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که محلول پاشی با غلظت های سالیسیلیک اسید و پوتریسین خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی، اسانس و اجزای اسانس گیاه دارویی مرزه را به طور معنی داری تحت تأثیر قرار داد. محلول پاشی با پوتریسین صفاتی از قبیل ارتفاع بوته، قطر تاج پوشش گیاهی، وزن خشک اندام هوایی، عملکرد اندام هوایی، وزن خشک سرشاخه های گلدار، عملکرد سرشاخه های گلدار، تعداد، وزن خشک و عملکرد گل آذین مرزه را به طور معنی داری افزایش داد. در میان سطوح مختلف پوتریسین غلظت ۲۰۰ میلی گرم بر لیتر در رابطه با اکثر صفات مورد مطالعه از جمله وزن خشک و

References

1. Abd El-Wahed, M. S. A., and Gamal El-Din, K. M. 2004. Stimulation of growth, flowering, biochemical constituents and essential oil of chamomile plant (*Chamomilla recutita* L., Rausch) with Spermidine and stigmaterol application. Bulgarian Journal of Plant Physiology 30: 89-102.
2. Abdel Aziz, N. G., Taha, L. S., and Ibahim Soad, M. M. 2009. Some studies on the effect of Putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at Nubaria. Ozean Journal of Applied Sciences 2 (2): 169-179.

3. Alam, S. M. 1994. Nutrient Uptake by Plant under Stress Condition. In: Pessarakali, M. (ed.) Handbook of Plant Stress. Dekker, New York, p. 227-246.
4. Amin, A. A., Gharib, F. A. E., El-Awadi, M., and Rashad, M. E. M. 2011. Physiological response of onion plants to foliar application of Putrescine and glutamine. *Scientia Horticulturae* 129: 353-360.
5. Azarnivand, H., Ghavam Arbani, M., Sefidkon, F., and Tavili, A. 2010. The effect of ecological characteristics on quality and quantity of the essential oils of *Achillea millefolium* L. subsp. *Millefolium*. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants* 25 (4): 556-571. (in Persian with English abstract).
6. Barkosky, R. R., and Einhellig, F. A. 1993. Effects of Salicylic acid on plant water relationship. *Journal of Chemical Ecology* 19: 237-247.
7. Cohen, E., Arad, S., Heimer, Y. M., and Mizrahi, Y. 1982. Participation of ornithine decarboxylase in early stages of tomato fruit development. *Plant Physiology* 70: 540-543.
8. Cutt, J. R., and Klessig, D. F. 1992. Salicylic acid in plants. A changing perspective. *Pharmaceutical Technology* 16: 25-34.
9. Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Pandit, M. K., and Banerjee, S. 2011. Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions Plant growth promoting rhizobacteria. *Australian Journal of Crop Science* 5 (5): 531-536.
10. El-Tohamy, W. A., El-Abagy, H. M., and El-Greadly, N. H. M. T. 2008. Studies on the effect of Putrescine, yeast and vitamin c on growth, yield and physiological responses of eggplant (*Solanum melongena* L.) under sandy soil conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 2 (2): 296-300.
11. Gardner, F. P., Pearce, R. B., and Mitchell, R. L. 1985. The Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, Science 327 pp.
12. Gharib, A. A., and Hanafy Ahmed, A. H. 2005. Response of pea plants (*Pisum sativum* L.) to foliar application of Putrescine, glucose, foliar feed and silicon. *The Journal of Agricultural Science, Mansoura University* 30 (12): 7563-7579.
13. Giri, B., and Mukerji, G. K. 2004. Mycorrhiza inoculate alleviates salt stress in *Sesbania aegyptica* and *Sesbania grandiflora* under field conditions: evidence for reduced sodium and improved magnesium uptake. *Mycorrhiza* 14: 307-312.
14. Giri, B., Kapoor, R., and Mukerji, K. G. 2002. VA mycorrhizal techniques. VAM technology in establishment of plants under salinity stress condition. In: Mukerji, K.G., Manoracheir, C. and Singh, J. (eds.) *Techniques in mycorrhizal stueies* Kluwer, Dordrecht, pp. 313-327.
15. Gutiérrez-Coronado, M. A., Trejo-López, C., and Larqué-Saaveda, A. 1998. Effects of Salicylic acid on the growth of roots and shoots in soybean. *Plant Physiology and Biochemistry* 36: 563-565.
16. Harper, J. P., and Balke, N. E. 1981. Characterization of the inhibition of K⁺ absorption in oat roots by salicylic acid. *Plant Physiology* 68: 1349-1353.
17. Khan, W., Prithiviraj, B., and Smith, D. 2003. Photosynthetic responses of corn and soybean to foliar application of salicylates. *Journal of Plant Physiology* 6: 1-8.
18. Larque-Saaveda, A. 1979. Stomatal closure in response to Salicylic acid treatment. *Plant Physiology* 93: 371-375.
19. Liu, J. H., Honda, C., and Moriguchi, T. 2006. Involvement of polyamine in floral and fruit development. *JARQ* 40: 51-58.
20. Madah, S. M., Falahian, F., Sabagh Pour, S. H. and Chalabian, F. 2007. Effect of Salicylic acid on yield and anatomical structure in *Cicer arietinum* L., *Journal of Basic Science* 62 (1): 61-70. (in Persian with English abstract).
21. Mahgoub, M. H., Abd-El Aziz, N. G., and Mazhar, A. M. A. 2011. Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with Putrescine and thimine on growth, flowering and photosynthetic. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences* 10 (5): 769-775.
22. Pedraza, R. O., Motok, J., Tortora, M. L., Salazar, S. M., and Díaz-Ricci, J. C. 2007. Natural occurrence of *Azospirillum brasilense* in strawberry plants. *Plant and Soil* 295: 169-78.
23. Porra, R. J., Thompson, W. A., and Kriedemann, P. E. 1989. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents: verification of the concentration of chlorophyll standard by atomic absorption spectrometry. *Photosynthesis Research* 975: 384-394.
24. Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G., and Pirzad, A. 2008. Effect of Biofertilizers Application on some Morphological Characteristics and Yield of Dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Journal of Horticulture Science* 25 (3): 335-343. (in Persian with English abstract).
25. Rowland, A. J., Borland, A. M., and Lea, P. J. 1988. Changes in amino acids, amines and proteins in response to air pollutants. In: Schulte-Hostede, S., Darrall, N.M., Blank, L.W. and Wellburn A.R. (eds.). *Air pollution and plant metabolism*, pp. 189-221– Elsevier Applied Science, London and New York.
26. Senaratna, T., Touchell, D., Bunn, E., and Dixon, K. 2000. Acetyl Salicylic acid (Aspirin) and Salicylic acid induce multiple stress tolerance in bean and tomato plants. *Plant Growth Regulation* 30: 157-161.
27. Serafini-Fracassini, D. 1991. Cell Cycle-Dependent Changes in Plant Polyamine Metabolism. I: Slocum R.D.,

- Flores, H.E. (eds.). Biochemistry and Physiology of Polyamines in Plants. CRC Press, Boca Raton, F.L. pp. 159-171.
28. Shekari, F., Pakmehr, A., Rastgoo, M., Vazayefi, M., and Ghoreyshi Nasab, M. J. 2011. Effect of seed priming with Salicylic Acid on some of physiological traits in *Vigna unguiculata* L. under drought stress. Journal of Agriculture Science 4 (13): 13-29. (in Persian with English abstract).
29. Singh, P. K., Chaturvedi, V. K., and Bose, B. 2010. Effects of Salicylic acid on seedling growth and nitrogen metabolism in cucumber (*Cucumis sativus* L.). Journal of Stress Physiology and Biochemistry 6 (3): 102-113.
30. Slocum, R. D., and Galston, A. W. 1985. Changes in polyamines associated with post fertilization and development in tobacco ovary tissues. Plant Physiology 79: 336-343.
31. Smith, T. A. 1982. The Function and Metabolism of Polyamines in Higher Plants. In: Wareing, P.F. (ed). Plant Growth Substances. Academic Press, New York, pp. 683.
32. Talaat, I. M. 2005. Physiological effect of Salicylic acid and tryptophan on *Pelargonium graveolens*. Egyptian Journal of Applied Sciences 20: 751-760.
33. Talaat, I. M., and Laila, K. 2010. Physiological response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to Putrescine and Trans-Cinnamic Acid. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences 8 (4): 438-445.
34. Talaat, I. M., Bekheta, M. A., and Mahgoub, M. M. H. 2005. Physiological response of Periwinkle plants (*Cataranthus roseus* L.) to tryptophan and Putrescine. International Journal of Agriculture and Biology 7 (2): 210-213.
35. Talaat, N. B. 2003. Physiological studies on the effect of salinity, ascorbic acid and Putrescine on sweet pepper plant. PhD Thesis, Agric. Bot. Dept., Fac. Agric., Cairo Univ., p. 286.
36. Tang, W., and Newton, R. J. 2004. Increase of polyphenol oxidase and decrease of polyamines correlate with tissue browning in Virginia pine (*Pinus virginiana* Mill.). Plant Science 67: 621-628.
37. Yazdanpanah, S., Baghizadeh, A., and Abbassi, F. 2011. The interaction between drought stress and salicylic and ascorbic acids on some biochemical characteristics of *Satureja hortensis*. African Journal of Agricultural Research 6 (4): 798-807.
38. Youssef, A. A., Mona, H. M., and Iman, M. T. 2004. Physiological and biochemical aspects of *Matthiola incana* L. plants under the effect of Putrescine and kinetin treatments. Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences 19 (9B): 492-510.



Effects of Foliar Spraying with Salicylic acid and Putrescine on Growth Characteristics and Yield of Summer Savory (*Satureja hortensis* L.)

A. Faraji- mehmani¹- B. Esmailpour^{1*}- F. Sefikon²- S. Khorramdel³

Received: 25-03-2014

Accepted: 22-11-2014

Introduction

Summer Savory (*Satureja hortensis* L.) is an annual, herbaceous plant belonging to the Labiatae family. This plant is most often used as a culinary herb, but it also has marked medicinal benefits, especially upon the whole digestive system. The most important components of *S. hortensis* include volatile oils, phenolic compounds, flavonoids and phenolic acids, tannins, mucus, resins, carotenoids and mineral components. Plant growth regulators are used to improve the quality and quantity of medicinal plant production. Salicylic Acid is one of this PGRs that involved in seed germination, photosynthesis, Stomatal opening and closure, Membrane Permeability, Ions Absorption and transmission and other growth processes. Polyamines are ubiquitous low-molecular-weight aliphatic amines that are involved in regulating plant growth processes. The most commonly found polyamines in higher plants, putrescine (Put), spermidine (Spd) and spermine (Spm) may be present in free, soluble conjugated and insoluble bound forms. It has been demonstrated that PAs are important for the normal course of diverse plant ontogeny processes such as cell division and elongation, organogenesis and somatic and zygotic embryogenesis.

Materials and Methods

This experiment was conducted in factorial based on a randomized complete block design with three replications in Karaj, Iran. Foliar spraying with SA (1, 2 and 3 mM.l) and Putrescine (50, 100, 150 and 200 mg l⁻¹) was performed in thrice in Savory growth period. Spraying was performed at 21, 35 (Budding Phase) and 56 (flowering initiation phase) day after seed germination. In flowering stage, some morphological traits such as plant height, weight, yield, canopy diameter, stem diameter, leaf area, essential oil content and efficiency were measured.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that the effects of salicylic acid and putrescine spraying on plant height, canopy diameter, stem diameter, number of axillary stems, foliage dry weight, foliage yield, flower dry weight, number of leaves, leaf dry weight, leaf yield, leaf area index (LAI), number of inflorescence, dry weight of inflorescence, total chlorophyll content, chlorophyll a and b content, essential oil content, yield and efficiency was significant ($P < 0.01$). Application of 100 mg.l putrescine resulted in maximum plant height (45.67 cm) that showed a significant difference with control and 1 mM.l SA treatments. Highest number of inflorescence per plant obtained in pots spraying with 150 and 200 mg.l putrescine and 3 mM l⁻¹ SA. It seems that spraying with putrescine improved vegetative growth through production enhancement of biosynthetic enzymes. Putrescine increased the cell division in plant tissues due to the presence of nitrogen in its structure. Treatment with putrescine significantly improved plant height in *Matthiola incana*. In response to spraying with 3 mM.l SA amounts of stem diameter, number of leaves per plant, dry weight and yield of leaves and number of inflorescences were significantly increased in comparison with other treatments. Highest values of axillary stems, dry weight of aerial parts, weight of flowering stems, leaf area index and inflorescence yield were also observed in 3 mM l⁻¹ treatments but it did not show significant deference with any of the other treatments. It was well documented that salicylic acid exert their influence on physiological and biochemical processes, including, photosynthesis, ion uptake, membrane permeability, enzyme activities, flowering, heat production and growth and development of plants. SA can increase growth parameters in Summer Savory by enhancing photosynthetic

1- Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Mohaghegh Ardabili

2- Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran, Iran

3- Department of Agronomy and plant breeding, Ferdowsi Mashhad University

(* - Corresponding Author Email: behsmaiel@yahoo.com)

rate and nitrate metabolism. SA increased the activity of nitrate reductase both in leaves and roots of maize plants. Maximum total chlorophyll content was obtained in plants, spraying with 1 and 3 mM l⁻¹ SA that was significant. Application of 1 and 3 mM l⁻¹ SA resulted in higher amounts of chlorophyll a and b, respectively. Moreover, all putrescine concentrations eventuated to significant increase in chlorophyll contents compared to control treatments. Talaat (33) reported that foliar application of putrescine increased chlorophyll and carotenoids content, soluble and non-soluble sugar, proteins and alkaloids in sweet pepper. Based on Figure 2, it was clear that the yield of aerial parts and flowering stems gradually increased with addition of SA concentration and reached its maximum at the 3 mM l⁻¹ treatment. However the significant difference between putrescine concentrations was not observed.

Conclusions

This study revealed that foliar application of SA and putrescine significantly affected the morphological, physiological and biochemical traits of *Satureja hortensis*. Thus, it can be used as a plant growth regulator for yield and essential oil content improvement in field production of this plant.

Keywords: Essential oil, Medicinal plants, Natural products, Plant growth regulator



تأثیر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، صفات کمی و کیفی دو رقم همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) در شرایط اراک

علی سپهری^{۱*} - تهمینه مهران راد^۲ - افشین کرمی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۳

چکیده

به منظور تعیین تاریخ کاشت و تراکم مناسب گیاه همیشه بهار، آزمایشی به صورت اسپلیت فاکتوریل در ۳ تکرار، در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی اراک اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل دو تاریخ کاشت (دوم و دوازدهم اردیبهشت)، چهار تراکم بوته (۲۶، ۳۲، ۴۱ و ۵۷ بوته در متر مربع) و دو رقم (کم پر و پرپر) بودند. براساس نتایج آزمایش تیمارهای مورد بررسی اثر معنی‌داری بر شاخص‌های فیزیولوژیک رشد، ارتفاع بوته، تعداد گل، وزن هزار دانه، کلروفیل، درصد روغن و اسانس گیاه همیشه بهار داشت. تأخیر در کشت و کاهش تراکم بوته موجب کاهش شاخص سطح برگ و وزن خشک کل گردید. همچنین رقم پرپر نسبت به رقم کم پر از شاخص‌های رشدی بالاتری برخوردار بود. کشت زودتر، تراکم بالاتر و استفاده از رقم پرپر موجب بهبود صفات مورد بررسی گردید. تراکم ۵۷ بوته در متر مربع در تاریخ کاشت اول و دوم به ترتیب ارتفاع بوته را ۲۵/۱ و ۳۴/۴ درصد نسبت به تراکم ۲۶ بوته افزایش داد. همچنین تأخیر در کشت موجب کاهش صفات مورد بررسی شد. در همین رابطه تاریخ کشت دوم نسبت به تاریخ کشت اول شاخص کلروفیل را در تراکم ۵۷ بوته ۱۸/۴ درصد کاهش داد. رقم پرپر در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته درصد اسانس را به ترتیب ۹/۸، ۸/۶، ۵/۳ و ۹/۱ درصد نسبت به رقم کم پر افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: اسانس روغنی، تعداد گل، شاخص رشد، کلروفیل

مقدمه

پرپر می‌باشد که برای اهداف دارویی و یا غذایی استفاده می‌شود (۴۳). گیاه همیشه بهار حاوی ۵ تا ۲۰ درصد روغن است که از این مقدار حدود ۶۰ درصد اسید کالندیک است که در تسکین درد مؤثر است (۲۲). از گل این گیاه به عنوان طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده غذاهای مختلف استفاده می‌شود. علاوه بر این دارای مواد مؤثره و ترکیباتی است که در صنایع داروسازی به منظور تهیه کرم‌ها و لوسیون‌ها از آن‌ها استفاده می‌شود (۱۵). رشد، نمو و تولید محصول گیاهان دارویی به مانند سایر گیاهان متأثر از عوامل ژنتیکی و زراعی می‌باشد. انتخاب مناسب‌ترین تاریخ کاشت و مطلوب‌ترین تراکم بوته از عوامل مهم موفقیت در زراعت هر گیاهی به شمار می‌رود (۴). حصول به حداکثر عملکرد یک رقم مستلزم عدم برخورد مراحل حساس نمو گیاه به عوامل نامساعد و بهره‌گیری کامل از شرایط مطلوب محیطی است. از آنجا که طول مراحل مختلف نمو تابعی از دو عامل اصلی حرارت و طول روز است می‌توان با تغییر تاریخ کاشت، مراحل مختلف نمو گیاه را با وضعیت حرارت و طول روز موجود طی فصل رشد انطباق داد و میزان رشد رویشی و زایشی مطلوبی را به دست آورد. از این رو اطلاع کامل و صحیح از خصوصیات رشد و نمو و نیازهای اکولوژیکی

امروزه به دلیل مشخص شدن عوارض جانبی داروهای شیمیایی، رویکرد عمومی به مصرف داروهای گیاهی در حال افزایش است. گیاهان دارویی از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام سنتی کشاورزی ایران بوده و استفاده از این گیاهان به عنوان دارو برای پیشگیری و درمان بیماری‌ها از روزگاران کهن مورد توجه متخصصان طب سنتی قرار داشته است. گیاهان دارویی با منابع غنی از متابولیت‌های ثانوی، مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها را تأمین می‌کنند. همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) گیاهی یکساله و به ندرت دوساله با گل‌های مروارید مانند روشن، زرد یا نارنجی و دارای دو نوع کم پر و

۱- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

۳- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

(Email: Sepehri110@yahoo.com)

(*)- نویسنده مسئول:

در اواسط رشد و قبل از گلدهی مصرف شد. بعد از اجرای مراحل آماده‌سازی زمین، جوی و پشته‌هایی به فواصل ۳۵ سانتی‌متر با استفاده از فاروئر ایجاد گردید. سپس بذور در فواصل تعیین شده مطابق تراکم مورد نیاز (۵، ۷، ۹ و ۱۱ سانتی‌متر) بر روی پشته‌ها کشت شدند. آبیاری به‌صورت جویچه‌ای و هر هفت روز یکبار انجام شد. در این آزمایش هر کرت شامل ۸ خط کاشت بود که خطوط کناری به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند، از دو خط برای نمونه‌برداری در طی فصل و از خطوط میانی برای برداشت نهایی استفاده گردید. اولین نمونه‌برداری یک ماه بعد از تاریخ کاشت انجام شد و در هر بار نمونه‌برداری ۵ بوته از خطوط منتخب به‌صورت کف برداشت گردید. فاصله زمانی بین هر نمونه‌برداری ۱۰ روز بود. برای تعیین روند رشد و تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد در هر بار نمونه‌برداری سطح برگ، وزن خشک، برگ، ساقه و گل به‌طور جداگانه تعیین گردید. برداشت نهایی به منظور عملکرد دانه در زمان مناسب انجام و درصد روغن دانه به‌وسیله دستگاه سوکسله برای هر تیمار اندازه‌گیری شد (۲۶ و ۳۶). محتوی استخراج اسانس گل‌های همیشه بهار با استفاده از دستگاه کلونجر انجام گردید (۱). برای تعیین بهترین رابطه موجود بین ماده خشک و روزهای بعد از کاشت از نرم‌افزار SAS (Ver. 9.1) استفاده شد. از میان معادلات مورد بررسی مناسب‌ترین رابطه‌ای که توانست وزن خشک گیاه در تیمارهای مختلف در طول فصل رشد را توضیح دهد (معادله ۱) براساس بهترین ضریب تبیین (R^2) عبارت بودند از:

$$DM = \text{Exp} (a + bT + cT^2) \quad (1)$$

تغییرات وزن خشک کل گیاه و شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ از معادلات نمایی پیروی می‌نمایند (۲۳)، همچنین به منظور تعیین روند شاخص سطح برگ گیاه از معادله (۲) استفاده گردید:

$$LAI = \text{Exp} (a' + b'T + c'T^2) \quad (2)$$

در این روابط a, b, c, a', b', c' ضرایب معادلات رگرسیونی، T زمان برحسب روز و Exp لگاریتم در پایه طبیعی می‌باشد. دمای حداکثر و حداقل روزانه برای تعیین شاخص حرارتی توسط ترموگراف ثبت و با استفاده از معادله (۳) اندازه‌گیری شد (۲۳).

$$GDD = \sum_{i=1}^n \left(\frac{T_{\max} + T_{\min}}{2} - T_b \right) \quad (3)$$

GDD = درجه روز رشد، $T_{\max}$ حداکثر درجه روزانه هوا با حد بالای ۴۰ درجه سانتی‌گراد، $T_{\min}$ حداقل دمای روزانه با حد پایینی ۵ درجه سانتی‌گراد، T_b = دمای پایه برابر ۶ درجه سانتی‌گراد، داده‌های حاصل از آزمایش به‌وسیله نرم افزار SAS (Ver. 9.1) مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند. مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی در آزمایش با آزمون دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گردید.

محصول مورد کاشت و عوامل محیطی لازم است تا بتوان تاریخ کاشت مناسبی را انتخاب نمود (۸). تأثیر تاریخ‌های کاشت مختلف روی عملکرد گل و اجزای آن در گیاه همیشه بهار در منطقه اردبیل نشان داد که بین تاریخ کاشت‌های مورد نظر از لحاظ صفات درصد سبز، ارتفاع گیاه، سطح سایه‌اندازی، تعداد گل و وزن گل اختلاف معنی‌داری وجود داشت (۱۹). از طرف دیگر استقرار تراکم مطلوب بوته‌های سالم در سطح مزرعه پایه و اساس یک سیستم موفق زراعی محسوب می‌شود. در تراکم کمتر از حد مطلوب استفاده از عوامل محیطی موجود مانند نور، رطوبت و مواد غذایی حداکثر نبوده و در تراکم بالاتر از حد بهینه نیز وجود رقابت شدید از عملکرد نهایی محصول خواهد کاست (۴). با کاهش ردیف‌های کاشت، تاج پوشش زودتر بسته شده و مزرعه زودتر به حداکثر شاخص سطح برگ برای جذب کامل تابش خورشیدی می‌رسد و متعاقب آن مقدار بیشتری مواد فتوسنتزی برای رشد و عملکرد حاصل می‌گردد (۲). مطالعات انجام شده در خصوص تأثیر تراکم بر عملکرد ماده خشک حاکی از آن است که عملکرد ماده خشک با افزایش تراکم تا رسیدن به یک سطح ثابت بدون تغییر افزایش می‌یابد و در تراکم‌های زیاد تا زمانی که رطوبت و مواد غذایی عامل محدودکننده نیست عملکرد بذر افزایش می‌یابد (۲۷). با توجه به اهمیت گیاه دارویی همیشه بهار و نظر به اینکه تعیین تاریخ کاشت و تراکم مناسب بوته از عوامل زراعی مهم در موفقیت گیاهان هستند، بنابراین تحقیق حاضر به منظور بررسی واکنش دو رقم پُرپر و کم پر همیشه بهار نسبت به تاریخ کاشت و تراکم بوته در طی دوران رشد از طریق تجزیه و تحلیل رشد و مطالعه صفات کمی و کیفی گیاه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

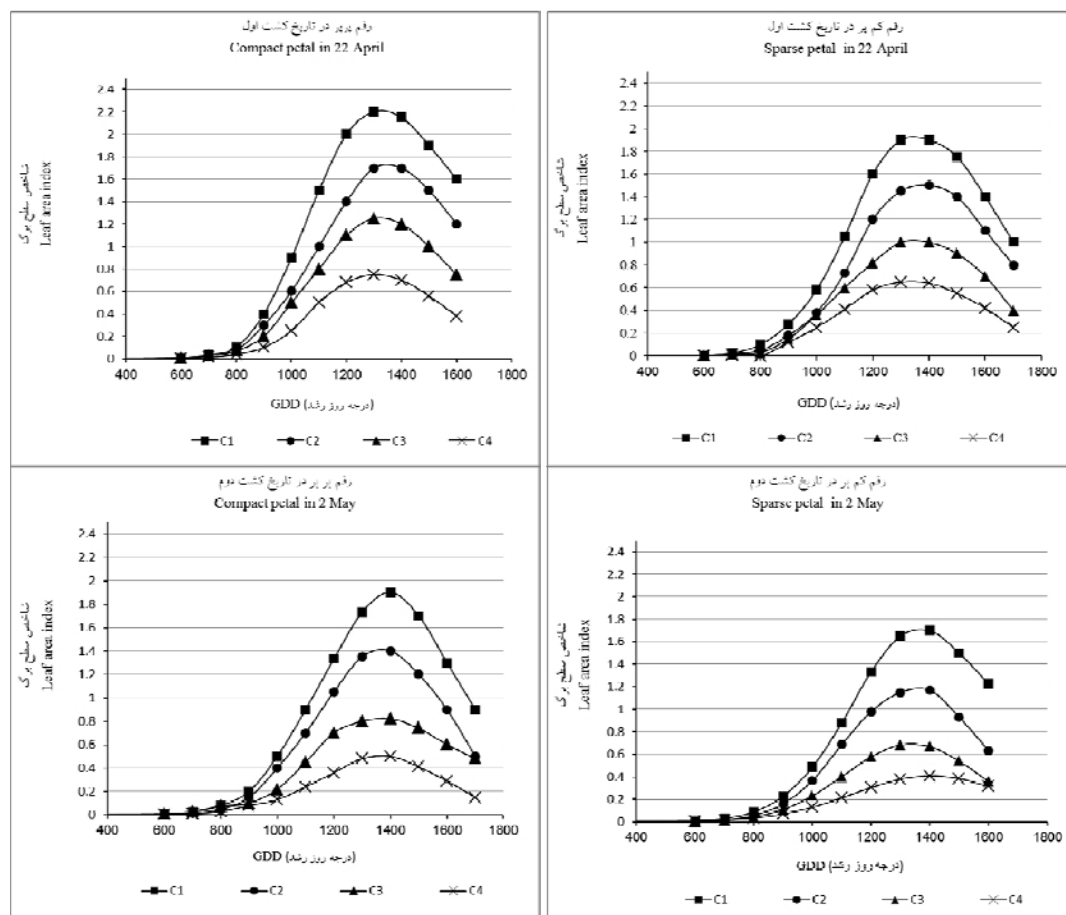
به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر شاخص‌های فیزیولوژیکی رشد و صفات کمی و کیفی دو رقم همیشه بهار آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۹۰ در مزرعه آزمایشی مرکز تحقیقات کشاورزی اراک (واقع در ۳۴ درجه و پنج دقیقه عرض شمالی و ۲۹ درجه و ۴۲ دقیقه طول شرقی و با ارتفاع ۱۷۵۷ متر از سطح دریا) و در یک خاک سیلتی لومی با pH ۷/۵ و دارای ۱/۱ درصد ماده آلی و هدایت الکتریکی ۰/۹ دسی زیمنس اجرا گردید. آزمایش به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل دو تاریخ کشت ۲ اردیبهشت و ۱۲ اردیبهشت بودند که در کرت‌های اصلی قرار داده شدند و در کرت‌های فرعی دو رقم همیشه بهار (کم پر و پُرپر) در چهار تراکم (۲۶، ۳۲، ۴۱ و ۵۷ بوته در متر مربع) در نظر گرفته شد. براساس آزمون خاک کودهای مورد نیاز (۱۵۰ کیلوگرم سولفات آمونیوم، ۱۰۰ کیلوگرم اوره) به خاک اضافه شد. یک سوم کود اوره در زمان آماده‌سازی زمین و بقیه در دو نوبت به‌صورت سرک

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ (LAI)

شکل ۱ روند تغییرات شاخص سطح برگ را تحت تأثیر تراکم و تاریخ کاشت در دو رقم مورد بررسی نشان می‌دهد. همان‌گونه که مشاهده می‌شود در تمامی تیمارها حدود ۶۰۰ درجه روز رشد روند افزایشی شاخص سطح برگ به دلیل افزایش سریع در تعداد و سطح برگ‌ها آغاز گردید و این روند افزایشی در حدود ۱۳۵۰ درجه روز رشد بعد از کاشت به حداکثر خود رسید که با بسته شدن کانوپی و حداکثر تجمع ماده خشک در تیمارها مصادف بود. با توجه به شکل ۱ روند افزایشی سطح برگ در تراکم‌های بالا نسبت به تراکم‌های پایین از سرعت بیشتری برخوردار است. به‌طوری‌که در هر دو تاریخ کاشت مورد بررسی تراکم‌های بالاتر شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین‌تر داشت. تراکم‌های بیشتر که از LAI بالاتری برخوردار بودند در هنگام کاهش LAI شیب بیشتری داشتند. بررسی روند تغییرات LAI در طول فصل رشد نشان داد که شاخص سطح

برگ از تقریباً ۱۴۰۰ درجه روز رشد روند نزولی پیدا کرده است. بین شاخص سطح برگ دو رقم مورد بررسی تفاوتی وجود داشت بدین ترتیب که رقم پرپر از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود. این امر منجر به عملکرد بالاتر در رقم پرپر گردید. بررسی اثر تاریخ‌های مختلف کاشت بر شاخص سطح برگ نشان می‌دهد مقدار شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت اول بیشتر از تاریخ کاشت دوم است. به‌طوری‌که میزان LAI در رقم کم پر و پرپر، تراکم ۵۷ بوته در متر مربع به ترتیب حدود ۱/۹ و ۲/۲ بوده که در تاریخ کاشت دوم به حدود ۱/۷ و ۱/۹ تنزل یافته است. این کاهش در سایر تراکم‌ها نیز دیده می‌شود. در دو تاریخ کاشت مورد بررسی تراکم‌های بالاتر شاخص سطح برگ بیشتری نسبت به تراکم‌های پایین‌تر نشان دادند. درایکوت و وب (۹) گزارش کردند که افزایش تراکم در حد مطلوب، سبب رشد سریع تر برگ و پوشش کامل تر زمین می‌شود. بنابراین افزایش تراکم تا حد معینی باعث افزایش شاخص سطح برگ می‌شود.



شکل ۱- روند تغییرات شاخص سطح برگ ارقام پرپر و کم پر همیشه بهار در تاریخ کشت اول (۲ اردیبهشت) و تاریخ کشت دوم (۱۲ اردیبهشت) در تراکم‌های ۵۷ بوته در مترمربع (C1)، ۴۱ بوته در مترمربع (C2)، ۳۲ بوته در مترمربع (C3) و ۲۶ بوته در مترمربع (C4)

Figure 1- The trend of leaf area index changes in sparse and compact petal marigold at first planting date (22 April) and second planting date (2 May) in 57 (C1), 41 (C2), 32 (C3) and 26 (C4) plant densities in square meter

سبب ایجاد اختلاف معنی‌داری در تجمع ماده خشک شده است. این نتایج با مطالعات سایر محققین که روی گیاهان دارویی بومادران (*Achillea millefolium* L.)، رازیانه، چای ترش (*Hibiscus sabdariffa*) و گل راعی (*Hypericum perforatum* L.) مطابقت دارد (۱۳، ۱۶، ۱۷ و ۲۵). تاریخ کاشت دیر هنگام در قیاس با تاریخ کاشت به موقع باعث کاهش تجمع ماده خشک و بالطبع سبب کاهش محصول می‌گردد در کشت تأخیری، گیاه فرصت کافی جهت استفاده از امکانات محیط را ندارد و قادر نخواهد بود عملکردی در حد مطلوب تولید نماید (۱۱). ویدن (۴۵) نیز اظهار داشت که عملکرد ماده خشک مستقیماً با مقدار اشعه جذب شده به‌وسیله برگ‌های گیاه در مدت زمان کاشت تا برداشت ارتباط دارد و تأخیر در تاریخ کاشت تولید ماده خشک را کاهش می‌دهد.

ارتفاع بوته

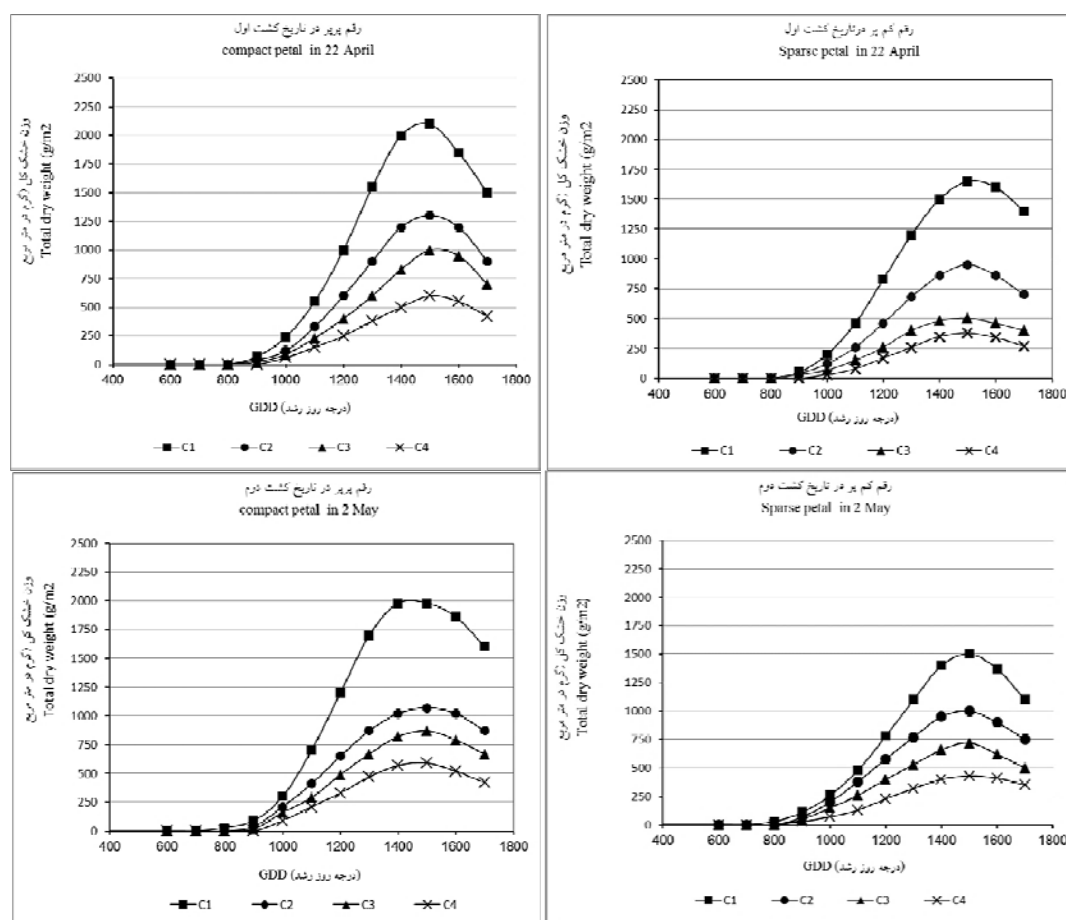
براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌های آزمایش علاوه بر اثرات اصلی تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم، بر همکنش دوگانه تیمارهای آزمایش بر صفت ارتفاع بوته همیشه بهار معنی‌دار بود (جدول ۱). براساس نتایج برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته بالاترین ارتفاع بوته در تاریخ کشت اول (۲ اردیبهشت) و در تراکم ۵۷ بوته حاصل گردید (جدول ۳). شایان ذکر است که در هر دو تاریخ کاشت افزایش تراکم بوته موجب افزایش ارتفاع همیشه بهار گردید. به‌طوری‌که تراکم ۵۷ بوته در متر مربع در تاریخ کاشت اول و دوم به‌ترتیب ارتفاع بوته را ۲۵/۱ و ۳۴/۴ درصد نسبت به تراکم ۲۶ بوته افزایش داد (جدول ۳). در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم پرپر نسبت به رقم کم پر از ارتفاع بوته بیشتری برخوردار بود (جدول ۳). قابل ذکر است که رقم پرپر در تمامی تراکم‌های آزمایش نیز از ارتفاع بوته بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود (جدول ۴). رقم مذکور در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته ارتفاع را به‌ترتیب ۴/۱، ۳/۶، ۵/۵ و ۶/۴ درصد نسبت به رقم کم پر در همان تراکم‌ها افزایش داد (جدول ۴).

نتایج حاکی از آن است که تأخیر در کشت موجب کاهش ارتفاع بوته همیشه بهار گردید. کوتاه شدن دوره رشد و کاهش فتوسنتز خالص در تیمار تاریخ کاشت دوم (۱۲ اردیبهشت) را می‌توان علت این موضوع دانست (۱۱). رضوانی مقدم و احمدزاده مطلق (۳۸) نیز گزارش نمودند که با افزایش تراکم گیاهی ارتفاع سیاهدانه (*Nigella sativa* L.) افزایش یافت. همچنین با افزایش تراکم بوته در متر مربع مشاهده شد که ارتفاع گیاه افزایش یافت. کاهش تراکم گیاهی سبب شده است که نور زیادتری به داخل گیاه نفوذ کند و از این رو رقابت بین بوته‌ها برای جذب نور کمتر شده و ارتفاع گیاهان کاهش یافته است.

در تراکم بالا گیاه سریع‌تر به شاخص سطح برگ مطلوب می‌رسد و مواد فتوسنتزی را سریع‌تر در اختیار اندام زایشی قرار می‌دهد و در نتیجه سریع‌تر پیر می‌گردند به عبارت دیگر دوام سطح برگ در تراکم بالا کمتر از تراکم‌های پایین است (۲۸). براساس گزارش کریمی و صدیق (۲۴) گزارش نمودند که افزایش تراکم گیاه در حد مطلوب سبب می‌گردد که شاخص سطح برگ در تراکم‌های بالا سریع‌تر از تراکم‌های پایین به حداکثر مقدار خود برسد. نتایج این تحقیق با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (۲۹ و ۴۰). رقم پرپر از شاخص سطح برگ بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار می‌باشند. کلاوسون و همکاران (۶) در تحقیقات خود نتیجه گرفتند که افزایش سطح برگ باعث افزایش سرعت فتوسنتز می‌شود که این امر روی دیگر کمیت‌های تجزیه و تحلیل رشد از جمله عملکرد اثر می‌گذارد. علت افزایش سریع و مناسب‌تر شاخص سطح برگ تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم را می‌توان به وجود دمای مساعدتر برای رشد برگ‌ها و بهره‌برداری بهتر از پتانسیل محیط نسبت داد. تأخیر در تاریخ کاشت سبب می‌شود گیاه نتواند از پتانسیل محیط به خوبی استفاده نماید و سطح برگ کافی جهت دریافت تشعشع تولید کند. این امر موجب می‌گردد در اثر تأخیر در کاشت سطح برگ کمتری و به دنبال آن ماده خشک کمتری تولید شود. نتایج این آزمایش با تحقیقات سایر محققین مطابقت دارد (۲۱).

ماده خشک کل (TDW)

همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌شود با افزایش تراکم بوته در واحد سطح میزان ماده خشک کل نیز افزایش پیدا می‌کند به‌طوری‌که در تمامی تیمارها حداکثر ماده خشک کل در تراکم ۵۷ بوته در متر مربع و کمترین آن به تراکم ۲۶ بوته در متر مربع تعلق دارد. از عوامل مؤثر دیگر در میزان TDW می‌توان به عامل رقم اشاره کرد. با توجه به نتایج حاصل دیده می‌شود که رقم پرپر در مقایسه با رقم کم‌پر از TDW بالاتری برخوردار است. تأخیر در تاریخ کاشت سبب کاهش ماده خشک کل گردید. افزایش ماده خشک کل در تراکم بیشتر را می‌توان به استفاده بهتر از عوامل محیطی در این شرایط نسبت داد. به اظهار بولاک و همکاران (۵) با ازدیاد تراکم به دلیل استفاده بهتر از منابع، مقدار تجمع ماده خشک افزایش می‌یابد. این روند در سایر گیاهان دارویی از جمله ماری تیغال (*Silybum marianum* L.) و رازیانه (*Foeniculum vulgare* L.) نیز مشاهده شده است (۱۲ و ۳۳). براساس نتایج سایر محققین در اثر کاهش فاصله بین ردیف توزیع و نفوذ نور، میزان تهویه بین بوته‌ها، میزان تبخیر و تعرق، حرارت گیاه و خاک، توزیع مواد غذایی و رطوبت خاک دچار تغییر شده و روی عملکرد تأثیر می‌گذارد و با ایجاد تراکم مطلوب، عملکرد مناسب حاصل می‌گردد (۱۲). تأخیر در تاریخ کاشت



شکل ۲- روند تغییرات وزن خشک کل ارقام پرپر و کم پر همیشه بهار در تاریخ کشت اول (۲ اردیبهشت) و تاریخ کشت دوم (۱۲ اردیبهشت) در تراکم‌های ۵۷ بوته (C1)، ۴۱ بوته (C2)، ۳۲ بوته (C3) و ۲۶ بوته (C4) در مترمربع

Figure 2- The trend of total dry weight changes of sparse and compact petal marigold in first planting date (22 April) and second planting date (2 May) in 57 (C1), 41 (C2), 32 (C3) and 26 (C4) plant densities in square meter

به‌طوری‌که تاریخ کشت ۲ اردیبهشت تیمار ۵۷ بوته و ۴۱ بوته در متر مربع نسبت به تراکم ۲۶ بوته تعداد گل را به‌ترتیب ۳۰/۳ و ۲۵/۴ درصد کاهش داد (جدول ۳). رقم پرپر نیز در هر دو تاریخ کاشت از تعداد گل بیشتری نسبت به رقم کم پر داشت (جدول ۳). رقم پر پر در تراکم‌های مختلف نیز از تعداد گل بیشتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود (جدول ۴). در چنین شرایطی رقم پرپر نسبت به رقم کم پر در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته در مترمربع تعداد گل را به‌ترتیب ۵/۵، ۹/۸، ۷/۵ و ۹/۷ درصد نسبت به رقم کم پر و در همان تراکم‌های کاشت بهبود داد (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد تأخیر در کشت از طریق کوتاه کردن فصل رشد و کاهش پتانسیل فتوسنتزی گیاه و مصادف شدن دوره گلدهی با دماهای بالا باعث شد تا تعداد گل در واحد سطح کاهش یابد (۱۱). در حالی‌که در تاریخ کاشت اول تولید و اختصاص مواد فتوسنتزی بیشتر به اندام‌های زایشی، شرایط مناسبی را برای افزایش تعداد واحد زایشی فراهم نموده است (۱۴). در گیاه

سرمدنیا و کوچکی (۴۱) معتقدند که در هنگام رقابت برای نور ارتفاع گیاهان ممکن است به دلیل اثر اتیوله کنندگی سایه شدید افزایش یابد. رسام و همکاران (۳۷) نیز گزارش نمودند که افزایش تراکم بوته انیسون (*Pimpinella anisum* L.) موجب افزایش ارتفاع بوته گردید.

تعداد گل در بوته

نتایج آزمایش حاکی از آن است که بر همکنش دوگانه تیمارهای آزمایش بر تعداد گل در بوته همیشه بهار معنی‌دار گردید ولی بر همکنش سه‌گانه تیمارها بر این صفت اثر معنی‌داری نداشت (جدول ۱). براساس برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم بوته بالاترین تعداد گل در تاریخ کاشت اول (۲ اردیبهشت) و در تراکم ۲۶ بوته در متر مربع حاصل گردید (جدول ۳) و افزایش تراکم در هریک از تاریخ‌های کاشت موجب کاهش تعداد گل در بوته همیشه بهار گردید.

باعث کاهش عملکرد در تاریخ‌های کاشت دیرتر گردیده است (۲۰). تأخیر در تاریخ کاشت بر روی وزن هزار دانه گیاهان دارویی دیگر از جمله زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) و گیاهان زراعی از قبیل گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز مؤثر بوده است (۷ و ۴۴).

شاخص کلروفیل

براساس نتایج آزمایش علاوه بر اثرات ساده تیمارهای آزمایش، اثر متقابل دوگانه تیمارهای آزمایش بر شاخص کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). در این بین بالاترین شاخص کلروفیل در تاریخ کاشت ۲ اردیبهشت و در تراکم ۵۷ بوته در متر مشاهده گردید و این شاخص با تأخیر در کاشت کاهش یافت (جدول ۳). تاریخ کشت دوم (۱۰ روز تأخیر) نسبت به تاریخ کشت اول شاخص کلروفیل را در تراکم ۵۷ بوته ۱۸/۴ درصد کاهش داد (جدول ۳). در بین رقم‌های مورد بررسی نیز بیشترین کلروفیل در رقم پرپر محاسبه گردید و چنین روندی در هر دو تاریخ کاشت مشاهده شد (جدول ۳). رقم پرپر در تراکم‌های مختلف نیز از شاخص کلروفیل بهتری برخوردار بود. به‌طوری‌که این رقم در تراکم‌های ۵۷، ۴۱، ۳۲ و ۲۶ بوته شاخص کلروفیل را به‌ترتیب ۲/۲۴، ۴/۹، ۵/۵۸ و ۸/۹۵ درصد نسبت به رقم کم پر افزایش داد (جدول ۴). به نظر می‌رسد افزایش تراکم در هر دو رقم مورد بررسی موجب افزایش شاخص کلروفیل شده است (جدول ۴). داتا و لاهییری (۱۰) نیز طی یک مطالعه بر گیاه عدس (*Lens culinaris* L.) اظهار داشتند، که با افزایش تراکم، میزان کلروفیل تا یک حد اپتیمم با افزایش مواجه می‌شود. مجنون حسینی و همکاران (۳۰) نیز اذعان داشتند که افزایش تراکم بوته موجب افزایش شاخص کلروفیل نخود (*Cicer arietinum* L.) گردید. به‌نظر می‌رسد بالاتر بودن درصد کلروفیل در تاریخ کاشت زودتر می‌تواند به دلیل طولانی‌تر بودن فصل رشد و استفاده از شرایط اقلیمی مناسب اوایل بهار باشد.

درصد روغن

تاریخ کاشت، تراکم و رقم همچنین برهمکنش دوگانه و سه‌گانه تیمارهای آزمایش بر درصد روغن هزار دانه همیشه بهار اثر معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داشتند (جدول ۱). تأخیر در کاشت، کاهش تراکم بوته در واحد سطح و کشت رقم کم پر سبب کاهش درصد روغن گردید (جدول ۲). بررسی برهمکنش تاریخ کاشت × تاریخ کاشت نشان می‌دهد که تأخیر در کشت موجب کاهش درصد روغن گردید به‌طوری‌که تاریخ کشت دوم در تراکم ۵۷ بوته در متر مربع ۱۳/۷ درصد روغن را نسبت به همان تراکم اما در تاریخ کشت اول کاهش داد (جدول ۳). قابل ذکر است که رقم پرپر در هر دو تاریخ کاشت و در تمامی تراکم‌ها درصد روغن بالاتری نسبت به رقم کم پر

انیسون نیز کاهش تعداد واحد زایشی را بر اثر تأخیر کاشت گزارش گردیده است (۳۷). با توجه به اینکه همیشه بهار گیاهی رشد نامحدود است، تنظیم تراکم مناسب مخصوصاً در طی دوره رشد زایشی از اهمیت زیادی برخوردار است (۴۲). از طرف دیگر افزایش تراکم باعث می‌شود گیاه منابع (فضا، آب و نیتروژن) کمتری جهت افزایش بیش از حد رشد در اختیار داشته و در نتیجه توازن مناسب میان رشد رویشی و زایشی برقرار نشده و نهایتاً از تعداد گل کمتری در تراکم‌های بالا برخوردار باشد (۳۱). در همین رابطه مارتین و دئو (۳۲) اظهار داشتند که با افزایش تراکم بر اثر تشدید رقابت تعداد گل در بوته کاهش می‌یابد که نتیجه تحقیق حاضر با آن مطابقت دارد. قابل ذکر است که رقم پرپر پتانسیل بالاتری در تولید گل داشت.

وزن هزار دانه

همان‌گونه که در جدول شماره ۱ ملاحظه می‌شود تاریخ کاشت، تراکم، رقم و همچنین اثر متقابل تراکم × رقم، تاریخ کاشت × رقم و برهمکنش تاریخ کاشت × تراکم اختلاف معنی‌داری در سطح ۱ درصد بر وزن هزار دانه به‌وجود آورده است. اما اثرات متقابل تاریخ کاشت × تراکم × رقم بر وزن هزار دانه معنی‌دار نبود. براساس جدول ۲ با افزایش تراکم و تاریخ کشت زودتر وزن هزار دانه همیشه بهار افزایش یافت. دیگر محققین نیز افزایش وزن هزار دانه را در راستای افزایش تراکم در حد مطلوب تأیید نموده‌اند (۴۰ و ۴۴). با توجه به برهمکنش تاریخ کاشت در تراکم بوته مشاهده می‌گردد که بالاترین وزن هزار دانه همیشه بهار در تراکم ۵۷ بوته و در تاریخ کشت ۲ اردیبهشت و کمترین وزن هزار دانه در تراکم ۲۶ بوته در متر مربع و در تاریخ کشت ۱۲ اردیبهشت حاصل گردید (جدول ۳). بررسی اثر متقابل تراکم و رقم بر وزن هزار دانه نشان می‌دهد که بیشترین وزن هزار دانه در تاریخ کاشت اول و رقم پرپر و کمترین وزن هزار دانه در تیمار تاریخ کاشت دوم و رقم کم پر حاصل گردید (جدول ۴). شایان ذکر است که رقم پرپر در اکثر تراکم‌های گیاهی مورد بررسی از وزن هزار دانه بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). که این تفاوت به پتانسیل رقم پرپر در تولید دانه با وزن بیشتر مربوط می‌باشد. وزن نهایی دانه تا حدود زیادی بین ژنوتیپ‌ها متغیر است (۳). براساس نتایج به‌دست آمده تأخیر در کاشت، کاهش تراکم بوته در متر مربع و استفاده از رقم کم پر موجب کاهش وزن هزار دانه همیشه بهار گردیده است. از آنجا که تاریخ کاشت بر طول دوره‌های رویشی و زایشی گیاه اثر می‌گذارد و همچنین طول دوره گلدهی و پر شدن دانه ارتباط مثبت بالایی با عملکرد دانه دارد، بنابراین به نظر می‌رسد که با توجه به کاهش فاصله سبز شدن گیاه تا گلدهی و همچنین گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیکی در کشت‌های دیرتر، گیاه قبل از رسیدن به شاخص سطح برگ مناسب وارد فاز زایشی گردیده و کاهش دریافت انرژی نورانی توسط برگ‌ها

تراکم بوته از جمله فاکتورهای مهم زراعی است به طوری که اگر تراکم مطلوب باشد کاهش رقابت بین گیاهان مجاور می تواند تأثیر مطلوبی بر شکل و اندازه نهایی گیاه همچنین عملکرد کمی و کیفی گیاهان داشته باشد (۱۸). افزایش درصد روغن در راستای افزایش تراکم بیان کننده این مطلب است که با فراهم آوردن تراکم مطلوب امکان استفاده از شرایط محیطی مناسب را برای گیاه فراهم کرده و گیاه قادر است محصول مناسبی تولید نماید (۳۵).

داشت (جدول ۳ و جدول ۴). رقم پرپر در تراکم های ۵۷ بوته و ۲۶ بوته درصد روغن را به ترتیب ۳/۳ و ۱/۳ درصد نسبت به رقم کم پر افزایش داد (جدول ۴). براساس نتایج برهمکنش سه گانه تاریخ کاشت × تراکم بوته × رقم ملاحظه می گردد که بالاترین درصد روغن در رقم پرپر، در تاریخ کاشت ۲ اردیبهشت و با تراکم ۵۷ بوته در متر مربع حاصل گردید (شکل ۱). گزارش های متعددی حاکی از تأثیر تراکم بوته بر میزان مواد مؤثره گیاهان دارویی می باشد (۳۶ و ۳۹).

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم بر برخی ویژگی های رشدی همیشه بهار
Table 1- Analysis variance of different levels effect of planting date, plant density and variety on some growth parameters of marigold

منابع تغییرات Source of variation	میانگین مربعات Means of square						
	درجه آزادی Degree of freedom	ارتفاع بوته Plant height	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weight	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن % Oil	درصد اسانس Essential % oil
تاریخ کاشت Planting date	1	292.02**	42.64**	43.58**	15.28	40.92**	34.7**
خطای ۱ Error 1	2	28.69	0.46	0.11	34.06	0.005	0.001
تراکم بوته Plant density	3	461.4**	13.21**	16.71**	12.8	8.95**	5.6**
رقم variety	1	241.5**	0.81*	10.02**	41.68	0.31**	0.9**
تراکم × رقم variety × Plant density	3	11.3	1.20**	0.66**	23.7*	0.06*	0.07*
تاریخ کاشت × تراکم Plant × Planting date	3	19.47**	2.40**	0.46**	11.2*	0.23*	0.3*
تاریخ کاشت × رقم variety × Planting date	1	19.2*	2.10**	0.26 ^{ns}	5.46*	0.08*	0.011*
تاریخ کاشت × رقم × تراکم variety × Planting date × Plant density	3	12.61 ^{ns}	0.80 ^{ns}	0.07 ^{ns}	3.91 ^{ns}	0.13 ^{ns}	0.2 ^{ns}
خطای ۲ Error 2	28	4.51	0.10	0.09	1.1	0.07	0.04
ضریب تغییرات CV (%)	–	9.2	10.5	7.5	8.1	6.4	5.8

**, *, ns: Significant at 1% and 5% probability level, Non-significant difference, respectively

**, *, ns: Significant at 1% and 5% probability level, Non-significant difference, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین سطوح مختلف تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم بر صفات کمی و کیفی همیشه بهار
Table 2- Mean comparison of different levels of planting date, plant density and variety on quantity and quality traits of marigold

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه Seed weight (g)	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن %Oil	درصد اسانس Essential % oil
تاریخ کاشت Planting date						
۲ اردیبهشت 22 April	43.88 a	18.45 a	113.13 a	38.25 a	16.9 a	0.182 a
۱۲ اردیبهشت 2 May	31.48 b	13.73 b	117.43 b	29.59 b	15.05 b	0.131 b
تراکم بوته Plant densities						
۵۷ بوته 57 plants	44.65 a	13.80 d	204.04 a	38.30 a	16.41 a	0.182 a
۴۱ بوته 41 plants	39.8 b	14.5 c	135.00 b	34.60 b	16.3 a	0.166 b
۳۲ بوته 32 plants	34.6 c	16.57 b	91.32 c	31.84 c	15.85 c	0.147 c
۲۶ بوته 26 plants	31.6 d	19.5 a	70.77 d	30.95 d	15.06 d	0.133 d
رقم Variety						
کم پر Sparse petal	43.20 b	15.80 b	118.55 b	36.98 b	15.89 b	0.153 b
پر پر Compact petal	47.00 a	17.26 a	132.01 a	39.10 a	16.05 a	0.164 a

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن می‌باشند.
In each column, means which followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level.

درصد اسانس

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها علاوه بر اثرات اصلی آزمایش، برهمکنش دوگانه تیمارهای تاریخ کاشت، تراکم بوته و رقم بر درصد اسانس همیشه بهار معنی‌دار گردید (جدول ۱). براساس اثر متقابل تاریخ کاشت × تراکم بوته، بالاترین درصد اسانس در تاریخ کاشت ۲ اردیبهشت و با تراکم ۵۷ بوته در متر مربع حاصل گردید. این در حالی بود که تأخیر در کاشت موجب کاهش درصد اسانس همیشه بهار شد (جدول ۳). از سوی دیگر برهمکنش تاریخ کاشت × رقم نشان می‌دهد که کشت ارقام پر پر در هر دو تاریخ کاشت از درصد اسانس بالاتری نسبت به رقم کم پر برخوردار بود (جدول ۳). رقم پر پر در تاریخ کاشت ۲ و ۱۲ اردیبهشت درصد اسانس را ۴ و ۳/۴ درصد نسبت به رقم کم پر در همان تاریخ کاشت افزایش داد (جدول ۳). رقم پر پر در تراکم‌های مختلف نیز از درصد اسانس بالاتری برخوردار بود (جدول ۴). در این بین بالاترین درصد اسانس در تراکم

۵۷ بوته در متر مربع و در رقم پر پر مشاهده شد، در حالی که کمترین اسانس با کشت رقم کم پر و در تراکم ۲۶ بوته در متر مربع حاصل گردید (جدول ۴). در همین رابطه جولی و همکاران (۲۲) ادعان داشتند در زراعت همیشه بهار نحوه کشت و خصوصیات زراعی می‌تواند بر میزان ماده مؤثره و روغن آن تأثیر بگذارد که تحقیق حاضر با آن مطابقت دارد. کشت به هنگام گیاه سبب شده تا گیاه فرصت کافی برای استفاده از شرایط محیطی را داشته باشد و بتواند محصول بیشتر و درصد اسانس بالاتری در قیاس با گیاهان کشت شده در تاریخ کاشت دوم تولید کند (۳۴).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی، تأخیر در تاریخ کاشت موجب کاهش شاخص‌های رشد از جمله TDW گردید. تأخیر کاشت به دلیل کوتاه شدن دوران رشد رویشی سبب کاهش LAI نسبت به تاریخ کاشت اول شد.

اردیبهشت و در رقم پرپر مشاهده شد. این درحالی بود که با افزایش تراکم نیز تمامی صفات مورد بررسی (به استثنای تعداد گل در بوته) افزایش یافت. براساس نتایج آزمایش کشت رقم پرپر در تاریخ ۲ اردیبهشت و تراکم گیاهی ۵۷ بوته در متر مربع بهترین عملکرد همیشه بهار را حاصل نمود.

بدیهی است که کاهش شاخص سطح برگ سبب کاهش میزان فتوسنتز در برگ شده و در نتیجه کاهش رشد را به دنبال داشته است. افزایش تراکم به دلیل استفاده بهینه از شرایط و عوامل محیطی سبب افزایش شاخص های رشدی، صفات کمی و کیفی همیشه بهار گردید. در همین رابطه بالاترین ارتفاع بوته، تعداد گل، وزن هزار دانه، شاخص کلروفیل و درصد روغن و اسانس در تاریخ کشت ۲

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل تاریخ کاشت × تراکم و اثر متقابل تاریخ کاشت × رقم بر صفات کمی و کیفی همیشه بهار

Table 3- Mean comparison of interaction effects of planting date × plant density and planting date × variety on quantity and quality traits of marigold

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 Seed weight (g)	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن %Oil	درصد اسانس Essential % oil
۲ اردیبهشت 22 April	۵۷ بوته 57 plant	51.01 a	15.6 cd	9.73 a	42.2 a	17.84 a
	۴۱ بوته 41 plant	46.3 b	16.7 c	9.01 b	39.1 b	17.15 b
	۳۲ بوته 32 Plant	40.05 c	19.11 b	7.71 c	36.4 c	16.74 c
	۲۶ بوته 26 plant	38.18 cd	22.4 a	7.33 d	35.3 c	16.20 d
۱۲ اردیبهشت 2 May	۵۷ بوته 57 plant	38.3 d	12.01 f	7.92 c	34.4 a	15.39 e
	۴۱ بوته 41 plant	33.32 e	12.3 f	7.05 d	30.1 b	15.40 e
	۳۲ بوته 32 Plant	29.2 f	14.04 d	6.26 e	27.28 c	14.97 g
	۲۶ بوته 26 plant	25.11 g	16.6 c	4.93 f	26.6 c	14.30 h
۲ اردیبهشت 22 April	کم پر Sparse petal	45.5 bc	18.1 b	Ns	38.4 b	16.9 b
	پر پر Compact petal	49.4 a	21.4 a	Ns	41.4 a	17.6 a
۱۲ اردیبهشت 2 May	کم پر Sparse petal	40.9 d	13.8 d	Ns	33.3 d	15.1 d
	پر پر Compact petal	44.6 c	16.03 c	Ns	36.02 c	15.8 c

در هر ستون میانگین هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی دار در سطح پنج درصد با آزمون دانکن می باشند.
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تراکم × رقم بر صفات کمی و کیفی همیشه بهار

Table 4- Mean comparison of interaction effects of plant density × variety on quantity and quality traits of marigold

تیمارها Treatments	ارتفاع بوته Plant height (cm)	تعداد گل در بوته Number of flowers in plant	وزن ۱۰۰۰ دانه Seed weight 1000 (g)	شاخص کلروفیل SPAD Number	درصد روغن %oil	درصد اسانس Essential % oil
۵۷ بوته 57 plant	کم پر Sparse petal 48.1 b	12.4 fg	8.09 b	39.02 c	17.23 b	0.192 b
	پر پر Compact petal 50.2 a	13.13 f	9.56 a	40.10 c	17.8 a	0.211 a
۴۱ بوته 41 plant	کم پر Sparse petal 44.5 d	14.6 e	7.86 bc	42.10 b	16.64 d	0.162 d
	پر پر Compact petal 46.2 c	16.22 c	8.2 b	44.3 a	16.6 c	0.173 c
۳۲ بوته 32 Plant	کم پر Sparse petal 41.2 e	17.01 c	6.48 d	35.31 e	16.2 f	0.139 ef
	پر پر Compact petal 43.6 d	18.4 bc	7.5 c	37.40 d	16.52 de	0.144 e
۲۶ بوته 26 plant	کم پر Sparse petal 34.6 g	19.2 ab	5.71 e	31.5 f	15.6 h	0.120 g
	پر پر Compact petal 39.2 f	21.3 a	6.55 d	34.6 ef	15.81 g	0.131 f

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند.

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

References

- Aflatuni, A. 2005. The yield and essential oil content of mind (*Mentha* ssp.) in Ontario. Canada Journal of Essential oil Research 35: 663-666.
- Azari, A., and Khajeh poor, M. 2003. Effect of planting method on yield and yield components on *Carthamus tinctorious* L. Journal of science and technology of agriculture and natural resource 1 (7): 20-25.
- Azizi, M., Soltani, A., and Khavari, S. 2008. Rape, physiology, breeding, bio technology (translation). Jahad, Mashhad University Press, 158 pages.
- Beheshti, A., Koocheki, A., and Nasiri Mahalati, M. 2002. The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. Seed and Plant Improvement Journal 18 (4): 417-431. (in Persian).
- Bullock, D. G., Nielson, R. L., and Nyquist, W. E. 1993. A growth analysis comparison of corn rows in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science 28: 254-285.
- Clawson, K. L., Specht, J. E., and Blad, B. L. 1986. Growth analysis of soybean Isolines differing in pubescence density. Agronomy Journal 78: 164-172.
- Dadashi, N. 2001. Effect of sowing date on yield of safflower. Master Thesis Agronomy, College of Agriculture, Isfahan University of Technology. (in Persian with English abstract).
- Dehdashti, M., Soleimani, A., and Nasir, B. M. 2008. Effect of delayed planting on physiological parameters of rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of research in the Agricultural Sciences 4 (2): 163-152. (in Persian).
- Draycott, A. P. T., and Webb, D. J. 1971. Effects of nitrogen fertilizer, plant population and irrigation on sugar beet yields. Journal of Agriculture Science 76: 261-267.
- Dutta, R. K., and Lahiri, B. P. 1998. Growth and yield of Lentil in relation to population pressure. Lens Newsletter 25 (1-2): 27-29.
- Estakhr, A., and Choukan, R. 2006. Effects of planting date and density of female parent B73 on hybrid seed production of KSC704 in Fars province. Seed and plant improvement journal 22 (2): 167-183. (in Persian).
- Fatehi, F., Bahramnejad, S., Maleki, M., Pirkhezri, M., and Shamsodin Vandi, R. 2007. Effect of density on yield and yield components of *Silybum marianum*. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).

13. Fotokian, M., Yousefzadeh, Y., and Talebzadeh, L. 2007. Effect of sowing date on yield and dry matter and content of Hypericum of (*Hypericum perforatum* L). The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian with English abstract).
14. Galavi, M., Ramroudi, M., and Mansouri, S. 2007. Effect of sowing dates on yield, yield components and quality of isabgol (*Plantago ovata*) in Sistan region. Pajouhesh and Sazandegi 77: 135-140. (in Persian with English abstract).
15. Gazim, Z. C., Rezende, C. M., Fraga, S. R., and Svidzinski, T. I. E. 2008. Antifungal activity of the essential oil from *Calendula officinalis* L. growing in Brazil. Brazilian Journal of Microbiology 39: 61-63.
16. Ghanbari, A., Mayer, B., and Sarani, Sh. 2007. Effect of planting date and row spacing on yield of hibiscus tea. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).
17. Ghani A., and Azizi, M. 2007. Effect of sowing date on morphological characteristics, yield and essential oil of (*Achillea millefolium* subsp. *millefolium*.). The third conference medicinal plants, Iran. (in Persian).
18. 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 Science 2 (21): 69-86. (in Persian with English abstract).
19. Imani, A. 2001. Effect of sowing date on yield and yield components on *calendula officinalis* L. in Ardabil. Iranian congress medicinal plants.
20. Iran-Nejad, H., and Hoseini Mazinani, S. M. 2005. The effect of planting date on the seed yield of three varieties of oil flax in Varamin. Journal of Agricultural Sciences 11 (4): 111-120. (in Persian with English abstract).
21. Javaheiri, M. A., Zinaldini, A., and Najafi, H. 2004. Effect of planting date on growth indices of sugar beet in Arzoieh Region (autumn sowing). Pajouhesh and Sazandegi 62: 58-63. (in Persian with English abstract).
22. Joly, R., Forcellab, F., Petersonb, D., and Eklundb, J. 2013. Planting depth for oilseed calendula, Industrial Crops and Products 42: 133-136.
23. Karimi, M., and Azizi, M. 1994. Analysis of crop. Jahad, Mashhad University Press, 111 pages.
24. Karimi, M. M., and Siddique, K. H. M. 1991. Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research 42: 13-20.
25. Kazerani, N., SadAbadi, L., and Dashti, P. 2007. Effect of sowing date on yield and agronomic traits of fennel under Borazjan climatic conditions. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).
26. Khalid, A., and Jaime, T. D. A. 2010. Yield, essential oil and pigment content of *Calendula officinalis* L. flower heads cultivated under salt stress conditions. Scientia Horticulturae 126: 297-305.
27. Langdon, P. W., Whitleya, A. W., Mayer, R. J., Pegg, K. G., and Smith, M. K. 2008. The influence of planting density on the production of Goldfinger (*Musa* spp., AAAB) in the subtropics. Scientia Horticulturae 115: 238-243.
28. Lebaschy, M. H., Rezai, H., and Karim, M. 1994. Evaluation of influenced growth physiological parameters on oat and barley cultivars. Pajouhesh and Sazandegi 24: 53-46. (in Persian with English abstract).
29. Lebaschy, M. H., and Sharifi, E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. Pajouhesh and Sazandegi 65: 65-75. (in Persian with English abstract).
30. Majnoon Hosseini, N., Mohammadi, H., Poustini, K., and Zeinaly Khanghah, H. 2003. Effect of plant density on agronomic characteristics, chlorophyll content and stem emobilization percentage in Chickpea Cultivars (*Cicer arietinum* L). Iranian Journal of agriculture science 34 (4): 1011-1019. (in Persian with English abstract).
31. Marisol-Berti, D., Rosemarie wilckens, E., Felicitas Hevia, H., and Alejandro Montecino, Y. 2003. Influence of sowing date and seed origin on the of capitol *Calendula officinalis* L. during two growing seasons in Chili. Agriculture technology 63 (1): 3-9.
32. Martin, R. J., and Deo, B. 2000. Effect of plant population on calendula (*Calendula officinalis* L.) flower production. New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science 28: 37-44.
33. Mohamadi, Kh., Nabilahi, K., Kalamian, S., and Souri, N. 2007. Effect of plant density and Nitrogen fertilizer levels on phonological stages of fennel. The third conference of medicinal plants, Iran. (in Persian).
34. Morteza, E., Akbari G. A., Modares-Sanavi, S. A. M., and Aliabadi Frahani, H. 2009. Effects of sowing date and planting density on quality features in Valerian (*Valeriana officinalis* L.). Journal of Ecology and the Natural Environment 1 (9): 201-205.
35. Pirzad, A. R., Aliyari, H., Shakiba, M. R., Zehtab-Salmasi, S., and Mohammadi, S. A. 2008. Effects of irrigation and plant density on water-use efficiency for essential oil production in *Matricaria chamomilla* L. Agriculture Science 18 (2): 49-58. (in Persian with English abstract).
36. Rahmani, N., Valadabadi, S., Daneshian, j., and Bigdelli, M. 2008. Effect of nitrogen application on yield and physiological parameters of Calendula plants under drought stress. Journal of Medicinal and Aromatic Plants 1: 108-101. (in Persian with English abstract).
37. Rassam, Gh., Naddaf, M., and Sefidcon, F. 2007. Effect of planting date and plant density on yield and seed yield components of Anise (*Pimpinella anisum* L). Pajouhesh and Sazandegi 75: 127-133. (in Persian with English abstract).

38. Rezvani Moghaddam, P., and Ahmadzadeh Motlagh, M., 2007. Effect of sowing date and plant density on yield and yield components of black cumin (*Nigella sativa*) in Islamabad-Ghayein. Pajouhesh and Sazandegi 76: 62-68. (in Persian with English abstract).
39. Salamon, I. 2007. Effect of the internal and external factors on yield and qualitative-quantitative characteristics of chamomile essential oil. I International Symposium on Chamomile Research, Development and Production. Acta Horticulture 749: 45-64.
40. Samadi, A. 2002. Effect of plant density and sowing date on yield of two varieties of rapeseed. Master Thesis Agronomy, College of Agriculture, Shiraz University. (in Persian with English abstract).
41. Sarmdnya, Gh., and Koocheki, A. 1990. Crop Physiology (Translation). Jahad, Mashhad University Press, 467 p.
42. Tabatabaie, R., Amini Dehaghi, M., Shahmoradi, M., and Kaviani Ahangar, F., 2011. Effects of planting date and different amounts of nitrogen fertilizer on the yield and yield components of two marigold varieties (*Calendula Officinalis*). Journal of Agronomy Science 3 (5): 103-118. (in Persian with English abstract).
43. Valadares, S. V., Honorio, I. C. G., Junior, C. F. C., Valadares, R. V., Barbosa, C. K. R., Martins, E. R., and Fernandes, L. A. 2010. Production of Marigolds planted on Bahia grass as a function of organic fertilization. Biotemas 23: 21-24.
44. Veisi, H., Bahram Nejad, S., Rouzrokh, M., and Ahmadi, Gh. 2007. Effect of planting date, plant density and spacing on yield and yield components of Cumin in Salas-Babajani. The third conference medicinal plants, Iran. (in Persian).
45. Weeden, B. R. 2000. Potential of sugar beet on the Atherton tableland. Rural Industries Research and Development Corporation. 102 p.



Effects of Planting Date and Plant Density on Physiological Indices, Quantity and Quality Traits of Two Varieties of Marigold (*Calendula officinalis* L.)

A. Sepehri^{1*} - T. Mehranrad² - A. Karami³

Received: 16-04-2014

Accepted: 13-06-2015

Introduction

Marigold (*Calendula officinalis* L.) is originated from North West Africa and Mediterranean area, is a medicinal plant used for several purposes. It is an annual herb or short-lived perennial from the Asteraceae family with yellow or orange flowers. The Marigold has been used as a traditional medicine and food dye, but is currently used as an anti-inflammatory and wound healer. It is grown for drug, obtained from the flowers. The flowers blossom during summer three or more times per year. The essential oil of yellow or orange petals of *Calendula officinalis* L. is one of the important yield components which is used for food and medicine. Moreover, the seed has an oil content of 5-20 %. Seed oil could be used as a binder in paints, coating and cosmetics.

Growth, development and production of medicinal plants, as well as other plants are affected by genetic and agronomic factors. Planting date and plant density are two most important factors that can affect yield and yield components. Planting date affects the quantity and quality of secondary metabolites of medicinal plants. The optimum sowing date and plant density can improve the light and temperature absorption and other factors during the growing season. The positive effects of optimal planting date and plant density has been described by a number of researchers. The Plant population is dependent on the plant characters, growth period, time and method of cultivation. Also, the suitable sowing date has advantages for maximum production. Early sowing in the spring causes weakly establishment of plant and late planting date shortens growth period and simultaneous flowering period due to high temperature in summer. In this study, the effects of plant density and planting date on physiological indices, quantity and quality of two varieties of spare and compact marigold has been evaluated.

Materials and Methods

In order to determine the effects of planting date and plant density on physiological indices, quantity and quality traits of two varieties of marigold (*Calendula officinalis* L.), a split-factorial experiment with three replications was carried out in agricultural research station in Arak (latitude: 34° 5' N; longitude: 29° 42' E; 1757 m altitude) in 2010 the growing season. Soil was silty-loamy with pH of 7.5 and EC of 0.8 Ds ms⁻¹. The experimental factors included two planting dates (22 April and 2 May), four planting densities (26, 32, 41 and 57 plants/m²) and two varieties (sparse and compact petal). Thinning was performed 20 days after cultivation. Irrigation was carried out in 7 days intervals. For determination of growth indices, ten plants from each plot cut from crown and dried for 48 h in oven at 70°C and then weighted. The plant height, number of flowers per plant, leaf chlorophyll, leaf area index, total dry matter, seed yield, 1000 seed weight, essential oil and grain oil were measured. The extraction of the essential oil of the flower was performed using the Clevenger apparatus by steam distillation (1). Extraction of grain, oil was accomplished according to the soxhlet standard method. The data were analyzed using the statistical analysis system (SAS 9.1) and means were compared using Duncan test at $P \leq 0.05$ probability.

Results and Discussion

Results showed that, planting date and plant density had significant effects on physiological indices, plant height, and number of flowers per plant, 1000 grain weight, chlorophyll index, oil percent and essential oil percentage of marigold. Late planting and decreasing plant density, reduced leaf area index (LAI), total dry weight (TDW) and crop growth rate (CGR) indices. The compact petal variety showed the highest growth indices compared with spare petal plants. On the other hand, early planting, high plant density and compact

1- Assistant Prof., Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan

2- M.Sc Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan

3- PhD Student, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University, Hamadan

(*- Corresponding Author Email: Sepehri110@yahoo.com)

petal variety increased the growth and development of plants. The first planting date had higher leaf area index compared to second sowing date. It seems that first sowing date made adequate leaf area indices for light and radiation absorption for photosynthesis. Number of 57 plants per square meter in the first and second planting dates improved plant height by 25.1 % and 34.4 %, compared to 26 plants per square meter, respectively. It is noticeable that delay in planting date reduced the mention plant traits. The second planting date (2 May) with 57 plants per square meter in comparison to the first planting date (22 April) decreased chlorophyll index by 18.4%. The compact petal variation showed the highest number of flower and oil percent in comparison with sparse petal variety. The compact petal variety in the number of 57, 41, 32 and 26 plants densities increased essential oil percentage by 9.8, 6.8, 3.5 and 9.1 % compared to sparse petal, respectively. Martin and Deo (32) showed that the highest flower yield in *Calendula officinalis* L. was observed in 40 plants/m² density and April 15 sowing date.

Conclusions

The present study showed that the best result for different traits with the exception of number of flower per plant achieved in the first sowing date (22 April) with a compact petal variety and 57 plants per square meter. Therefore, this treatment is suitable for marigold cropping in Arak situation and areas with similar climate and weather.

Keywords: Essential oil, Growth, Marigold, Plant sowing



اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین و ذرت بچه هیبرید KSC 403

هاجر باوی^۱ - محمدرضا مرادی تلاوت^{۲*} - سید عطاءاله سیادت^۳ - احمد کوچک زاده^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۱/۲۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

چکیده

به منظور بررسی اثر تراکم بوته و روش برداشت بر عملکرد ذرت شیرین و ذرت بچه آزمایشی طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان اجرا گردید. در این آزمایش تراکم بوته در چهار سطح (۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ بوته در متر مربع) و روش برداشت در دو سطح (برداشت به صورت ۱۰۰٪ ذرت بچه و برداشت به صورت ۱۰۰٪ ذرت شیرین) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار بررسی شد. تراکم بوته در روش برداشت ذرت بچه بر تمام اجزای عملکرد به جز وزن بلال بدون پوشش اثر معنی‌داری داشت به گونه‌ای که با افزایش تراکم بوته، تعداد بلال در واحد سطح و درصد بلال غیر استاندارد افزایش یافت ولی از وزن بلال و درصد بلال استاندارد کاسته شد. بالاترین عملکرد بلال بدون پوشش، بدون پوشش استاندارد و غیر استاندارد به ترتیب با ۲۶۴۹/۵، ۷۶۶/۹۷ و ۳۰۴۳/۹ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع به دست آمد. در ذرت شیرین نیز تراکم بوته بر کلیه اجزای عملکرد معنی‌دار بود و با افزایش تراکم از ۷ به ۱۳ بوته در متر مربع، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه کاهش یافت. بالاترین عملکرد دانه (۱۲۳۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بلال سبز (۱۲۶۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار) در تراکم ۹ بوته در متر مربع حاصل شد. محاسبه همبستگی بین عملکرد و اجزای آن در ذرت بچه بر خلاف ذرت شیرین نشان داد که بین تعداد بوته در واحد سطح و عملکرد همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد.

واژه‌های کلیدی: بلال استاندارد، بلال بدون پوشش، بلال سبز، وزن هزار دانه، همبستگی

مقدمه

(۱۳).

ذرت بچه همان بلال سبز ذرت شیرین است که بافتی ترد، ظریف و طعم شیرینی دارد که می‌تواند از ارقام بسیار متداول ذرت و در زمان گرده‌افشانی، برداشت شود. این محصول دارای کربوهیدرات، چربی، پروتئین، قند، مواد معدنی و ویتامین‌هایی از قبیل B و C است و قابلیت هضم آن نیز بالاست (۴). ذرت شیرین و ذرت بچه محصولاتی با دوره رشد کوتاه بوده و با توجه به ارزش غذایی بالای آن‌ها علاقه‌مندی به مصرف تازه‌خوری و یا کنسرو شده‌ی آن‌ها در حال افزایش است. یکی از عوامل مهم جهت دست‌یابی به حداکثر عملکرد در زراعت ذرت، انتخاب تراکم مناسب با توجه به شرایط منطقه، پتانسیل تولید منطقه و همچنین نوع مصرف و نوع هیبرید است (۱۶). محققین در یک مطالعه‌ی تعیین تراکم مناسب برای ذرت شیرین در منطقه شمال شرقی ایالت متحده آمریکا نشان دادند در صورتی که بلال‌هایی با طول بالاتر از ۱۷/۷۸ سانتی‌متر مورد نظر باشد، با توجه به رقم، باید تراکم بین ۳۵۵۰۰ تا ۵۹۳۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شود (۸). پژوهشگران دیگری با بررسی الگوی کاشت و تراکم بوته (۷، ۱۰ و ۱۳ بوته در متر مربع) بر روی ذرت شیرین نشان دادند که اثر متقابل تراکم بوته و آرایش کاشت بر تعداد دانه در ردیف و عملکرد

ذرت از خانواده‌ی گندمیان (Poaceae) است که به علت تنوع فوق‌العاده در فرم، کیفیت و عادت رشد در بخش وسیعی از مناطق مستعد کشاورزی جهان مورد کشت و کار و بهره‌برداری قرار می‌گیرد. از میان زیر گونه‌های متعدد ذرت، ذرت شیرین به یکی از مهم‌ترین زیرگونه‌ها تبدیل شده است. ذرت شیرین (*Zea mays var saccharata*) با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس su از کروموزوم شماره ۴ ذرت معمولی حاصل شده است. این جهش باعث می‌شود که آندوسپرم دانه در حدود دو برابر بیشتر از ذرت معمولی قند ذخیره کند

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳- استاد گروه زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴- استادیار فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: moraditelavat@yahoo.com)

ذرت در دو سطح (برداشت ۱۰۰٪ به صورت ذرت بچه و برداشت ۱۰۰٪ به صورت ذرت شیرین). برای ایجاد تراکم‌های مورد نظر، فواصل روی ردیف به ترتیب ۱۹، ۱۵، ۱۲ و ۱۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. در این آزمایش از هیبرید KSC 403 su استفاده شد که دارای خصوصیت چند بلالی است.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- physical and chemical characteristics of soil

عمق نمونه برداری (cm)	EC (ds.m ⁻¹)	K (ppm)	P (ppm)	N (%)	درصد مواد آلی (%) OM
0-30	3.1	214	6.2	0.07	0.66

کشت به صورت جوی و پشته‌ای انجام شد که در هر کپه سه بذر کاشته شد و سپس در مرحله چهار تا شش برگی، به یک بوته تنک شدند. هر کرت شامل ۷ خط کاشت به طول چهار متر بود و فاصله بین پشته‌ها ۷۵ سانتی متر در نظر گرفته شد همچنین بین تکرارها دو متر فاصله ایجاد شد. برداشت تمام بلال‌ها به منظور ذرت بچه چندین مرتبه در زمان دو تا سه روز پس از آغاز گرده‌افشانی و برای ذرت شیرین در آغاز مرحله‌ی خمیری دانه (رطوبت ۳۰ درصد) صورت گرفت. بدین منظور، بوته‌ها پس از حذف نیم متر حاشیه از دو طرف، توسط دست برداشت شدند. با توجه به ناهمگنی ماده‌ی آزمایشی (گیاهان ذرت بچه و ذرت شیرین)، امکان مقایسه‌ی عملکرد ذرت بچه و ذرت شیرین و در نتیجه تجزیه‌ی واریانس داده‌ها در آزمایش براساس طرح‌های آماری چند فاکتوره وجود نداشت بنابراین از طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار برای بررسی تراکم بوته استفاده شد. تجزیه‌ی آماری داده‌ها، شامل تجزیه‌ی واریانس و مقایسه میانگین‌ها، با استفاده از نرم افزار سیستم آنالیز آماری (SAS۹/۲)، و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح پنج درصد انجام شد (۱۷).

نتایج و بحث

۱. ذرت بچه

اثر تراکم بوته بر تعداد بلال در واحد سطح معنی‌دار بود (جدول ۲). به گونه‌ای که با افزایش تراکم بوته، به تعداد بلال در واحد سطح نیز افزوده شد. مقایسه میانگین تعداد بلال در واحد سطح در ذرت بچه نشان می‌دهد که با افزایش تراکم از ۷ به ۱۳ بوته در متر مربع، تعداد بلال در واحد سطح از ۱۸/۰۲ به ۲۲/۷۵ بلال افزایش یافت (جدول ۳).

دانه تأثیر معنی‌داری داشت به طوری که با افزایش تراکم به ۱۰ بوته در متر مربع عملکرد دانه در آرایش کشت دو ردیفه افزایش یافت (۱۵). همچنین در یک آزمایش دیگر با بررسی چهار رقم ذرت و سه تراکم (۴۵، ۵۵ و ۶۵ هزار بوته در هکتار) محققین به این نتیجه رسیدند که تراکم بوته بر طول بلال، تعداد دانه در بلال، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت اثر معنی‌داری داشته است به طوری که بالاترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار به دست آمد (۱۴). محققین دیگری در تحقیقات خود به این نتیجه رسیدند که تراکم بوته بر صفاتی مانند شاخص برداشت، تعداد بلال در هکتار و تعداد ردیف در بلال ذرت شیرین اثر معنی‌داری داشته است. این محققین همچنین حداکثر عملکرد دانه ذرت معمولی (۱۰/۴۲۸ تن در هکتار) را مربوط به تراکم ۹۰ هزار بوته در هکتار عنوان کردند (۲). در یک آزمایش دیگر در بررسی تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت بچه گزارش شد که در تراکم‌های بالا درصد بلال استاندارد کاهش یافت اما به درصد بلال غیر استاندارد افزوده شد (۹). همچنین گزارش شده است که بیشترین درصد بلال غیر استاندارد در تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار در روش برداشت دو منظوره ذرت بچه و ذرت شیرین به میزان ۷۴/۶۱ درصد به دست آمد (۱). بررسی‌ها نشان می‌دهد که در ارتباط با ذرت بچه تحقیقات خیلی کمی در استان خوزستان انجام شده است و بیشتر تحقیقات انجام شده در رابطه با ذرت خوراکی (به صورت تازه خوری و کنسرو) بر روی ذرت شیرین متمرکز شده است. بنابراین انجام تحقیقات بیشتر بر روی تولید ذرت بچه و همچنین تولید دو منظوره (ذرت شیرین و ذرت بچه) برای تعیین بهترین تراکم و روش برداشت برای حصول بالاترین عملکرد و افزایش تولید در واحد سطح ضروری است. با توجه شرایط آب و هوایی و تابستان طولانی خوزستان و همچنین افزایش گرایش به مصرف ذرت بچه و ذرت شیرین در کشور تحقیق حاضر ضروری می‌نمود. بنابراین در تحقیق حاضر تولید ذرت بچه و دانه از هیبرید ذرت شیرین مورد بررسی قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۱۳۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه‌ی پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان، واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه ارتفاع از سطح دریا حدود ۲۰ متر انجام شد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل‌های آزمایش عبارت بودند از: تراکم بوته در چهار سطح (۷، ۹، ۱۱ و ۱۳ بوته در متر مربع) و روش برداشت

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌بچه (میانگین مربعات) در سطوح مختلف تراکم بوته
Table 2- Analysis of variance yield and yield components baby corn in different plant density

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	واحد سطح N.ear/ha	وزن بلال			درصد بلال استاندارد % standard ear	درصد بلال غیر استاندارد % sub standard ear	عملکرد بلال بدون پوشش Dehusked ear yield	عملکرد بلال با پوشش Husked ear yield	عملکرد بلال بدون پوشش استاندارد Dehusked sub standard ear yield
			بدون پوشش Weight dehusked ear	پوشش Weight husked ear	وزن بلال با پوشش Weight husked ear					
Block(R)	3	3.437**	0.615**	9.936 ^{ns}	1.554*	0.372 ^{ns}	89231.72 ^{ns}	23587.52 ^{ns}	3804.29 ^{ns}	80207.51 ^{ns}
Plant density(D)	3	15.825**	0.241 ^{ns}	15.318*	4.453*	0.787**	774633.27**	1899422.17**	31000/57*	748400.2**
Error(A)	9	0.453	0.206	3.068	0.251	0.575	29830.23	10764.24	5186.11	50081.04
C.V (%)		3.28	3.22	3.8	2.39	0.96	7.92	1.47	11.15	9.11

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ^{ns} غیر معنی دار
* and ** : significant at the 5% and 1% probability levels, respectively
Ns: Non- significant

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌بچه در تراکم‌های مختلف بوته

Table 3- Mean comparison for yield and yield components in baby corn in different plant density

تراکم بوته (plant/ m ²)	تعداد بلال در واحد سطح N.ear/ha	وزن بلال بدون پوشش		وزن بلال با پوشش		درصد بلال غیر استاندارد % standard ear	درصد بلال غیر استاندارد % sub standard ear	عملکرد بلال بدون پوشش Dehusked ear yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بلال با پوشش Husked ear yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بلال بدون پوشش استاندارد Dehusked sub standard ear yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بلال بدون پوشش غیر استاندارد Dehusked sub standard ear yield (kg/ ha)
		Weight dehusked ear (g)	Weight husked ear (g)	Weight dehusked ear (g)	Weight husked ear (g)						
7	18.0	14.4	48.4	23.2	76.8	1712.4	6262.9	571.3	2041.2	571.3	2041.2
9	20.0	14.1	46.7	21.2	78.8	1913.7	6759.0	591.4	2249.3	591.4	2249.3
11	21.2	14.2	45.2	20.1	79.9	2446.3	7354.8	652.5	2486.5	652.5	2486.5
13	22.8	13.8	43.8	20.0	80.5	2649.5	7842.2	767.0	3043.9	767.0	3043.9
LSD _{0.05}	1.1	0.8	2.1	0.8	1.5	300.4	351.2	176.3	401.2	176.3	401.2

معمولی و همچنین ذرت شیرین است و به همین دلیل باید برای رسیدن به نتیجه‌ی قابل توصیه، در آزمایش‌های بعد تراکم‌های بالاتر از ۱۳ بوته در مترمربع بررسی شود.

همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌بچه

شناخت همبستگی بین عملکرد و اجزای آن و یافتن نوع روابط بین آن‌ها و استفاده از این روابط در معرفی هیبریدهای جدید از طریق به‌نژادی می‌تواند در بهبود عملکرد مؤثر باشد. نتایج همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت‌بچه در جدول ۴ آمده است. عملکرد بلال با و بدون پوشش با تعداد بلال در واحد سطح همبستگی مثبت و با وزن تک‌بلال با و بدون پوشش همبستگی منفی دارند، که نشان می‌دهد که با افزایش تراکم، از وزن بلال کاسته، اما به دلیل افزایش تعداد بوته در واحد سطح عملکرد بلال افزایش پیدا می‌کند. همچنین عملکرد بلال با و بدون پوشش با درصد بلال استاندارد و غیر استاندارد به‌ترتیب همبستگی منفی و مثبت دارند. دلیل امر این است که با افزایش تراکم، درصد بلال استاندارد کاهش و درصد بلال غیر استاندارد، افزایش می‌یابد.

در مورد عملکرد بلال استاندارد نتایج همبستگی نشان می‌دهد که این صفت به‌ترتیب همبستگی مثبت و منفی را با تعداد بلال در واحد سطح و درصد بلال استاندارد دارد زیرا با افزایش تراکم، به تعداد بلال در واحد سطح افزوده اما از درصد بلال استاندارد کاسته می‌شود. عملکرد بلال غیر استاندارد به‌جز با وزن بلال با و بدون پوشش و درصد بلال استاندارد با کلیه صفات مورد بررسی همبستگی مثبت دارد. به‌طوری‌که بیشترین همبستگی مثبت ($r=0.94$) را با عملکرد بلال استاندارد دارد زیرا با افزایش تراکم در واحد سطح هر دو این صفات افزایش می‌یابند.

۲. ذرت شیرین

اثر تراکم بوته بر تعداد بلال در واحد سطح اثر معنی‌دار بود (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد تراکم ۱۳ بوته در متر مربع با ۲۲/۱ بلال نسبت به تراکم ۷ بوته در متر مربع (۱۹/۰۷) بالاترین تعداد بلال در واحد سطح را داشت (جدول ۶).

تعداد ردیف در بلال تحت تأثیر تراکم بوته در واحد سطح قرار گرفت (جدول ۵). نتایج نشان داد که با افزایش تراکم، تعداد ردیف در بلال به میزان ۱۰/۶۴ درصد کاهش یافت. تراکم ۷ بوته در متر مربع با میانگین ۱۵/۵۰ و تراکم ۱۳ بوته در متر مربع با میانگین ۱۳/۸۵ ردیف در بلال به‌ترتیب بیشترین و کمترین تعداد ردیف در بلال را داشتند (جدول ۶). محققان دیگری اظهار داشتند که تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار با میانگین ۲۷/۷۴ ردیف در بلال بیشتر از تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار (۲۵/۶۷) بود (۳).

یکی از خصوصیات مهم در تولید بلال در ذرت‌بچه درصد بلال استاندارد می‌باشد. درصد بلال استاندارد عبارت از تعداد بلال قابل عرضه به بازار به تعداد کل بلال‌های برداشت شده است. اندازه استاندارد بلال طبق استاندارد بین‌المللی کدکس برای طول و قطر بلال به‌ترتیب ۱۰-۱۲ و ۱-۲ سانتی‌متر است. نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که هر دو صفت فوق تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفتند (جدول ۲). با افزایش تراکم بوته در واحد سطح از میزان بلال استاندارد کاسته شد. به این صورت که تراکم ۷ و ۱۳ بوته در متر مربع به‌ترتیب با میانگین ۲۳/۲۴ و ۲۰/۰۱ درصد بیشترین و کمترین درصد بلال استاندارد را به‌دست آوردند. روندی که در مورد درصد بلال استاندارد ذکر شد با روند مشاهده شده در مورد بلال غیر استاندارد، مغایرت داشت به نحوی که در تراکم ۷ بوته در متر مربع با ۷۶/۷۶ درصد و تراکم ۱۳ بوته در متر مربع با ۸۰/۴۸ درصد به‌ترتیب کمترین و بیشترین درصد بلال غیر استاندارد حاصل شد (جدول ۳). نشان داده شده است که بالاترین درصد بلال استاندارد (۴۹/۳۱ درصد) در تراکم ۶۵ هزار بوته در هکتار به‌دست آمد (۱۰). همچنین در تحقیق دیگری بیان شده است که تاریخ کاشت ۳ مرداد و تراکم ۸۵ هزار بوته در هکتار بیشترین درصد بلال غیر استاندارد (۷۴/۶۱ درصد) را به خود اختصاص دادند. بر این اساس، می‌توان هیبریدهای دیگر را از نظر درصد بلال استاندارد بررسی کرد تا بتوان در صورت امکان محصولی با درصد بالاتر بلال استاندارد تولید کرد (۱).

با افزایش تراکم از ۷ به ۱۳ بوته در متر مربع عملکرد بلال بدون پوشش به میزان ۳۵/۳۶ درصد افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین و کمترین آن به‌ترتیب مربوط به تراکم ۱۳ و ۷ بوته در متر مربع به‌ترتیب با ۲۶۴۹/۵ و ۱۷۱۲/۴ کیلوگرم در هکتار ثبت شد (جدول ۳). با افزایش سطوح تراکم تا ۱۳ بوته در متر مربع، عملکرد بلال با پوشش نیز به میزان ۳۹/۹۸ درصد افزایش یافت. بیشترین عملکرد بلال با پوشش با میانگین ۷۸۴۲ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۳ بوته در متر مربع و کمترین آن با میانگین ۴۷۰۶ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۷ بوته در متر مربع حاصل شد (جدول ۳).

تجزیه واریانس عملکرد بلال بدون پوشش استاندارد و غیر استاندارد نشان داد که تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر این صفات داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بالاترین عملکرد بلال بدون پوشش استاندارد و غیراستاندارد به‌ترتیب با میانگین ۷۶۶/۹۷ و ۳۰۴۳/۹ کیلوگرم در هکتار در تراکم ۱۳ بوته در مترمربع حاصل شد (جدول ۳). محققان گزارش کرده‌اند که در تراکم ۱۰۵ هزار بوته در هکتار بالاترین عملکرد بلال بدون پوشش استاندارد (۷۲۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد بلال بدون پوشش غیر استاندارد (۱۹۶۱ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد (۱۰). در این آزمایش نیز بیشترین عملکرد در بالاترین سطح تراکم به‌دست آمد که نشان می‌دهد تراکم مطلوب برای تولید ذرت‌بچه به مراتب بیشتر از ذرت

جدول ۴- همبستگی بین صفات عملکرد و اجزای عملکرد ذرت بچه رقم KSC403 su

	NE	WE	WEH	SE	NSE	YE	YEH	YSE	YNSE
تعداد بلال در واحد سطح NE	1								
وزن بلال بدون پوشش WE	-0.44 ^{ns}	1							
وزن بلال با پوشش WEH	-0.66 ^{**}	0.66 ^{**}	1						
درصد بلال استاندارد SE	-0.55 [*]	-0.11 ^{ns}	0.35 ^{ns}	1					
درصد بلال غیر استاندارد NSE	0.71 ^{**}	-0.23 ^{ns}	-0.63 ^{**}	-0.69 ^{**}	1				
عملکرد بلال بدون پوشش YE	0.72 ^{**}	-0.38 ^{ns}	-0.72 ^{ns}	-0.61 [*]	0.88 ^{**}	1			
عملکرد بلال با پوشش YEH	0.85 ^{**}	-0.39 ^{ns}	-0.70 ^{**}	-0.73 ^{**}	0.86 ^{**}	0.90 ^{**}	1		
عملکرد بلال استاندارد YSE	0.63 ^{**}	0.105 ^{ns}	-0.21 ^{ns}	-0.61 [*]	-0.64 ^{**}	0.54 [*]	0.75 ^{**}	1	
عملکرد بلال غیر استاندارد YNSE	0.82 ^{**}	0.09 ^{ns}	-0.39 ^{ns}	-0.63 ^{**}	0.67 ^{**}	0.62 [*]	0.81 ^{**}	0.94 ^{**}	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیرمعنی دار

* and ** : significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

Ns: Non- significant

در متر مربع با میانگین ۱۱۳۹۸ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد بلال سبز را داشتند (جدول ۴). در آزمایشی دیگر گزارش شده است که حداکثر عملکرد بلال سبز در تراکم ۷۵ هزار بوته در هکتار به میزان ۱۸۱۷۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (۶).

طبق جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) تراکم بوته، عملکرد دانه با رطوبت ۳۰ درصد (برداشت در آغاز مرحله ی خمیری) را تحت تأثیر خود قرار داده است. تراکم ۹ بوته در متر مربع با میانگین ۱۲۳۲/۵۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تراکم ۷ بوته در متر مربع با میانگین ۹۶۵/۲۶ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴). با افزایش تراکم، عملکرد دانه نیز افزایش یافت ولی در تراکم های بالا به دلیل رقابت شدید بین گیاهان و در نتیجه محدود شدن منابع از جمله آب، نور و مواد غذایی مقدار تولید محصول کاهش یافت. نتایج حاصل از این تحقیق با نتایج محققین دیگر (۷) مطابقت داشت. در آزمایش حاضر، عملکرد دانه ی ذرت شیرین چندان قابل توجه نبود. باید توجه داشت عملکرد دانه ی ذرت شیرین بر خلاف ذرت بچه مستلزم گرده افشانی و تلقیح مناسب بلال است که در تاریخ کاشت این آزمایش به دلیل برخورد گرده افشانی ذرت شیرین با گرمای اوایل خردادماه خوزستان، تلقیح دانه ها مختل گردید و در نتیجه عملکرد دانه چندان قابل توجه نبود.

همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین

بررسی ضرایب همبستگی (جدول ۷) نشان داد که تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و وزن هزار دانه با تعداد بلال در واحد سطح همبستگی منفی داشتند زیرا با افزایش تراکم، در این آزمایش تعداد بلال در واحد سطح افزایش یافت و به دنبال آن و به دلیل افزایش رقابت بین بوته ها از تعداد ردیف در بلال و دانه در ردیف و همچنین وزن هزار دانه کاسته شد. عملکرد دانه و عملکرد بلال سبز هر دو با

تعداد دانه در ردیف نیز تحت تأثیر تراکم بوته قرار گرفت و با افزایش تراکم از ۷ به ۱۳ بوته در متر مربع، ۱۷/۷۷ درصد از تعداد دانه در ردیف کاسته شده است (جدول ۵). تراکم ۷ بوته در متر مربع با میانگین ۳۸/۱۴ و تراکم ۱۳ بوته در متر مربع با میانگین ۳۱/۳۶ دانه در ردیف به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف را دارا بودند (جدول ۴). بیشتر بودن تعداد دانه در ردیف در تراکم ۷ بوته در متر مربع را می توان به کمتر بودن رقابت بر سر جذب نور، رطوبت و مواد غذایی دانست و در نتیجه سهم آسمیلاتی که در اختیار فاز زایشی برای رسیدن به حداکثر پتانسیل تولید گل و دانه لازم می باشد بیشتر از سایر تراکم های کاشت بوده است. در آزمایش های متعدد نشان داده شده است که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح، با وجود افزایش تعداد ردیف در بلال، به دلیل وقوع فرآیند جبران اجزای عملکرد، تعداد دانه در ردیف کاهش یافت (۵، ۱۱ و ۱۲).

تراکم بوته در سطح یک درصد وزن هزار دانه را تحت تأثیر خود قرار داد (جدول ۵). نتایج نشان داد که با افزایش تراکم بوته، وزن هزار دانه کاهش یافته است. به نحوی که تراکم ۷ بوته در متر مربع با میانگین ۲۲۱/۵۱ گرم بالاترین و تراکم ۱۳ بوته در متر مربع با میانگین ۲۰۷/۲۹ گرم کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (جدول ۴). در آزمایش دیگری محققان گزارش کرده اند که با افزایش تراکم، وزن هزار دانه کاهش می یابد (۱۴).

از آن جایی که محصول گیاه ذرت شیرین به صورت بلال کامل و ترد در آغاز مرحله ی خمیری (حدود ۳۰ درصد رطوبت دانه ها) برای فروش عرضه می شود لذا عملکرد کل، تحت عنوان "عملکرد بلال سبز" مورد بررسی قرار گرفت. براساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس داده ها (جدول ۵) تراکم بوته باعث ایجاد اختلاف معنی داری بر عملکرد بلال سبز شده است. طبق این یافته ها تراکم ۹ بوته در متر مربع با میانگین ۱۲۶۰۷/۲ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تراکم ۷ بوته

افزایش تراکم و تعداد بلال در واحد سطح، افزایش می‌یابند اما یک همبستگی منفی و غیر معنی‌داری با تعداد ردیف در بلال و دانه در ردیف دارند و این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش تراکم، با وجود

کاهش در تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف باعث عملکرد دانه و بلال سبز افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۵- تجزیه واریانس عملکرد ذرت شیرین (میانگین مربعات) تحت سطوح مختلف تراکم

Table 5- Analysis of variance yield and yield components sweet corn in different plant density

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	بلال در واحد سطح N. ear/ha	ردیف در بلال Row in ear	دانه در ردیف Grain in Row	وزن هزار دانه	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بلال سبز Green ear yield
Block (R) بلوک	3	2.78 ^{ns}	0.10 ^{ns}	1.58 ^{ns}	5.09 ^{ns}	7963.03 ^{ns}	1189432.00 ^{**}
Plant (D) تراکم بوته	3	6.80 ^{ns}	1.88 [*]	34.30 ^{**}	148.07 ^{**}	52273.01 ^{**}	1207069.85 ^{**}
density Error(A) خطا	9	3.06	0.39	2.85	10.15	7239.73	64485.68
C.V(%) ضریب تغییرات		8.3	3.4	4.8	1.4	7.7	2.1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیرمعنی‌دار

* and ** : significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

Ns: Non- significant

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین هیبرید KSC 403

Table 6- Mean comparison for yield and yield components in sweet corn var KSC403 su

تراکم بوته (plant m ⁻²)	تعداد بلال در واحد سطح N. ear/ha	تعداد ردیف در بلال Row in ear	تعداد دانه در ردیف Grain in Row	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بلال سبز Green ear yield (kg ha ⁻¹)
7	19.1	15.5	38.1	221.5	965.3	11398.0
9	20.7	14.5	35.9	217.4	1232.5	12607.2
11	21.5	14.4	33.6	213.1	1135.9	12511.3
13	22.1	13.9	31.4	207.3	1052.6	12220.2
LSD _{0.05}	1.7	1.1	3.2	5.1	133.6	993.0

جدول ۷- همبستگی بین صفات عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شیرین رقم KSC403 su

Table 7- The correlation between traits yield and yield components of sweet corn var KSC403su

	NE	ROW	GRAIN	WG	YG	YE
NE تعداد بلال در واحد سطح	1					
ROW تعداد ردیف در بلال	-0.51 [*]	1				
GRAIN تعداد دانه در ردیف	-0.58 [*]	0.65 ^{**}	1			
WG وزن هزار دانه	-0.70 ^{**}	0.59 [*]	0.73 ^{**}	1		
YG عملکرد دانه	0.48 [*]	0.034 ^{ns}	-0.17 ^{ns}	0.027 ^{ns}	1	
YE عملکرد بلال سبز	0.70 ^{**}	-0.30 ^{ns}	-0.25 ^{ns}	-0.30 ^{ns}	0.64 ^{**}	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد، ns غیرمعنی‌دار

* and ** : significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

Ns: Non- significant

عملکرد نسبتاً مطلوبی داشت، در حالی که عملکرد ذرت شیرین در مقایسه با سایر گزارش‌ها مقادیر اندکی را نشان داد. معمولاً تولید دانه ذرت معمولی نیز در این منطقه در تاریخ کاشت مذکور عملکرد اندکی دارد، که این موضوع را به همزمانی مرحله‌ی گرده‌افشانی ذرت با اوج گرمای هوا در منطقه نسبت داده‌اند. بنابراین عملکرد مطلوب ذرت‌بچه که نیازی به انجام تلقیح و گرده‌افشانی در مقایسه با عملکرد ذرت شیرین که همانند ذرت دانه‌ای معمولی که مستلزم تلقیح و گرده‌افشانی مناسب گیاه است بدیهی بوده و طول دوره‌ی رشد کوتاه هیبرید مورد استفاده نیز توانست این موضوع را جبران نماید.

نشان داد که عملکرد بلال بدون پوشش استاندارد (محصول اصلی برای عرضه به بازار) به‌جز با درصد بلال استاندارد و وزن بلال با پوشش با کلیه صفات همبستگی مثبت دارد. در مورد ذرت شیرین نیز نتایج نشان داد که عملکرد دانه با اجزای خود (تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف) همبستگی منفی دارد. این موضوع به این معنی که با افزایش تراکم علی‌رغم کاهش تعداد ردیف در بلال و تعداد دانه در ردیف، عملکرد دانه به دلیل افزایش تعداد بلال در واحد سطح تا یک حدی افزایش می‌یابد و با افزایش بیشتر تراکم، عملکرد روند نزولی پیدا می‌کند. در مجموع کشت ذرت‌بچه در آزمایش حاضر

References

1. Calarastaghi, K., Rahmani, A., and Khavari Khorasani, S. 2009. The Reaction Morphological Traits of Baby Corn var KSC403su to Planting date delayed, Plant density and metod Harvest. Scientific Journal of Ecophysiology of Crop and Weeds 4 (15): 55-66.
2. Eskandarnejad, S., Khavari Khorasani, S., Bakhtiari, S., and Heidarian, A. R. 2013. Effect of spacing and plant density on yield components of Sweet Corn (*Zea mays* L. *Saccharata*) varieties. Advanced Crop Science 3: 81-88.
3. Haghighat, A., Shirani Rad, A. H., Seyfzadeh, S., and Yousefi, M. 2012. Effect of Cattle manure and plant density on sweet corn yield grown different cropping methods. International Journal of Agronomy and Plant Production 3: 696-699.
4. Hallauer, A. R. 2001. Specialty Corn. CRC Press LLC.
5. Lashkari, M., Madani, H., Ardakani, M. R., Golzardi, F., and Zargari, K. 2011. Effect of plant density on yield and yield components of different Corn (*Zea mays* L.) hybrids. AM-Euras. Journal of Agriculture and Environmental Sciences 10 (3): 450-457.
6. Mokhtar pour, H., Mossavat, S. A., Faiz bakhsh, M. T., and Saberi, A. 2008. Effect of sowing date and plant density on ear yield of sweet corn in summer sowing. Electronic Journal Crop Planting 1 (1): 101-113.
7. Moraditochae, M., Motamed, M. K., Azarpour, E., and Khosravi Danesh, R. 2012. Effects of nitrogen fertilizer and plant density management in corn farming. ARPN Journal of Agriculture and Biological Sciences 7 (2): 133-137.
8. Morris, T., Hamilton, G., and Harney, S. 2000. Optimum plant population for fresh market sweet corn in the Northeastern United States. Horticulture and Technology 10: 331-333.
9. Nikkhah kheibari, M., Khavari Khorasani, S., and Taheri, Gh. 2012. Effects of plant density and variety on some of morphological traits, yield and yield components of baby corn (*Zea mays* L.). International Research Journal of Applied and Basic Sciences 3 (10): 2009-2014.
10. Rahmani, A., Khavari Khorasani, S., and Nabavi Kalat, S. M. 2009. Effects of Sowing Date and Plant Density on morpho-physiological traits, Yield and Yield Components of (Baby Corn) Var. ksc. Journal of Seed and Plant 25-2 (4): 449-463.
11. Rahmati, H. 2012. Effect of plant density and nitrogen rates on morphological characteristics grain maize. Journal of Basic and Applied Sciences and Research 2 (5): 4680-4683.
12. Sarlangue, T., Andrade, F. H., Calvino, P. A., and Purcell, L. C. 2007. Why do maize hybrids respond differently to variation in plant density? Agronomy Journal 99: 984-991.
13. Schulteis, J. R. 2002. Sweet corn production. www. ces. ncsu. edu.
14. Shafi, M., Bakht, J., Ali, S., Khan, H., Aman Khan, M., and Sharif, M. 2012. Effect of planting density on phenology, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Pakistan Journal of Botany 44 (2): 691-696.
15. Shakarami, G., and Rafiee, M. 2009. Response of corn (*Zea mays* L.) to planting pattern and density in Iran. American-Eurasian Journal Agriculture and Environmental Sciences 5 (1): 69-73.
16. Siadat, S. A. 1995. The Effect of density and hybrid on corn yield in summer and spring in Khuzestan Province.
17. Soltani, A. 2007. Application soft ware SAS in statistical analysis. Publications University Jihad Mashhad.



Effects of Plant Density on Sweet and Baby Corn (Hybrid KSC 403) Yield and Yield Components

H. Bavi¹ - M.R. Moradi-Telavat^{2*} - S.A. Siadat³ - A. Koochakzadeh⁴

Received: 18-04-2014

Accepted: 02-02-2015

Introduction

Sweet corn is the one of the most important types of corn. There is a high amount of sugar in the endosperm of sweet corn than dent corn. Baby corn is the ear of corn that is being harvested in the silking stage before the end of pollination. This crop has an interesting using methods as salad, conserve production and vegetative consumption. Both two sweet and baby corn is obtained from one plant in different growth stages and could be harvested from one corn hybrid. Best yield and quality of baby corn is obtained from sweet corn hybrids, because of high amounts of sugar in the grains and ears. Sweet corn and baby corn could be harvested at early dough stage (with about 30 % of humidity) and early silking stage before the pollination is completed, respectively. Plant density is the most important factor in growing corn, especially in sweet and baby corn. Khuzestan province is one of the main regions of corn production in Iran. In Khuzestan, forage and silage corn have the most production among the summer crops. Corn is planted in two planting date in Khuzestan: early spring and early summer. Spring corn planting produces little grain yield due to Simultaneity of silking stage with hot early summer days. Because of little production and little research about sweet and baby corn, this study was performed and designed.

Materials and Methods

In order to investigate the effects of plant density and harvesting method on sweet corn and baby corn yield, an experiment was performed during 2012-13, in research farm of Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan, located in southwest of Iran. In this experiment, four plant densities (7, 9, 11 and 13 plants.m⁻²) and two harvesting methods (baby corn and sweet corn) were investigated in an RCB statistical design with four replications. The KSC 403 hybrid was used and investigated in the experiment, as a sweet corn hybrid. Statistical analysis was performed using SAS 9.1 through GLM procedure. Means of all treatments were comprised using least significant difference (LSD) at 5 % probability level.

Results and Discussion

The effects of plant density on yield components of baby corn was significant. Increasing the plant densities increased the ear number and percentage of non-standard ears. The Highest yield of ear without husk, standard and non-standard were obtained (2649.5, 766.97, and 3043.9 kg.ha⁻¹, respectively) with 13 plants.m⁻². In sweet corn, increasing plant density from 7 to 13 plants.m⁻², decreased row per ear, grain per row and thousand grain weight. Highest grain yield (1232.5 kg ha⁻¹) and green ear (12607.2 kg ha⁻¹) of sweet corn were obtained with plant density of 9.m⁻².

Conclusions

Analysis of correlation showed that in both baby and sweet corn, there were positive and significant correlations between yield and its components. There was the high number of non-standard ears in all experimental treatments. In sweet corn, the standard ear without husk yield has positive and significant correlation with all traits except the percentage of standard ear and sheathed ear weight. In addition, unsuitable climate conditions during silking stage reduced the yield of sweet corn through the high number of aborted florets. Yield of sweet corn yield showed negative and significant correlation with grain row per ear and grain per row. However, increasing the ear number.m⁻² increased yield in higher plant densities up to 9 plant.m⁻² density.

1- Former M.Sc Student of Agronomy, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

2- Assistant Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

3- Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

4- Assistant Professor, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

(* - Corresponding author Email: moraditelavat@yahoo.com)

Generally, the baby corn had high yield with good quality in this region, but, standard ear percent of the baby corn of the hybrid KSC 403 was very low. On the other hand, sweet corn grain yield was low due to high air temperatures during pollination and maturity stages.

Keywords: Correlation, Ear Without sheath, Green ear, Standard ear, Thousand grain weight



اثر کاربرد حاصلخیزکننده‌های خاک بر برخی ویژگی‌های رشدی و عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*)

رضا کمائی^۱ - مهدی پارسا^{۲*} - محسن جهان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۸/۲۷

چکیده

به منظور بررسی واکنش برخی از ویژگی‌های رشدی، عملکرد، اجزای عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor*) با استفاده از کودهای زیستی، شیمیایی و آلی، آزمایشی به صورت طرح بلوک کامل تصادفی و در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه نوع کود بیولوژیک و تلفیق آن‌ها با یکدیگر و ورمی کمپوست و کود شیمیایی به شرح زیر بود: ۱- قارچ میکوریزا آریسکولار گونه *G.mosseae* + ورمی کمپوست، ۲- قارچ میکوریزا و نیتروکسین (حاوی باکتری‌های *Azospirillum* sp. و *Azotobacter* sp.)، ۳- قارچ میکوریزا + ریزوبیوم (*Rhizobium* sp.)، ۴- قارچ میکوریزا + کود شیمیایی NPK، ۵- قارچ میکوریزا *G.mosseae* و ۶- شاهد. برخی از صفات مورد مطالعه در این آزمایش عبارت بودند از: کلونیزاسیون طول ریشه و ارتفاع بوته، طول مخصوص ریشه، عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزار دانه بود. نتایج نشان داد که اثر تیمارهای کودی بر صفات و ویژگی‌های درصد کلونیزاسیون طول ریشه، طول مخصوص ریشه، شاخص سطح برگ، عملکرد، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه دارای اثر معنی‌داری بود. بیشترین درصد کلونیزاسیون طول ریشه (۸۲ درصد)، طول مخصوص ریشه (۵۱/۸۲ متر ریشه در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک)، شاخص سطح برگ (۵/۴۷)، عملکرد دانه (۴۲۵/۶۲ گرم در متر مربع)، تعداد دانه در خوشه (۶۳۵) در تیمار تلفیقی میکوریزا و نیتروکسین و بیشترین وزن هزار دانه (۲۹/۲۶ گرم) در تیمار استفاده توأم از میکوریزا و ورمی کمپوست حاصل شد. کلونیزاسیون و عملکرد بیشتر در اثر تیمار تلفیق دوگانه را می‌توان به برهمکنش مثبت میکوریزا و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن نسبت داد. با توجه به نتایج آزمایش، بهترین تیمار کودی برای سورگوم مخلوط قارچ میکوریزا و زیستی نیتروکسین پیشنهاد می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: درصد کلونیزاسیون طول ریشه، طول مخصوص ریشه، میکوریزا، نیتروکسین، ورمی کمپوست

مقدمه

میکوریزا به‌عنوان جزئی کلیدی در بوم نظام‌های طبیعی و کشاورزی، اثرات مثبتی بر گیاهان همزیست دارد (۱۶). افزایش سطح فعال سیستم ریشه گیاه برای جذب بهتر مواد غذایی از خاک، خصوصاً در شرایط کمبود فسفر (۱۸)، افزایش فتوسنتز (۶)، افزایش مقاومت به تنش‌های خشکی، شوری و مقاومت به آفات و بیماری‌ها (۱۶)، بهبود ساختمان خاک و تشدید فعالیت باکتری‌های ریزوبیوم و آزوسپیریولوم (۳) نمونه‌هایی از نقش این قارچ در بوم نظام‌های زراعی می‌باشد. رابطه همزیستی میکوریزایی تمامی جنبه‌های بیولوژیکی سیستم ریشه گیاه میزبان را تحت تأثیر خود قرار می‌دهد. همچنین تمامی گیاهان به نحوی در ارتباط با رابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشند. لذا می‌توان گفت که تمامی موجودات زنده و تمامی اکوسیستم‌ها از باکتری‌ها گرفته تا انسان و اراضی مرطوب تا صحرای خشک به نوعی وابسته به رابطه همزیستی میکوریزایی می‌باشند (۲). مهمترین و اساسی‌ترین رابطه نقش قارچ‌های میکوریزا، افزایش جذب عناصر معدنی به‌ویژه فسفر در گیاه میزبان می‌باشد. این تأثیر به خصوص در

جایگزینی بخشی از نهاده‌های شیمیایی با نهاده‌های طبیعی، به‌عنوان دومین گام در مسیر رسیدن به پایداری کشاورزی بیان شده است (۱۳). در بسیاری از موارد کاربرد کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی می‌شود که خود هزینه تولید را افزایش می‌دهد (۱۰). برای کاهش این مخاطرات باید از منابع و نهاده‌هایی استفاده کرد که علاوه بر تأمین نیازهای فعلی گیاه، سبب پایداری سیستم‌های کشاورزی در درازمدت نیز شود (۲۷). بنابراین استفاده از کودهای زیستی و انتخاب بهترین گونه میکروارگانیسم که بیشترین سازگاری و کارایی را نسبت به اقلیم منطقه داشته باشد می‌تواند در پایداری سیستم کشاورزی مفید واقع شود.

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات و دانشیاران گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*)- نویسنده مسئول
(Email: parsa@um.ac.ir)

نیتروژن بر بسیاری از گیاهان زراعی دیگر ارجحیت داشته باشد (۲۸). امروزه توجه از روابط متقابل گیاه- موجود به سمت روابط متقابل گیاه- موجود - موجود معطوف شده است (۲۱). تلاش‌هایی به منظور تشخیص فعالیت‌های میکروبی در جوامع دو یا سه عضوی از میکروارگانیسم‌ها و همین‌طور به منظور شناسایی مکانیسم این روابط صورت پذیرفته است. چنین روابط تغذیه‌ای دارای اهمیت اکولوژیکی‌اند و در کشاورزی نیز کاربردی مهم دارند (۷). لذا هدف از اجرای این آزمایش بررسی عملکرد گیاه سورگوم دانه‌ای تحت تأثیر کودهای زیستی، آلی و شیمیایی بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و در سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. نتایج حاصل از تجزیه فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. بذر سورگوم رقم سپیده از مرکز تحقیقات کشاورزی طرق تهیه و استفاده شد. ابعاد کرت‌های آزمایشی ۱۵۰×۶۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کشت به‌صورت ردیفی انجام و بذور با فاصله بین ردیف ۲۰ سانتی‌متر و فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در ۷ مرداد ۱۳۹۲ کاشته شد. کشت مستقیماً در خاک انجام شد و به این منظور یکی از واحدهای گلخانه به‌طور کامل که فاقد کف بتنی بود به این آزمایش اختصاص یافت. تیمارهای مورد مطالعه شامل: ۱- قارچ میکوریزا آربسکولار گونه *G. mosseae* + ورمی کمپوست (M+V)، ۲- قارچ میکوریزا + نیتروکسین (دارای باکتری‌های *Azospirillum* sp. و *Azotobacter* (M+N)، ۳- قارچ میکوریزا + ریزوبیوم (*Rhizobium* sp.) (M+R)، ۴- قارچ میکوریزا + کود شیمیایی NPK (۲۰-۲۰-۲۰) (M+NPK)، ۵- قارچ میکوریزا (M) و ۶- شاهد (C) بود. عملیات مخلوط کردن تیمارهای قارچ میکوریزا، ورمی کمپوست و کود شیمیایی با خاک قبل از کاشت انجام و مواد مذکور به‌طور کامل تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. تلقیح بذور نیز با کودهای بیولوژیک مورد استفاده نیز ضمن پرهیز از نور خورشید و سایر نکات لازم در روز کاشت انجام شد.

اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر می‌باشد (۱۶). گزارش شده است که تلقیح ذرت با قارچ میکوریزا، باکتری‌های آزوسپیریوم و ازتوباکتر در نظام‌های زراعی کم‌نهاده و اکولوژیک در مقایسه با نظام‌های متوسط و پرنهاده، سبب افزایش معنی‌دار عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه، عدد کلروفیل متر و سرعت فتوسنتز برگ شد (۱۶).

کود نیتروکسین حاوی باکتری‌های همیار آزادی از جمله *Azospirillum* sp.) و *Azotobacter* sp.) می‌باشد که علاوه بر تثبیت ازت اتمسفری در محیط ریشه گیاه، توانایی ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند ویتامین‌های B، اسید نیکوتینیک، اسید پنتوتنیک، اکسین‌ها و جبریلین‌ها را دارند که باعث بهبود رشد ریشه و در نتیجه افزایش سرعت جذب آب و عناصر غذایی و در نهایت افزایش عملکرد می‌گردند (۱۷).

ورمی کمپوست حاصل یک فرآیند نیمه هوازی است که طی تجزیه مشترک مواد آلی توسط کرم زباله یا کرم خاکی و میکروارگانیسم‌های خاکی تولید می‌شود (۱۵). کرم‌های خاکی با تکه تکه کردن مواد زاید، فعالیت میکروبی و تجزیه مواد آلی را افزایش می‌دهند. بنابراین روی آن قسمت از مواد آلی که اکسایش یافته و تثبیت شده، سبب پدیده هوموسی شدن می‌شوند. در نتیجه این عمل مواد آلی دفعی از روده کرم، با مواد اولیه خود بسیار متفاوت است (۲۳). گلن و همکاران (۱۲) بیان داشتند که استفاده از ورمی کمپوست یک راه جدید و مناسب برای تأمین نیاز غذایی گیاه می‌باشد که علاوه بر آن کیفیت خاک را هم بهبود می‌بخشد. از طرفی ورمی کمپوست باعث بهبود ساختمان فیزیکی خاک و بهبود رشد ریشه گیاه می‌شود (۷).

سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) یکی از گیاهان علوفه‌ای خانواده گرامینه است که در بسیاری از نقاط جهان به منظور تولید علوفه سبز، سیلویی و خشک مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه با داشتن صفاتی مثل قدرت پنجه‌زنی بالا، رشد سریع و تولید عملکرد مناسب از اهمیت زیادی برخوردار است. قرار گرفتن این گیاه در گروه گیاهان با مسیر فتوسنتزی چهارکربنه باعث شده است که پتانسیل تولید در این گیاه بسیار بالا بوده و از نظر راندمان مصرف آب و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

Table 1- Chemical and physical characteristics of soil for experimental site

بافت خاک Soil texture	نیتروژن قابل دسترس Available nitrogen (PPM) (ppm)	فسفر P (ppm)	پتاسیم Potassium (ppm)	pH	EC (دسی‌زیمنس بر متر) (dS m ⁻¹)	OC (%)	OM (%)
شنی لومی Sandy loam	65.4	66.7	356	7.92	7.86	1.32	2.28

هر نمونه اقدام شد.

تعیین درصد کلونیزاسیون طول ریشه مستلزم رنگ‌آمیزی ریشه‌های فیکس شده و سپس مشاهده و اندازه‌گیری آن قسمت از طول ریشه‌ها که توسط اندام‌های قارچی آلوده شده‌اند، می‌باشد که به این منظور به‌ترتیب از روش رنگ آمیزی کورمانیک و مک‌گرا (۲۰) و روش جی یووانتی و موسه (۱۱) موسوم به روش گریدلین اینترسکت (۳۱) استفاده شد. تجزیه واریانس و تحلیل داده‌های آزمایشی و رسم شکل‌های مربوط به آنها، توسط نرم‌افزار MS-Excel Ver.11 و SAS Ver. 9.1 صورت گرفت. برای مقایسه میانگین تیمارها نیز از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌های حاصل از آزمایش نشان‌دهنده اثر معنی‌دار تیمارهای آزمایشی بر درصد کلونیزاسیون طول ریشه، طول مخصوص ریشه، شاخص سطح برگ، عملکرد، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه بود (جدول ۲).

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام و به منظور بهبود سبز شدن گیاهچه‌ها، آبیاری بعد به فاصله ۴ روز انجام شد و آبیاری‌های بعدی در فواصل منظم ۱۰ روزه اعمال گردید. پس از استقرار گیاه و رسیدن ارتفاع بوته‌ها به ۱۵ سانتی‌متری گیاهان تنک شدند. عملیات وجین علف‌های هرز ۵ مرتبه در طول دوره رشد (از سبز شدن تا مرحله تنک یک مرحله، تا اوایل مرحله زایشی دو مرتبه، مرحله زایشی یک مرتبه) و در مواقع نیاز انجام شد. در طول دوره رشد، ارتفاع گیاه و سطح برگ و پس از برداشت، عملکرد و اجزاء عملکرد شامل تعداد خوشه در واحد سطح، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه اندازه‌گیری شد. بر این اساس زمانی که میزان رطوبت دانه‌ها به ۱۵ درصد رسید توزین گردیدند. به منظور تعیین طول مخصوص ریشه (طول ریشه موجود در حجم مشخصی از خاک)، در اواخر فصل رشد از بوته‌های موجود در هر کرت اقدام به نمونه‌گیری شد، بدین ترتیب که پس از حذف اندام‌های هوایی بوته‌هایی که برای نمونه‌گیری انتخاب شده بودند، خاک اطراف ساقه به‌صورت یک مکعب به ضلع ۲۵ سانتی‌متر برش داده شده و سپس تمام خاک و ریشه موجود در این مکعب، بیرون آورده شستشو شد و به آزمایشگاه حمل گردید. سپس با استفاده از روش تنانت (۳۵) نسبت به تعیین طول مخصوص ریشه در

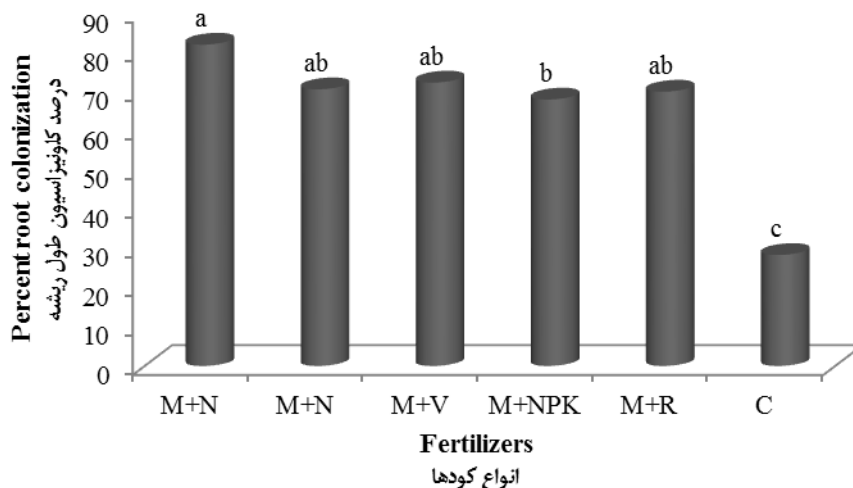
جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) خصوصیات رشدی، عملکرد، اجزای عملکرد گیاه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف
Table 2- Analysis of variance (mean squares) growth characteristics, yield, yield components of sorghum under the influence of various fertilizers

منابع تغییر Source of (variation)	درجه آزادی (df)	درصد کلونیزاسیون طول ریشه Percent of root length colonization	طول مخصوص ریشه Specific root length	شاخص سطح برگ LAI	ارتفاع بوته Height	عملکرد Yield	تعداد دانه در خوشه Number of seed in panicle	وزن هزار دانه Thousands seeds weight
بلوک Replication	2	62.055 ^{ns}	56.155 ^{ns}	0.01 ^{ns}	1.92 ^{ns}	845.369 ^{ns}	9.055 ^{ns}	1.192 [*]
تیمار Treatment	5	1051.822 ^{**}	204.218 [*]	0.303 ^{**}	47.586 ^{ns}	023.8287 [*]	4623.155 ^{**}	3.426 ^{**}
Error خطا	10	188.47	54.229	0.005	40.59	2488.89	7721.255	0.338
CV (%)		10.53	17.02	2.61	5.26	13.82	17.59	1.87

ns: عدم وجود اختلاف معنی‌دار، ** و * به‌ترتیب وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱٪ و ۵٪
ns, *, **: non-significant, significant at $p = 0.05$ and $p = 0.01$, respectively

۵۸/۳۳ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۵۹/۵۲ درصد نسبت به تیمار شاهد بیشتر است (شکل ۱). همچنین، کلیه تیمارها با تیمار شاهد اختلاف معنی داری داشتند. کلونیزاسیون بیشتر در اثر تیمار تلقیح دوگانه را می توان به برهمکنش مثبت میکوریزا و باکتری های آزادی تثبیت کننده نیتروژن نسبت داد.

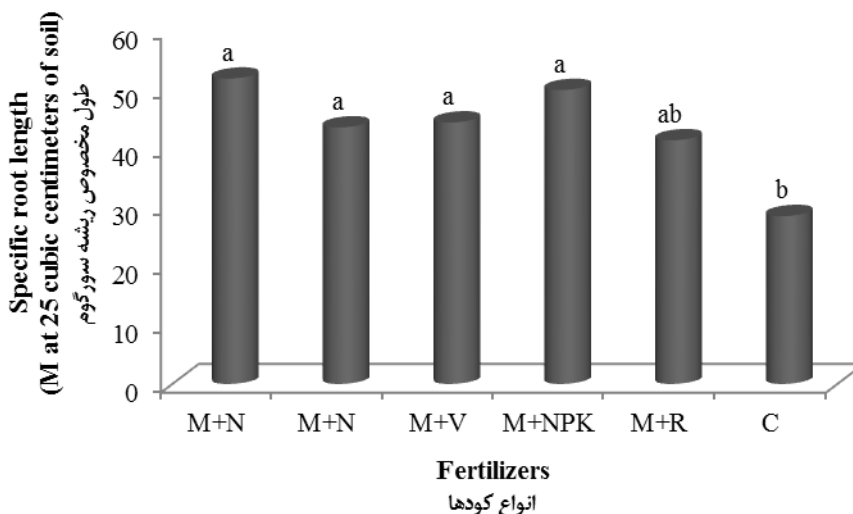
درصد کلونیزاسیون طول ریشه: اثر تیمارهای آزمایشی بر درصد کلونیزاسیون طول ریشه را معنی دار بود (جدول ۲). همچنین، میزان کلونیزاسیون ریشه در تیمار تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۶۵/۴۵ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۵۹/۹ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۶۰/۸۳ درصد، مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت



شکل ۱- تغییرات درصد کلونیزاسیون طول ریشه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون ها نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 1- Changes percent root colonization of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers (Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۲- تغییرات طول مخصوص ریشه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون ها نشان دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 2- Changes specific root length of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers (Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

گرده‌افشانی با عملکرد زیستی و دانه‌گزارش شده است (۳۱). تغییرات شاخص سطح برگ در پاسخ به تیمارهای مختلف در طول فصل رشد (شکل ۳) برای تمامی تیمارها روند نسبتاً مشابهی داشته، در ابتدای فصل رشد میزان شاخص سطح برگ کم بوده و با ادامه فصل رشد افزایش یافته تا اینکه در ۸۰ روز بعد از کاشت به حداکثر میزان خود رسید و سپس در انتهای فصل رشد شاخص سطح برگ به علت پیر شدن و ریزش آن‌ها روند نزولی داشت. یافته‌های این آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۲۲/۶۱ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۱۴/۳۳ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۱۷/۳۴ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۲۷/۲۴ درصد و تیمار تلقیح میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۱۱/۳۱ درصد به شاهد بیشتر است (شکل ۳).

مدینا و همکاران (۲۴) در تحقیقات خود بر روی ماشک، دو گونه قارچ میکوریزایی (*G. intraradices* و *G. etunicatum*) را به کار بردند و نتایج این آزمایش نشان داد که میکوریزا سبب افزایش شاخص سطح برگ، سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول شد. همچنین جهان (۱۶) در آزمایشی که بر روی گیاه ذرت (*Zea mays*)، نشان داد که با تلقیح باکتریایی، شاخص سطح برگ بیشتر از تیمار شاهد بود.

ارتفاع نهایی: بررسی ارتفاع بوته در پاسخ به تیمارهای مختلف در انتهای فصل رشد نشان داد که ارتفاع بوته سورگوم دانه‌ای در هیچ کدام از تیمارها معنی‌دار نیست. نتایج آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۹/۳۱ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۵/۰۸ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۷/۲۴ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۷/۰۹ درصد و تیمار تلقیح میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۵/۴۷ درصد به شاهد بیشتر است (شکل ۴). عیدی زاده و همکاران (۸) بیان داشتند که حضور کودهای زیستی باعث بهبود خصوصیات خاک نظیر محتوای ماده آلی و افزایش دسترسی عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و عناصر ریزمغذی می‌شود و در حضور مقادیر مناسبی از کودهای شیمیایی این اثرات تشدید می‌شود. همچنین مشاهده شده است که تلقیح با میکوریزا باعث تغییرات وسیع شاخص‌های مورفولوژیکی ریشه به‌ویژه افزایش ریشه‌های جانبی می‌شود (۴)، در نتیجه با افزایش رشد ریشه آب و مواد غذایی بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و این امر موجب بهبود رشد و ارتفاع بوته می‌گردد. محمد و همکاران (۲۵) گزارش کردند که کاربرد توأم کود فسفر و میکوریزا (*Glomus intraradices*) سبب افزایش ارتفاع بوته و ماده خشک در مقایسه با شاهد در جو (*Hordeum vulgare*) شد. ویدادا و همکاران (۳۷) نیز بیان داشتند که گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor* L.) تلقیح شده با میکوریزا

تیلاک و سینگ (۳۶) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilense* کلونیزاسیون ریشه‌ها توسط قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار را تحریک کرده و رشد را در ارزن مرواریدی *Pennisetum glaucum* افزایش داد. آنها پیشنهاد کردند که وجود باکتری *Azospirillum brasilense* در پوست ریشه ارزن مرواریدی میکوریزایی شده، احتمال وجود اثر متقابل مستقیم بین قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار و باکتری *آزوسپیریوم* در داخل گیاه را تأیید می‌کند. پاکوفسکی (۳۰) گزارش کرد که تلقیح سورگوم با باکتری *آزوسپیریوم* سبب افزایش کلونیزاسیون میکوریزا، زیست توده و تعداد وزیکول‌های قارچ شد.

طول مخصوص ریشه: شکل ۲ تغییرات طول مخصوص ریشه (متر ریشه در ۲۵ سانتی‌متر مکعب خاک) سورگوم دانه‌ای در اثر کاربرد انواع کود و تلقیح با میکروارگانیسم‌ها را نشان می‌دهد. این شکل به نحو مطلوبی، اثر استفاده از میکروارگانیسم‌ها را بر یکی از ویژگی‌های مهم گیاهی که طول مخصوص ریشه می‌باشد، نشان می‌دهد. اثر تلقیح انواع میکروارگانیسم بر طول مخصوص ریشه سورگوم دانه‌ای معنی‌دار بود. میزان طول مخصوص ریشه در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۴۵/۰۲ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۳۴/۵۶ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۳۵/۷۸ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۴۲/۸۹ درصد و تیمار تلقیح میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۳۱/۱۱ درصد به شاهد بیشتر است (شکل ۲).

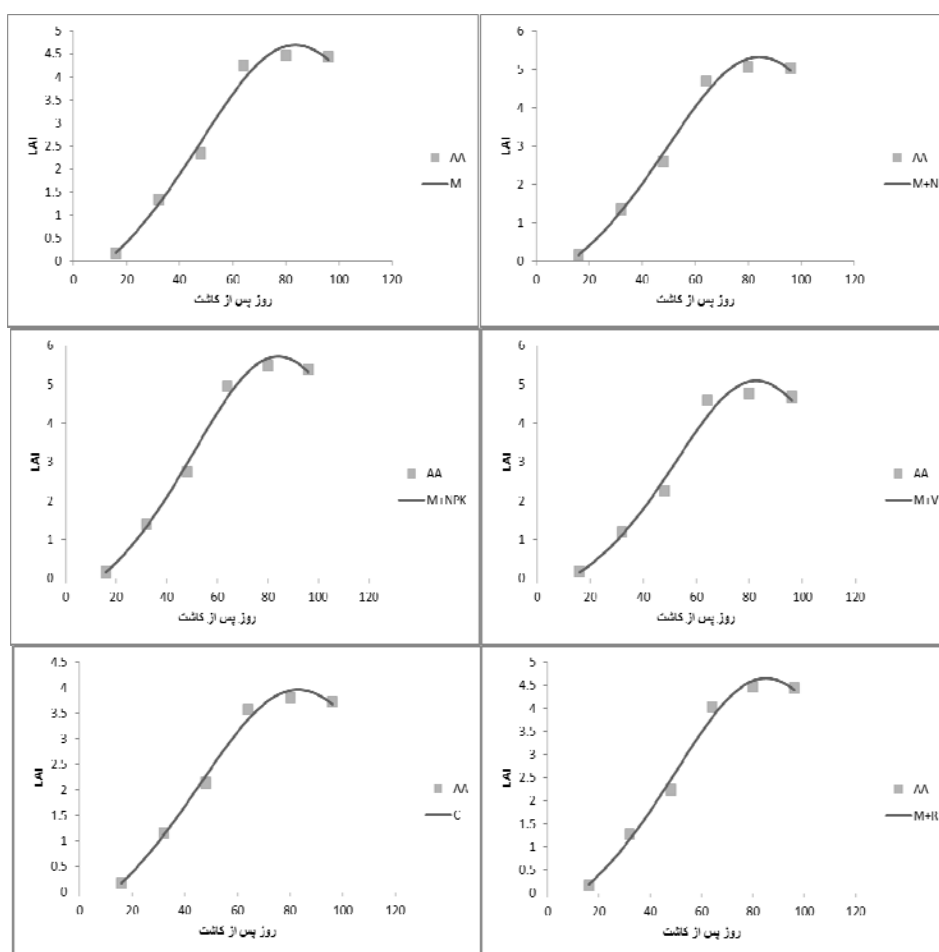
گزارشات متعدد (۵) حاکی از آن است که میکوریزا رشد ریشه را افزایش داده و به دنبال آن یک نظام گسترده از ریشه را برای جذب آب ایجاد می‌کند. مارولاندا و همکاران (۲۲) گزارش کردند که تلقیح دوگانه گیاه *Retama sphaerocarpa* با باکتری *Bacillus turengiensis* و قارچ *Glomus intraradices*، نسبت به تلقیح جداگانه، سبب حداکثر توسعه ریشه شد. آنها همچنین بیان کردند که تلقیح با سویه مقاوم به خشکی باکتری *Bacillus turengiensis*، رشد ریشه را ۲۱ درصد افزایش داد و جذب نسبی آب در گیاهان تلقیح شده بیشتر از شاهد بود. تیلاک و سینگ (۳۶) گزارش کردند که باکتری *Azospirillum brasilense* رشد ریشه را در ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum*) افزایش داد. برخی محققین پیشنهاد کردند که این باکتری‌ها، هورمون‌های گیاهی تولید می‌کنند که سبب افزایش رشد گیاه شده یا رشد ریشه را افزایش داده و بنابراین ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا برده و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند (۱۴).

شاخص سطح برگ: شاخص سطح برگ یکی از شاخص‌های تعیین‌کننده رشد می‌باشد و همبستگی قوی بین سطح برگ در مرحله

تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۲۴/۸۷ درصد به شاهد بیشتر است گزارش شده است که همزیستی میکوریزایی یک استراتژی برتر رقابتی برای گیاه میزبان فراهم می‌آورد. همچنین بیان داشت در نتیجه تلقیح گندم با باکتری *Azospirillum brasilense* عملکرد دانه و محتوی نیتروژن افزایش یافت (۱۶). با وجود این، در برخی موارد، میکوریزا باعث افزایش عملکرد گیاه میزبان نیز شده است، سوپرامانیان و همکاران (۳۴) گزارش کردند که در گیاه ذرت تلقیح شده با میکوریزا (*Glomus intraradices*) عملکرد دانه افزایش یافته و محتوای NPK، Mg، Mn و Zn در دانه این گیاهان نسبت به شاهد بیشتر بود.

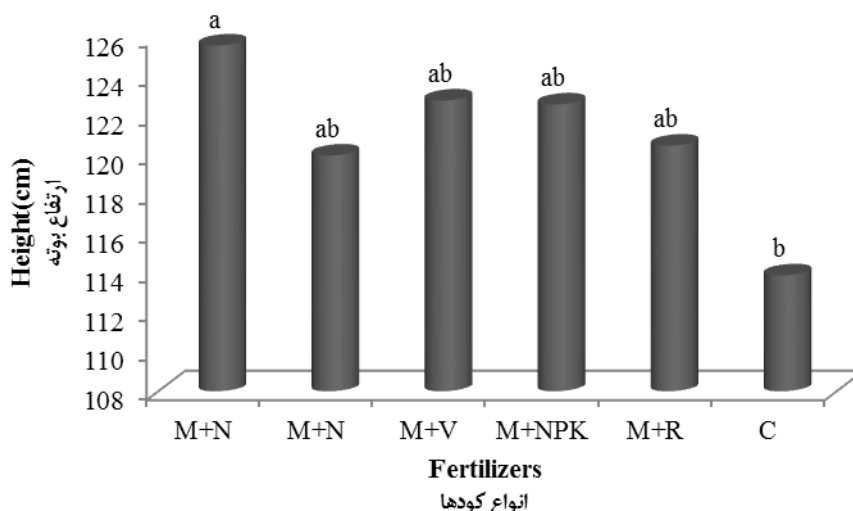
نسبت به شاهد دارای ارتفاع بیشتری بود. مرادی و همکاران (۲۶) افزایش ارتفاع بوته نخود (*Cicer arietinum*) را در اثر تلقیح با میکوریزا گزارش کردند.

عملکرد دانه: شکل ۵ عملکرد سورگوم دانه‌ای در اثر کاربرد انواع میکروارگانیزم و کود را نشان می‌دهد. اثر کاربرد انواع میکروارگانیزم و کود بر عملکرد دانه سورگوم معنی‌دار بود. در این آزمایش، تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۳۷/۴ درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۲۶/۱۶ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی‌کمپوست به نسبت ۳۰/۴۶ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۲۸/۷۷ درصد و تیمار



شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

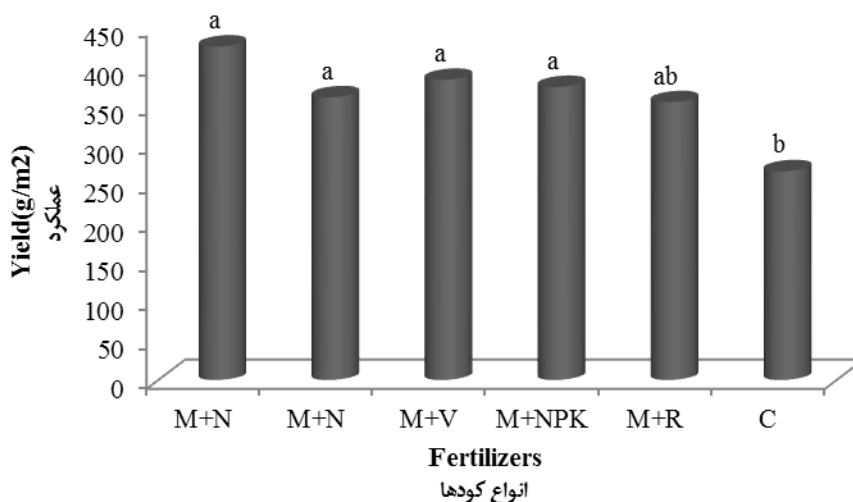
Figure 3- Changes LAI of sorghum bicolor plant as affected by different fertilizers



شکل ۴- تغییرات ارتفاع نهایی سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 4- Changes Hight of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۵- تغییرات عملکرد دانه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

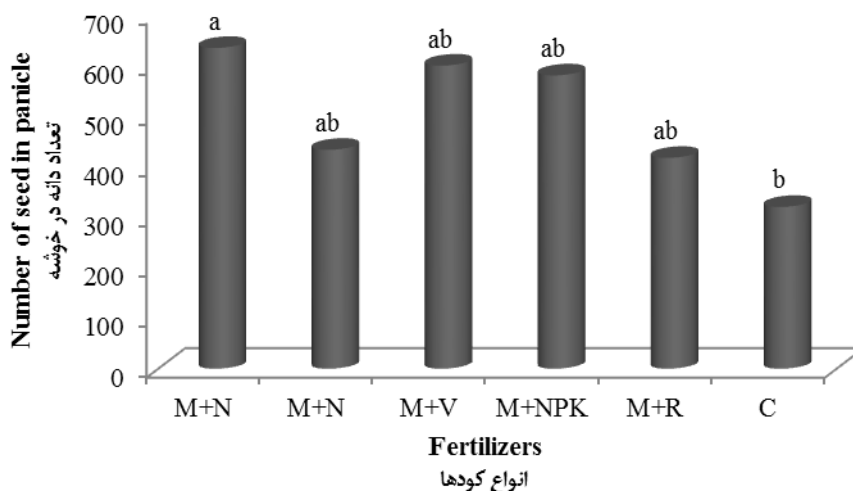
(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 5- Changes yield of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers
(Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

درصد، تیمار میکوریزا به نسبت ۲۶/۰۷ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۴۶/۶۱ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۴۴/۸۳ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۲۳/۲۴ درصد به شاهد بیشتر است. نتایج تحقیق علیزاده و همکاران (۱) که با هدف بررسی اثر همزیستی قارچ میکوریزا و باکتری‌های *آزوسپیریولوم* بر گیاه ذرت انجام دادند نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفتند، به‌طوری‌که *آزوسپیریولوم* بر عملکرد دانه و تعداد دانه‌های

تعداد دانه در خوشه: از دیگر صفات مهم که به‌عنوان اجزای عملکرد از آن یاد می‌گردد، تعداد دانه در خوشه می‌باشد که همانند وزن هزار دانه نقش مؤثری بر شکل‌گیری عملکرد دانه دارد. نتایج حاصل از اثر تیمارهای آزمایشی بر تعداد دانه در خوشه در (شکل ۵) نشان داد که اختلاف معنی‌داری در بین تیمارهای مورد مطالعه در سطح یک درصد وجود دارد. یافته‌های این آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۴۹/۵۵

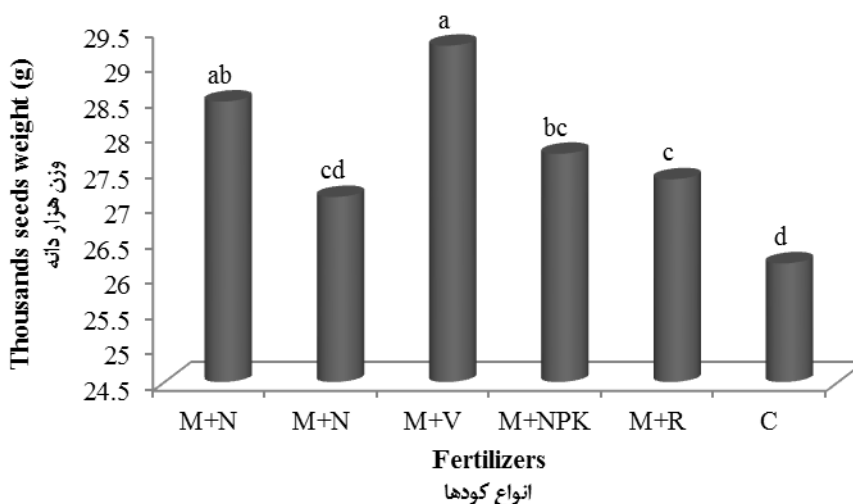
بالا به طور معنی داری اثر گذاشت اما بر وزن هزار دانه تأثیر نداشت. داشت. میکوریزا بر عملکرد دانه و وزن هزار دانه در سطح ۱ درصد تأثیر مثبت



شکل ۶- تغییرات تعداد دانه در خوشه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 6- Changes number of seed in panicle of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers (Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)



شکل ۷- تغییرات وزن هزار دانه سورگوم تحت تأثیر کودهای مختلف

(وجود حداقل یک حرف مشترک در ستون‌ها نشان‌دهنده عدم اختلاف معنی دار در سطح احتمال پنج درصد است)

Figure 7- Changes thousands seeds weight of *sorghum bicolor* plant as affected by different fertilizers (Common letter on the columns indicate no significant difference between treatments at the 5% level probability)

درصد معنی دار بوده است. نتایج این آزمایش نشان داد که در تلقیح دوگانه کود زیستی نیتروکسین و میکوریزا به نسبت ۸/۰۴ درصد،

وزن هزار دانه: در شکل ۷ اثر کاربرد کودهای زیستی، شیمیایی و آلی بر وزن هزار دانه را نشان می‌دهد که در سطح ۱

بین استفاده تلفیقی از میکوریزا و نیتروکسین بیشترین تأثیر را در افزایش ویژگی‌های فوق داشت. می‌توان گفت هر وقت همراه کود میکوریزا منبعی از نیتروژن وجود داشت این کود عملکرد بهتری از خود نشان داد. بدون تردید کاربرد کودهای بیولوژیک و آلی به خصوص در خاک‌های فقیر از عناصر غذایی، علاوه بر اثرات مثبتی که بر کلیه خصوصیات خاک و حفظ کیفیت خاک و افزایش مواد آلی خاک نسبت به کاربرد کودهای معدنی دارد، از جنبه‌های اقتصادی، زیست محیطی و اجتماعی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزینی مناسب و مطلوب برای کودهای شیمیایی در بلندمدت باشد. از آنجا که عدم مصرف نهاده‌های شیمیایی در تولید گیاهان زراعی، شرط اصلی سالم و طبیعی بودن آنها است، لذا پاسخ مثبت گیاه سورگوم دانه‌ای نسبت به کودهای بیولوژیک می‌تواند نوید بخش امکان تولید پایدار این گیاهان زراعی ارزشمند باشد.

تیمار میکوریزا به نسبت ۳/۴۶ درصد، تیمار ترکیبی میکوریزا و ورمی کمپوست به نسبت ۱۰/۵۲ درصد، تیمار مخلوط میکوریزا و کود شیمیایی NPK به نسبت ۵/۵۸ درصد و تیمار تلفیقی میکوریزا و باکتری ریزوبیوم به نسبت ۴/۳۴ درصد به شاهد بیشتر است. کاربرد میکوریزا سبب به تعویق افتادن پیری برگ‌ها، کاهش ریزش برگ‌ها و افزایش میزان آب قابل دسترس گیاه و در نتیجه افزایش فتوسنتز گیاه می‌شود. بنابراین مواد غذایی و شیره پرورده بیشتری در اختیار دانه‌ها قرار گرفته و سبب افزایش اندازه و حجم دانه‌ها می‌گردد. لذا، دانه‌ها سنگین‌تر شده و وزن هزار دانه افزایش می‌یابد (۱۹ و ۲۹).

نتیجه‌گیری

این تحقیق تأثیر مثبت استفاده از کودهای زیستی و آلی را روی ویژگی‌های رشدی، عملکرد گیاه سورگوم دانه‌ای نشان داد و در این

References

1. Alizadeh, A., Alizadeh, A., and Khast Khodei, A. 2009. Application of mycorrhiza and Azospirillum study aimed at optimizing the use of nitrogen and phosphorus in corn Sustainable Agriculture. The findings of modern agriculture Issue 1. (in Persian).
2. Allen, M. F. (ed). 1992. Mycorrhizal Functioning, an Integrative Plant - Fungal Process. Chapman & Hall Press. New York, 534 pp.
3. Antunes, P. M., Deaville, D., and Goss, M. J. 2005. Effect of two AMF life strategies on the tripartite symbiosis with Bradyrhizobium japonicum and soybean. Mycorrhiza 16 (3): 167-173.
4. Berta, G., Fusconi, A., and Hooker, J. E. 2002. In: S. Gianinazzi, H. Schuepp, J. M. Barea and K. Haselwandter (Eds). Arbuscular mycorrhizal modifications to plant root systems: scale, mechanisms and consequences. Mycorrhiza Technology in Agriculture, from Genes to Bioproducts. Basel, Switzerland, Birkhauser Verlag p. 71-85.
5. Cardoso, I., and Kuyper, M. T. W. 2006. Mycorrhizas and tropical soil fertility. Agriculture, Ecosystems and Environment 116: 72-84.
6. Copetta, A., Lingua, G., and Berta, G. 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genovese. Mycorrhiza 16: 485-494.
7. Dash, M. C., and Petra, U. C. 1979. Wormcast production and nitrogen contribution to soil by a tropical earthworm population from a grassland site in Orissa India Revue d'écologie et de biologie du sol, 16: 79-83.
8. Eaidizadeh, Kh., Mahdavi Dameghani, A., Sabahi, H., and Soofizadeh, S. 2011. The application of bio-fertilizers in combination with chemical fertilizer to grow corn (*Zea mays* L.) in the valley. Journal of Ecology Agriculture 2 (2): 293-301. (in Persian).
9. El-Mougy, N. S., and Abdel-Kader, M. 2007. Antifungal effect of powdered spices and their extracts on growth and activity of some fungi in relation to damping-off disease control. Journal of Plant Protection Research 47 (3): 267-278.
10. Ghost, B. C., and, Bhat, R. 1998. Environmental hazards of nitrogen loading in wetland rice fields. Environ. Pollut 102: 123-126.
11. Giovannetti, M., and Mosse, B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.
12. Glenn, R. D., Mallesh, B. C., Kubra, B., and Bagyaraj, D. J. 1992. Influence of vermicompost application on the available macronutrients and selected microbial populations in a paddy field. Soil Biology and Biochemistry 24: 1317-1320.
13. Gliessman, S. R. 1998. Agroecology: Ecological Processes in Sustainable Agriculture. CRC Press, ISBN: 1-57504-043-3.
14. Gryndler, M. 2000. Interaction of arbuscular mycorrhizal fungi with other soil organisms. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Kapulnik Y., and. Douds, D.D. (Eds.). pp. 239-262. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands, ISBN 0-7923-6444-9.
15. Haghparast tanha, M. 1993. Terricolous and agricultural soils. Islamic Azad University Publications of Rasht, No 83-98. (in Persian).

16. Jahan, M. 2008. Agroecological aspects of coexistence corn mycorrhizal fungi and bacteria free-living nitrogen-fixing crops in conventional and ecological systems. PhD thesis of Agriculture (Ecology), Faculty of Agriculture. Mashhad Ferdowsi University. (in Persian).
17. Kader, M. A., Mian, M. H., and Hoque, M. S. 2002. Effects of Azotobacter inoculant on the yield and nitrogen uptake by wheat. *Journal of Biological Sciences* 2 (4): 259-261.
18. Kapoor, R., Chaudhary, V., and Bhatnagar, A. K. 2007. Effects of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. *Mycorrhiza* 17: 581-587.
19. Kocheki, A., and Sarmadneya, Gh. H. 2010. Crop physiology. (Translation). Publications University of Mashhad. 400 p. (In Persian).
20. Kormanik, P. P., and McGraw, A. C. 1982. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizae in plant roots. Available Online at: <http://md1.csa.com/partners/viewrecords.php?requester=gs&collection=ENV&recid=596492>.
21. Lakzeyan, A. 2011. Microbial activity in the rhizosphere. (Translation). University of Mashhad, 380 p. (In Persian).
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 spaerocarpa*. *FEMS Microbiology Ecology* 52: 670-678.
23. Martin J. P., Black J. H., and Hawthorne, R. M. 1997. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of green house tomatoes. *Bioresource Technology* 75: 175-180.
24. Medina, O. A., Kretschmer, A. E., and Sylvia, D. M. 1990. Growth response of field-grown Siratro (*Macroptilium atropurpureum* Urb.) and *Aeschynomene americana* L. to inoculation with selected vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Biology and Fertility of Soils* 9 (1): 54-60.
25. Mohammad, M. J., Malkawi, H. I., and Shibi, R. 2002. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus fertilization on growth and nutrient uptake of barley grown on soil with different levels of salts. *Journal of Plant nutrition* 26: 125-137.
26. Moradi, S., Basharat, H., Nadeyan, H., Karimi, A., and Golchin, A. 2010. The effects of humidity, mycorrhiza and Rhizobium on germination, flowering and morphological traits in pea. *Soil Science Congress in Gorgan*, 243-244. (in Persian).
27. Murty, M. G., and Ladha, J. K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil* 108: 281-285.
28. Nurmohammadi, Gh., Seyadat, A. A., and Kashani, A. 2010. The cultivation of crops. Chamran University Press, 446 p. (in Persian).
29. Panwar, J. D. S. 1991. Effect of VAM and *Azospirillum brasilense* on photosynthesis, nitrogen metabolism and grain yield in wheat. *Indian Journal of Plant Physiology* 34: 357-361.
30. Pacovsky, R. S. 1990. Development and growth effects in the sorghum-Azospirillum association. *Journal of Applied Microbiology* 68: 555-563.
31. Rajapakse, S., and Miller, C. 1992. Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhizal root colonization and related root physical properties. In: *Methods in microbiology*, Volume 24. Norris J. R., Read D. J. and Varma A. K. (Eds.). Academic Press Ltd., USA, pp. 302-316.
32. Shirani, A., Alizadeh, A., and Hashemi Dezfali, A. 2001. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the efficiency of nutrient uptake in wheat. *Publications Seed and Plant* 16: 327-349. (in Persian).
33. Singh, S. P. 1997. Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Field Crops Research* 53: 161-170.
34. Subramanian, K. S., and Charest, C. 1997. Nutritional, growth, and reproductive responses of maize (*Zea mays* L.) to arbuscular mycorrhizal inoculation during and after drought stress at tasselling. *Myorrhiza* 7 (1): 25-32.
35. Tennant, D. 1975. A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology*, 63: 995-1001.
36. Tilak, K. V. B. R., and Singh, C. S. 1988. Response of pearl millet (*Pennisetum americanum*) to inoculation with vesicular-arbuscular mycorrhizae and *Azospirillum brasilense* with different source of phosphorus. *Current Science* 57: 43-44.
37. Widada, J., Damarjaya D. I., and Kabirun S. 2007. In: Velazquez, E., and Rodriguez-Barrueco, C. (eds). The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil. *First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization*. Springer, p. 173-177.



The Effect of Soil Fertilizers on Yield and Growth Traits of Sorghum (*Sorghum bicolor*)

R. Kamaei¹- M. Parsa^{2*} - M. Jahan²

Received: 21-04-2014

Accepted: 18-11-2014

Introduction

Since the use of chemical fertilizers causes environmental pollution and ecological damage, so application of biological fertilizers and selection the effective and compatible species in an special area, could be beneficial for sustainability of agroecosystems there. Nowadays, attention to the interrelation of plant-organism tended to interrelations between plant-organism-organism. Such nutritional relations, have ecological importance and important application in agriculture. The aim of this experiment was to evaluate the effect of chemical, organic and bio fertilizers on sorghum performance.

Materials and Methods

A field experiment was conducted in a randomized complete block design with three replications. The experimental treatments include three kinds of biofertilizers and their integrations and vermicompost and chemical fertilizer as follow: 1- mycorrhiza arbuscular (*G.mosseae*) + vermicompost 2- mycorrhiza+ Nitroxine® (included bacteria *Azospirillum* sp. and *Azotobacter* sp.) 3- mycorrhiza arbuscular+ *Rhizobium* (*Rhizobium* sp.) 4-mycorrhiza arbuscular + Chemical fertilizer NPK 5- mycorrhiza arbuscular 6-control. Mycorrhiza and chemical fertilizer were mixed with soil at the depth of 30 cm before planting. Seeds were inoculated with bio fertilizers and dried at shadow. First irrigation applied immediately after planting. In order to improve seedling emergence second irrigation was performed after 4 days and other irrigation was applied at regular intervals of 10 days. Studied traits were: height and percentage of root colonization, specific root length, seed yield, number of seeds in panicle, thousands seeds weight. To determine the specific root length (root length in a certain volume of soil) at the end of the growing season, plants in each plot were sampled. Then the length of root of each sample was determined.

Results and Discussion

The results showed that although the treatments did not affect the height of stem significantly, but they had significant effects on characteristics of root length colonization, specific root length, leaf area index, crop yield, number of seeds per panicle and thousand grains weight. The results demonstrated that the highest percent of root length colonization (82), specific root length (51.82 m root in 25 cm³ soil), leaf area index (5.47), seed yield (425.62 g.m⁻²), number of seeds in panicle (635) were obtained in mycorrhiza with Nitroxine® treatment. The highest weight of thousands seeds (29.26 g) was gained in simultaneous use of mycorrhiza and vermicompost. On the basis of our results, the integration of mycorrhiza with Nitroxine® is suggested as the best fertilizer treatment for sorghum.

Conclusions

The results showed that the application of mycorrhiza with nitroxin had the greatest effect on growth characteristics and yield of sorghum. It seems that whenever there was a source of nitrogen beside the mycorrhiza, the performance of sorghum was higher. Undoubtedly, application of bio and organic fertilizers specially in poor soils, have positive effects on soil physical and nutritional characteristics. On the other hand according to economical, environmental and social aspects, they are benefits and could be appropriate alternative for chemical fertilizers in future.

Keywords: Mycorrhiza arbuscular, Nitroxine, Percent of root length colonization, Specific root length, Vermicompost

1, 2- Former M.Sc. Student and Associate Professor, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad
(*- Corresponding Author Email: parsa@um.ac.ir)



بررسی عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن تحت دو رژیم آبیاری

ساره مشایخی^۱ - غلامرضا خواجهویی نژاد^۲ - قاسم محمدی نژاد^{۳*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۸

چکیده

به منظور بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ براساس شاخص‌های تحمل به خشکی تحت رژیم‌های مختلف آبیاری آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان اجرا گردید. سطوح آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A شامل سطح اول آبیاری، بدون تنش (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و سطح دوم آبیاری، تنش (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) به عنوان فاکتور اصلی و ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی و ارزن دم روباهی به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج تجزیه واریانس حاکی از کاهش معنی‌دار همه صفات زراعی تحت تنش خشکی بود. مقایسه میانگین گروهی بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن بیانگر آن بود که ژنوتیپ‌های ارزن معمولی نسبت به ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی برتری داشتند. از بین شاخص‌های تحمل به خشکی شاخص میانگین بهره‌وری MP، میانگین هندسی بهره‌وری GMP، شاخص تحمل تنش STI و شاخص عملکرد YI همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش نشان دادند و شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ژنوتیپ‌های ارزن متحمل به تنش خشکی می‌باشند. در این آزمایش اکوتیپ گلباف پتانسیل عملکرد زیادتر و تحمل نسبی بیشتری نسبت به تنش خشکی نشان داد و می‌تواند به عنوان اکوتیپ امید بخش در معرفی ارقام جدید متحمل به خشکی به کار رود.

واژه‌های کلیدی: ارزن، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل، صفات مورفولوژیک، عملکرد دانه

مقدمه

محیطی است (۷). از جمله راه‌های مقابله با تنش خشکی، اصلاح گیاهان متحمل و زودرس است. شناخت این موضوع که هر یک از گیاهان یا ژنوتیپ‌ها چگونه با تنش مقابله می‌کنند، حائز اهمیت می‌باشد (۲۴).

گیاه ارزن (*Panicum miliaceum*)، گیاهی علفی و یکساله است که در مناطق گرم و خشک رشد می‌کند و به دلیل دارا بودن دانه‌های ریز (کوچکتر از دانه‌های ذرت خوشه‌ای) در بین غلات به غله دانه ریز معروف است. گیاه ارزن پس از گندم (*Triticum aestivum*)، برنج (*Oriza sativa*)، ذرت (*Zea mays*)، جو (*Hordeum vulgare*) و سورگوم (*Sorghum bicolor*) مهمترین گیاه یکساله جهان محسوب می‌گردد (۲۲). ارزن یکی از گیاهان سازگار به خشکی است که بررسی و مطالعه صفات ویژه آن می‌تواند به شناسایی مکانیسم‌های مؤثر در مقابله با خشکی کمک نماید. مکانیسم‌های متفاوتی برای تحمل خشکی در ارزن‌ها مطرح است. تحقیقات نشان داده است که ارزن می‌تواند از طریق گلدهی زود هنگام و عدم همزمانی در نمو پنجه‌ها از اثرات خشکی بگریزد (۵) و (۲۹).

گیاهان در طول دوره رشد خود پیوسته توسط عوامل نامساعد محیطی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. بعضی از این عوامل نامساعد مانند تنش رطوبتی، رشد و نمو را در گیاهان محدود می‌کنند (۲). تنش رطوبتی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که آثار بسیار نامطلوبی بر رشد و تولید گیاهان زراعی می‌گذارد (۶). شدیدترین اثرات تنش خشکی موقعی مشاهده می‌شوند که کمبود آب در دوره گلدهی یا پر شدن دانه رخ دهد. در مرحله رشد زایشی گیاه، تنش آب فرآیند گلدهی و رسیدن میوه را تسریع می‌کند (۴۶). تنش خشکی مهمترین عامل محدودکننده رشد و نمو گیاهان در سرتاسر دنیا می‌باشد، به‌طوری‌که کاهش رشد در اثر تنش خشکی به مراتب بیشتر از سایر تنش‌های

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

۳- دانشیار گروه اصلاح نباتات، مدیر قطب علمی تنش‌های محیطی در غلات، دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان

(*)- نویسنده مسئول: (Email: Mohammadinejad@yahoo.com)

اولویت دار در این منطقه می‌باشد.

این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سطوح آبیاری بر عملکرد، اجزاء عملکرد در ژنوتیپ‌های مختلف ارزن و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های تحمل به خشکی و مقایسه واکنش ژنوتیپ‌های مختلف ارزن دم روباهی در مقایسه با ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی تحت تنش صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی عملکرد، اجزاء عملکرد ژنوتیپ‌های مختلف ارزن و تعیین متحمل‌ترین ژنوتیپ براساس شاخص‌های تحمل به خشکی تحت دو رژیم آبیاری، آزمایشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان (عرض جغرافیایی ۵۷ درجه و ۱۰ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۳۰ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. براساس آمار هواشناسی موجود و با توجه به تقسیم‌بندی آمبرژه این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک با تابستان‌های گرم و زمستان‌های معتدل می‌باشد. میانگین درجه حرارت سالانه آن ۱۷/۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل و حداکثر دما به ترتیب ۸/۶ و ۲۶/۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. متوسط تبخیر سالانه از تشتک تبخیر کلاس A، ۲۷۹۲/۳ میلی‌متر، متوسط رطوبت نسبی هوا ۳۱/۵ درصد و متوسط بارندگی سالانه ۱۲۴/۳ میلی‌متر می‌باشد. این منطقه واقع در جنوب شرقی ایران در خاکی با بافت لومی شنی و pH قلیایی و هدایت الکتریکی آب (0.96 ds m^{-1}) قرار دارد. سطوح تیمار آبیاری براساس تبخیر تجمعی از تشتک تبخیر کلاس A شامل سطح اول آبیاری، آبیاری مرسوم (۵۰ میلی‌متر تبخیر) و سطح دوم آبیاری، کم آبیاری (۱۰۰ میلی‌متر تبخیر) به عنوان فاکتور اصلی در کرت‌های اصلی و ژنوتیپ‌های دو گونه ارزن شامل (ارزن معمولی (*Panicum miliaceum*); رقم پیشاهنگ، اکوتیپ‌های رابر، گلپاف و لاین‌های P101، P69 و P101، P69 و P101، S79 و S81 و S85 که لاین‌ها از موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند) به عنوان عامل فرعی در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. آبیاری مزرعه تا اعمال تیمار خشکی (مرحله سه برگی)، برای کلیه کرت‌ها به صورت یکسان انجام شد. پس از آن زمان انجام آبیاری با توجه به تشتک تبخیر کلاس A (۵۰ و ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک)، تعیین گردید.

تهیه زمین شامل شخم پاییزه و دو دیسک بهاره عمود بر هم و تسطیح زمین به وسیله لولر بود و کودپاشی براساس آزمون خاک به مقدار ۲۰۰ کیلو گرم کود اوره (در دو مرحله قبل از کاشت و مرحله ساقه رفتن)، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپر فسفات تریپل و ۱۰۰ کیلوگرم

بروک و همکاران (۹) کاهش شاخص برداشت گیاه ارزن، در اثر تنش خشکی را گزارش کردند. برخی محققین در مطالعه تأثیر تنش کم آبی بر روابط آبی و رشد دو گونه سوروف (*Echinochloa crus-galli* L. و ارزن مروارید (*Pennisetum glaucum*))، مشاهده نمودند که تنش آبی باعث کاهش ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و تعداد پنجه در هر سه گیاه گردید. شدت این اثرات در ارزن مروارید به مراتب کمتر از دو گونه دیگر بود (۱۰). تنش خشکی در ارزن، سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن دانه می‌شود (۲۸). کاهش عملکرد بیولوژیکی در بررسی تنش خشکی نیز گزارش گردیده است (۳۷).

برای شناسایی مقاومت و واکنش رقم‌ها به تنش براساس عملکرد دانه، شاخص‌های متفاوتی گزارش شده است. برخی محققین شاخص تحمل^۱ (TOL) و شاخص میانگین بهره‌وری^۲ (MP) را پیشنهاد داده‌اند که مقادیر بالای TOL نشان‌دهنده حساسیت نسبی ژنوتیپ‌ها به تنش است (۴۴). شاخص MP نیز به صورت متوسط جمع جبری عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش تعریف می‌شود. شاخص تحمل تنش^۳ (STI) به عنوان معیاری برای گزینش ارقام متحمل به تنش خشکی است که مقادیر بالای این شاخص نشان‌دهنده تحمل زیاد تنش و عملکرد بالقوه بالا است (۱۲). شاخص دیگری که ارائه شد میانگین هندسی بهره‌وری^۴ (GMP) است، این شاخص در مقایسه با MP در تفکیک رقم‌ها از قدرت بالاتری برخوردار است (۱۲). یکی دیگر از شاخص‌های انتخاب، شاخص حساسیت به تنش^۵ (SSI) است محققین نشان دادند که ژنوتیپ‌هایی با SSI کمتر از واحد، به خشکی متحمل تر هستند. بنابراین کاهش عملکرد آن‌ها در شرایط خشکی کمتر از کاهش عملکرد متوسط کل ژنوتیپ‌ها است (۱۳). شاخص پایداری عملکرد^۶ (YSI) عملکرد یک رقم در شرایط تنش را نسبت به عملکرد غیر تنش آن ارزیابی می‌کند و می‌تواند شاخص مناسبی برای شناسایی ارقام متحمل به تنش باشد، بنابراین انتظار می‌رود ارقامی با YSI بالاتر عملکرد بیشتری در هر دو شرایط داشته باشند (۸). شاخص عملکرد^۷ (YI) ارقام را فقط براساس عملکرد در شرایط تنش رتبه‌بندی می‌کند، بنابراین رقم‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و عدم تنش را تشخیص نمی‌دهد (۱۶).

با توجه به اینکه مهمترین عامل مربوط کننده کشت گیاهان در مناطق خشک از جمله استان کرمان کمبود آب می‌باشد لذا بررسی نیاز آبی گیاهان و شناسایی ارقام مقاوم به خشکی جزو تحقیقات

- 1- Tolerance
- 2- Mean Productivity
- 3- Stress Tolerance Index
- 4- Geometric Mean Productivity
- 5- Stress Susceptibility Index
- 6- Yield Stability Index
- 7- Yield Index

همچنین بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که مقایسه گروهی نشان داد این اختلاف صرفاً به خاطر اختلاف در دو جنس ارزن است و ارتباطی به ژنوتیپ‌های هر جنس با هم ندارد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های ارزن نشان داد که ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی دارای تعداد پنجه بیشتری بودند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ‌های باستان، S79، S81، S85 بیشترین تعداد پنجه و ژنوتیپ‌های رابر و P69 کمترین تعداد پنجه را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). در این تحقیق اثر رژیم‌های مختلف آبیاری معنی‌دار شد (جدول ۱). به منظور تحلیل بیشتر اثر متقابل به اجزا، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی و اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی تفکیک شد که در نتیجه هیچ‌کدام به تنهایی معنی‌دار نشد. در حالی‌که این اختلاف اثر متقابل آن‌ها بود که معنی‌دار شد یعنی هیچ‌کدام از جنس‌ها به تنهایی واجد اثر متقابل نبودند که بیانگر واکنش یکسان آن‌ها به تغییرات محیطی است ولی چون نوع واکنش این دو جنس به تیمارهای آبیاری مختلف می‌باشد، لذا اختلاف اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار گردید که با این وجود اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ معنی‌دار گردید (جدول ۱). ناخدا و همکاران گزارش نمودند که خشکی باعث کاهش ارتفاع، تعداد پنجه و نسبت برگ به ساقه در ارزن نوتریفید شد (۳۳). گزارش‌های برخی محققین دیگر نیز حاکی از کاهش تعداد پنجه بر اثر تنش خشکی است که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد (۲۷ و ۲۸).

ارتفاع بوته: نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن بود (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین‌ها نشان داد که ارزن دم روباهی نسبت به ارزن معمولی ارتفاع بیشتری دارد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ S85 بیشترین ارتفاع ساقه را دارا بود و ژنوتیپ‌های رابر و گلباف که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها مشاهده نشد کمترین ارتفاع ساقه را دارا بودند (شکل ۱-ب). اثر رژیم‌های مختلف آبیاری در سطح یک درصد معنی‌دار گردید به‌طوری‌که ارتفاع در شرایط نرمال بیش از ارتفاع در شرایط تنش بود (شکل ۱-الف). در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ معنی‌دار نبود ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که بیانگر واکنش یکنواخت این ژنوتیپ‌ها به تیمارهای آبیاری است در حالی‌که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). ارتفاع بوته صفتی است که بیش از هر عامل دیگر تحت تأثیر ویژگی‌های ژنتیکی قرار می‌گیرد (۴۱).

کود سولفات پتاسیم در هکتار که قبل از کاشت به زمین داده شد انجام گردید. مبارزه با علف‌های هرز نیز قبل و بعد از سبز شدن انجام شد. جهت جلوگیری از نشت آب، فاصله بین کرت‌های اصلی دو متر و همچنین فاصله بین تکرارها نیز دو متر در نظر گرفته شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه، پس از حذف ردیف‌های حاشیه و ۰/۵ متر از ابتدا و انتهای هر کرت با برداشت از خطوط میانی صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در هر گیاه، تعداد شاخه فرعی، تعداد پانیکول در هر گیاه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، وزن هزار دانه و عملکرد دانه اندازه‌گیری و محاسبه شدند. طرح مورد نظر در دو کرت اصلی (تنش و عدم تنش) و ۹ کرت فرعی که شامل چهار ردیف کاشت ۲/۵ متری به فاصله ۵۰ سانتی‌متری از یکدیگر در نظر گرفته شد. عملیات کاشت با دست در ۲۵ اردیبهشت ماه انجام شد. تعداد بوته در هر هکتار حدود ۴۰۰۰۰ بوته بود. شاخص‌های تحمل به خشکی شامل شاخص تحمل، شاخص میانگین بهره‌وری، شاخص تحمل تنش، میانگین هندسی بهره‌وری، شاخص حساسیت به تنش، شاخص پایداری عملکرد و شاخص عملکرد از روابط زیر محاسبه شدند.

$$SSI = \frac{1 - (Y_s / Y_p)}{1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)} \quad (۱)$$

$$TOL = Y_p - Y_s \quad (۲)$$

$$YSI = \frac{Y_s}{Y_p} \quad (۳)$$

$$YI = \frac{Y_s}{\bar{Y}_s} \quad (۴)$$

$$MP = \frac{(Y_p + Y_s)}{2} \quad (۵)$$

$$STI = \frac{Y_{sx} \times Y_p}{\bar{Y}_p^2} \quad (۶)$$

$$GMP = \sqrt{Y_p \times Y_s} \quad (۷)$$

در روابط فوق Y_p عملکرد دانه ژنوتیپ مورد نظر در شرایط بدون تنش، Y_s عملکرد دانه ژنوتیپ مورد نظر در شرایط تنش، $\bar{Y}_p$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش و $\bar{Y}_s$ میانگین عملکرد ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش است. پس از محاسبه شاخص‌های فوق همبستگی بین مقادیر این شاخص‌ها و عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش خشکی محاسبه شد تا بهترین شاخص‌ها برای شناسایی و انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی مشخص شوند. مقایسه گروهی میانگین‌ها در بین ژنوتیپ‌های ارزن (معمولی و دم روباهی)، در هر سطح آبیاری انجام شد. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها، محاسبه همبستگی بین شاخص‌ها و ترسیم نمودارها از نرم افزارهای SAS و Excel استفاده گردید. مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده برای هر صفت نیز با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد صورت پذیرفت.

نتایج و بحث

تعداد پنجه: تنش خشکی اثر کاهنده‌ای در تعداد پنجه داشت و

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی و عملکرد ارزن در تیمارهای آبیاری و ژنوتیپ‌ها

Table 1- Analysis of variance for morphological and Irrigation and millet genotypes

منابع تغییر	درجه آزادی	تعداد پنجه در هر گیاه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه فرعی	تعداد پانیکول در هر گیاه	شاخص برداشت	وزن هزار دانه	عملکرد بیولوژیک	عملکرد دانه
تکرار (Repeat)	2	0.20	321.96	0.57	0.49	2.56	0.01	59017664.9	75752.46
آبیاری (Irrigation)	1	0.19*	4295.15**	0.88*	2.44*	56.65**	0.001 ^{ns}	28184002.7**	4741.40 ^{ns}
خطا (Error a)	2	0.02	159.36	0.12	0.02	7.82	0.02	12058893.6	3321.13
ژنوتیپ (Genotype)	8	0.26**	1530.93**	8.01**	20.32**	211.51**	0.31**	14224507.8**	428933.47**
اختلاف دو جنس ارزن									
(Differences between the sexes Millet)	1	0.58**	2272.63**	20.41**	42.54**	42.64**	0.60**	3891985.80 ^{ns}	73173.69**
باقیمانده (The remaining)	7	0.07 ^{ns}	304.48 ^{ns}	2.05**	4.25**	122.05**	0.08*	7981561.09**	280046.18**
آبیاری × ژنوتیپ (Irrigation × genotype)	8	0.14**	241.33 ^{ns}	1.36**	1.36**	170.51**	0.02 ^{ns}	4511634.9*	149749.86**
آبیاری × ارزن معمولی (Irrigation × common millet)	4	0.09 ^{ns}	401.27*	3.51**	7.44**	147.88**	0.14**	11894304.15**	347399.65**
آبیاری × ارزن دم روباهی (Irrigation × foxtail millet)	3	0.04 ^{ns}	175.42 ^{ns}	0.09 ^{ns}	0 ^{ns}	87.61**	0.004 ^{ns}	2088131.88 ^{ns}	190241.55**
اختلاف اثر متقابل دو جنس									
(The interaction between the sexes)	1	0.58**	2272.63**	20.41**	55.42**	42.64**	0.60**	3891985.80 ^{ns}	73173.69**
خطا b (Error b)	32	0.03	135.96	0.20	0.36	5.34	0.03	1862670.4	12751.10

ns، * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطوح ۵ و ۱ درصد.

ns, * and ** respectively insignificant and significant at the 5% and 1%

می‌شود. تولید مریستم‌های انتهایی ساقه موجب افزایش ارتفاع یا طول گیاه می‌گردد که در شرایط تنش خشکی تولید سلول‌های مریستمی کم، و در نتیجه ارتفاع ساقه کاهش می‌یابد (۲۰). کاهش ارتفاع بوته تحت شرایط تنش در گیاهان علوفه ای نظیر سورگوم، ارزن و ذرت گزارش شده است (۴).

با این حال شرایط محیطی از جمله تنش خشکی، ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کاهش ارتفاع در اثر تنش خشکی می‌تواند به دلیل تأثیر تنش بر روی آماس سلولی و همچنین کاهش تکثیر سلولی باشد. واریته‌های مختلف از نظر عکس‌العمل به تنش خشکی با هم متفاوت می‌باشند، در همین رابطه نزرلی و زرددشتی (۳۴) بیان کردند برای تولید سلول نیاز به یک حداقل پتانسیل آب بوده است و در نتیجه در اثر کمبود آب در نهایت، میانگره‌ها و ارتفاع ساقه کوتاه

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل آبیاری و واریته بر صفات رویشی و زایشی ارزن

Table 2- Comparison of the interaction of Irrigation and millet at varieties vegetative and reproductive traits

آبیاری	ژنوتیپ	تعداد پنجه در هر گیاه	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد پانیکول در هر گیاه	شاخص برداشت (%)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)
تنش (Stress)	پیشاهنگ	0.5 ^{cd}	73.4 ^{d-g}	2.9 ^{bc}	3.8 ^{bc}	5.2 ^{f-h}	0.8 ^{b-f}	4724.0 ^{c-f}	169.0 ^{f-h}
	رابر	0.2 ^d	57.4 ^g	2.3 ^{cd}	4.8 ^b	4.0 ^{f-h}	0.8 ^{b-f}	2662.6 ^f	100.0 ^{gh}
	گلپاف	0.8 ^{bc}	56.8 ^g	1.2 ^{ef}	2.0 ^e	11.3 ^{de}	1.3 ^a	3105.3 ^{ef}	592.0 ^{bc}
	P69	0.4 ^d	61.3 ^{e-g}	2.1 ^d	3.4 ^{cd}	8.4 ^{ef}	0.8 ^{b-e}	3660.6 ^{d-f}	426.6 ^{c-e}
	P101	0.8 ^{bc}	70.6 ^{d-g}	1.1 ^{ef}	2.1 ^e	3.7 ^{gh}	0.6 ^{c-g}	6422.0 ^{bc}	294.6 ^{d-h}
	باستان	1.0 ^{ab}	81.4 ^{c-e}	1.0 ^{ef}	1.0 ^f	6.6 ^{f-h}	0.6 ^{c-g}	2979.3 ^f	226.6 ^{e-h}
	S79	1.1 ^{ab}	80.2 ^{c-f}	0.9 ^{ef}	1.0 ^f	2.6 ^h	0.7 ^{c-g}	2900.6 ^f	85.3 ^h
	S81	1.0 ^{ab}	90.7 ^{a-d}	1.0 ^{ef}	1.0 ^f	7.0 ^{f-h}	0.6 ^{d-g}	4042.3 ^{c-f}	504.0 ^{cd}
	S85	1.0 ^{ab}	106.7 ^{ab}	0.4 ^f	1.0 ^f	6.3 ^{f-h}	0.5 ^{fg}	4990.0 ^{c-f}	388.6 ^{c-e}
	پیشاهنگ	0.8 ^{bc}	97.6 ^{a-c}	5.2 ^a	5.9 ^a	6.1 ^{f-h}	0.9 ^{b-d}	9168.6 ^a	234.0 ^{e-h}
نرمال (Normal)	رابر	1.1 ^{ab}	58.6 ^{fg}	3.2 ^b	6.8 ^a	16.2 ^c	0.8 ^{b-e}	3165.3 ^{ef}	334.6 ^{d-f}
	گلپاف	1.0 ^{ab}	70.9 ^{d-g}	1.6 ^{de}	2.2 ^e	33.4 ^a	1.1 ^{ab}	3290.6 ^{ef}	1299.0 ^a
	P69	0.6 ^{cd}	99.2 ^{a-c}	3.3 ^b	4.0 ^{bc}	13.8 ^{cd}	0.9 ^{bc}	5938.3 ^{b-d}	776.6 ^b
	P101	1.0 ^{ab}	85.7 ^{b-d}	1.2 ^{ef}	۷/۷ ^{de}	4.7 ^{f-h}	0.6 ^{c-g}	7924.6 ^{ab}	304.6 ^{d-g}
	باستان	1.0 ^{ab}	107.6 ^{ab}	1.0 ^{ef}	1.0 ^f	7.3 ^{e-g}	0.6 ^{d-g}	6389.3 ^{bc}	420.6 ^{c-e}
	S79	1.2 ^a	110.4 ^a	1.2 ^{ef}	1.0 ^f	6.0 ^{f-h}	0.4 ^g	3672.6 ^{d-f}	122.0 ^{f-h}
	S81	1.0 ^{ab}	100.5 ^{a-c}	1.0 ^{ef}	1.0 ^f	23.2 ^b	0.6 ^{c-g}	5666.0 ^{b-e}	784.0 ^b
	S85	1.0 ^{ab}	108.1 ^a	0.7 ^{ef}	1.0 ^f	7.7 ^{c-g}	0.5 ^{e-g}	5699.3 ^{b-e}	440.6 ^{c-e}

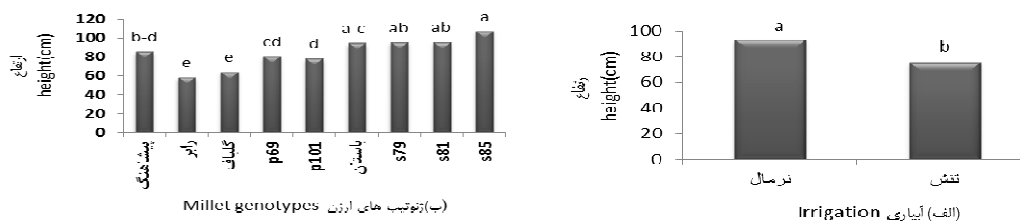
میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.
The mean of at least one letter in common, they are not statistically significant at the 5% level.

جدول ۳- مقایسات گروهی میانگین صفات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد برای ژنوتیپ‌های ارزن معمولی و دم روباهی تحت رژیم‌های متفاوت آبیاری

Table 3- Comparisons of mean growth characteristics, yield and yield components for common and foxtail millet genotypes under different irrigation regimes

آبیاری	ژنوتیپ	تعداد پنجه در هر گیاه	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه فرعی	تعداد پانیکول در هر گیاه	شاخص برداشت (%)	وزن هزاردانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه (kg ha ⁻¹)
تنش (Stress)	ارزن معمولی (common millet)	0.55b	63.93b	1.94a	3.23a	6.54a	0.92a	4114.93a	316.46a
	ارزن دم روباهی (foxtail millet)	1.02 a	89.78a	0.83b	1b	5/67b	0.62b	3728.08b	301.16b
نرمال (Normal)	ارزن معمولی (common millet)	0.91b	82.43b	2.91a	3.93a	14.87a	0.94a	5897.52a	589.79a
	ارزن دم روباهی (foxtail millet)	1.05a	106.68a	0.99 b	1b	11.12b	0.57b	5356.83b	441.83b

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد با آزمون دانکن معنی‌دار نیستند.
The mean of at least one letter in common, they are not statistically significant at the 5% level.



شکل ۱- مقایسه میانگین ارتفاع بوته در الف) تیمارهای آبیاری و ب) ژنوتیپ‌های مختلف
Figure 1- Compares the average height of a) Irrigation treatments and b) Genotypes

آماري تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی تعداد پانیکول معنی‌دار بود ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای دو جنس مختلف ارزن اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که نشان‌دهنده واکنش یکسان ژنوتیپ‌ها به تیمار آبیاری است. در حالی که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). در آزمایشی که بر روی گیاه گلرنگ صورت گرفت، تعداد طبق در بوته در اثر تنش کمبود آب، کاهش معنی‌داری یافت (۱). همچنین گزارش شده است که تنش کمبود آب منجر به کاهش معنی‌دار تعداد غوزه در بوته پنبه (*Gossypium hirsutum*) گردیده است (۴۰).

شاخص برداشت: نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود داشت که این اختلاف بین دو جنس ارزن و درون جنس‌ها معنی‌دار شد (جدول ۱). نتایج مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های ارزن برای شاخص برداشت نشان داد که ارزن معمولی دارای شاخص برداشت بیشتری است (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ‌های گلپاف بیشترین و S79 کمترین شاخص برداشت را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). تنش خشکی اثر کاهشی معنی‌داری روی شاخص برداشت نشان داد و اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی شاخص برداشت معنی‌دار بود که پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که به علت اختلاف بیشتر پاسخ ژنوتیپ‌های دو جنس نسبت به یکدیگر می‌باشد (جدول ۱). شاخص برداشت از طریق کاهش تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در هر غلاف، وزن دانه‌ها و در نهایت کاهش عملکرد اقتصادی، کاهش می‌یابد. در تطابق با این نتایج برخی محققین نیز کاهش شاخص برداشت را در اثر تنش آبیاری در لوبیا چیتی (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند (۳). شاخص برداشت گیاه

تعداد شاخه فرعی: نتایج به‌دست آمده حاکی از اختلاف

معنی‌دار بین ژنوتیپ‌ها بود به‌طوری‌که اختلاف بین دو جنس و درون جنس‌ها معنی‌دار شد (جدول ۱). در مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن، مشاهده شد که ارزن معمولی دارای تعداد شاخه فرعی بیشتری نسبت به ارزن دم روباهی بود (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، رقم پیشاهنگ بیشترین و ژنوتیپ S85 کمترین تعداد شاخه فرعی را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). تنش آبی نیز اثر کاهشی معنی‌داری روی تعداد شاخه فرعی نشان داد. نتایج تجزیه واریانس حاکی از آن است که اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی تعداد شاخه فرعی معنی‌دار شد ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای دو جنس مختلف ارزن، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که بیانگر واکنش یکنواخت این ژنوتیپ‌ها به تیمار آبیاری است در حالی که اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و همچنین اختلاف اثر متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). نوروز پور و رضوانی مقدم اعلام کردند که تنش خشکی در گیاه دارویی سیاه دانه (*Nigella sativa*) سبب کاهش در تعداد شاخه‌های فرعی شده و دلیل آن را کاهش طول مرحله رشد رویشی و افزایش سرعت گذر گیاه از مرحله رشد رویشی و رساندن خود به مرحله رشد زایشی ذکر کردند (۳۵). تنش خشکی در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) منجر به کاهش سطح برگ، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه و تعداد طبق گردید (۲۱).

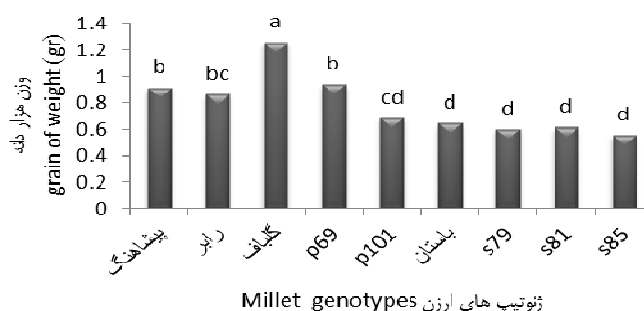
تعداد پانیکول: تنش خشکی اثر کاهشی بر تعداد پانیکول

داشت و نتیجه تجزیه واریانس نشان داد بین ژنوتیپ‌ها اختلاف معنی‌داری وجود دارد که این اختلاف بین دو جنس و درون جنس‌ها معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین بین ژنوتیپ‌های ارزن نشان داد که ژنوتیپ‌های ارزن معمولی بیشترین تعداد پانیکول را نسبت به ارزن دم روباهی دارا بودند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، اکوتیپ را بر بیشترین تعداد پانیکول را در شرایط تنش خشکی دارا بود و ژنوتیپ‌های باستان، S79، S81 و S85 کمترین تعداد پانیکول را در شرایط تنش خشکی داشتند که از نظر

ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل برای دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی دار شد که بیانگر تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). وزن هزار دانه نشان‌دهنده وضعیت و طول دوره زایشی هر گیاه است و از آنجا که با آغاز گلدهی و مشخص شدن تعداد دانه در بوته، دانه‌ها شروع به دریافت و ذخیره مقادیری از مواد فتوسنتزی می‌نمایند، می‌بایستی بین وزن هزار دانه هنگامی که گیاه در حال تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، با حالت‌های نرمال تفاوت وجود داشته باشد (۴۱). با محدود شدن آبیاری در مرحله زایشی به دلیل اینکه طول دوره پر شدن دانه کاهش می‌یابد گیاه با محدودیت منبع مواجه شده و مواد کمتری به دانه‌ها منتقل می‌شود. بنابراین هرگونه تنش کم آبی در طی این مراحل می‌تواند بر روابط منبع و مخزن تأثیر منفی بگذارد. برخی از تحقیقات بیانگر آن است که خشکی باعث کاهش وزن هزار دانه می‌شود (۴۷). تنش خشکی بعد از گلدهی باعث کاهش تعداد سلول آندوسپرم دانه در قاعده و راس سنبله شده و در نهایت وزن دانه را کاهش می‌دهد (۳۰). برخی تحقیقات نیز حاکی از آن است که محدودیت آب موجب کاهش رشد دانه و وزن هزار دانه می‌شود و بیشترین کاهش هنگامی است که گیاه با تنش خشکی آخر فصل مواجه شود (۴۳). اعمال تنش خشکی از ابتدای مرحله رویشی انجام شد ولی از آنجایی که حساس‌ترین مراحل زندگی گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی به خصوص تنش خشکی و شوری مراحل گلدهی و دانه‌بندی می‌باشند کاهش وزن هر دانه و افزایش درصد پوکی دانه، سبب کاهش وزن هزار دانه گردید. در همین رابطه محققان زیادی کاهش وزن هزار دانه در اثر تنش خشکی را گزارش کرده‌اند (۲۳ و ۴۷).

ذرت تحت تأثیر تنش خشکی تقریباً ثابت است. همان طور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد، وزن خشک کل را نیز کم می‌کند، مگر اینکه تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد گردد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند (۴۵). اعمال تنش خشکی از ابتدای مرحله رویشی تا رسیدگی دانه تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر شاخص برداشت ندارد؛ زیرا کاهش پتانسیل آب خاک در سرتاسر دوره رشد باعث کاهش یکنواخت عملکرد دانه و کل ماده خشک تولیدی (عملکرد بیولوژیک) می‌شود (۳۶). ولی کاهش پتانسیل آب خاک در دوره‌ی زایشی باعث کاهش بیشتر عملکرد دانه نسبت به عملکرد بیولوژیک شده که از این طریق شاخص برداشت نقصان خواهد یافت. کاهش شاخص برداشت در اثر تنش خشکی آخر فصل توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (۱۴ و ۴۷).

وزن هزار دانه: نتایج تجزیه واریانس حاکی از اختلاف معنی‌دار بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن بود که این اختلاف بین دو جنس و درون جنس‌های ارزن معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین‌ها در مورد وزن هزار دانه نشان داد که ژنوتیپ‌های ارزن معمولی دارای وزن هزار دانه بیشتری نسبت به ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی می‌باشند (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، اکوتیپ گلباف بیشترین وزن هزار دانه و ژنوتیپ‌های باستان، S79، S81 و S85 که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد کمترین وزن هزار دانه را دارا بودند (شکل ۲). اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ معنی‌دار نشد ولی پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی معنی‌دار نشد که بیانگر واکنش یکسان ژنوتیپ‌ها به تیمارهای آبیاری است در حالی که اثر متقابل آبیاری در



شکل ۲- مقایسه میانگین وزن هزار دانه در ژنوتیپ‌های مختلف ارزن
Figure 2- Compares the average weight of grain millet genotypes

بوده و ارتباطی به دو جنس ارزن ندارد (جدول ۱). همچنین نتایج مقایسه گروهی میانگین‌ها بین ژنوتیپ‌های ارزن نشان داد که ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی عملکرد بیولوژیک بیشتری دارد (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ P101

عملکرد بیولوژیک: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های مختلف ارزن اختلاف معنی‌داری در مورد عملکرد بیولوژیک وجود داشته و از طرفی مقایسه گروهی بیانگر آن است که این اختلاف صرفاً ناشی از اختلاف بین ژنوتیپ‌های هر جنس با هم

معنی‌دار شد. این امر نشان‌دهنده تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است (جدول ۱). تنش خشکی در طی رشد دانه، میزان عملکرد را کاهش می‌دهد (۳۸). دلیل این کاهش را می‌توان به رشد رویشی کمتر و به تبع آن، کاهش سطح فتوسنتزکننده، بسته شدن روزنه‌ها، کاهش قابلیت تبادل گازی روزنه‌ها، کاهش آبیگری کلروپلاست و سایر بخش‌های پروتوپلاسم، کاهش سنتز پروتئین و کلروفیل که سبب تقلیل و محدود شدن فتوسنتز می‌گردد و در نهایت رشد و عملکرد نهایی گیاه را کاهش می‌دهد ارتباط داد (۲۶). کوماری (۲۵) نیز گزارش کرد تنش خشکی در ارزن سبب کاهش عملکرد دانه، تعداد دانه در خوشه و وزن هزار دانه می‌شود. برخی تحقیقات کاهش عملکرد دانه گندم را در شرایط تنش خشکی گزارش کرده‌اند (۴۷). تنش خشکی از طریق اختلال در روند جذب و انتقال عناصر غذایی، عرضه مواد پرورده را کاهش داده و موجب تغییر در اجزای عملکرد و کاهش عملکرد دانه می‌گردد. وستیج و بویر (۴۹) دریافتند که کاهش عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی به علت کاهش وزن هزار دانه و تعداد دانه در ردیف می‌باشد. کاهش عملکرد بسته به زمان و شدت تنش خشکی می‌تواند در نتیجه محدودیت مبدأ (کاهش فتوسنتز و نیز تسریع پیری و زوال برگ‌ها) و یا محدودیت مقصد فیزیولوژیک (کاهش اندازه مقصد) باشد. برخی محققین در مطالعاتی بر روی یازده رقم جو بیان کردند که تنش خشکی باعث کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز خالص شده و در نهایت عملکرد را کاهش می‌دهد (۱۸).

شاخص‌های تحمل به خشکی: نتایج حاصل از تحلیل همبستگی بین شاخص‌های تحمل به خشکی با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش (جدول ۵) نشان داد که شاخص تحمل SSI فقط همبستگی مثبت با عملکرد در شرایط بدون تنش داشته و شاخص تحمل TOL همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد در شرایط بدون تنش دارد. شاخص پایداری عملکرد (YSI) دارای همبستگی مثبت با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی بود. شاخص‌های میانگین بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص تحمل تنش (STI) و شاخص عملکرد (YI) دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه در شرایط تنش و بدون تنش بودند، به همین جهت، این چهار شاخص، بهترین شاخص‌ها برای شناسایی ارقام برتر هستند. نتایج ذکر شده با نتایج سایر محققین (۱۵ و ۴۷) مطابقت دارد. همبستگی عملکرد دانه در شرایط عادی (Yp) با عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی (Ys)، (**۰/۸۹) مثبت و معنی‌دار بود. بنا به نظر فرناندز (۱۲) شاخصی که همبستگی معنی‌دار و بالا با عملکرد دانه در شرایط عادی و تنش داشته باشد به‌عنوان بهترین شاخص انتخاب می‌شود. سایر پژوهشگران نیز کارایی این شاخص‌ها را در پژوهش‌های خود نشان داده‌اند (۳۱ و ۴۸). با توجه به

بیشترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش خشکی دارا بوده و ژنوتیپ‌های رابر، باستان و S79 که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد کمترین عملکرد بیولوژیک را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). تنش خشکی نیز اثر کاهشی معنی‌داری روی عملکرد بیولوژیک نشان داد. اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی عملکرد بیولوژیک معنی‌دار بود که پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی معنی‌دار شد که نشان‌دهنده تنوع بیشتر ژنوتیپ‌های مختلف ارزن معمولی نسبت به ارزن دم روباهی در شرایط تنش است، در حالی که اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری معنی‌دار نشد که این امر بیانگر واکنش یکنواخت ژنوتیپ‌ها به تیمارهای آبیاری است (جدول ۱). عملکرد بیولوژیک که نشان‌دهنده ماده خشک تجمع یافته در اندام در زمان برداشت است، تحت تأثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی بر روی ارقام گندم نیز گزارش شده است (۱۱). افزایش تنش خشکی در گیاه ارزن منجر به کاهش وزن خشک کل گیاه گردید (۳۲). تنش خشکی سبب کاهش فشار تورژانس سلولی و به دنبال آن کاهش نمو سلولی و رشد اندام‌های گیاه می‌شود. از طرف دیگر تنش خشکی، میزان جذب آب و عناصر غذایی، سطح برگ، سرعت رشد گیاه، طول دوره رشد گیاه و سطح فتوسنتزی گیاه را کاهش می‌دهد. همه این عوامل نهایتاً منجر به کاهش تولید ماده خشک می‌گردند (۱۷). نتایج مطالعات سینکی و همکاران (۴۶) مشابه نتایج حاصل از این آزمایش بوده و مؤید این است که تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیکی ارقام کلزا شده است. محققین دیگری نیز نتایج مشابهی مبنی بر کاهش عملکرد بیولوژیک در اثر تنش خشکی گزارش کردند (۱۱ و ۳۹).

عملکرد دانه: نتیجه تجزیه واریانس نشان داد که بین ژنوتیپ‌های ارزن از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشته و نتایج مقایسه گروهی بین ژنوتیپ‌های ارزن برای عملکرد دانه نیز بیانگر این است که اختلاف بین دو جنس ارزن و ژنوتیپ‌های هر جنس با هم معنی‌دار شده است (جدول ۱). مقایسه گروهی میانگین بین ژنوتیپ‌های ارزن حاکی از آن است که ارزن معمولی دارای عملکرد دانه بیشتری است (جدول ۳). در بین ژنوتیپ‌های موجود در این آزمایش، ژنوتیپ‌های گلباف بیشترین و S79 کمترین عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی دارا بودند (جدول ۲). اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ بر روی عملکرد دانه معنی‌دار بود که پس از تفکیک اثر متقابل آبیاری در ژنوتیپ برای ارزن‌های معمولی و دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن دم روباهی، اثر متقابل آبیاری در ارزن معمولی و اختلاف آثار متقابل دو جنس مختلف ارزن در سطوح آبیاری

ژنوتیپ‌هایی مانند گلباف و S79 به‌ترتیب دارای عملکرد دانه، بالا و پایین می‌باشند می‌توان به این نتیجه رسید که شاخص‌های مذکور، ژنوتیپ‌هایی را انتخاب می‌کنند که پتانسیل عملکرد بالایی داشته باشند و از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، اکوتیپ گلباف را به‌عنوان متحمل‌ترین اکوتیپ به تنش خشکی معرفی نمود.

جدول ۴ شاخص‌های YI، MP، STI و GMP که مقدار زیاد آن‌ها نشان‌دهنده مقاومت به خشکی و مقدار کمتر آن‌ها نشان‌دهنده حساسیت به خشکی می‌باشد، اکوتیپ گلباف بیشترین مقاومت به خشکی و لاین S79 بیشترین حساسیت به تنش خشکی را نشان دادند. شاخص‌های STI، GMP، MP و YI دارای همبستگی‌های بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط نرمال و تنش خشکی هستند و

جدول ۴- شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط نرمال و تنش خشکی در ارزن
Table 4- Indicators of drought tolerance and yield in normal and drought conditions in Millet

ژنوتیپ	YP	YS	SSI	TOL	GMP	STI	MP	YI	YSI
پیشاهنگ	234	169	0.68	65	198.86	0.14	201.50	0.55	0.72
رابر	334.7	100	1.71	234.67	182.94	0.12	217.33	0.32	0.30
گلباف	1299	592	1.33	707	876.93	2.80	945.50	1.91	0.46
P69	776.7	426.7	1.10	350	575.65	1.21	601.67	1.38	0.55
P101	304.7	294.7	0.08	10	299.62	0.33	299.67	0.95	0.97
باستان	420.7	226.7	1.12	194	308.79	0.35	323.67	0.73	0.54
S79	122	85.3	0.73	36.67	102.03	0.04	103.67	0.28	0.70
S81	784	504	0.87	280	628.60	0.44	644	1.63	0.64
S85	440.7	388.7	0.29	52	413.85	0.62	414.67	1.26	0.88

جدول ۵- ضرایب همبستگی شاخص‌های تحمل به خشکی و عملکرد دانه در شرایط تنش و عدم تنش
Table 5- Correlation indices of drought tolerance and yield in stress and non-stress

	YP	YS	SSI	TOL	GMP	STI	MP	YI	YSI
YP	1								
YS	0.89 **	1							
SSI	0.37	- 0.02	1						
TOL	0.93 **	0.68*	0.64	1					
GMP	0.97 **	0.96 **	0.20	0.84 **	1				
STI	0.98**	0.90**	0.28	0.90 **	0.97 **	1			
MP	0.98 **	0.95**	0.25	0.87 **	0.99 **	0.98**	1		
YI	0.89 **	0.99 **	- 0.02	0.68 *	0.96**	0.90 **	0.95 **	1	
YSI	- 0.37	0.02	- 0.99 **	- 0.64	- 0.19	- 0.27	- 0.24	0.02	1

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

ns, *and** respectively insignificant and significant at the 5% and 1%

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج حاصل از این آزمایش به نظر می‌رسد که کشت ژنوتیپ‌های ارزن معمولی نسبت به کشت ژنوتیپ‌های ارزن دم روباهی برتری دارد، چون در شرایط تنش و بدون تنش خشکی میزان عملکرد دانه بیشتری دارند. همچنین اکوتیپ گلباف پتانسیل عملکرد زیادتر و تحمل نسبی بیشتری نسبت به تنش خشکی نشان داد و

می‌تواند به‌عنوان اکوتیپ امید بخش در معرفی ارقام جدید متحمل به خشکی به کار رود. استفاده از سایر ژنوتیپ‌های ارزن در مناطق مختلف می‌تواند، نتایج به‌دست آمده از این تحقیق را کامل‌تر نماید، ضمناً پیشنهاد می‌گردد استفاده از رژیم‌های آبیاری بین تیمار کم آبیاری و آبیاری معمول اعمال شده در این پژوهش مورد مطالعه قرار گیرند.

References

1. Abolhassani, K., and Saeidi, G. 2006. Evaluation of drought tolerance of safflower lines based on tolerance and sensitivity indices to water stress. *Science and Technology of Agriculture and Natural* 10: 407-419.
2. Azizinia, S., Ghanadha, M. R., Zali, A. A., Yazdi Samadi, B., and Ahmadi, A. 2005. Evaluation and assess of quantitative traits related to drought tolerance in wheat. *Agricultural Sciences* 36: 281-292.
3. Bayat, A. A., Sepehri, A., Ahmadvand, G., and Dorri, H. R. 2010. Effect of water deficit stress on yield and yield components of pinto bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes. *Iranian Journal of Crop Sciences* 12 (1): 42-54. (in Persian with English abstract).
4. Bibi, A., Sadaqat, H., Akram, H. M., Khan, T. M., and Usman, B. F. 2010. Physiological and agronomic responses of sudangrass to water stress. *Agricicultural Research* 48 (3).
5. Bidinger, F. R., Mahalakshmi, V., and Rao, G. D. P. 1987. Assessment of drought resistance in pearl millet (*Pennisetum americanum* L. Leeke.). II. Estimation of genotype response to stress. *Aust. J. Agric. Res* 38: 49-59.
6. Blum, A. 2005. Drought resistance, water-use efficiency, and yield potential- are they compatible, dissonant, or mutually exclusive Australian. *Agricultural Research* 56: 1159-1168.
7. Blum, A. 2011. Plant breeding for water-limited environments. Springer 258 PP.
8. Bouslama, M., and Schapaugh, W. T. 1984. Stress tolerance in soybean. I: Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
9. Bruck, H., Payne, W. A., and Sattelmacher, B. 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water-use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. *Crop Science* 40: 120-125.
10. Conover, D. G., and Sovonick, S. A. 1989. Influence of deficits on the water relations and growth of *Echinochloa turneriana*, *Echinochloa crus-gali*, and *Pennisetum americanum*. *Aus. Journal Plant Physiol* 16 (3): 291-304.
11. Emam, Y., Ranjbari, A., and Bahrani, M. J. 2006. Evaluation of yield and yield components in wheat cultivars under post-anthesis drought stress. *J. Agric. Sci. Tech. Nat. Research* 11: 317-328.
12. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo, C. G. (ed.). *Proceedings of the International Symposium on Adaptation of Vegetables and Other Food Crops in Temperature and Water Stress*. AVRDC Publication, Tainan, Taiwan. pp 257-270.
13. Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I: grain yield response. *Aust. J. Agric. Research* 29: 897-912.
14. Foulkes, M. J., Sylvester-Bradley, R., Weightman, R., and Snape, J. W. 2007. Identifying physiological traits associated with improved drought resistance in winter wheat. *Field Crops Research* 103: 11-24.
15. Garavandi, M., Farshadfar, M., and Kahrizi, D. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. *Seed and Plant Improvement Journal* 26: 233-252.
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. *Can. Journal Plant Science* 77: 523-531.
17. Goldani, M., and Rezvani Moghadam, P. 2005. Effect of planting date on yield and yield components of land and water, and dry peas in Mashhad. *Iranian Journal of Agricultural Research* 2: 12.
18. Gonzalez, A., Bermjo, V., and Gimeno, B. S. 2010. Effect of different physiological traits on grain yield in barley grown under irrigated and terminal water deficit conditions. *Journal Agric. Sciences* 148: 319-328.
19. Guinta, F., Motzo, R., and Eidda, M. D. 1993. Effect of drought on yield and yield components of durum wheat and triticale in a mediterranean environment. *Field Crops Research* 33: 399-409.
20. Hajhassani Asl, A., Moradi Agham, A., Ali ababi frahan, H., and Rassei Far, M. 2011. Three forage yield and its componts under water condition on delay in khoy zone (Iran). *Environmental Biology* 5 (5): 847-852.
21. Hashemi Dezfouli A. 1994. Growth and yield of safflower as affected by drought stress. *Crop Research. Hisar* 7 (3): 313-319.
22. Khodabandeh, N. 2003. *Cereals*. Tehran University Press.
23. Kirigwi, F., Van M., Ginkel, M., Trethowan, R., Sears, R. G., Rajaram, S., and Paulsen, G. M. 2004. Evaluation of selection strategies for wheat adaptation across water regimes. *Euphytica* 135: 361-371.
24. Koocheki, A. R., Yazdansepa, A., and Nikkhah, H. R. 2007. Effects of terminal drought on grain yield and some morphological traits in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes. *Crop Science* 8 (1): 14-29.
25. Kumari, S. 1998. The effects of soil moisture stress on the development and yield of millet. *Agronomy Journal* 57: 480-487.
26. Laribi, B., Bettaieb, I., Kouki, K., Sahli, A., Mougou, A., and Brahim, M. 2009. Water deficit effects on caraway (*Carum carvi* L.) growth, essential oils and fatty acids composition. *Industrial Crops and Proudets* 30: 372-379.
27. Ludlow, M. M., and Muchow, R. C. 1990. A critical evaluations of traits for improving crop yields in water - limited environments. *Adv. in Agron* 43: 107-153.
28. Mahalakshmi, V., and Bidinger, F. R. 1985. Flowering response of pearl millet to water stress during panicle development. *Annals of applied biology* 106: 571-578.
29. Mahalakshmi, V., and Bidinger, F. R. 1986. Water deficit during panicle development in pearl millet: Yield

- compensation by tillers. J. Agric. Science. Camb 106: 113-119.
30. Marc, E. N., Roslyn, M. G., and Dalling, M. J. 1985. Effect of post-anthesis drought on cell division and starch accumulation in developing wheat grains. Ann. Bot 55: 433-444.
31. Mohammadi, R., Armion, M., Kahrizi, D., and Amri, A. 2010. Efficiency of screening techniques for evaluating durum wheat genotypes under mild drought conditions. Int. Journal Plant Prod 4: 1735-8043.
32. Mousavi, Gh., Mirhadi, M., Siadat, E., Noormohamami, Gh., and Darvish, F. 2009. The effect of water stress and nitrogen fertilization on yield and water use efficiency of forage millet. Modern Agriculture 15: 114-101.
33. Nakhoda, B., Hashemi Dezfouli, A., and Banisadr, N. 2000. Effects of water stress on yield of forage millet forage quality properties Notrifid. Iranian Journal of Agricultural Sciences 4: 701-712.
34. Nazarli, H., and Zadashti, M. R. 2010. The Effect of Drought Stress and Super Absorbent Polymer (A 200) on Agronomical Traits of Sunflower (*Helianthus Annuus* L.) under Field Condition. Cercetari Agronomice in Moldova 3 (143): 4-14.
35. Nouroz poor, Gh., and Rezvani Moghadam, P. 2005. Effects of different irrigation and plant density on yield and yield components of medicinal plants Nigella. Iranian journal of agricultural research 2: 305-314.
36. Omid Ardali, Gh., and Behrani, M. 2011. Effects of drought stress, the amount and timing of nitrogen application on yield and yield components of sunflower growth stages. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Sciences 55: 199-207.
37. Osborne, S. L., Schepers, D. D., Francis, J. S., and Schlemmer, M. R. 2002. Use of Spectral radiance to estimate in season biomass and grain yield in nitrogen and water stress on cron. Crop Sciene 42: 165-171.
38. Pan, X., Wang, G., Yang, H., and Wei, X. 2003. Effect of water deficit on whitin-polo variability in growth and grain yield of spring wheat in northwest china. Fiele Crops Research 80: 195-205.
39. Pireivatlou, A. S., Dehdar Masjedlou, B., and Ramiz, T. A. 2010. Evaluation of yield potential and stress adaptive trait in wheat genotypes under post anthesis drought stress conditions. Afric. Journal. Agric. Research 5: 2829-2836.
40. Plein, W. A., Wells, R., Little, G., Edmisten, K. L., and Wilcut, J. W. 2003. Glyphosate and water-stress effects on fruiting and carbohydrates in glyphosate-resistant cotton. Crop Science 43: 879-885.
41. Rezaei Chianeh, A., Zahtab Salmasi, S., Ghasemi Golazani, K., and Delazar, E. 2012. The effects of irrigation on yield and yield components of three landraces fennel. Agricultural and sustainable production 4: 57-70.
42. Richards, R., Rebetzke, G. J., Condon, A. G., and Van Herwaarden, A. F. 2002. Breeding opportunities for increasing the efficiency of water use and crop yield in temperate cereals. Crop Science 42: 111-121.
43. Rosales-Serna, R., and Kohashi-Shibata, J. 2003. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Research 85: 203-211.
44. Rossielle, A., and Hamblin, A. J. 1981. Theoretical aspects of selection for stress and non-stress environment. Crop Science 21: 1441-1446.
45. Setter, T. L., Brian, A., Lannigan, F., and Melkonian, J. 2001. Loss of kernel set due to water deficit and shade in maize: carbohydrate supplies, abscissic acid and cytokinins. Crop Sciencem 41: 1530-1540.
46. Sinaki, J. M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A. H., Normohamadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science 2 (4): 417-422.
47. Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Research 98: 222-229.
48. Talebi, R., Fayaz, F., and Naji, A. M. 2009. Effective selection criteria for assessing drought stress tolerance in durum wheat (*Triticum durum* Desf.). Gen. Appl. Plant. Physiol 35: 64-74.
49. Westage, M. E., and Boyer, J. S. 1998. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. Crop Science 26: 951-956.



Evaluation of Yield and Yield Components of Different Millet Genotypes Under Two Irrigation Regimes

S. Mashayekhi¹- Gh. Khajoeinejad²- Gh. Mohammadinejad^{3*}

Received: 14-05-2014

Accepted: 09-12-2014

Introduction

Drought stress is the most important factor limiting plant growth throughout the world so that the slowdown in drought is far more than other environmental stress (1). Following wheat, rice, maize, barley millet and sorghum, are the world's most important annual crops.

Materials and Methods

In order to evaluate the yield and yield components of millet genotypes and determine the most tolerant genotype based on indicators of drought tolerance a field experiment was conducted at the research farm of the Faculty of Agronomy of the University of Shahid Bahonar university of Kerman-Iran in 2012. The experiment was carried out as split plot based on the randomized complete block design with three replications. Main plots were dedicated to drought, water levels (50 and 100% field capacity) and in the subplots millet cultivars (including Common Millet: Pishahang cultivar, Rabor and Golbaf ecotypes and common promising lines P69, P101, as well as foxtail millet, Bastan cultivar and foxtail promising lines S79, S81, S85 lines) were planted. Irrigation levels was calculated based on the cumulative evaporation from class A evaporation pan. First irrigation was done after 50 mm evaporation and second was done after 100 mm evaporation. The irrigation method was conventional (flooding).

Results and Discussion

Analysis of variance showed significant difference for tiller number among the genotypes and stress reduced number of tillers. Foxtail millet such as Bastan cultivar, S79, S81 and S85 lines had the maximum number of tillers, while common millet genotypes including: Rabor ecotype and P69 had the lowest number of tillers in drought stress conditions.

Analysis of variance showed significant differences between genotypes in terms of plant height. Foxtail millet showed higher plant height than common millet, among the under studied genotypes, S85 line had the highest plant height whilst Golbaf and Rabor had the lowest plant height. Different irrigation regimes showed highly significant effect in plant height. Result indicated that there is no significant interaction of each millet genus by irrigation treatment in plant height, while foxtail and common millet showed significant difference in interaction by irrigation treatments.

Different genotypes had different number of branches. Among the genotypes in this experiment, the number of branches in Bastan was the highest and lowest was belonged to S85 line under drought stress, respectively. Effects of water stress also showed a significant decrease in the number of branches. Analysis of variance showed that the interaction of genotype by irrigation treatments on the number of branches was significant.

Drought caused a reduction in the number of panicle and the result showed there was no significant difference between genotypes. Among genotypes in this experiment, Rabor ecotype had the highest number of panicle in terms of stress and foxtail millet including: Bastan cultivar, S79, S81 and S85 had minimum number of panicle in drought stress conditions. Irrigation in genotype interaction was significant on a number of panicle.

Results showed that there was a significant difference between genotypes for harvest index. Among genotypes in this study, S79 and Golbaf genotypes had the lowest harvest index under drought stress. Drought stress effect on harvest index showed a significant decrease, also interaction effect was significant.

1- MSc. Student, Department of Agronomy, College of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

3- Associate Professor, Department of Plant Breeding, Director of the Center of Excellence in Environmental Stresses in Cereals, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Iran

(* - Corresponding Author Email: Mohammadinejad@yahoo.com)

Analysis of variance showed significant differences between different genotypes of millet based on seed weight. Among genotypes in these experiments, Golbaf and Bastan had the highest seed weight while genotype, S79, S81 and S85 with no statistically significant difference had the lowest seed weight, respectively. There was no significant interaction between genotype by irrigation. Seed weight reduction due to drought stress has been reported in several studies (3). Analysis of variance showed a significant difference between millet genotypes about biological yield. Among genotypes in this study, genotype P101 showed highest biological yield in drought stress conditions but Rabor and S79, showed lowest biological yield in drought stress condition. Drought stress effect on biological yield showed a significant decrease. Genotype by irrigation interaction on biological yield was significant. Biological yield loss due to drought stress has been reported in several studies (2).

Mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP), stress tolerance index (STI) and performance index (YI), by a significant positive correlation with grain yield in stress and non-stress conditions were the best indicators for identification of superior varieties. Using mentioned Indices, a genotype with high yield potential was Golbaf as the most tolerant ecotypes to drought stress, S79 was more sensitive to drought than the other genotypes. More details is described in the text as it is original.

Conclusions

Based on this experiment it can be concluded that at drought condition cultivation of common millet has advantage than foxtail millet. Among common millet genotypes Golbaf ecotype showed the highest yield potential and relative tolerance to drought stress. It can be introduced as a promising line in breeding programs for drought tolerance studies.

Keywords: Drought stress, Grain yield, Millet, Tolerance indicators



بررسی تأثیر سیلیس بر بهبود تحمل به تنش شوری کلرید سدیم در یونجه یک‌ساله (*Medicago scutellata* L.)

مایا عزیزی^۱ - احمد عبدل زاده^{۲*} - پویان مهربان جوبنی^۳ - حمیدرضا صادقی پور^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۹/۱۲

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی تأثیر سیلیکون در افزایش تحمل به شوری کلرید سدیم گیاه یونجه طراحی شده است. گیاهان در محیط کشت شنی در گلخانه کاشته شدند. محلول غذایی مورد استفاده هوگلند بود که براساس تیمارهای آزمایش تعدیل شد. آزمایش به صورت طرح کاملاً تصادفی و با دو عامل انجام شد. فاکتور شوری شامل دو سطح صفر، ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و فاکتور سیلیکون شامل سه سطح صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون به صورت سیلیکات سدیم بود. نتایج نشان داد که شوری رشد گیاهان را کم کرد و تغذیه سیلیکون به ویژه در سطح ۱/۵ میلی‌مولار سبب بهبود رشد و افزایش وزن تر و خشک کل گیاهان شد. شوری موجب افزایش میزان سدیم و کاهش پتاسیم شد، درحالی که تیمار سیلیسیم به ویژه در سطح ۱/۵ میلی‌مولار موجب کاهش سدیم و افزایش یون پتاسیم شد. فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاهان تحت شوری کاهش و محتوی پراکسید هیدروژن و میزان پراکسیداسیون لیپید و نشت الکترولیت‌ها از غشاهای زیستی افزایش یافت، درحالی که سیلیکون موجب ازدیاد فعالیت این آنزیم در گیاهان تحت شوری شده و محتوی پراکسید هیدروژن را کم کرد. میزان پراکسیداسیون لیپید و نشت الکترولیت‌ها این نتایج آشکار می‌سازد که سیلیکون احتمالاً با کاهش میزان سدیم و افزایش پتاسیم در سطح ۱/۵ میلی‌مولار موجب بهبود فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و کاهش تنش اکسیداتیو شد، این امر منجر به افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، کارآمدی بیشتر غشاهای زیستی در گیاهان تحت شوری گردید. به این ترتیب کاربرد سیلیکون موجبات افزایش تحمل تنش شوری گیاه یونجه یک‌ساله را فراهم کرد.

واژه‌های کلیدی: تخفیف تنش شوری، سیلیکون، یونجه یک ساله

مقدمه

تجمع عناصر سدیم و کلر است که خود منجر به بسیاری اثرات ثانویه از جمله تنش اکسیداتیو می‌شود. به هم خوردن تعادل تولید و تجزیه گونه‌های فعال اکسیژن منجر به تجمع آنها شده و اثرات زیان‌بار تنش شوری را تشدید می‌کند. گونه‌های فعال اکسیژن به طور بالقوه دارای پتانسیلی است که با بسیاری از ترکیب‌های سلولی واکنش داده و سبب خسارت به غشا و سایر ماکرومولکول‌های ضروری از قبیل رنگدانه‌های فتوسنتزی، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک و لیپیدها می‌شود (۹)، بنابراین میزان آن باید در سلول کنترل شود. گیاهان با دارا بودن سیستم آنتی اکسیدانی که شامل ترکیب‌های آنزیمی (سوپر-اکسید دیسموتاز، کاتالاز، پراکسیداز و غیره) و غیر آنزیمی (اسید آسکوربیک، کارتنوئید، گلوکاتیون) است، معمولاً سطوح گونه‌های فعال اکسیژن را در سلول در حد متعادل نگه می‌دارند (۶).

سیلیکون بعد از اکسیژن دومین عنصر فراوان در روی زمین است. علی‌رغم فراوان بودن این ماده در سطح زمین به دلیل همراه بودن آن با سایر عناصر از دسترس گیاه خارج بوده و گیاهان تنها قادر به استفاده از فرم اسید سیلیسیک آن می‌باشند. هرچند این عنصر برای

شوری یکی از عوامل مهم کاهش‌دهنده رشد گیاهان در بسیاری از مناطق جهان است. وسعت خاک‌های شور در ایران حدود ۲۳/۵ میلیون هکتار است که معادل ۱۴/۲ درصد از اراضی کل کشور است (۱ و ۲). از آن جایی که تولیدات دامی ۴۰ درصد کل ارزش ناخالص تولیدات بخش کشاورزی ایران را به خود اختصاص داده است و بیشتر وابسته به علوفه حاصل از مراتع می‌باشد، اصلاح مراتع شور و لب‌شور در تعلیف احشام اهمیت زیادی دارد (۲). شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که اثرات متعددی در گیاهان دارد. اثرات اولیه آن شامل کمبود آب ناشی از کاهش جذب آب و سمیت یونی ناشی از

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد فیزیولوژی گیاهی دانشگاه گلستان

۲- استاد گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

۳- استادیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

۴- دانشیار گروه زیست‌شناسی، دانشکده علوم، دانشگاه گلستان

(Email: ah_ab99@yahoo.com)

(*) نویسنده مسئول:

افزایش تحمل آن با تغذیه سیلیسیم بهتر درک شود.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از بذر گیاه یونجه یک‌ساله (یونجه حلزونی) که از ایستگاه تحقیقاتی چپرئویمه (واقع در شمال استان گلستان) تهیه شده بود، استفاده شد. بذرهای پس از ضدعفونی در گلخانه در گلدان‌های پلاستیکی به ابعاد تقریبی $15 \times 15 \times 10$ که محتوی شن کاملاً شسته شده بود، کشت شدند. گیاهچه‌های سبز شده تنک شده و سه گیاهچه در هر گلدان حفظ شد. آبیاری و تغذیه بوته‌ها تا مرحله دوبرگی و به مدت ده روز به‌وسیله محلول هوگلند تعدیل شده و پس از آن مطابق تیمارهای ذیل انجام گرفت. آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بود. عامل اول شوری در دو سطح شاهد (صفر میلی‌مولار) و ۱۰۰ میلی‌مولار کلرید سدیم و عامل دوم، سیلیکون (به‌صورت سیلیکات‌سدیم) در سه سطح صفر، ۰/۷۵، ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون همراه با بود. تیمار شوری به‌صورت تدریجی (روزانه ۲۵ میلی‌مولار کلریدسدیم) اعمال شد. جهت ثابت نگه داشتن غلظت شوری موردنظر در شن، گیاهان در روز دو تا سه بار با محلول غذایی (هر بار ۲۰۰ سی‌سی) آبیاری شدند و برای جلوگیری از تجمع نمک، گلدان‌ها هفته‌ای یک بار با محلول غذایی فراوان حسب تیمارهای مختلف آبیاری شدند. برای تهیه محلول غذایی از آب تصفیه شده با اسمز معکوس و برای تهیه محلول‌های استوک محلول غذایی از آب مقطر استفاده شد. میانگین درجه حرارت محیط گلخانه در طی دوره آزمایش در شب ۲۱ و در روز ۳۰ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۶۷ درصد بود. اسیدیتته محلول غذایی توسط هیدروکسید پتاسیم و اسید سولفوریک در حد ۶/۴ تنظیم شد. گیاهان چهار هفته پس از شروع تیمارها در مرحله قبل از غنچه‌دهی (شش تا هفت برگی) برداشت شدند. سنجش صفات رشد گیاهان در ۱۰ تکرار و سنجش سایر صفات شامل غلظت یون‌ها، فعالیت آنزیم‌ها و میزان کلروفیل و پروتئین در ۴ تکرار انجام شد. وزن تر اندام هوایی و ریشه بلافاصله اندازه‌گیری شد و بعد از خشک نمودن نمونه‌ها در آون نیز وزن خشک آنها اندازه‌گیری شد. درصد نسبی آب گیاه براساس وزن خشک از تقسیم نمودن وزن آب گیاه به وزن تر آن محاسبه شد. بخشی از نمونه‌های بافت تر بلافاصله بعد از برداشت در ورقه‌های آلومینیومی قرار داده شده و برای سنجش‌های بیوشیمیایی در نیتروژن مایع منجمد شد. استخراج سیلیسیم از بافت خشک به روش هضم اتوکلاوی و با روش الیوت و سیندلر (۱۳) انجام گرفت. سنجش سیلیکون در عصاره‌های به دست آمده نیز به کمک روش رنگ‌سنجی سگو (۲۴) انجام شد. اندازه‌گیری میزان سدیم و پتاسیم به‌وسیله دستگاه فلیم-فتمتر جنوی پس از تهیه خاکستر خشک نمونه‌ها در کوره الکتریکی و انحلال آنها در اسید کلریدریک رقیق انجام گرفت. مقدار عناصر

گیاهان ضروری نیست، ولی اثرات مفیدی در جهات افزایش مقاومت به برخی از تنش‌های محیطی در گیاهان دارد (۱۴). گزارشات متعددی حاکی از آن است که سیلیکون باعث افزایش رشد گیاهان تحت تنش شوری می‌شود. در مطالعات اثرات سیلیسیم بر روی گیاه جو توسط لیانگ و همکاران (۱۸) و احمد و همکاران (۵) در گیاه گندم (*Triticum aestivum*) بهبود رشد این گیاهان تحت شوری با تغذیه سیلیسیم گزارش شده است. همچنین هاشمی و همکاران (۱۶) و فرشیدی و همکاران (۱۵) افزایش رشد گیاه کلزا (*Brassica napus*) تحت تنش شوری را تغذیه سیلیکون گزارش داده‌اند. گزارش شده است که سیلیکون با افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش تنش اکسیداتیو ممکن است منجر به افزایش مقاومت به شوری شود (۱۴ و ۱۷). هرچند در حیطه اطلاعات ما، در ارتباط با اثر تغذیه سیلیکون در گیاهان مرتعی مانند یونجه (*Medicago spp.*) که به‌طور طبیعی در مراتع و نیز کشت‌زارها با تنش شوری دست به گریبان هستند، اطلاعاتی اندکی در دست است.

یونجه از با اهمیت‌ترین گیاهان علوفه‌ای محسوب می‌شود که به‌واسطه ویژگی‌های با ارزشی نظیر دامنه تحمل وسیع به شرایط محیطی، تولید علوفه بالا و باکیفیت عالی، سطح زیر کشت زیادی دارد، به‌طوری‌که تا اواخر قرن بیستم در جهان بیش از ۳۲ میلیون هکتار زیر کشت آن قرار داشته است. یونجه نقش مهمی در تأمین خوراک دام داشته و از آن به‌صورت علوفه خشک، سیلو و نیز اصلاح و احیای مراتع سردسیری و تبدیل دیم‌زارهای پرشیب و کم‌بازده استفاده می‌شود. یونجه از نظر مواد غذایی بسیار غنی است و غذای خوبی برای انسان و حیوانات است (۲). یونجه سرشار از ویتامین‌های A, C, E و K و همچنین دارای ۳۰ درصد پروتئین می‌باشد. میزان پروتئین در یونجه‌های یک‌ساله برابر یا بیشتر از یونجه‌های چندساله می‌باشد (۲ و ۳). از لحاظ مقاومت به شوری یونجه خوراکی^۱ به‌عنوان گیاهی نسبتاً حساس به شوری طبقه‌بندی می‌شود که سطح آستانه تحمل آن ۲ دسی‌زیمنس بر متر است (۸). این گیاه در هدایت الکتریکی ۳، ۴/۹ و ۸/۲ به‌ترتیب در حدود ۱۰، ۲۵ و ۵۰ درصد کاهش رشد دارد (۴). واضح است که اعداد حسب گونه‌ها و ارقام مختلف تغییر می‌کند.

این آزمایش با هدف بررسی اثرات کاربرد سیلیکون در تخفیف تنش شوری در گیاه یونجه یک‌ساله^۲ به اجرا درآمد. لذا گیاهان در دو تیمار شوری در سه سطح سیلیکون کاشته شده و رشد، غلظت برخی عناصر، میزان فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، مقدار کلروفیل، پروتئین محلول، پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپید در آنها اندازه‌گیری شد، تا راه‌های آسیب تیمار شوری و مسیرهای احتمالی

1- *Medicago sativa*

2- *Medicago scutellata*

گیاهان تحت شوری افزایش داد. در بخش هوایی گیاهان تحت شوری، تیمار ۰/۷۵ میلی‌مولار سیلیکون اثر معنی‌داری نداشت و تنها در تیمار ۱/۵ میلی‌مولار سیلیکون افزایش وزن صورت گرفت، هرچند که با افزایش سیلیکون وزن تر و خشک ریشه گیاهان تحت شوری به‌صورت تدریجی زیاد شد. این نتایج آشکار می‌سازد که سیلیکون موجب تخفیف اثرات شوری شده است که در افزایش وزن تر بخش هوایی و ریشه و درصد آب نسبی گیاهان تحت شوری منعکس است (جدول ۱).

شوری موجب افزایش غلظت یون سدیم و کاهش یون‌های پتاسیم و کلسیم در ریشه و بخش هوایی گیاه شد. شوری در غلظت آهن بافت بوته‌ها تأثیری نداشت. تغذیه سیلیکون به‌ویژه در سطح ۱/۵ میلی‌مولار موجب کاهش غلظت یون سدیم ریشه و بخش هوایی و افزایش یون پتاسیم و آهن در گیاهان تحت تیمارهای شوری شد. کاربرد سیلیکون در گیاهان فاقد تیمار شوری سبب کاهش غلظت یون کلسیم شد، اما غلظت یون پتاسیم و آهن را افزایش داد (جدول ۲).

در گیاهان فاقد تیمار سیلیکون، شوری موجب کاهش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز هر دو بخش ریشه و اندام هوایی و گایاکول-پراکسیداز محلول اندام هوایی شد. کاربرد سیلیکون موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و گایاکول پراکسیداز محلول در ریشه و اندام هوایی گیاهان تحت شوری شد. شوری و کاربرد سیلیکون تأثیر معنی‌داری در میزان فعالیت آنزیم پلی‌فنل اکسیداز نداشت (شکل ۱).

کلسیم و آهن در عصاره مشابه با دستگاه اسپکتروفتومتر جذب اتمی شیمادزو مدل آآ-۷۰۰۰ اندازه‌گیری شد. ارزیابی فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و پراکسیداز با استفاده از روش چنس و مهلی (۱۲) صورت گرفت. اندازه‌گیری میزان کلروفیل به روش آرنون (۷) انجام شد. میزان پروتئین محلول کل طبق روش برادفورد (۱۱) سنجیده شد. جهت رسم منحنی استاندارد از غلظت‌های مختلف پروتئین آلومین سرم گاوی استفاده گردید. اندازه‌گیری پراکسید هیدروژن بر طبق روش سرگیو و همکاران (۲۵) انجام شد. سنجش پراکسیداسیون لیپید با استفاده از اندازه‌گیری مقدار مالون‌دی‌آلدهید انجام شد. اندازه‌گیری نفوذپذیری غشا (نشت الکترولیت) به روش بلوم و ابرکون (۱۰) با استفاده از قطعات مساوی از بافت تازه بخش هوایی و با استفاده از آب دو بار تقطیر و سنجش هدایت الکتریکی قبل و بعد از اتوکلاو انجام گرفت. محاسبه داده‌ها و رسم نمودارها در نرم‌افزار اکسل و تجزیه واریانس، بررسی اثرات ساده و متقابل عوامل و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن توسط نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

شوری سبب کاهش معنی‌دار رشد گیاهان شد که در کاهش وزن تر و خشک بخش هوایی و ریشه گیاهان منعکس است. در مقابل تغذیه سیلیکون سبب افزایش معنی‌دار وزن تر بخش هوایی و ریشه در گیاهان با و بدون تیمار شوری گردید. به علاوه، شوری درصد آب نسبی گیاهان را کاهش داد، ولی تیمار سیلیکون درصد آب نسبی را در

جدول ۱- اثر تیمارهای شوری (صفر و ۱۰۰ میلی‌مولار) و کاربرد سیلیکون (صفر، ۰/۷۵ و ۱/۵ میلی‌مولار) بر صفات رشد (گرم در بوته) و درصد آب نسبی گیاه یونجه در محیط کشت شنی

Table 1- Effects of salinity (0 and 100 mM) and Si application (0, 0.75 and 1.5 mM) on growth parameters (g/plant) and relative water content of *Medicago scutellata* plants grown on sand culture

صفات رشد Growth parameters	0 mM NaCl			100 mM NaCl		
	0 mM Si	0.75 mM Si	1.5 mM Si	0 mM Si	0.75 mM Si	1.5 mM Si
وزن تر بخش هوایی Shoot fresh weight	0.92±0.008c	1.04±0.006b	1.22±0.01a	0.62±0.006e	0.65±0.007e	0.80±0.008d
وزن تر ریشه Root fresh weight	0.42±0.004b	0.44±0.005b	0.45±0.004a	0.22±0.008e	0.27±0.005d	0.34±0.004c
وزن خشک بخش هوایی Shoot dry weight	0.10±0.004b	0.11±0.004ab	0.12±0.006a	0.06±0.004d	0.06±0.004d	0.075±0.002c
وزن خشک ریشه Root dry weight	0.055±0.002b	0.057±0.004ab	0.67±0.004a	0.035±0.002c	0.045±0.002bc	0.047±0.004b
وزن تر کل Total fresh weight	1.35±0.01c	1.48±0.004b	1.67±0.01a	0.85±0.01f	0.92±0.006e	1.14±0.005d
وزن خشک کل Total dry weight	0.16±0.006b	0.17±0.008b	0.19±0.008a	0.09±0.006d	0.10±0.002cd	0.12±0.006c
درصد آب نسبی Relative water content	87.95±0.54a	88.23±0.33a	88.49±0.66a	85.63±0.48b	88.64±0.35a	89.29±0.59a

± نشان‌دهنده خطای استاندارد با ۱۰ تکرار می‌باشد. ردیف‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارد.

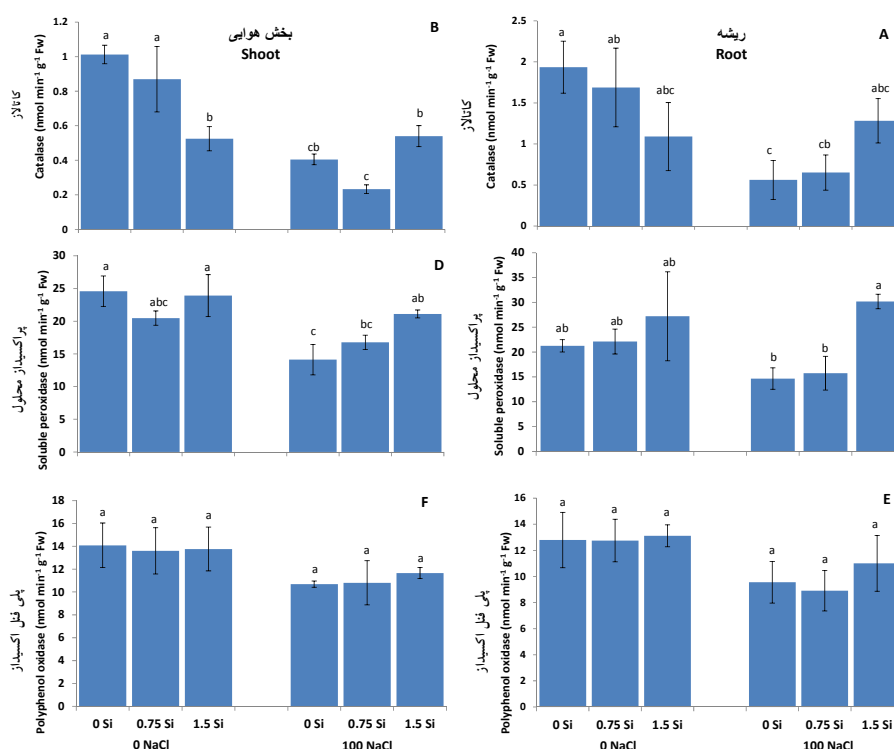
Values are mean ± SE from four replicates. Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$)

جدول ۲- اثر تیمارهای شوری (صفر و ۱۰۰ میلی مولار) و کاربرد سیلیکون (صفر، ۷۵ و ۱۵۰ میلی مولار) بر غلظت عناصر (میلی گرم در گرم بافت خشک) یونجه یک ساله در محیط کشت شنی

Table 1- Effects of salinity (0 and 100 mM) and Si application (0, 0.75 and 1.5 mM) on mineral contents (mg/g dry weight) of *Medicago scutellata* plants grown on sand culture

غلظت عناصر Mineral contents	0 mM NaCl			100 mM NaCl		
	0 mM Si	0.75 mM Si	1.5 mM Si	0 mM Si	0.75 mM Si	1.5 mM Si
سدیم بخش هوایی Na ⁺ Shoot	2.45±0.37c	2.45±0.58c	1.19±0.25d	10.37±0.66a	7.22±0.83ab	5.12±0.30b
سدیم ریشه Na ⁺ Root	2.94±0.23d	2.59±0.41ed	1.12±0.21e	13.67±0.73a	11.57±0.49b	7.92±0.68c
پتاسیم بخش هوایی K ⁺ Shoot	58.09±2.30b	64.39±1.21ab	69.23±4.43a	31.44±3.39c	38.71±3.21c	61.00±3.44ab
پتاسیم ریشه K ⁺ Root	21.09±1.60b	22.55±0.72b	31.04±1.01a	15.51±1.28d	17.45±1.65d	24.49±1.07bc
کلسیم بخش هوایی Ca ²⁺ Shoot	38.92±2.62a	30.37±2.50b	25.72±2.03bc	20.02±2.90c	20.70±3.09c	22.95±2.17bc
کلسیم ریشه Ca ²⁺ Root	30.78±0.73a	27.41±0.99a	27.82±1.13a	19.20±1.40b	18.37±1.24b	17.92±1.07b
آهن بخش هوایی Fe Shoot	3.22±0.12b	3.37±0.15b	4.20±0.22a	2.73±0.32b	3.07±0.17b	4.05±0.13a
آهن ریشه Fe Root	5.77±0.54b	5.73±0.26b	9.18±0.43a	5.85±0.47b	5.85±0.10b	8.32±0.40a

± نشان دهنده خطای استاندارد با چهار تکرار می باشد. ردیف های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارد.
Values are mean ± SE from four replicates. Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)



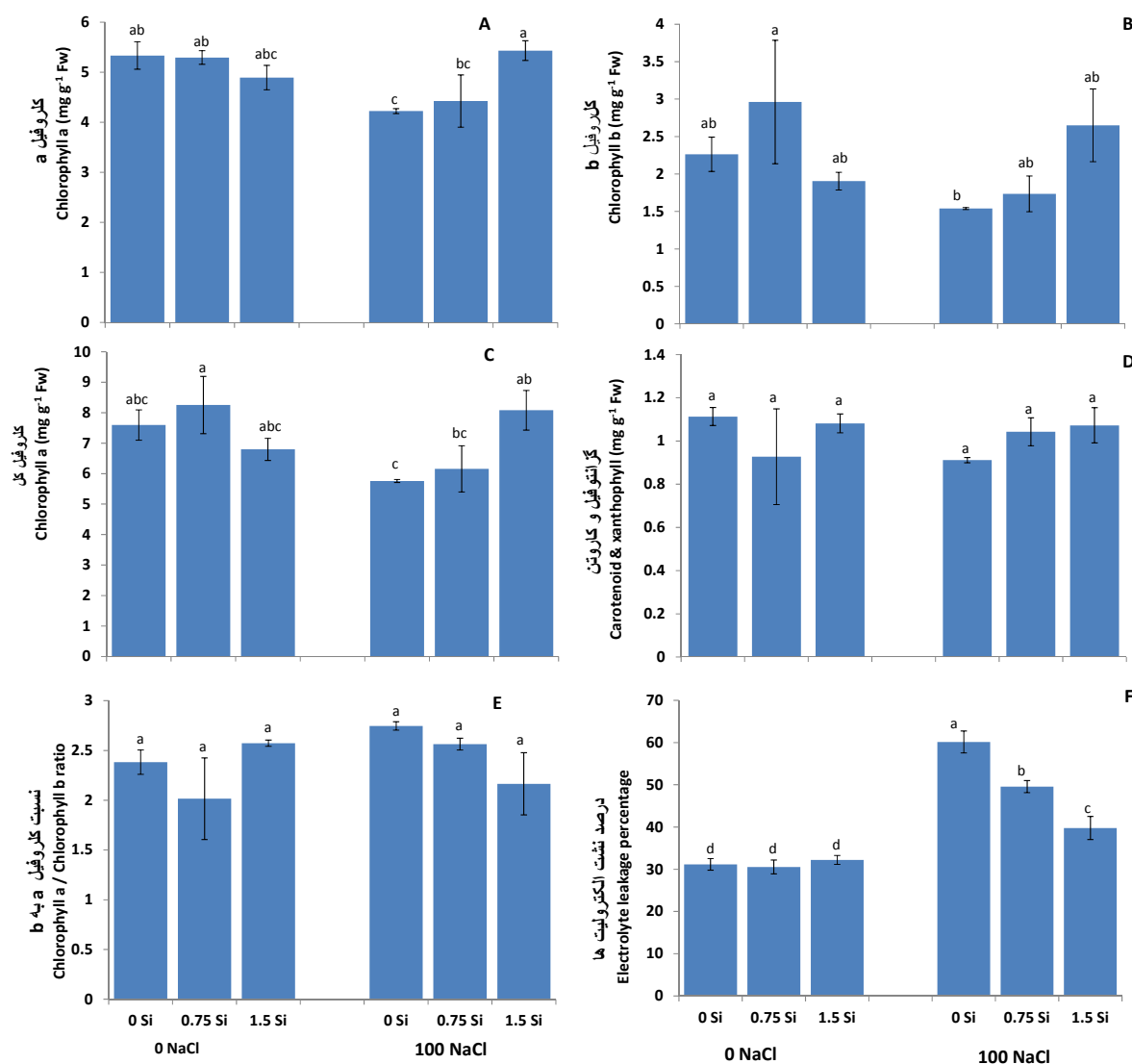
شکل ۱- مقایسه تأثیر تیمارهای شوری و سیلیکون بر میزان فعالیت A- کاتالاز ریشه B- کاتالاز بخش هوایی C- گایاکول پراکسیداز ریشه D- گایاکول پراکسیداز بخش هوایی E- پلی فنل اکسیداز ریشه و F- پلی فنل اکسیداز بخش هوایی. ستون های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی داری با یکدیگر ندارند.

Figure 1- Comparison of effects of salinity and Si treatments on activity of A- catalase of root B- catalase of shoot C- Soluble peroxidase of root D- Soluble peroxidase of shoot E- polyphenol oxidase of root and F- polyphenol oxidase of shoot. Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05)

معنی‌داری تغییر نکرد (شکل ۲).

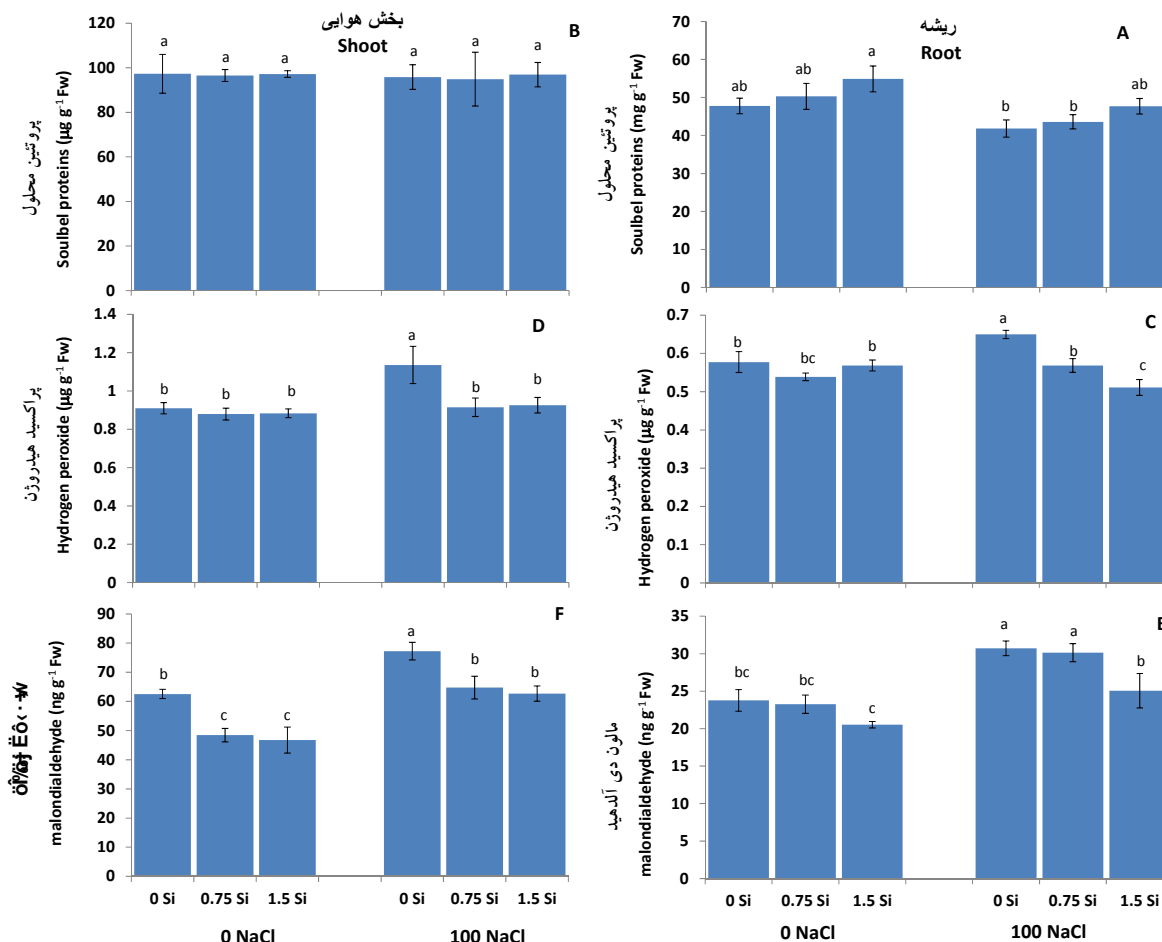
شوری بر میزان پروتئین‌های محلول تأثیر معنی‌داری نداشت، اما سبب افزایش میزان پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپید شد. برعکس، کاربرد سیلیکون به‌ویژه در سطح ۱/۵ میلی‌مولار موجب کاهش میزان پراکسید هیدروژن و پراکسیداسیون لیپید در ریشه و اندام گیاهان تحت تیمار شوری شد. تغذیه سیلیکون اثر معنی‌داری در میزان پروتئین محلول ریشه و اندام هوایی نداشت (شکل ۳).

شوری سبب کاهش معنی‌دار میزان کلروفیل a شد، اما بر میزان کلروفیل b و میزان کاروتن‌ها و گزانتوفیل‌ها اثر معنی‌دار نداشت. به علاوه میزان نشت الکترولیت‌ها از غشاهای زیستی در گیاهان تحت شوری به‌صورت معنی‌داری افزایش یافت. کاربرد سیلیکون باعث افزایش معنی‌دار میزان کلروفیل a، b و کاهش تدریجی درصد نشت الکترولیت‌ها به خصوص در سطح ۱/۵ میلی‌مولار گردید. نسبت کلروفیل a به b در هیچ از تیمارهای شوری و سیلیکون به‌صورت



شکل ۲- مقایسه تأثیر تیمارهای شوری و سیلیکون (میلی‌مولار) بر میزان A- کلروفیل a -B- کلروفیل b -C- مجموع کارتنوئید و گزانتوفیل -D- کلروفیل کل -E- درصد نشت الکترولیت و F- نسبت کلروفیل a به b

Figure 2- Comparison of effects of salinity and Si treatments on A- chlorophyll a B- chlorophyll b C- carotenoids and xanthophyll D- total chlorophyll E- electrolyte leakage percentage and F- chlorophyll a/chlorophyll b ratio. Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$)



شکل ۳- مقایسه تأثیر تیمارهای شوری و سیلیکون (میلی مولار) بر میزان A- پروتئین ریشه B- پروتئین بخش هوایی C- پراکسید هیدروژن ریشه D- پراکسید هیدروژن بخش هوایی E- مالون دی آلدئید ریشه F- مالون دی آلدئید بخش هوایی. ستون‌های دارای حداقل یک حرف مشترک با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر ندارند.

Figure 3- Comparision of effects of salinity and Si treatments on A- protein of root B- protein of shoot C- hydrogen peroxide of root D- hydrogen peroxide of shoot E- lipid peroxidation of root and F- lipid peroxidation of shoot. Numbers followed by the same letter are not significantly different (P<0.05).

ارتباط با دلایل احتمالی این امر بحث شده است. شوری سبب کاهش درصد آب نسبی گیاهان شد. این امر آشکار می‌سازد که با منفی شدن پتانسیل اسمزی محلول غذایی تحت شوری جذب آب توسط گیاهان دشوار شده و گیاه با کمبود آب مواجه شده است (۲۳ و ۲۸). به علاوه، تیمار شوری با افزایش یون سدیم سبب ایجاد سمیت و با کاهش عناصر ضروری پتاسیم و کلسیم و آهن باعث عدم توازن یونی در گیاهان یونجه یک‌ساله شد. احتمالاً سمیت یونی و کمبود آب موجب کاهش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز گردید که پالایش رادیکال‌های آزاد را محدود می‌کند. از طرف دیگر در تنش شوری ایجاد رادیکال‌های آزاد اکسیژن بیشتر می‌شود که توسط برخی محققین گزارش شده است (۲۲). این امر منجر به ایجاد تنش اکسیداتیو گردید که در میزان

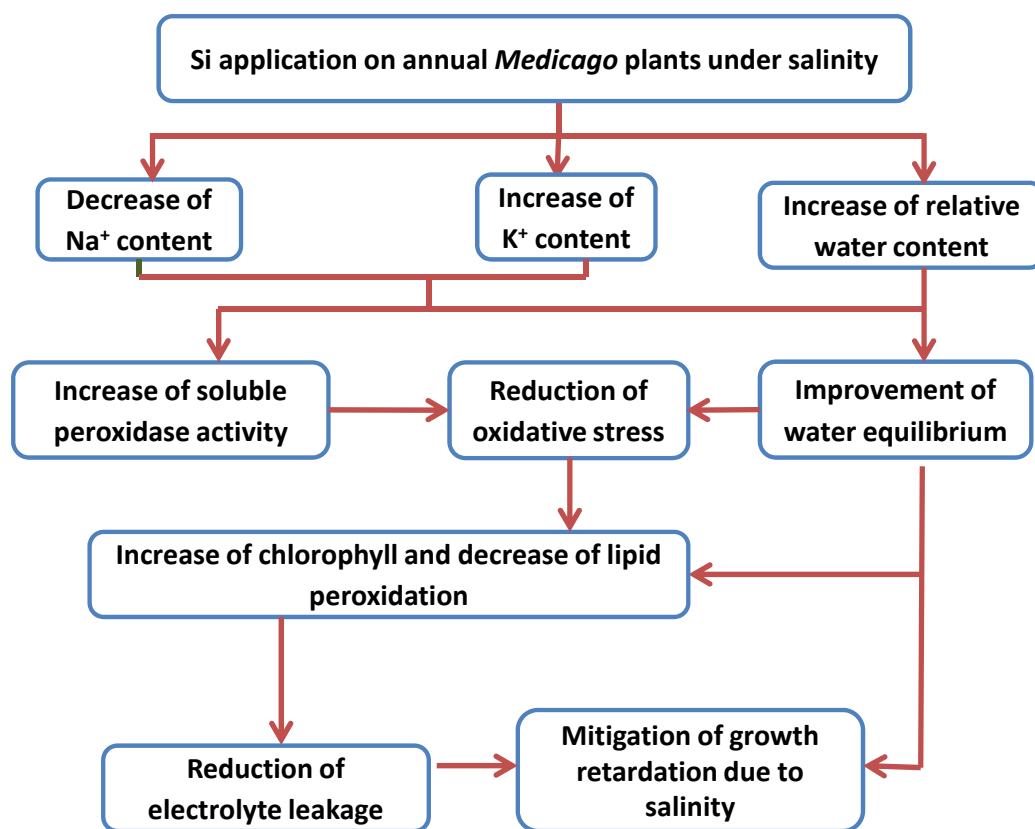
نتایج حاصل از این آزمایشات نشان داد که شوری موجب کاهش رشد در هر دو بخش هوایی و ریشه گیاه یونجه یک‌ساله شد که در کاهش معنی‌دار وزن تر ریشه، بخش هوایی وزن خشک بخش هوایی، درصد آب نسبی گیاهان منعکس است. کاربرد سیلیسیم در گیاهان تحت تأثیر شوری صفات رشد اندازه‌گیری شده را به ویژه در سطح ۱/۵ میلی مولار سیلیسیم بهبود بخشید. این نتایج آشکار می‌سازد که تیمارهای سیلیسیم توانست اثرات زیان‌بار شوری را در گیاه یونجه یک ساله تخفیف دهد. در تحقیقات مشابه نقش مفید سیلیکون در بهبود رشد گیاهان تحت شوری تأیید شده است. اثرات تخفیفی سیلیکون بر تنش شوری در برنج (*Oryza sativa*) (۲۹)، گندم (۵)، جو (*Hordeum vulgare*) (۱۹)، گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*) (۶) و کلزا (۱۶) گزارش شده است. در ذیل در

میزان پراکسید هیدروژن منعکس است. کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از کاربرد سیلیکون در گیاهان تحت تنش شوری موجب افزایش میزان کلروفیل و کاهش پراکسیداسیون لیپید و میزان نشت الکترولیت‌ها از غشاهای زیستی گیاهان شد که بیانگر نقش مثبت سیلیکون در پایداری غشای پلاسمایی در شرایط شوری می‌باشد.

کاربرد سیلیسیم در گیاهان فاقد تیمار شوری میزان یون کلسیم را کاهش داد. به نظر می‌رسد که سیلیکون پس از ورود به گیاه به آرامی تغلیظ می‌شود و رسوب سیلیکا در اندودرم و ریزودرم و پلیمریزه شدن سیلیکات از طریق سیلیکای کلوئیدی به سیلیکاژل یا اسید پلی‌سیلیسیک در سراسر آپوپلاست، موجب کاهش جذب برخی عناصر از مسیر خارج سلولی ریشه می‌گردد (۲۹). افزایش تیمار سیلیکون تا ۱/۶۶ میلی‌مولار در محیط کشت هیدروپونیک سبب کاهش جذب و غلظت کلسیم در گیاه برنج شد (۲۰). همچنین که تیمار سیلیکون بالاتر از ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر در گیاه گندم سبب کاهش جذب کلسیم در گیاه شد (۲۱).

بالای پراکسید هیدروژن گیاهان تحت شوری منعکس است. این امر تنش شوری را در گیاه تشدید کرده و در نتیجه کلروفیل را کاهش و پراکسیداسیون لیپیدهای غشایی را افزایش داده و در نتیجه ناپایداری غشای پلاسمایی را سبب شده است. این امر در نهایت منجر به کاهش رشد گیاهان تحت تنش شوری شد.

کاربرد سیلیسیم موجب کاهش غلظت یون سدیم و افزایش یون پتاسیم در گیاهان یونجه تحت شوری شد. از طرف دیگر سیلیسیم درصد آب نسبی گیاهان تحت شوری را افزایش داد. کاهش سمیت و بهبود وضعیت آب در گیاهان تحت تنش شوری همراه با کاربرد سیلیکون اثرات ثانویه شوری را کاهش داد که احتمالاً افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان کاتالاز و پراکسیداز مربوط است. افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان در بادام زمینی تحت سمیت کادمیوم (۲۶) و گندم و کلزا تحت شوری (۱۵ و ۱۶) با تغذیه سیلیکون گزارش شده است. به نظر می‌رسد که فعالیت این آنزیم‌ها نقش مهمی در تخفیف تنش اکسیداتیو ناشی از شوری داشته است که در کاهش



شکل ۴- مکانیسم احتمالی تأثیر سیلیکون در تخفیف تنش شوری در گیاه یونجه یک‌ساله

Figure 4- Possible mechanisms of effects of Si on alleviation of salinity stress in *Medicago scutellata*

سدیم، افزایش یون پتاسیم و افزایش مقدار آب نسبی گیاه موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و کاهش پراکسید هیدروژن و

نتیجه‌گیری

این نتایج آشکار ساخت که تیمار سیلیکون احتمالاً با کاهش یون

شوری با کاربرد سیلیسیم گردید. آزمایشات بیشتر در مزرعه برای تأیید نتایج و مقرون به صرفه بودن استفاده از کودهای سیلیکاته مانند سیلیکات پتاسیم به قیمت روز حدود ۸۵ دلار برای هر چهار لیتر که برای محلولپاشی حدود دو هکتار مزرعه کافی است، توصیه می‌شود.

در نتیجه کاهش تنش اکسیداتیو گردید. در نتیجه میزان کلروفیل در گیاه پروتئین افزایش و پراکسیداسیون لیپید و نشت الکترولیت‌ها کاهش یافت که احتمالاً موجب پایداری و حفظ انسجام غشاهای زیستی گردید. این عوامل موجب بهبود رشد گیاهان تحت تنش

References

- Jafari, M. 1995. Salinity and halophytes. Research Institute of Forests and Rangelands. N. 90. (in Persian).
- Hoseini, A., 1995. Autecological evaluation of *Puccinellia distans* in saline and sodic soils of north Gorgan region. Master's theses. Gorgan University of Agriculture and Natural Resource. (in Persian).
- Sofi, S., and Janmohammadi, H. 2001. Animal Nutrition. Amiedi Publishing Center. Translated. Tabriz. (in Persian).
- Dianatnejad, H., and Behfar, A. A. 1988. Deserts, Ecological researches, Plants in saline environments. translated International desert research center. (in Persian).
- Ahmad R., Syed, H. Z., and Shoaib I. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). Plant Science 85: 43-50.
- Al-aghabary, K., Zhu, Z., and Shi, Q. 2004. Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. Plant Nutrition 27: 2101-2115.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. Plant Physiology 24: 1-15.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. Critical Reviews in Plant Sciences 13: 17-42.
- Blokhina, O., Virolainen, E., and Fagerstedt, K. 2003. Antioxidant, Oxidative damage and Oxygen deprivation salt-sensitive maize: a Review. Annals of Botany 91: 179-194.
- Blum, A., and Ebercon, A. 1981. Cell Membrane Stability as a Measure of Drought and Heat Tolerance in Wheat. Crop Science 21: 43-47.
- Bradford, M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. Analytical Biochemistry 72: 248-254.
- Chance, B., and Maehly, C. 1955. Assay of catalase and peroxidases. Methods in Enzymology 2: 764-775.
- Elliot, C. L., and Synder, G. H. 1991. Autoclave-Induced digestion for the colorimetric determination of silicon in Rice Straw. Journal of Agriculture Food Chemistry 39: 1118-1119.
- Epstein, E. 1999. Silicon Annual review of Plant Physiology. Plant Molecular Biology 50: 641-664.
- Farshidi, M., Abdolzadeh, A., and Sadeghipour, H. R. 2012. Silicon nutrition alleviates physiological disorders imposed by salinity in hydroponically grown canola (*Brassica napus* L.) plants. Acta physiologiae plantarum 56: 244-253.
- Hashemi, A., Abdolzadeh, A., and Sadeghipour, H. R. 2010. Beneficial effects of silicon nutrition in alleviation salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., plants. Soil Science and Plant Nutrition 56: 244-253.
- Li, Q., Ma, C., and Shang, Q. 2007. Effects of silicon on photosynthesis and antioxidant enzymes of maize under drought stress. The journal of applied ecology 18: 531-536.
- Liang, Y. C., Shen, Q. R., Shen, Z. G., and Ma, T. S. 1996. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley cultivars. Journal of Plant Nutrition 19: 173-183.
- Liang, Y. C., Zhang, W. H., Chen, Q., and Ding, R. X. 2005. Effects of silicon on tonoplast H^+ -ATPase and H^+ -PPase activity, fatty acid composition and fluidity in roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). Environmental and Experimental Botany 53: 29-37.
- Ma, J. F., and Takahashi, E. 2002. Soil, fertilizer, and plant silicon research in Japan, 1st ed. Elsevier, Amsterdam.
- Mali, M., and Aery, N. C. 2008. Influence of silicon on growth, relative water contents and uptake of silicon, calcium and potassium in wheat grown in nutrient solution. Journal of Plant Nutrition 31: 1867-1876.
- Marchner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants. Second Edition Academic Press. 890p. New York. Pp: 313-323.
- Munns R. 2006. Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. Plant Cell and Environment 16: 15-24.
- Sego, R. D. 1982. Chemical and microbiological properties. p. 105-111. In A.L. Page et al. (ed.) Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd ed. American Society of Agronomy, Soil Science.
- Sergive, I., Alexieva, V., and Karanov, E. 1997. Effect of spermine, atrazine and combination between them on some endogeneous protective systems and stress markers in plants. Comptes rendus de l'Academie bulgare des Sciences 51: 121-124.
- Shi, G., Cai, Q., Liu, C., and Wu, L. 2010. Silicon alleviates cadmium toxicity in peanut plants in relation to

- cadmium distribution and stimulation of antioxidative enzymes. Plant hormones and growth regulators 61: 45-52.
27. Szabolcs, I. 1992. Salinization of soil and water its relation to desertification. Desertification Control bulletin 21: 32-37.
28. Tester, M., and Devenport, R. 2003. Na⁺ tolerance and Na⁺ transport in higher plants. Annals of Botany 91: 1-25.
29. Yeo, A. R., Flowers, S. A., Rao, G., Welfare, K., Senanayake, N., and Flowers, T. J. 1999. Silicon reduces sodium uptake in rice (*Oryza sativa* L.) in saline conditions and this is accounted for by a reduction in the transpirational bypass flow. Plant, Cell and Environment 22: 559-565.



Evaluation of Effect of Silicon on NaCl Tolerance in Annual *Medicago scutellata* L.

M. Azizi¹ - A. Abdolzadeh^{2*} - P. Mehrabanjoubani³ - H. R. Sadeghipour³

Received: 22-05-2014

Accepted: 03-12-2014

Introduction

Salinity is one of the most important stress resulting depletion of vegetation in large areas of the world including some regions of Iran. Reduction of plant growth due to salinity occurs with a range of mechanisms, including low external water potential, ion toxicity and interfere with the uptake. Silicon (Si) is the second most abundant element in soil and could efficiently mitigate the effects of various biotic and abiotic stresses, such as drought, heavy metal toxicity and salinity on plants. *Medicago scutellata* is an important leguminous forage crop throughout the world that could increase soil nitrogen content via reduction of atmospheric nitrogen. To our knowledge, no study have examined the interaction of salinity and Si nutrition in *Medicago scutellata* or how the beneficial effects of Si in salt-stressed *M. scutellata* plants (if any) are exerted. Accordingly, the aim of the present study was to evaluate the effect of silicon nutrition on salt tolerance of *Medicago scutellata*.

Materials and Methods

Seeds of alfalfa (*Medicago scutellata* L.) were sterilized with a 2.5% sodium hypochlorite solution and were incubated in a moistened paper towel. Then, they germinated in the dark at $25 \pm 5^\circ \text{C}$ for 48 h. Healthy seedlings of uniform sizes were selected for hydroponic culture (Hoagland solution) in a $10 \times 15 \times 15$ cm plastic pots. A factorial experiment carried out based on a completely randomized design with two factors. The first factor was salinity, including 0 and 100 mM NaCl and the second was silicon nutrition, including 0, 0.75 and 1.5 mM sodium silicate. The pH of the nutrient solution was adjusted daily at 6.4 ± 0.2 and nutrient solution was refreshed weekly. During the experiment, maximum and minimum air temperatures were 30°C and 21°C respectively, and the mean relative humidity was 67%. Four weeks after exerting the treatments, plants were harvested and used for the assessment of growth parameters and chemical analyses.

Results and Discussion

Salinity led to a significant reduction in both the fresh and dry weights of the plants. On the contrary, the dry weight of the plants improved significantly under saline conditions when Si was added to the medium, especially 1.5 mM Si. Salt treatment increased the concentration Na^+ and decreased the concentration K^+ significantly in both shoots and roots; however, Na^+ concentration, reduced and K^+ concentration increased due to Si application in salt treated plants. Similarly, Fe content decreased in shoot of plants due to salinity, whereas Si nutrition increased Fe content in plants suffered from salinity. The activity of catalase declined and the amount of hydrogen peroxide increased in plants under salinity. Conversely, Si treatments, especially, at 1.5 mM could recover the activity of this enzyme and reduced hydrogen peroxide content. Salinity imposed significant reduction in the contents of chlorophylls, total carotenoids and xanthophylls and soluble proteins. The amount of hydrogen peroxide, lipid peroxidation as well as electrolyte leakage via plant leaves increased due to salt stress. In contrast, the contents of chlorophylls, carotenoids and xanthophylls, soluble proteins increased following Si application. Also, the amount of hydrogen peroxide and rate of lipid peroxidation and electrolyte leakage decreased in salt-treated plants by Si application. Silicon nutrition can recover the chlorophyll content and the amount of soluble proteins on *Medicago scutellata* plants under salinity, which suggests that it plays a role in the suppression of oxidative stress. Si application also improved the chlorophyll content of tomato and barley under salt stress (Al-aghabary *et al.*, 2004). The data reported in the present study show new aspect of the beneficial effect of Si on plants grown under saline condition. The application of Si prevented Na^+ accumulation and enhanced K^+ content in *Medicago scutellata* plants. Reduced Na^+ accumulation improves the plant ROS

1- Former master student, Golestan University

2- Prof. Dept. of Biology, Faculty of Science, Golestan University, Gorgan

3- Assistant Prof., Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University

4- Associate Prof. Golestan University

(* - Corresponding Author Email: ah_ab99@yahoo.com)

scavenging capacity through increased antioxidant enzyme activity (Al-aghaby *et al.*, 2004 Hashemi *et al.*, 2010), accompanied by reducing lipid peroxidation. Consequently, photosynthetic pigments increased and membranes functionality improved by Si in plants under salinity (Liang *et al.*, 2005).

Conclusions

The results indicated that 1.5 mM silicon application alleviated harmful effects salinity, probably through declined Na^+ enhanced K^+ content that increased antioxidant enzyme activity and reduced reducing oxidative stress. Consequently, photosynthetic pigments increased and membranes functionality improved with plants under salinity. In this regards, Si application led to an increased salt tolerance of *Medicago scutellata*. Further, field experiments are necessary for confirmation of the results and expedience of economic cost.

Keywords: Annual medicine plants, Silicon nutrition, Salinity alleviation



بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر برخی خصوصیات فتوسنتزی ارقام کلزا (*Brassica napus* L.)

فرانک طهماسبی^{۱*} - پیمان حسینی^۲ - موسی مسکرباشی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۷

چکیده

شوری یکی از مهمترین عوامل محدودکننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه خشک جهان است که عملکرد گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد. به منظور مطالعه تغییرات فرآیند تثبیت کربن و رنگدانه‌های فتوسنتزی سه ژنوتیپ کلزا تحت تنش شوری، آزمایشی در شرایط گلخانه به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار انجام شد. عامل اول شامل ژنوتیپ‌های مختلف کلزا (هایولا ۴۰۱، RGS0003 و شیرالی) و عامل دوم تیمار آبیاری با آب شور دارای چهار سطح شامل شاهد (آب معمولی)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار با استفاده از منابع کلریدسدیم و کلریدکلسیم به نسبت مساوی یک به یک بود. نتایج نشان داد که آبیاری با آب شور باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای در هر سه ژنوتیپ شد. میزان کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها در هر سه ژنوتیپ تا سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار افزایش و در ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش یافت. با افزایش شوری تجمع منیزیم نسبت به شاهد بیشتر شد. میزان نشاسته برگ در ژنوتیپ شیرالی تا سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار افزایش معنی‌دار داشت. روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در سطح ۵۰ میلی‌مولار تا اوایل گلدهی شبیه به شاهد بوده ولی در اواخر گلدهی کاهش شدید داشت. در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار هدایت روزنه‌ای کمتر از شاهد بود. به نظر می‌رسد ژنوتیپ شیرالی با استفاده از ساز و کارهای اجتناب از تنش مانند حفظ محتوای نسبی آب، همچنین افزایش محتوای کلروفیل‌های a و b تا سطح ۱۰۰ میلی‌مولار و نیز تجمع منیزیم تا سطح ۱۵۰ میلی‌مولار، تنش شوری را تحمل کرده است.

واژه‌های کلیدی: تنش شوری، کلروفیل a و b، منیزیم، نشاسته، هدایت روزنه‌ای

مقدمه

تنش شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی بوده و آثار منفی آن بر رشد گیاهان زراعی باعث افزایش تحقیقات در زمینه تحمل به شوری با هدف بهبود تحمل گیاهان شده است (۳۷). شوری از طریق کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک یا استرس آبی (۵) و (۲۲)، تأثیر ویژه یونی (۳ و ۱۶) و به هم خوردن تعادل عناصر غذایی به دلیل افزایش غلظت Na^+ باعث آسیب به گیاه می‌شود. تأثیرات مضر املاح بر روی گیاهان نتیجه تلفیق عواملی می‌باشد که می‌توان آن را در گیاه به صورت کاهش رشد مشاهده کرد (۸). تحمل به شوری گونه‌های براسیکا به دلیل روابط ژنی موجود بسیار پیچیده می‌باشد (۷). روغن کلزا (*Brassica napus* L.) به دلیل پایین بودن میزان

اسیداروسیک (کمتر از ۲ درصد کل اسیدهای چرب) و گلوکزینولات (کمتر از ۳ میکرو مول بر گرم دانه) مصرف زیادی در دنیا دارد و از آنجا که کلزا پتانسیل مقابله با سمیت ناشی از شوری و املاح را دارد، رشد آن می‌تواند در خاک‌های شور با موفقیت انجام شود (۲۷). در مقایسه ارقام مختلف کلزا اعمال تیمار شوری، باعث کاهش وزن خشک (۱) و باعث کاهش میزان کلروفیل‌های a و b در هر دو رقم حساس و متحمل کلزا شد (۶). حسینی و همکاران (۱۵) در بررسی فیزیولوژیکی اثر تنش سرما در مرحله گیاهچه‌ای ژنوتیپ‌های مختلف برنج (*Oryza sativa* L.) گزارش دادند در زمان بروز تنش انتقال الکترون از فتوسیستم دو به فتوسیستم یک مختل شده و الکترون به مولکول اکسیژن منتقل می‌شود و در این زمان بالا بودن میزان کلروفیل تنها سطح گونه‌های اکسیژن واکنشگر را بالا می‌برد. یکی از راه‌های کاهش گونه‌های اکسیژن واکنشگر کاهش میزان کلروفیل برگ خصوصاً کلروفیل b است که در این زمان گیاه با افزایش فعالیت آنزیم کلروفیل‌از زنجیره خطی کلروفیل را از قسمت حلقوی جدا کرده که این زنجیره خطی همان پیش ماده تولید آنتی-

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشگاه شهید چمران اهواز

(*)- نویسنده مسئول: (Email: faranaktahmasbi@yahoo.com)

اکسیدان آلفاتوکوفرول است. در بررسی ارقام مختلف برنج غلظت نسبی کلروفیل (عدد SPAD) طی سطوح اولیه تنش افزایش و سپس کاهش یافت، زیرا با کاهش محتوای نسبی آب برگ و افزایش غلظت پروتوپلاسم، تعداد کلروپلاست در واحد سطح افزایش یافت و این افزایش غلظت نسبی کلروفیل (عدد SPAD) به دلیل کاهش حجم و اندازه سلول‌ها در اثر تنش شوری گزارش شده است (۳۰). ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها به دلیل تنش شوری کاهش یافت، زیرا تنش شوری ساختار کلروپلاست‌ها را به هم زده، باعث عدم ثبات کمپلکس پروتئین رنگدانه‌ها، تخریب ساختار کلروفیل‌ها و تغییر در کمیت و ترکیب کاروتنوئیدها، افزایش کاروتنوئیدها در کلزا (۱۹) گردید (۱۲). در شرایط شور گیاهان نیاز به مکانیزم‌های ویژه‌ای برای تنظیم شرایط اسمزی داخلی و تغییر فشار در محیط ریشه دارند، گیاهان تحت تنش از طریق اسیدهای آمینه آزاد، قندهای محلول و پروتئین‌ها پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند و بدین طریق تنظیم اسمزی حاصل می‌شود (۲۳). با افزایش شوری تجمع منیزیم (۳۶) و (۱۷)، مقدار نشاسته کل (۲۵) و تجمع قندهای ساده نظیر گلوکز و فروکتوز به دلیل افزایش آنزیم اینورتاز در برگ‌های گیاهان تحت تنش کمبود آب (۲۶) افزایش یافته و محتوای نسبی آب برگ‌های گیاهچه‌های کلزا با افزایش تدریجی هدایت الکتریکی به تدریج کاهش یافت (۱۳) و (۲۸). در بررسی بعضی گونه‌های آمفی‌پلوئید براسیکا تحت تنش شوری، عنوان گردید که هدایت روزنه‌ای در همه گونه‌ها کاهش یافت (۴). با توجه به خشکسالی‌های اخیر و لزوم استفاده از آب آبیاری دارای کیفیت پایین برای محصولات زراعی استراتژیک مانند کلزا، هدف از اجرای این آزمایش ارزیابی تأثیر تنش شوری بر تغییرات فتوسنتزی و برخی مؤلفه‌های فیزیولوژیک ارقام کلزا تحت تنش شوری و نیز مشخص کردن ژنوتیپ متحمل به تنش شوری برای کشت در مناطق شور می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. عامل اول شامل سه ژنوتیپ کلزا (هایولا ۴۰۱، RGS0003 و شیرالی) و عامل دوم تیمار آبیاری با آب شور دارای چهار سطح شامل تیمار شاهد (آب معمولی)، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار به ترتیب (۲/۱، ۶/۵، ۹/۱ و ۱۳ دسی‌زیمنس بر متر) با استفاده از منابع کلرید سدیم و کلرید کلسیم به نسبت مساوی یک به یک بود به طوری که بیشترین شباهت با آب‌های دارای کیفیت پایین در منطقه حاصل گردد. تاریخ کشت ۲۸ آبان و زمان اعمال تنش حدود چهار هفته پس از کاشت (مرحله چهار برگ) در نظر گرفته شد. آبیاری با آب شور به صورت پلکانی طی یک دوره ۱۲ روزه و طی سه

مرحله به این ترتیب که در مرحله اول تیمار نرمال با آب معمولی (با $EC = 2/2$ دسی‌زیمنس بر متر) و سه تیمار دیگر با آب شور ۵۰ میلی‌مولار ($EC = 6/5$ دسی‌زیمنس بر متر) مرحله دوم تیمار نرمال با آب معمولی ($EC = 2/2$ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار دوم با آب شور ۵۰ میلی‌مولار ($EC = 6/5$ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمارهای سوم و چهارم با آب شور ۱۰۰ میلی‌مولار ($EC = 9/1$ دسی‌زیمنس بر متر) مرحله سوم تیمار اول با آب معمولی ($EC = 2/2$ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار دوم با آب شور ۵۰ میلی‌مولار ($EC = 6/5$ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار سوم با آب شور ۱۰۰ میلی‌مولار ($EC = 9/1$ دسی‌زیمنس بر متر) و تیمار چهارم با آب شور ۱۵۰ میلی‌مولار (با $EC = 13$ دسی‌زیمنس بر متر) آبیاری شدند. نمونه‌برداری در پایان مرحله گلدهی (مرحله ۴ فنولوژیکی) انجام گرفت و روند تغییرات هدایت روزنه‌ای در پنج مرحله مختلف شامل هفت برگ، ابتدای ساقه رفتن، پیدایش آغازه‌ها، گلدهی و اواخر گلدهی اندازه‌گیری شد. برای انجام این آزمایش از گلدان‌های پلاستیکی با حجم ۱۰ لیتر استفاده شد. برای هر تیمار ۳ گلدان و در هر تکرار ۱۲ تیمار و در کل ۱۴۴ گلدان مورد ارزیابی قرار گرفت. صفات مورد اندازه‌گیری در این آزمایش شامل ماده خشک بر حسب گرم بر بوته (تعداد چهار بوته در هر تیمار در مرحله پایان گلدهی بطور کامل کف بر شده و وزن خشک آنها پس از قرار دادن در آون $70^{\circ}C$ به مدت ۴۸ ساعت اندازه‌گیری شد)، غلظت کلروفیل‌های a ، b و کاروتنوئیدها به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Unic ساخت آلمان) با استفاده از روش آرنون (۲)، غلظت منیزیم به وسیله بورت و ماده ورسین ۰/۰۱ نرمال، مقدار نشاسته به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل Unic ساخت آلمان) به روش تغییر داده شده شلیگل (۳۲)، محتوای نسبی آب به روش ریچی و انگوین (۲۹) بود و هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر مدل ELE ساخت کشور انگلستان اندازه‌گیری شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای (version 9.1)، SAS، EXCEL و MSTATC انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن انجام شد.

نتایج و بحث

رنگدانه‌های فتوسنتزی

میزان کلروفیل‌های a ، b و کاروتنوئیدها در هر سه ژنوتیپ تا سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به طور معنی‌داری افزایش و در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a در سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار در ژنوتیپ شیرالی به میزان ۲/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ و کمترین میزان کلروفیل a در سطح تنش ۱۵۰ میلی‌مولار در ژنوتیپ شیرالی به میزان ۱/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ مشاهده شد (جدول ۳).

گزارش کردند. تنش شوری تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زآزانتین را تشدید می‌کند، این فرآیندها در حفاظت از بازدارندگی نوری مؤثر هستند (۳۳). افزایش کلروفیل‌های a و b در ژنوتیپ شیرالی در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار می‌تواند علت تحمل بیشتر این رقم به شوری و ثبات بیشتر ساختارهای فتوسنتزی آن باشد. عدم آسیب‌پذیری رنگدانه‌های اصلی فتوسنتزی تا سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار می‌تواند علت بسیار مهمی برای بردباری به شوری در این سطح در ارقام مورد ارزیابی کلزا تلقی شود.

ماده خشک کل

بیشترین میزان ماده خشک در ژنوتیپ RGS0003 و تیمار شاهد به میزان ۲۹/۴۲ گرم در بوته و کمترین میزان ماده خشک در ژنوتیپ شیرالی و سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به میزان ۱۶/۶۶ گرم در بوته مشاهده شد (جدول ۳). میزان ماده خشک ژنوتیپ شیرالی در تیمار شاهد (آب معمولی) (به میزان ۲۴/۵۲ گرم در بوته) پایین‌تر از دو ژنوتیپ دیگر (RGS0003 به میزان ۲۹/۴۲ گرم در بوته و هایولا ۴۰۱ به میزان ۲۶/۲۹ گرم در بوته) (در سطح ۵ درصد اختلاف معنی‌دار) بود، ولی میزان کاهش ماده خشک این ژنوتیپ در سطوح مختلف شوری تدریجی بوده و در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار تفاوت معنی‌داری نداشت. لذا این ژنوتیپ ضمن دارا بودن پایداری مناسب در برابر شوری، در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر از کاهش کمتر ماده خشک نسبت به شاهد در سطوح بالای تنش برخوردار بود (جدول ۳). احتمالاً به‌دلیل کاهش جذب آب به‌واسطه تنش خشکی ناشی از شوری، جذب عناصر غذایی کاهش یافته و از طرفی مسمومیت کلر و سدیم سبب بازدارندگی رشد گیاه و کاهش ماده خشک گردیده است. به‌نظر می‌رسد تنش شوری و تغییرات یونی حاصل از آن به همراه کاهش هدایت هیدرولیکی آب در خاک، اثر منفی شدیدی بر عملکرد فتوسنتزی گیاه داشته است. همچنین احتمالاً به‌دلیل شعاع یونی گسترده سدیم و خسارت وارده به غشاهای فیزیولوژیک و دستگاه فتوسنتزی و تجمع نمک همراه با کاهش تولید برگ در نهایت وزن خشک کل گیاه کاهش یافت. این نتایج با یافته‌های اشرف و علی (۶) و احمدی و اردکانی (۱) منطبق بود.

محتوای نسبی آب

محتوای نسبی آب در اندام هوایی تحت شرایط تنش همواره کمتر از شاهد بود. با افزایش شوری محتوای نسبی آب کاهش یافت. در ژنوتیپ شیرالی با اینکه محتوای نسبی آب طی تنش کاهش یافت ولی توانست در سطوح شوری ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌مولار محتوای نسبی آب را در سطح بالاتری از ژنوتیپ‌های هایولا ۴۰۱ و RGS0003 حفظ کند، هرچند که در ۱۵۰ میلی‌مولار این تحمل از بین رفته و

بیشترین میزان کلروفیل b در ژنوتیپ شیرالی در سطح ۱۰۰ میلی‌مولار به میزان ۱/۵۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ و کمترین میزان کلروفیل b در ژنوتیپ شیرالی و در سطح شوری ۱۵۰ میلی‌مولار به میزان ۰/۶۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ مشاهده شد (جدول ۳). بیشترین میزان کارتنوئیدها در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و سطح شوری ۱۰۰ میلی‌مولار به میزان ۰/۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ و کمترین میزان کارتنوئیدها در ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و تیمار شاهد به میزان ۰/۱۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ به‌دست آمد (جدول ۳). افزایش رنگدانه‌ها تا ۱۰۰ میلی‌مولار احتمالاً به‌واسطه افزایش غلظت استرومای کلروپلاست و همچنین کاهش حجم سلول حادث گردیده است. در نتیجه غلظت رنگیزه‌ها در واحد حجم سلول افزایش یافت. لازم به‌ذکر است آستانه تحمل به شوری گیاه کلزا ۱۱ دسی‌زیمنس بر متر می‌باشد (۱۴)، لذا با توجه به اینکه شوری ۱۰۰ میلی‌مولار (معادل ۹/۱ دسی‌زیمنس بر متر) در رنج آستانه تحمل گیاه کلزا قرار داشته، بنابراین نتایج این تحقیق آثار تخریبی در محتوای کلروفیل بافت کلرانشیم گیاه کلزا بر جای نگذاشته است. با افزایش شدت تنش، کاهش ظرفیت فتوسنتزی احتمالاً به‌علت کاهش سطح فتوسنتزکننده و ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست‌ها به‌واسطه اختلال در غشای تیلاکوئیدها، تخریب مولکول‌های کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروفیل‌از و عدم ثبات کمپلکس پروتئین - رنگدانه و در نتیجه تخریب کلروپلاست‌ها در اثر افزایش غلظت یون‌های سمی سدیم، کلر و افزایش سطح گونه‌های اکسیژن فعال (ROS) ناشی از آن بوده است. نتایج حاصله با گزارش جمیل و همکاران (۱۸)، دابی (۱۲)، دوگانلار و همکاران (۱۱) منطبق بود. سایر پژوهشگران به تغییر متابولیسم نیتروژن، در نتیجه وجود رقابت برای استفاده از پیش‌سازها بین مسیر سنتز کلروفیل و پرولین در ساخت ترکیب‌هایی نظیر پرولین که برای تنظیم اسمزی به‌کار می‌رود را اشاره دارند. به‌علاوه شوری نقش بازدارندگی روی بیوسنتز کلروفیل دارد (۲۱). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم تأثیرگذار در ظرفیت فتوسنتزی می‌باشد. افزایش درجه شوری موجب ناکارآمدی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات ناشی از تنش شد. بنابراین شوری نه تنها از طریق کاهش تعداد و سطح برگ سبب کاهش کل ظرفیت فتوسنتزی در گیاهان گردید بلکه از طریق کاهش میزان کلروفیل در برگ‌ها سبب اختلال در سنتز مواد فتوسنتزی جهت رشد گیاه شد. وزن خشک گیاه تحت تأثیر شوری به موازات کاهش میزان کلروفیل برگ‌ها کاهش یافت که با نتایج شمس‌الدین و فرحبخش (۳۱) منطبق بود. افزایش کارتنوئیدها توان مقابله با شرایط تنش در گیاه را افزایش می‌دهد زیرا گیاه توانایی اتلاف انرژی مازاد الکترون‌های برانگیخته‌نشسته‌شده از غشای تیلاکوئید طی تنش شوری توسط چرخه زانتوفیل به‌صورت حرارت غیر تشعشعی و همچنین حذف گونه‌های اکسیژن‌های واکنشگر را خواهد داشت. میسرا و همکاران (۲۴) نتایج مشابهی را

شوری ۱۰۰ میلی مولار به طور معنی دار افزایش و در سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار کاهش یافت. اما در ژنوتیپ شیرالی تا سطح شوری ۱۵۰ میلی مولار به طور معنی داری افزایش نشان داد (جدول ۳). بیشترین میزان نشاسته برگ در ژنوتیپ RGS0003 در سطح تنش ۱۰۰ میلی مولار به میزان ۳۴۹/۱۲ میلی گرم بر گرم وزن خشک و کمترین میزان نشاسته در ژنوتیپ RGS0003 در تیمار شاهد به میزان ۱۳۵/۴۶ میلی گرم بر گرم وزن خشک مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می رسد افزایش تجمع نشاسته به دلیل کاهش تبدیل نشاسته کلروپلاست ها به تریوز فسفات (قد سه ۱۱-کربنه) و خروج آن از کلروپلاست به سیتوزول به سبب کاهش فراهمی P_i (فسفات غیرآلی) و یا اختلال در کارایی ناقل های تریوز فسفات باشد (۱۵). کاهش تجمع نشاسته در سطوح بالای تنش ناشی از اختلال در کارایی آنزیم های درگیر در سنتز نشاسته مانند سنتاز و ADP-گلوکوز پیروفسفریلاز است (۱۵). ولی در ژنوتیپ شیرالی عدم کاهش بیوسنتز نشاسته در سطح ۱۵۰ میلی مولار مشاهده نشد که احتمالاً ناشی از عدم اختلال در فعالیت های آنزیمی درگیر در تولید نشاسته می باشد. نتایج پیشین آزمایش (۳۵) نشان داد که در شرایط تنش همبستگی معنی داری بین مقادیر نشاسته با قندهای محلول وجود نداشت. لذا علی رغم افزایش تجمع نشاسته در کلروپلاست، طی تنش، مقادیر قندهای محلول به طور معنی داری افزایش یافت. از طرفی افزایش تجمع قندهای محلول سبب کاهش پتانسیل اسمزی و افزایش محتوای نسبی آب شده، همانگونه که Ca^{2+} ، Mg^{2+} و Na^+ پرولین این اثر را نشان دادند (۳۴).

هدایت روزنه ای

روند تغییرات هدایت روزنه ای در تیمار شاهد و سه سطح شوری تمام ژنوتیپ ها از نظر آماری مشابه بود. در تمام تیمارهای مورد مطالعه از مرحله هفت برگی تا ابتدای ساقه رفتن (مرحله روزت) هدایت روزنه ای کاهش یافت و به کمترین میزان خود رسید، سپس در مرحله پیدایش آغازه های گل افزایش نشان داد (جدول ۴). در ۵۰ میلی مولار روند تغییرات هدایت روزنه ای تا اوایل گلدهی شبیه به شاهد بود ولی در اواخر گلدهی کاهش یافت. در ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار همواره هدایت روزنه ای از مقدار کمتری از شرایط شاهد و تیمار ۵۰ میلی مولار برخوردار بود. همچنین رقم هایولا ۴۰۱ از وضعیت مناسب تری برخوردار بوده، در صورتی که رقم شیرالی در شرایط ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی مولار کمترین میزان هدایت روزنه ای را در اواخر گلدهی نشان داد. با شروع تنش (در مرحله هفت برگی)، گیاه تا مدتی هدایت روزنه ای خود را در سطح حداکثر نگه داشته ولی با تداوم دوره تنش اقدام به بستن روزنه های خود نموده است. از آنجا که تداوم باز بودن روزنه به آماس سلول های محافظ روزنه وابسته است، لذا کاهش در

محتوای نسبی آب کاهش یافت (جدول ۳). بیشترین درصد محتوای نسبی آب در ژنوتیپ شیرالی در تیمار شاهد به میزان ۹۲/۲۶ درصد و کمترین درصد محتوای نسبی آب در ژنوتیپ RGS0003 در سطح ۱۵۰ میلی مولار به میزان ۸۵/۷۱ درصد مشاهده شد (جدول ۳). بنابراین به نظر می رسد با توجه به روند تدریجی کاهش ماده خشک ژنوتیپ شیرالی در مقایسه با شیب تند کاهش آن در دو ژنوتیپ دیگر تحت تنش، این ژنوتیپ در تنظیم اسمزی کارآمدتر بوده و احتمالاً با کاهش پتانسیل اسمزی، جذب آب را افزایش و در نتیجه آن وضعیت آبی در بافت های تحت تنش بهبود یافته است. نتایج جمیل و همکاران (۱۸)، ژو (۳۸) و فرانکوئیس (۱۳) با نتایج حاصل از این آزمایش مشابه بود.

منیزیم

درصد منیزیم در اندام هوایی هر سه ژنوتیپ تحت شرایط تنش بیشتر از شاهد بود. با افزایش شوری درصد منیزیم به طور معنی دار نسبت به شاهد افزایش یافت (جدول ۳). بیشترین درصد منیزیم برگ در تیمار شاهد در ژنوتیپ RGS0003 به میزان ۰/۱۱۸ درصد و کمترین درصد منیزیم برگ در ژنوتیپ شیرالی به میزان ۰/۰۷۲ درصد مشاهده شد (جدول ۳). با افزایش شوری علی رغم افزایش درصد منیزیم به عنوان عنصر کلیدی در بیوسنتز کلروفیل، زیست ساخت کلروفیل افزایش نیافت زیرا به شدت متأثر از شوری گردید (وجود همبستگی منفی بین منیزیم و کلروفیل b مؤید این مطلب است) (جدول ۲). به نظر می رسد عنصر منیزیم با تجمع در سلول های محافظ روزنه و ایفای نقش در بیوسنتز ترکیبات آلی کاهش دهنده پتانسیل اسمزی مانند گلوتامیک اسید سبب گردید که علی رغم بسته شدن روزنه ها ناشی از مکانیسم عمل هورمون ABA روزنه های گیاه، حتی به مقادیر جزیی بازمانده تا فتوسنتز به طور کامل قطع نگردد. احتمالاً عنصر منیزیم در گیاه کلزا تحت تنش شوری دارای یک نقش کلیدی در تداوم فتوسنتز می باشد (۱۰). احتمالاً منیزیم در فعالیت $ATP-ase$ و تأمین انرژی واکنش های انرژی خواه همچون تولید ال-گلو تامات به عنوان پیش ماده پرولین نقش حائز اهمیتی را دارا می باشد. از طرفی ممکن است که به واسطه کاهش اندازه سلول ها و حجم بافت های گیاهی طی تنش شدید، از آنجا که مقدار منیزیم در اندام مورد مطالعه ثابت می باشد ولی با کوچکتر شدن بافت ها طی تنش ۱۵۰ میلی مولار مقدار ثابتی از منیزیم در حجم کمتر بافت مورد بررسی سبب افزایش درصد آن نسبت به شاهد شده باشد (۳۴). نتایج حاصله با نتایج کیشیموتو و همکاران (۲۰) مطابقت داشت.

نشاسته

میزان نشاسته در دو ژنوتیپ هایولا ۴۰۱ و RGS0003 تا سطح

میزان محتوای نسبی آب برگ می‌تواند دلیل دیگر تفاوت هدایت روزنه‌ای میان سطوح مختلف تنش باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین محتوای نسبی آب و هدایت روزنه‌ای مؤید این مطلب است (جدول ۲). نتایج حاصله با نتایج چاوز و همکاران (۹) مشابه بود. از سوی دیگر گیاه برای اجتناب از تنش و استفاده بهتر از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد، روزنه‌ها را می‌بندد تا از اتلاف بیشتر آب جلوگیری شود (۴، ۹ و ۲۷).

وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ماده خشک و محتوای

نسبی آب (جدول ۲) بیانگر اهمیت حفظ محتوای نسبی در افزایش ماده خشک در شرایط تنش می‌باشد. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین کلروفیل b و نشاسته و نیز کلروفیل b و محتوای نسبی آب برگ اشاره به نقش کلروفیل در فتوسنتز و بیوسنتز پلیمرهای ذخیره‌ای و در نتیجه تحمل خشکی دارد. بین کلروفیل a با کلروفیل b و کاروتنوئیدها همبستگی مثبت و معنی‌دار دیده شد، یعنی با افزایش کاروتنوئیدها و کلروفیل b، کلروفیل a در مراکز شیمیایی واکنش سیستم‌های نوری، افزایش یافت.

جدول ۱- میانگین مربعات ماده خشک، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، منیزیم، نشاسته، RWC و هدایت روزنه‌ای

Table 1- Mean squares for dry matter, chlorophyll a and b, carotenoids, magnesium, starch, RWC, and stomatal conductance

هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	RWC	نشاسته Starch	منیزیم Magnesium	کاروتنوئیدها Carotenoids	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	ماده خشک Dry matter	درجه آزادی df	منبع تغییرات S. O. V.
0.005**	29.18*	3561.88**	0.0068**	0.0070*	0.146**	0.099 ^{ns}	41.18 *	2	ژنوتیپ Genotypes
0.024**	91.4*	25137.58**	0.0075**	0.041**	0.64**	0.58**	189.3**	3	شوری Salinity
0.00038 ^{ns}	7.76 ^{ns}	10667.04**	0.001**	0.006*	0.062**	0.077 ^{ns}	7.88 ^{ns}	6	ژنوتیپ*شوری Genotypes*Salinity
0.0005	3.7	550.51	0.000059	0.0019	0.0091	0.051	12.76	22	خطا Error
18.09	2.17	9.72	7.06	16.18	9.14	13.55	16.44	-	CV

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد و ^{ns} غیر معنی‌دار

* and ** in significant at the $P<0.05$ and $P<0.01$ levels respectively. ns not significant

جدول ۲- ضرایب همبستگی صفات ماده خشک، کلروفیل a، کلروفیل b، کاروتنوئیدها، منیزیم، نشاسته، RWC، و هدایت روزنه‌ای در شرایط تنش شوری

Table 2- Correlations coefficients between dry matter, chlorophyll a and b, carotenoids, magnesium, starch, RWC, and stomatal conductance under salt stress

هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance	RWC	نشاسته Starch	منیزیم Magnesium	کاروتنوئیدها Carotenoids	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a Chlorophyll a	ماده خشک Dry matter	
							1	ماده خشک Dry matter
						1	0.177	کلروفیل a Chlorophyll a
					1	0.805**	0.155	کلروفیل b Chlorophyll b
				1	0.572**	0.572**	0.093	کاروتنوئیدها Carotenoids
			1	0.031	-0.476**	-0.212	-0.238	منیزیم Magnesium
		1	0.012	0.272	0.455**	0.311	0.170	نشاسته Starch
	1	-0.00047	-0.544**	-0.198	0.387*	0.245	0.518**	RWC
1	** 0.505	0.399*	-0.588**	0.444**	0.666**	0.529**	0.33*	هدایت روزنه‌ای Stomatal conductance

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح ۵ و ۱ درصد.

* and ** in significant at the $P<0.05$ and $P<0.01$ levels respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات ماده خشک، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها، منیزیم، نشاسته و RWC در ارقام مختلف کلزا

Table 3- Mean comparison of dry matter, chlorophyll a and b, carotenoids, magnesium, starch, RWC, and stomatal conductance under salt stress in different Canola species

تیمار Treatment	ماده خشک Dry matter (g/plant)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g fresh weight)	کاروتنوئیدها Carotenoids (mg/g fresh weight)	منیزیم Magnesium (percent)	نشاسته Starch (mg/g dry weight)	RWC (%)
V1S1	26.29	1.73	0.97	0.2	0.072	245.4	92.11
V1S2	24.78	1.75	1.32	0.26	0.079	293.4	91.83
V1S3	18.18	2.03	1.41	0.42	0.106	332.5	86.33
V1S4	17.02	1.58	0.92	0.26	0.108	172.6	86.14
V2S1	29.42	1.35	0.89	0.17	0.118	135.5	89.98
V2S2	22.81	1.51	0.91	0.3	0.119	246.9	89.19
V2S3	21.99	1.94	1.19	0.35	0.146	349.1	86.08
V2S4	19.39	1.58	0.69	0.33	0.162	186.6	85.71
V3S1	24.52	1.56	0.99	0.2	0.032	186.6	92.26
V3S2	21.03	1.71	1.02	0.27	0.094	200.5	90.15
V3S3	18.59	2.14	1.59	0.3	0.124	254.7	89.92
V3S4	16.66	1.2	0.7	0.2	0.146	290.3	86.25

میانگین‌های در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و سطوح مختلف تنش شوری بر روند هدایت روزنه‌ای بر حسب سانتی‌متر بر ثانیه

Table 4- Mean comparison of different salinity levels interaction on stomatal conductance (cm.s⁻¹)

تیمار Treatment	مرحله هفت برگ 7 leaves stage	ابتدای ساقه رفتن Early stem elongation	پیدایش آغازه گل‌ها Flower initiation	گلدهی Flowering	اواخر گلدهی Late Flowering
V1S1	0.25	0.12	0.22	0.2	0.15
V1S2	0.22	0.09	0.18	0.16	0.06
V1S3	0.19	0.07	0.14	0.16	0.04
V1S4	0.14	0.05	0.09	0.08	0.07
V2S1	0.18	0.06	0.21	0.17	0.09
V2S2	0.15	0.04	0.16	0.11	0.04
V2S3	0.13	0.03	0.11	0.11	0.07
V2S4	0.11	0.02	0.03	0.07	0.06
V3S1	0.18	0.08	0.28	0.18	0.13
V3S2	0.17	0.05	0.21	0.12	0.04
V3S3	0.15	0.03	0.14	0.12	0.03
V3S4	0.13	0.02	0.05	0.06	0.04

V1 ژنوتیپ هایولا 401 S1 شاهد (آب معمولی)

V2 ژنوتیپ RGS0003 S2 شوری 50 میلی‌مولار

V3 ژنوتیپ شیرالی S3 شوری 100 میلی‌مولار

S4 شوری 150 میلی‌مولار

میانگین‌های در هر ستون، که دارای حروف مشابه می‌باشند براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means in each column, followed by the same letters are not significantly different at the 1% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

به‌نظر می‌رسد عنصر منیزیم با تجمع در سلول‌های محافظ روزنه و ایفای نقش در بیوسنتز ترکیبات آلی کاهش‌دهنده پتانسیل اسمزی مانند گلوتامیک اسید سبب کاهش بیشتر هدایت روزنه‌ای به‌منظور جلوگیری از تلفات رطوبتی تحت تنش گردیده است. به‌نظر می‌رسد انباشت نشاسته در کلروپلاست و ایجاد فشار مکانیکی گرانول‌های درشت نشاسته به دستگاه فتوسنتزی، باعث محدودیت در فعالیت

دستگاه فتوسنتزی طی تنش شده است. بین هدایت روزنه‌ای و محتوای نسبی آب و کلروفیل‌های a، b و کاروتنوئیدها و ماده خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری دیده شد، که نشانگر اهمیت کلروفیل‌های a، b و کارتنوئیدها در زیست ساخت کربوهیدرات‌ها، حفظ میزان بالای محتوای نسبی آب و حفظ آماس و تداوم باز بودن سلول‌های روزنه و افزایش هدایت روزنه‌ای و در نتیجه افزایش ماده

خشک بوده است.

نتیجه گیری

با افزایش شدت تنش شوری، روند کاهش ماده خشک در ژنوتیپ شیرالی با شیب کندتری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر صورت گرفت. با توجه به همبستگی مثبت ماده خشک با محتوای نسبی آب و نظر به اینکه ژنوتیپ شیرالی در سطح ۱۰۰ میلی-مولار از بالاترین میزان محتوای نسبی آب برخوردار بوده، نشانگر نقش حائز اهمیت حفظ محتوای نسبی آب در ممانعت از کاهش هرچه بیشتر ماده خشک می باشد. افزایش رنگدانه های کلروفیل های a، b و کاروتنوئیدها تا شوری ۱۰۰ میلی-مولار می تواند نشان دهنده افزایش غلظت کلروپلاست به دلیل کاهش محتوای نسبی آب و کاهش حجم سلول ناشی از تنش باشد. در نتیجه غلظت رنگیزه ها در واحد حجم سلول افزایش یافت. با افزایش شدت تنش، کاهش ظرفیت فتوسنتزی احتمالاً به دلیل کاهش سطح فتوسنتز کننده و ظرفیت فتوسنتزی کلروپلاست ها به علت اختلال در غشای تیلاکوئید، تخریب مولکول های کلروفیل در اثر فعالیت آنزیم کلروپلاز و عدم ثبات کمپلکس پروتئین - رنگدانه و در نتیجه تخریب کلروپلاست ها در اثر افزایش غلظت یون های سمی سدیم، کلر و ROS^1 ناشی از آن بوده است. ژنوتیپ شیرالی اگرچه در سطح شاهد کمترین درصد منیزیم را

نسبت به دو ژنوتیپ دیگر دارا بود، اما در سطوح مختلف تنش درصد منیزیم در این ژنوتیپ به شدت افزایش یافته و در سطح ۱۵۰ میلی-مولار نسبت به ژنوتیپ RGS0003 در سطح پایین تری قرار گرفت هرچند افزایش بسیار زیاد آن نسبت به شرایط شاهد قابل تأمل است. میزان هدایت روزنه ای در ژنوتیپ شیرالی در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی-مولار در پایین ترین سطح نسبت به دو ژنوتیپ دیگر قرار داشت. احتمالاً ژنوتیپ شیرالی در این سطوح با کاهش هدایت روزنه ای و بستن روزنه ها محتوای نسبی آب را در سطح ۱۰۰ میلی-مولار در بالاترین میزان نگهداشته و در ۱۵۰ میلی-مولار از افت شدید آن جلوگیری نموده است لذا کاهش ماده خشک نیز با شیب بسیار ملایمی صورت پذیرفت. به نظر می رسد ژنوتیپ شیرالی با استفاده از مکانیزم های اجتناب از تنش همانند کاهش سطح برگ، حفظ محتوای نسبی آب و همچنین افزایش محتوای کلروفیل های a، b و کاروتنوئیدها تا سطح ۱۰۰ میلی-مولار به مقابله با خشکی ناشی از تنش شوری پرداخته است. به نظر می رسد محتوای نسبی آب یکی از مؤلفه های فیزیولوژیک کارآمد برای ارزیابی و انتخاب ژنوتیپ های کلزا تحت تنش شوری محسوب می گردد. با توجه به نتایج این آزمایش به نظر می رسد که در شرایط استفاده از آب های دارای کیفیت پایین، ژنوتیپ شیرالی از پاسخ فیزیولوژیکی مناسب تری نسبت به دو ژنوتیپ دیگر برخوردار بوده است.

References

- Ahmadi, H., and Niazi Ardekani, J. 2006. The effect of water salinity on growth and physiological stages of eight Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. *Irrigation Science* 25: 11-20.
- Arnon, A. N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
- Ashraf, M. 1994. Breeding for salinity tolerance in plants. *CRC Critical. Review Plant Science*, 13: 17-42.
- Ashraf, M. 2001. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt-tolerant amphidiploid Brassica species in relation to their diploid parents. *Environmental and Experimental Botany* 45: 55-163.
- Ashraf, M. 2004. Some important physiological selection criteria for salt tolerance in plants. *Flora Journal*, 99: 361-376.
- Ashraf, M., and Ali, Q. 2007. Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany* 63: 266-273.
- Ashraf, M. and Mc Neilly, T. 2004. Salinity tolerance in some brassica oilseeds. *Critical. Review Plant Science* 23: 154-174.
- Blumwald, E., Aharon, S. G., and Apse, M. P. 2000. Sodium Transport in Plant Cells. *Biochimica et Biophysica Acta*, 1465 (2000): 140-151.
- Chaves, M. M., Maroco, J. P., and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant response to drought: from genes to the whole plant. *Plant Biology* 30: 239-264.
- Ding, Y., Luo, W., and Xu, G. 2006. Characterization of magnesium nutrition and interaction of magnesium and potassium in rice. *Annals of Applied Biology* 149: 111-123.
- Doganlar, Z. B., Demir, K., Basak, H., and Gul, I. 2010. Effects of salt stress on pigment and total soluble protein contents of three different tomato cultivars. *African Journal of Agricultural Research* 5: 2056-2065.
- Dubey, R. S. 1997. Photosynthesis in plants under stressful conditions. In: P. M. page et al. (ed.) *Handbook of photosynthesis*. New York: Marcel Dekker, pp.859-875.

13. Francois, B. B. 2007. Effect of salinity on germination and seedling growth of canola. PhD thesis. Agricultural Sciences at the University of Stellenbosch p: 73.
14. Francois, L. E. 1994. Growth, seed yield, and oil content of canola grown under saline conditions. *Agronomy Journal* 86 (2): 233-237.
15. Hassibi, P., Nabipoor, M., and Moradi, F. 2010. Study of some cryoprotectives role to induce low temperature tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings. *Electronic Journal of Crop Production* 3 (1): 39-56. (in Persian with English abstract).
16. He, T., and Cramer, G. R. 1992. Growth and mineral nutrition of six rapid-cycling Brassica species in response to seawater salinity. *Plant Soil Science* 139: 285-294.
17. Irshad, M., Eneji, A. E., Khattak, R. A., and Khan, A. 2009. Influence of nitrogen and saline water on the growth and partitioning of mineral content in Maize. *Journal of Plant Nutrition* 32: 458-469.
18. Jamil, M., Rehman, S. H., and Rha, E. S. 2007. Salinity effect on plant growth, PSII photochemistry and chlorophyll content in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) and cabbage (*Brassica Oleracea capitata* L.). *Pakistan Journal of Botany* 39: 753-760.
19. Kattab, H. 2007. Role of glutathione and polyadenylic acid on the oxidative defense systems of two different cultivars of canola seedlings grown under saline condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 1 (3): 323-334.
20. Kishimoto, K., Ishijima, S., and Ohnishi, M. 2003. Characterization of membrane ATP-ase activities of spinach chloroplasts. *International journal of biological macromolecule* 3 (2): 61-68.
21. Le-Dily, F., Billard, J. P., Le-Saos, J., and Huault, C. 1993. Effects of NaCl and gabaculine on chlorophyll and proline levels during growth of radish cotyledons. *Plant Physiology and Biochemistry* 31: 303-310.
22. Maathuis, F. J. M., and Amtmann, A. 1999. K⁺ nutrition and Na⁺ toxicity. The basis of cellular K⁺/Na⁺ ratios. *Annual Botany* 84: 123-133.
23. Mahmood, S. S., and Athar, H. R. 2003. Intra specific variability in sesame (*sesamum indicum* L.) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. *Journal of Science Research* 14 (2): 177-186.
24. Misra, A. N., Latowski, D., and Strzalka, K. 2006. The xanthophylls cycle activity in Kidney Bean and Cabbage leaves under salinity stress. *Russian Journal of Plant Physiology* 53: 102-109.
25. Pessarakli, M. M., Morgan, P. V., and Gilbert, J. J. 2005. Dry- Matter yield, protein synthesis, starch, and fiber content of barley and wheat plants under two irrigation regimes. *Journal of Plant Nutrition* 28 (7): 1227-1241.
26. Pinheiro, C., Chaves, M. M., and Ricardo, C. P. 2001. Alterations in carbon and nitrogen metabolism induced by water deficit in the stems and leaves of (*Lupinus albus* L.). *Journal of Experiment Botany* 52: 1063-1070.
27. Qasim, M., Ashraf, M., Ashraf, M. U., Rehman, Y. S., and Rha, E. S. 2003. Salt induced changes in two canola cultivars differing in salt tolerance. *Biologia Plantarum* 46 (4): 629-632.
28. Qi-lin, D., Chen, C., Bin, F., Ting-ting, L., Xia, T., Yuan-ya, G., Ying-kun, S., Jin, W., and Shi-zhang, D. 2009. Effects of NaCl treatment on the antioxidant enzymes of oilseed rape (*Brassica napus* L.) seedlings. *African Journal of Biotechnology* 20: 5400-5405.
29. Ritchie, S. W., and Nguyen, H. T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30: 105-111.
30. Saeedipour, S., Nabipour, M., and Moradi, F. 2007. Effect of salinity stress on some physiological mechanisms aspects of different Iranian Rice cultivar. PhD thesis. Shahid Chamran University. Ahvaz, Iran. p.116. (in Persian with English abstract).
31. Shamsoddin saied, M., and Farahbakhsh, H. 2009. Salt stress effect on yield and some agronomic and physiologic traits of two corn hybrid at Kerman region. *The plant production* 32 (1). 13-24. (in Persian).
32. Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. *Planta Journal* 47-51. (in Germani).
33. Singh, A., and Dubey, K. 1995. Changes in chlorophyll a and b contents and activities of photosystems I and II in rice seedlings induced by NaCl. *Photosynthetica* 31: 489-499.
34. Tahmasbi, F. 2010. Physiological investigation of saline water irrigation from NaCl and CaCl₂ sources on three genotypes of canola (*Brassica napus* L.) in Ahvaz climate condition. M.Se thesis. Shahid Chamran University. Ahvaz, Iran. p.114 (in Persian with English abstract).
35. Tahmasbi, F., Hassibi, P., and Meskarbashee, M. 2013. The evaluation of some physiological and biochemical variations of salt water irrigation tolerance in three canola genotypes. *The Plant Production* 36 (2): 75-86. (in Persian).
36. Valdez-Aguilar, L., Grieve, A. C. M., Poss, J., and Layfie, D. A. 2009. Salinity and alkaline pH in irrigation water affect marigold plants: II. Mineral Ion Relations. *Hortscience* 44 (6): 1726-1735.
37. Zhao, G. Q., Ma, B. L., and Ren, C. Z. 2007. Growth, gas exchange, chlorophyll fluorescence and ion content of naked oat in response to salinity. *Crop Science* 47: 123-131.
38. Zhu, J. K. 2002. Salt and drought stress signal transduction in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 53: 247-273.



Effect of Different Salinity levels on some Photosynthetic Characters of Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars

F. Tahmasbi¹- P. Hassibi²- M. Meskarbashi³

Received: 22-05-2014

Accepted: 17-05-2015

Introduction

Salinity is one of the most important factors limiting crop production in arid and semiarid regions of the world that affects crop yield. Salt tolerance of Brassica species are very complex due to genetic relationships. Because of low erucic acid (less than 2% of total fatty acids) and glucosinolates contents (less than 3 $\mu\text{mol g}^{-1}$), oil of Canola has many consumers around the world. Because Canola have tolerance potential against toxicity of salinity and its minerals, its growth can be successful in saline condition. According to the recent ongoing drought and the need to use low quality irrigation water for crops such as Canola, aim of this experiment was to evaluate the effect of salinity on changes in carbon fixation process and photosynthetic pigments of three Canola genotypes under salinity as well as determine most salt tolerant genotype for use in saline regions.

Material and Methods

An experiment was conducted in the greenhouse of Shahid Chamran University during 2007-2008 growing season in factorial test based on a completely randomized design with four replications. The first factor (genotype) included Hayola 401, RGS0003 and Shiraly and the second factor (salinity levels) had four levels of salinity (50, 100 and 150 mM NaCl) as well as distilled water as a control. Sources of salinity were NaCl and CaCl_2 with equal ratio as most resembles to lower water quality resources in the region. Date and time of stress were considered four weeks after planting (four-leaf stage). A Stepped irrigation method using saline water was done every 12 days over three steps period. To perform this study 10 liters volume pots were used. Three pots per each treatment, and totally 144 pots were used. SAS (version 9.1), Excel and MSTAT-C software's was used for statistical analysis. The comparison of means was done by Duncan method.

Results and Discussion

The results showed that content of chlorophyll a, b and carotenoids in all three genotypes increased to 100 mM, while decreased at 150 mM. Health and invulnerability of main photosynthetic pigments at 100 mM NaCl, can be considered as an important reason for salt tolerance in the evaluated canola cultivars. Reducing the absorption of water due to stress caused by salinity reduced nutrient uptake. Toxicity of chlorine and sodium also leads to inhibition of plant growth and dry matter. Magnesium concentration raised with increasing salinity compared to control. It seems that the magnesium concentration in stomatal guard cells decreased osmotic potential and play a role in the biosynthesis of organic compounds such as glutamic acid. So, despite ABA-induced stomatal closure, the stomatal openings, even in small amounts remain photosynthesis activities. Probably, magnesium has a key role in the continuing photosynthesis of Canola under salinity. The leaf starch in the genotype Shiraly significantly increased to 150 mM salinity level. Reduction of starch in high levels of salt stress interferes with enzymes efficiency involved in the starch biosynthesis, such as starch synthase and ADP-glucose pyrophosphorylase. The trend of variation in stomatal conductance was similar to 50 mM in the early flowering, but a sharp decrease was observed at late flowering compare to control. When stress started on the four-leaf stage, the plant for some time kept stomatal conductance at maximum level, but continuation stress period led to close stomata. Thus, reducing the amount of leaf relative water content can be considered as the reason of different stomatal conductance among the different levels of salt stress. A significant positive correlation between relative water content and stomatal conductance confirms this results. On the other hand to avoid stress and better use of the limited amount of available water, the plants closed stomata to prevent more water loss.

1- Former M.Sc. Student, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Associate professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

(* - Corresponding Author Email: faranaktahmasbi@yahoo.com)

Conclusions

It seems that genotype Shiraly using some mechanisms to avoid stress, such as maintaining relative water content, as well as increase the content of chlorophyll a and b up to 100 mM. Moreover, the concentration of magnesium up to 150 mM, has endured salinity.

Keywords: Chlorophyll a and b, Magnesium, Salinity, Starch, Stomatal conductance



تأثیر زئولیت و محلول پاشی سلنیوم و سیلیسیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک کلزا تحت شرایط تنش شوری

احمد بای بوردی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱

چکیده

کلزا به دلیل داشتن صفات و ویژگی‌هایی نظیر ترکیب مناسب اسیدهای چرب، توانایی جوانه‌زنی و رشد در دماهای پایین و سازگاری نسبتاً خوب این گیاه با شرایط آب و هوایی مختل، امکان کشت در مناطق وسیعی از کشور را دارد. این گیاه پر نیاز و کودپذیر بوده و در طول دوره رشد خود مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی را از خاک برداشت می‌کند. به منظور بررسی تأثیر مصرف خاکی زئولیت و محلول پاشی سلنیوم و سیلیسیوم بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی صفات فیزیولوژیک کلزا تحت شرایط تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ و ۹۲-۱۳۹۱ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی انجام شد. زئولیت در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به صورت خاک مصرف و سلنیوم و سیلیسیوم هر کدام در سه سطح (صفر، دو و چهار گرم در لیتر) به صورت محلول پاشی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو سال آزمایش نشان داد که اثر سال بر تمام صفات مورد بررسی به جز تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، لینولیک اسید، محتوی کلروفیل و فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود همچنین نتایج نشان داد که اثر اصلی زئولیت، سلنیوم و سیلیسیوم بر تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار می‌باشد. هرچند محتوی نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم پراکسیداز تحت تأثیر تیمار سیلیسیوم غیر معنی‌دار بود. مقایسه میانگین نشان داد که اثرات متقابل سه جانبه تیمارها بر وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، محتوی کلروفیل، فتوسنتز، محتوی نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان معنی‌دار می‌باشد. صفاتی نظیر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت، درصد روغن، درصد لینولیک اسید، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و محتوی سدیم برگ در سال دوم نسبت به سال اول افزایش معنی‌داری نشان داد. زئولیت سبب افزایش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین گردید. همچنین شاخص برداشت به طور معنی‌داری با افزایش مصرف زئولیت افزایش نشان داد. نتایج نشان داد که سلنیوم سبب افزایش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت شده است. محلول پاشی سیلیسیوم نیز به طور معنی‌داری سبب افزایش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت شد. در نهایت بیشترین عملکرد دانه (۳۰۹/۹۲ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد زیست توده (۱۰۸۷۷۸ کیلوگرم در هکتار) از تیمار ۱۰ درصد وزنی زئولیت به همراه محلول پاشی ۴ گرم در لیتر سلنیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تحمل، کلزا، عناصر اصلاح کننده

مقدمه

موجب ایجاد مسمومیت در گیاه شود (۴۸). تنش شوری دارای سه اثر که از جذب برخی عناصر به دلیل آنتاگونیست بودن جلوگیری می‌نماید مانند یون سدیم که از جذب یون پتاسیم جلوگیری می‌کند اثر مضر در گیاه می‌باشد اولاً تنش شوری با ایجاد سمیت در گیاه سبب کاهش رشد شده و از سوی دیگر با ایجاد پتانسیل اسمزی از جذب آب و مواد غذایی جلوگیری به عمل می‌آورد (۱۴). کاهش رشد گیاه در نتیجه تنش شوری در گونه‌های مختلف گیاهی گزارش شده است (۳ و ۵). سطح برگ به طور چشمگیری در اثر تنش شوری کاهش می‌یابد (۲). ریچاردسون و مک کری (۴۵) گزارش کردند که تحمل بالا در گیاهان متأثر از تنش شوری می‌تواند سبب توسعه بیشتر

تنش شوری عامل محدودکننده مهمی در تولید محصولات کشاورزی است (۲۳). اراضی کشاورزی شور نیاز به یک مدیریت ویژه برای اصلاح و همچنین تعیین ژنوتیپ متحمل مناسب جهت رشد مناسب و تولید محصول اقتصادی دارند. تنش شوری بر تعادل جذب عناصر غذایی نیز در بافت‌های گیاهی اثر می‌گذارد (۴۴). افزایش تنش شوری سبب افزایش محتوی سدیم و کلر در گیاه شده و

۱- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی
(Email: ahmad.bybordi@gmail.com) * - نویسنده مسئول

گیاهانی که با سلیسیوم تغذیه شده‌اند تجمع نشاسته در کلروپلاست‌های آنها افزایش یافته است (۴۱). نقش تنظیم‌کنندگی سلیسیوم در وضعیت آبی گیاه تحت شرایط تنش خشکی نیز بررسی شده است و اثرات حفاظتی آن به اثبات رسیده است (۲۹). سلیسیوم باعث جلوگیری از تخریب کلروفیل در شرایط تنش‌های محیطی (۴۶) و سبب افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تنش دیده می‌شود (۱۵). از دیگر اثرهای سودمند سلیسیوم می‌توان به افزایش رشد، متابولیسم کربوهیدرات‌ها اشاره کرد (۵۵).

سیلیسیوم، دومین عنصر فراوان پوسته زمین بوده و بیشتر در ساختار گیاه نقش دارد اما نقش بیولوژیک آن در گیاهان به خوبی شناخته نشده است (۳۱). اگرچه سیلیسیوم به‌عنوان عنصر ضروری در گیاهان محسوب نمی‌شود اما گزارشات زیادی مبنی بر نقش آن در مقابل تنش‌های زیستی و غیر زیستی در گیاهان علفی ارائه شده است (۲۶). همچنین ثابت شده است که سیلیسیوم نقش مفیدی در رشد تعداد زیادی از گیاهان رشد کرده تحت تنش‌های محیطی را دارا می‌باشد (۳۲). برخی مکانیسم‌هایی که در آن سیلیسیوم سبب افزایش مقاومت به شوری می‌شود شامل کاهش تحرک سدیم در گیاه (۳۲) کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم می‌باشد (۳۳) همچنین افزایش نسبت پتاسیم به سدیم منجر افزایش مقاومت به شوری می‌شوند (۲۳). گزارش شده است که سیلیسیوم دارای اهمیت حیاتی در بهبود رشد گیاه تحت تنش شوری می‌باشد (۵۰).

در این تحقیق به بررسی اثر زئولیت، سلیسیوم و سیلیسیوم به‌عنوان مواد ضد تنش روی کلزا در شرایط تنش شوری پرداخته شده است. زئولیت به‌عنوان یک ماده بهبوددهنده خاک و تعدیل‌کننده تنش خشکی ناشی از وجود نمک در خاک و سلیسیوم و سیلیسیوم به‌عنوان عناصر مؤثر در افزایش مقاومت گیاه به تنش شوری به‌صورت محلول پاشی استفاده شدند. کاهش اثر تنش شوری و نحوه تأثیر این دو ماده بر رشد و افزایش عملکرد کلزا از اهداف این پژوهش به شمار می‌رود.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر مصرف خاکی زئولیت و محلول پاشی سلیسیوم و سیلیسیوم بر صفات زراعی و برخی صفات فیزیولوژیک کلزا تحت تنش شوری آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی طی دو سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ و ۱۳۹۱-۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی انجام شد. داده‌های هواشناسی در جدول ۱ ارائه شده‌اند. زئولیت به‌عنوان عامل اول در سه سطح (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به‌صورت خاک مصرف و سلیسیوم و سیلیسیوم به‌عنوان عامل‌های دوم و سوم هرکدام در سه سطح (صفر، دو و چهار گرم در لیتر) به‌صورت محلول پاشی مورد

برگ و جذب بیشتر کربن تحت شرایط تنش شوری شود. همچنین تنش شوری می‌تواند سبب تغییر در میزان و ترکیب اسیدهای چرب گردد. در حقیقت کلزا (*Brassica napus*) یک منبع غنی اولئیک، لینولئیک و لینولنیک اسید می‌باشد. اگرچه این مقدار از رقمی به رقم دیگر و همچنین شرایط اقلیمی متفاوت می‌باشد.

تحقیقات بسیاری در مورد استفاده از مواد افزودنی به خاک به منظور افزایش اثرگذاری این مواد بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی انجام شده است که از آن جمله می‌توان به کانی‌های طبیعی زئولیت اشاره کرد. زئولیت در اراضی کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد برای جذب و نگهداری آمونیوم، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش شستشوی عناصر غذایی خاک و حفظ رطوبت موجود در خاک داشته باشند. زئولیت‌ها مواد متخلخلی هستند که با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به دلیل داشتن کانال‌های باز در شبکه خود، اجازه عبور برخی از یون‌ها را داده و مسیر عبور بعضی از یون‌های دیگر را مسدود می‌کنند (۶ و ۳۸). جذب انتخابی و آزادسازی کنترل شده عناصر غذایی توسط زئولیت باعث می‌شود هنگامی که این مواد به‌عنوان اصلاح‌کننده به خاک اضافه می‌شوند، از طریق افزایش فراهمی طولانی مدت عناصر غذایی و رطوبت به بهبود رشد گیاه کمک کنند (۴۳). با توجه به ویژگی‌های منحصر به فرد زئولیت‌ها از قبیل ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، جذب انتخابی کاتیون‌های مفید مانند آمونیوم و آزادسازی کنترل شده آنها (۳۸) ثبات چارچوب ساختمانی در دراز مدت، وفور قابل توجه زئولیت‌های طبیعی در کشور، استخراج آسان و سرانجام قیمت اقتصادی مناسب، به‌کارگیری این ماده جهت تحقیقات مربوط به تغذیه گیاهی، تنش‌های محیطی و بهینه‌سازی مصرف کود می‌تواند حائز اهمیت باشد و سبب بهبود رشد گیاهان زراعی شود (۴۰). عناصر غذایی مختلفی جهت رشد و نمو گیاهان شناخته شده‌اند که در فرایندهای متابولیک و فیزیولوژیک گیاه نقش‌های مختلفی دارند. از بین عناصر موجود، سلیسیوم به‌عنوان یک عنصر غیر ضروری برای گیاهان اما ضروری برای جانوران و انسان شناخته شده است اگرچه نقش آن در گیاهان هنوز به درستی شناخته نشده است اما نتایج تحقیقات نشان داده است که این عنصر در فیزیولوژی و متابولیسم گیاهان نقش دارد (۱۱ و ۵۱). در بیشتر گیاهان زراعی از جمله غلات و گیاهان علوفه‌ای قدرت جذب سلیسیوم حتی در خاک‌های غنی از سلیسیوم ضعیف می‌باشد (۳۹). سلیسیوم از نظر خواص شیمیایی مشابه گوگرد می‌باشد این تشابه ممکن است در فرایندهای جایگزینی سلول تأثیر بگذارد و سلیسیوم جایگزین گوگرد در پروتئین‌ها و دیگر ترکیبات گوگردی شود (۳۹). همچنین مدارکی دال بر اثرات مثبت سلیسیوم در گیاهان مشاهده شده است (۱۸ و ۲۲). سلیسیوم باعث افزایش مقاومت گیاهان به تشعشع پرتو فرابنفش، کاهش تنش‌های اکسیداتیو و به تأخیر انداختن پیری می‌شود (۵۵). همچنین گزارش شده است که

درصد محتوی آب نسبی

در انتهای مرحله رشد صفات زراعی شامل تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده و شاخص برداشت اندازه گیری شدند. درصد روغن با استفاده از دستگاه N.M.R محاسبه شد همچنین درصد اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک بذور با استفاده از روش کروماتوگرافی گازی تعیین گردید (۳۷).

میزان کلروفیل به روش آرنون (۴) مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین غلظت مالون دی آلدئید با اندازه گیری جذب در طول موج های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی (μM) $\epsilon = 155 \text{ cm}^{-1}$ محاسبه شد (۱۲). به منظور تهیه عصاره آنزیمی، بافت برگ با استفاده از ۴ میلی لیتر بافر پتاسیم فسفات عصاره گیری شد. سپس عصاره به دست آمده در دور ۱۵۰۰۰ هزار دور به مدت ۳۰ دقیقه سانتریفیوژ گردید. محلول شفاف رویی جهت بررسی فعالیت آنزیمی مورد استفاده قرار گرفت. فعالیت آنزیم کاتالاز با استفاده از روش چاخ ماخ و هورست (۸) اندازه گیری شد. مخلوط واکنش شامل ۱۰۰ میکرو لیتر عصاره آنزیمی، ۵۰۰ میکرو لیتر آب اکسیژنه ۱۰ میلی مولار و ۱۴۰۰ میکرو لیتر بافر ۲۵ میلی مولار بود. کاهش در جذب در طول موج ۲۴۰ نانومتر به مدت ۱ دقیقه ثبت گردید.

بررسی قرار گرفتند. بدین منظور قطعه زمینی با شوری ۴ دسی زیمنس بر متر (نتایج تجزیه خاک در جدول ۲ نشان داده شده است) در نظر گرفته شد و پس از کرت بندی ۵ و ۱۰ تن در هکتار ژئولیت با خاک مخلوط گردید. سپس بذورهای کلزا رقم اوکاپی در کرت ها کشت شدند. آبیاری با آب چاه محلی که نتیجه تجزیه آن در جدول ۳ نشان داد شده است طی دوره رشد براساس ۶۰ درصد ظرفیت زراعی صورت گرفت. جهت اعمال تیمار محلول پاشی سیلیسیوم و سیلیسیوم به ترتیب از سلتات پتاسیم (K_2SeO_4) و سیلیکات پتاسیم (K_2SiO_3) استفاده شد. غلظت های مورد مطالعه در مرحله روزت و ساقه رفتن با استفاده از سمپاش دستی محلول پاشی شدند به طوری که تمام گیاهان مرطوب شدند. در مرحله گلدهی میزان فتوسنتز با استفاده از دستگاه Meteodata-256, Geonica, Madrid, Spain اندازه گیری شد و سپس نمونه های برگ به طور تصادفی به منظور سنجش غلظت کلروفیل، محتوی نسبی آب برگ، فعالیت آنزیم های کاتالاز، پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز، محتوی مالون دی آلدئید، و غلظت سدیم و پتاسیم برگ از برگ های کاملاً توسعه یافته و سالم نمونه برداری و در نیتروژن مایع منجمد شدند. همزمان محتوی نسبی آب برگ براساس معادله زیر محاسبه شد.

$$100 \times \text{وزن اشباع} - \text{وزن خشک} / \text{وزن خشک} - \text{وزن تر} =$$

جدول ۱- برخی پارامترهای هواشناسی دو سال آزمایش

Table 1- Some meteorological parameters during both years of the experiment

سال اول First year	دمای حد اکثر Maximum temperature	دمای حداقل Minimum temperature	میانگین سالیانه رطوبت نسبی (%) The mean annual relative humidity (%)	مجموع ساعات آفتابی Total sunny hours	مجموع بارندگی سالیانه (mm) Total annual rainfall (mm)
	4.8	9.5	20	142.2	298.8
سال دوم Second year	دمای حد اکثر Maximum temperature	دمای حداقل Minimum temperature	میانگین سالیانه رطوبت نسبی (%) The mean annual relative humidity (%)	مجموع ساعات آفتابی Tortal sunny hours	مجموع بارندگی سالیانه (mm) Total annual rainfall (mm)
	8.9	5.0	22	162.6	345.6

جدول ۲- نتیجه تجزیه شیمیایی آب آبیاری محل آزمایش

Table 2- Irrigation water chemical analysis

ppm						pH	EC (dS m ⁻¹)
Ca + Mg	Na ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ⁻		
25	41	60	2.5	3.6	0	8.1	4

جدول ۳- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده

Table 3- Soil chemical and physical analysis

Se (mg kg ⁻¹)	Si (mg kg ⁻¹)	Mn (mg kg ⁻¹)	Fe (mg kg ⁻¹)	Cu (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	K (mg kg ⁻¹)	P (mg kg ⁻¹)	N (%)	P.C (%)	T.N.V (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)
0.1	8	5.32	10.40	2.90	9.4	541	21.30	0.02	0.30	5.50	7.10	1.31

برای سنجش فعالیت سوپراکسید دیسموتاز به روش بردفورد در طول موج ۵۶۰ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت شد (۱۹).

از نرم افزار SAS برای تجزیه مرکب داده‌ها استفاده شد. آزمون بارتلت برای تست یکنواختی واریانس‌ها انجام شد و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ($P < 0.05$) استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس مرکب داده‌های دو سال آزمایش نشان داد که اثر سال بر تمام صفات مورد بررسی به جز تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، لینولیک اسید، محتوی کلروفیل و فعالیت آنزیم پراکسیداز معنی‌دار بود (جدول ۴). همچنین مشاهده شد که اثر اصلی زئولیت، سلنیوم و سیلیسیوم بر تمام صفات، معنی‌دار بود به جز اینکه محلول پاشی گیاهان با سیلیسیوم بر محتوی نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم پراکسیداز غیرمعنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که اثرات متقابل سه‌گانه بین زئولیت، سلنیوم و سیلیسیوم بر وزن وزن تک دانه عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، کلروفیل، فتوسنتز، محتوی نسبی آب برگ، و فعالیت آنزیم کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار بود (جدول ۴).

صفاتی نظیر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، شاخص برداشت، درصد روغن، درصد لینولیک اسید، فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز و محتوی سدیم برگ در سال دوم نسبت به سال اول افزایش معنی‌داری نشان داد (جدول ۵).

با توجه به جدول ۶، مشاهده می‌شود که مصرف زئولیت سبب افزایش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین گردیده است. افزایش تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین در اثر مصرف زئولیت احتمالاً ناشی از بهبود پویایی عناصر و افزایش دسترسی به آب می‌باشد. علاوه بر این افزایش رشد و تولید بیشتر خورجین و دانه می‌تواند به دلیل وجود عناصر موجود در زئولیت نیز باشد. گزارش شده است که در پی استفاده از زئولیت در خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، ظرفیت نگهداری آب در خاک و جذب و انتقال عناصر در گیاه افزایش می‌یابد (۴۳). مراحل نمو زایشی، مانند گل‌دهی، گرده‌افشانی و پر شدن دانه‌ها حساس‌ترین مراحل به تنش خشکی و شوری می‌باشند لذا هرگونه کاهش در تأمین آب چه در تنش خشکی و در تنش شوری سبب کاهش جذب عناصر شده و منجر به کاهش تولید فرآورده‌های فتوسنتزی و انتقال آنها به دانه‌ها می‌شود. اثر مثبت زئولیت بر تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین می‌تواند به افزایش فراهمی نیتروژن و جلوگیری از آبشویی آن نیز نسبت داده شود. مشابه این نتایج در

مطالعات سینگ و بهارگاو (۴۹) گزارش شده است. شاخص برداشت به‌طور معنی‌داری با افزایش مصرف زئولیت افزایش یافت (جدول ۶). افزایش در شاخص برداشت بیانگر این حقیقت است که زئولیت توانسته است همراه با افزایش رشد رویشی به‌عنوان عملکرد زیست توده، سبب افزایش عملکرد دانه یا عملکرد اقتصادی نیز شد. این افزایش در شاخص برداشت ناشی از افزایش تولید دانه می‌باشد که خود به دلیل افزایش رشد رویشی و فتوسنتز بیشتر توسط گیاه می‌باشد.

درصد روغن دانه با افزایش مصرف زئولیت افزایش یافت (جدول ۶). علت کمتر بودن درصد روغن در تیمار شاهد (بدون مصرف زئولیت) کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد به دانه می‌باشد که باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه شده و سبب کاهش روغن دانه می‌گردد. مندهام و همکاران (۳۶) ثابت نمودند در شرایطی که رسیدگی محصول در شرایط تنش انجام می‌شود، درصد روغن کاهش می‌یابد. به نظر می‌رسد که زئولیت با دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا سبب نگهداری بیشتر آب و مواد غذایی در خاک شده و از این طریق سبب بهبود رشد و افزایش درصد روغن گردیده است. نتایج مشابهی توسط شهسواری و همکاران (۴۷) به‌دست آمده است آنها گزارش نمودند که افزایش دسترسی به آب سبب افزایش کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای سنتز روغن می‌شود. زاهدی و همکاران (۵۶) نشان دادند که زئولیت سبب افزایش درصد روغن می‌شود. قابل ذکر است که درصد اسیدهای چرب اولئیک، لینولیک و لینولیک با افزایش مصرف زئولیت در خاک افزایش یافت (جدول ۶). گزارش شده است که تنش طی دوره گل‌دهی بر ترکیب اسیدهای چرب و میزان روغن اثر می‌گذارد (۷). در نتیجه این افزایش در درصد روغن و اسیدهای چرب را می‌توان به اثرات بهبود دهنده زئولیت در خاک نسبت داد.

استفاده از زئولیت سبب کاهش خطی محتوی مالون‌دی‌آلدهید به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدی غشاء شد (جدول ۶). به نظر می‌رسد که زئولیت از طریق نگهداری بیشتر آب در خاک سبب خنثی شدن اثر مضر تنش شوری و تنش خشکی القاء شده به‌وسیله آن شده است. تنش شوری سبب کاهش یا متوقف شدن رشد از طریق تأثیر بر فرآیندهای فیزیولوژیک حیاتی مانند فتوسنتز و یا تأثیر بر جذب و انتقال آب و مواد غذایی توسط گیاه می‌شود (۴۲). چنین به نظر می‌رسد که زئولیت با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک توانسته است تا حدودی از اثر تنش شوری، از طریق تسهیل جذب آب و مواد غذایی، بکاهد و حتی نیاز گیاه را به آبیاری کاهش دهد و بدین ترتیب گیاه در دوره‌ای طولانی‌تر توانسته به جذب آب و مواد غذایی بپردازد و از تنش در امان بماند.

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف کلزا تحت تأثیر سال، زئولیت، سلنیوم و سیلیکون
Table 4- Analysis of variance (mean square) on some canola traits as affected by year, zeolite, selenium and silicon

Linolenic acid (%) اسید لینو لیک	Linoleic acid (%) اسید لینو لیک	Oleic acid (%) اسید اولیک	Fat (%) روغن	Harvest Index (شاخص برداشت)	Biomass (عملکرد زیست توده)	Yield (عملکرد)	1000 seeds weight (وزن هزار دانه)	Seed per pods (تعداد دانه در غلاف)	Pods (تعداد غلاف)	d.f	منابع تغییر
163.92**	0.00ns	446.67**	21.57**	850.82**	17544278808**	2830349.19**	8.05**	1.70ns	19.49ns	1	سال (year)
25.56**	16.00**	21.15**	33.71**	567.89**	4439535579**	1249429.26**	0.79**	8.31**	131.16**	2	تکرار (replication)
7.21**	0.92*	43.89**	1.91**	1579.58**	10676225861**	167329.71**	0.84**	14.08**	8.53ns	2	سال × سال × تکرار (year × year × replication)
9.46**	9.86**	21.74**	11.99**	343.72**	5375688213**	373510.41**	1.56**	63.19**	150.93**	2	سال × سلنیوم (selenium × year)
0.40ns	0.42ns	0.73ns	0.87ns	26.14*	286424640*	20662.15ns	0.07*	7.73**	3.74ns	2	سال × سلنیوم × سال (selenium × year × year)
0.37ns	0.41ns	0.23ns	0.22ns	10.85ns	94031957 ns	7046.24ns	0.04*	2.64**	3.05ns	8	سال × سلنیوم × سال × سلنیوم (selenium × year × year × selenium)
96.94**	99.71**	208.06**	135.71**	1931.57**	35102362723**	3436478.04**	5.95**	235.41**	525.03**	2	زئولیت × سال (zeolite × year)
10.32**	6.34**	5.29**	10.21**	4.96ns	238807545*	259233.74**	0.00ns	3.64**	25.22*	2	زئولیت × سال × تکرار (zeolite × year × replication)
1.11*	0.92*	1.78**	2.02**	116.49**	1510104790**	64359.45**	0.65**	17.98**	46.29**	2	زئولیت × سلنیوم (zeolite × selenium)
0.05ns	0.01ns	0.06ns	0.12ns	10.89ns	88711896 ns	3083.41ns	0.01ns	1.94ns	3.28ns	2	زئولیت × سلنیوم × سال (zeolite × selenium × year)
0.48ns	0.36ns	0.55ns	0.08ns	8.72ns	106168344**	1520.32**	0.05**	1.07ns	1.86ns	4	زئولیت × سلنیوم × سال × سلنیوم (zeolite × selenium × year × selenium)
0.60*	0.40ns	0.07ns	0.07ns	14.39ns	119209379 ns	2104.32ns	0.01ns	0.52ns	2.42ns	4	سال × زئولیت × سلنیوم × سال (year × zeolite × selenium × year)
0.08ns	0.06ns	0.00ns	0.01ns	2.39ns	13742297**	1062.56ns	0.04**	0.07ns	0.43ns	4	سال × زئولیت × سلنیوم × سال × سلنیوم (year × zeolite × selenium × year × selenium)
0.22ns	0.11ns	0.05ns	0.02ns	2.78 ns	36263540ns	3389.37ns	0.00**	0.16ns	0.51ns	4	سال × سلنیوم × سلنیوم × سال (selenium × selenium × year × year)
0.26ns	0.13ns	0.13ns	0.04ns	6.22 ns	58841130**	1418.60ns	0.01**	0.26ns	0.26ns	4	زئولیت × سلنیوم × سال × سلنیوم (zeolite × selenium × year × selenium)
0.45ns	0.15ns	0.01ns	0.01ns	6.60 ns	48276463 ns	400.21ns	0.00ns	0.59ns	2.57ns	4	سال × زئولیت × سلنیوم × سال × سلنیوم × سال (year × zeolite × selenium × year × selenium × year)
0.24ns	0.07ns	0.06ns	0.03ns	4.98 ns	38602267**	1107.03**	0.00**	0.06ns	1.95ns	8	زئولیت × سلنیوم × سلنیوم × سال × سلنیوم × سال × سلنیوم (zeolite × selenium × selenium × year × selenium × year × selenium)
0.30ns	0.08ns	0.05ns	0.01ns	8.18 ns	62137658ns	1753.66ns	0.00ns	0.17ns	2.49ns	8	سال × زئولیت × سلنیوم × سلنیوم × سال × سلنیوم × سال × سلنیوم × سال (year × zeolite × selenium × selenium × year × selenium × year × selenium × year)
0.23	0.22	0.30	0.36	8.06	59871800.25	10145.91	0.01	0.68	6.31	96	خطا (error)
3.53	1.95	0.98	1.61	8.40	7.86	3.50	3.28	4.56			ضرب تغییرات (%) (Coefficient of variation)

ns و ** معنی دار در سطح ۵ درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار
*، ** and ns: significant at 0.05, 0.01 and Non significant, respectively

ادامه جدول ۴ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مختلف کلزا تحت تأثیر سال، زئولیت، سلنیوم و سیلیسیوم
Table 4- (to be continued) Analysis of variance (mean square) on some canola traits as affected by year, zeolite, selenium and silicon

Na	K	پتاسیم برگ	MDA	مالون دی آلدید	SOD	سوپراکسیدسموتاز	گپکس	پراکسیداز	CAT	کاتالاز	محتوی نسبی آب	R.W.C(%)	Photosynthesis	کلروفیل	D.f	منابع تغییر
22.71**	0.69**	0.00ns	0.00 *	0.00ns	7095.58**	0.02 ns	42.71**	4.46**	5.10**	1789.34**	0.00 ns	0.00 ns	1	0.00 ns	1	سال (year)
0.68**	0.93**	0.04**	0.04**	1004.18**	55.57**	4.46**	72.49**	2.20**	0.28**	0.28**	0.28**	0.28**	2	0.28**	2	تکرار (replication)
0.74**	0.32**	0.41**	0.41**	10630.02**	11.89**	41.92**	751.12**	5.31**	0.26**	0.26**	0.26**	0.26**	2	0.26**	2	سال × سال (year × replication)
1.67**	1.18**	0.09**	0.09**	12623.47**	28.85**	2.88**	1055.92**	15.04**	1.56**	1.56**	1.56**	1.56**	2	1.56**	2	سلنیوم (selenium)
0.00ns	0.04ns	0.00ns	0.00ns	41.71ns	1.26**	0.15ns	107.77**	0.03 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	2	0.00 ns	2	سال × سال (year × selenium)
0.01ns	0.03ns	0.00ns	0.00ns	25.38ns	0.10ns	0.14ns	24.20**	0.05 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	8	0.00 ns	8	سال × سال × سال (year × year × selenium)
8.10**	3.76**	0.92**	0.92**	46233.44**	170.39**	51.26**	2353.31**	61.80**	5.42**	5.42**	5.42**	5.42**	2	5.42**	2	زئولیت (zeolite)
0.93**	0.61**	0.00*	0.00*	160.24*	12.00**	9.02**	35.75**	0.32 *	0.01 ns	0.01 ns	0.01 ns	0.01 ns	2	0.01 ns	2	سال × زئولیت (year × zeolite)
0.36**	0.65**	0.00**	0.00**	921.80**	0.60ns	25.92**	15.47ns	1.68**	0.29**	0.29**	0.29**	0.29**	2	0.29**	2	سیلیکون (silicon)
0.02ns	0.07ns	0.00ns	0.00ns	44.88ns	0.75*	0.45ns	130.79**	0.01 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	2	0.00 ns	2	سال × سیلیکون (year × silicon)
0.02ns	0.01ns	0.00ns	0.00ns	3023.71**	2.27**	18.21**	157.03**	3.53**	0.43**	0.43**	0.43**	0.43**	4	0.43**	4	زئولیت × سیلیکون (zeolite × silicon)
0.04ns	0.02ns	0.00ns	0.00ns	179.07**	0.27 ns	1.21**	16.74ns	0.04 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	4	0.00 ns	4	سال × زئولیت × سیلیکون (year × zeolite × selenium)
0.00ns	0.00ns	0.00ns	0.00ns	2235.50**	3.14**	16.37**	134.31**	3.70 **	0.48**	0.48**	0.48**	0.48**	4	0.48**	4	سال × سیلیکون × سیلیکون (year × selenium × selenium)
0.00ns	0.00ns	0.00ns	0.00ns	5.37ns	0.30ns	0.13ns	21.66*	0.02 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	4	0.00 ns	4	سال × سیلیکون × سیلیکون (year × selenium × selenium)
0.01ns	0.01ns	0.00ns	0.00ns	2241.35**	4.22**	16.36**	226.34**	3.43**	0.52**	0.52**	0.52**	0.52**	4	0.52**	4	زئولیت × سیلیکون (zeolite × silicon)
0.01ns	0.03ns	0.00ns	0.00ns	27.42ns	0.35 ns	0.32ns	2.18ns	0.01 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	4	0.00 ns	4	سال × زئولیت × سیلیکون (year × zeolite × selenium)
0.01ns	0.01ns	0.00ns	0.00ns	2319.32**	3.24 **	17.71**	218.71*	3.76**	0.50**	0.50**	0.50**	0.50**	8	0.50**	8	زئولیت × سیلیکون × سیلیکون (zeolite × selenium × selenium)
0.00ns	0.00ns	0.00ns	0.00ns	16.76ns	0.23 ns	0.18ns	3.13ns	0.02 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	0.00 ns	8	0.00 ns	8	سال × زئولیت × سیلیکون × سیلیکون (year × zeolite × selenium × selenium)
0.02	0.03	0.001	0.001	47.77	0.22	0.20	7.34	0.08	0.004	0.004	0.004	0.004	96	0.004	96	خطا (error)
12.90	6.23	4.45	2.82	1.49	4.76	4.97	4.92	4.54	ضرب تغییرات (%)							
										Coefficient of variation (%)						

ns و ** معنی دار در سطح ۵ درصد، ۱ درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار
*, ** and ns: significant at 0.05, 0.01 and Non significant, respectively

براساس نتایج به دست آمده میزان پتاسیم برگ در اثر کاربرد زئولیت افزایش یافت در حالی که سدیم برگ به طور معنی داری کاهش یافت (جدول ۶). زئولیت سبب فراهمی کلسیم در خاک و به تبع آن در گیاه می شود که این فراهمی سبب کاهش نسبت سدیم به کلسیم می گردد. فراهمی کلسیم به وسیله زئولیت در محیط ریشه از جذب و تجمع سدیم جلوگیری به عمل می آورد و سبب کاهش اثر سمی تنش شوری می گردد. همچنین گزارش شده است که فراوانی سدیم در خاک باعث لطمه به جذب پتاسیم توسط گیاه می شود و معمولاً این دو عنصر با یکدیگر رقابت داشته و دارای همبستگی منفی می باشند (جدول ۸) (۳۴ و ۵۲).

نتایج نشان داد که سلیوم سبب افزایش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت شده است (جدول ۷). همچنین سلیوم سبب به تأخیر انداختن پیری (۵۵) در گل ها می شود که خود عاملی برای افزایش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین می باشد.

محلول پاشی سلیوم به طور معنی داری سبب افزایش درصد روغن و درصد اسیدهای چرب اولئیک، لینولیک و لینولنیک شد (جدول ۵). علت کاهش درصد روغن در شرایط تنش شوری، کاهش فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد به دانه می باشد که باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه شده و سبب کاهش روغن گیاه می شود. اما در تیمارهایی که سلیوم دریافت کرده بودند به دلیل اثر مثبت سلیوم در کاهش اثرات مضر تنش شوری از جمله دارا بودن خاصیت آنتی اکسیدانی (۵۵)، گیاهان از رشد و تولید بهتری برخوردار بودند.

تولید مالون دی آلدهید به شدت در اثر کاربرد سلیوم کاهش یافت (جدول ۷). اسیدهای چرب و لیپیدها حساسیت زیادی به اکسیژن دارند و به سرعت اکسید می شوند از آنجایی که غشاء سلولی یک غشاء فسفولیپیدی می باشد واکنش اکسیژن با آن سبب تخریب غشاء سلولی و ترشح الکترولیت ها به بیرون سلول می شود. سلیوم با افزایش فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان سبب پاکسازی اکسیژن فعال و در نتیجه کاهش در اکسیداسیون چربی های غشاء سلولی و کاهش محتوی مالون دی آلدهید شد.

اثر مثبت سلیوم در افزایش تجمع پتاسیم به وسیله پازور کوپچ و همکاران (۴۰) نیز گزارش شده است. آنها دریافتند که محتوی پتاسیم برگ های ذرت (*Zea mays*) در اثر کاربرد سلیوم افزایش یافت. نتایج مشابهی توسط کاپسل و همکاران (۲۸) در مورد کلم به گزارش شده است. از آنجایی که معمولاً همبستگی منفی بین محتوی پتاسیم و سدیم برگ وجود دارد (جدول ۸) کاهش محتوی سدیم در برگ ها امری بدیهی می باشد که در این آزمایش نیز تأیید شده است. یک دلیل مهم افزایش پتاسیم، ترکیب ماده حاوی سلیوم و سلیسیم است چون در هر دو ترکیب عنصر پتاسیم وجود دارد.

محلول پاشی سلیسیم نیز به طور معنی داری سبب افزایش تعداد

جدول ۵- اثر اصلی سال بر صفات مختلف کارا
Table 5- The main effect of year on some canola traits

Year	1000 grain weight	grain yield	Biomass	Harvest Index	Fat	Linoleic acid	Linolenic acid	Photosynthesis	RWC	CAT	SOD	MDA	Na	K
وزن هزار دانه	عملکرد دانه	زیست توده	شاخص برداشت	روغن	لیک	اسید لینولیک	اسید لینولنیک	فتوسنتز	نسبی آب محلول	کاتالاز	سوپراکسید دیسموتاز	مالون دی آلدهید	سدیم	پتاسیم
سال اول	First year	سال دوم	Second year											
4.02 ^b	2745.56 ^b	87965 ^b	31.48 ^b	37.03 ^b	57.68 ^a	12.81 ^b	5.93 ^a	57.76 ^a	10.10 ^a	238.40 ^b	0.83 ^a	0.76 ^b	3.13 ^a	
4.46 ^a	3009.92 ^a	108778 ^a	36.07 ^a	37.76 ^a	54.35 ^b	14.82 ^a	5.57 ^b	51.11 ^b	9.07 ^b	251.63 ^a	0.82 ^b	1.51 ^a	3.00 ^b	

وجود حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشد
Means within the same column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range test

بیشترین وزن هزار دانه در تیمار ۱۰ درصد وزنی ژئولیت به همراه ۴ گرم در لیتر سلیسیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم مشاهده شد. در حالی که کمترین وزن هزار دانه مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۷). کاهش وزن هزار دانه ناشی از کاهش جذب آب و املاح توسط گیاه و به دنبال آن کاهش فتوسنتز جاری و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در شرایط تنش شوری می‌باشد. علاوه بر این تنش شوری باعث کوتاه شدن دوره پر شدن دانه شده و سبب کاهش وزن هزار دانه گیاه می‌گردد. در حالی که ژئولیت با کمک به نگهداری آب در خاک سبب افزایش دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی شده و منجر به افزایش تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌ها و در نهایت افزایش وزن دانه می‌گردد. گزارش شده است که سلیسیوم دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بوده و در شرایط تنش از جمله تنش شوری سبب خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌گردد (۵۵). همچنین ثابت شده است که سلیسیوم از تخریب مولکول کلروفیل در شرایط تنش جلوگیری می‌کند (۴۶) در نتیجه از کاهش فتوسنتز جاری در گیاه ممانعت نموده و تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به دانه را افزایش می‌دهد. گزارش‌های زیاد مبنی بر افزایش عملکرد گیاهان زراعی به خصوص افزایش وزن دانه در اثر مصرف سیلیسیوم وجود دارد (۹). در مطالعه حاضر بیشترین عملکرد دانه نیز از تیمار ۱۰ درصد وزنی ژئولیت به همراه ۴ گرم در لیتر سلیسیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم به‌دست آمد که تأییدی بر نتایج آزمایشات پیشین در مورد اثر ژئولیت، سلیسیوم و سیلیسیوم بر افزایش عملکرد می‌باشد.

افزایش زیست توده تحت تیمار ۱۰ درصد وزنی ژئولیت به همراه ۴ گرم در لیتر سلیسیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم مشاهده گردید (جدول ۶). کاهش ارتفاع گیاه ناشی از تنش شوری، به دلیل کاهش پتانسیل آماس سلول‌ها و تقسیم سلولی و کاهش انتقال مواد فتوسنتزی شناخته شده است. گزارشات زیادی مبنی بر کاهش رشد رویشی ارتفاع بوته در اثر تنش شوری وجود دارد که با نتیجه به‌دست آمده از این آزمایش مطابقت دارد (۵۴). ژئولیت با دارا بودن ظرفیت تبادل کاتیونی بالا سبب نگهداری بیشتر آب و مواد غذایی در خاک شده و از این طریق سبب بهبود رشد و افزایش زیست توده گردیده است. اثر مثبت ژئولیت بر ارتفاع گیاه، تعداد شاخه در بوته و وزن تر می‌تواند به افزایش فراهمی نیتروژن و جلوگیری از آبشویی آن نیز نسبت داده شود. مشابه این نتایج در مطالعات سینگ و باهراگوا (۴۹) گزارش شده است. افزایش عملکرد زیست توده تحت اثر تیمار ژئولیت به افزایش فراهمی آب و عناصر غذایی مرتبط می‌باشد. سلیسیوم دارای نقش حیاتی در گیاه می‌باشد که از آن جمله می‌توان به نقش سلیسیوم در افزایش مقاومت گیاهان به تنش‌های اکسیداتیو و به تأخیر انداختن پیری (۵۵)، تجمع نشاسته در کلروپلاست‌ها (۴۱)، تنظیم وضعیت آبی گیاه تحت شرایط تنش (۲۹)، جلوگیری از تخریب کلروفیل در شرایط تنش (۴۶) و افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان تنش دیده

خورجین، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت شد (جدول ۶). در تحقیقات پیشین گزارشاتی مبنی بر افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی در اثر کاربرد سیلیسیوم وجود دارد. این مطالعات نشان می‌دهند که سیلیسیوم اثر مثبتی بر فیزیولوژی و متابولیسم گونه‌های مختلف دارد (۳۵). همچنین گزارش شده است که تولید ماده خشک گندم (*Triticum*) به‌طور معنی‌داری در اثر استفاده از سیلیسیوم افزایش یافته است (۲). نتایج مشابهی در مورد افزایش وزن تر و خشک و عملکرد دانه ذرت به‌دست آمده است (۲۶).

محلول پاشی سیلیسیوم سبب افزایش درصد روغن و درصد اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و لینولنیک شد (جدول ۶). پیش از این نیز گزارش شده است که تنش شوری سبب کاهش ماده خشک، وزن بذر و عملکرد روغن می‌شود (۱۰). تحت تنش شرایط شوری تنش اسمزی و تنش مسمومیت رخ می‌دهد که این عوامل سبب بروز تنش خشکی کاذب نیز می‌شوند و ممکن است منجر به کاهش طول دوره تجمع روغن و یا افزایش آسیب به آنزیم‌های درگیر در این فرآیند شود (۱۷). مطالعات نشان داده است که کاربرد سیلیسیوم سبب افزایش رشد گیاه در شرایط تنش مانند تنش شوری می‌شود (۳۵). لذا با توجه به اثرات مفید این عنصر در افزایش تحمل گیاهان به تنش‌های زیستی و غیر زیستی (۱۶) می‌توان افزایش روغن و اسیدهای چرب را انتظار داشت. در این آزمایش کاهش تولید مالون‌دی‌آلدهید در شرایط تنش شوری در اثر کاربرد سیلیسیوم (جدول ۶) دلیلی بر اثر این عنصر بر کاهش نفوذپذیری غشاء سلولی برگ می‌باشد که توسط لیانگ (۳۱) گزارش شده بود. تنش شوری با ایجاد تنش اکسیداتیو سبب تخریب غشاء فسفولیپیدی سلولی و افزایش تولید این ماده می‌شود (۲۷) در حالی که سیلیسیوم سبب پایداری چربی‌ها شده و از تخریب ساختمانی و عملکردی غشاء سلول جلوگیری می‌کند (۱).

مشابه سلیسیوم، سیلیسیوم نیز سبب افزایش محتوی پتاسیم و کاهش سدیم برگ شد (جدول ۵). بیان شده است که تعدیل تنش شوری به‌وسیله سیلیسیوم از طریق کاهش محتوی سدیم در بافت گیاه می‌باشد (۲۱). بر طبق نتایج وین برگ (۵۳) سطوح بالای سدیم از جذب پتاسیم جلوگیری به عمل آورده و در نتیجه نسبت سدیم به پتاسیم کاهش می‌یابد. برخی سازوکارهایی که در آن سیلیسیوم سبب افزایش مقاومت به شوری می‌شود شامل کاهش تحرک سدیم در گیاه (۳۲) کاهش جذب سدیم و افزایش جذب پتاسیم می‌باشد (۳۳) همچنین افزایش نسبت پتاسیم به سدیم منجر افزایش مقاومت به شوری می‌شوند (۲۳).

اثر متقابل سه جانبه ژئولیت، سلیسیوم و سیلیسیوم بر وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد زیست توده، محتوی کلروفیل، فتوسنتز، محتوی نسبی آب برگ و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز معنی‌دار بود (جدول ۷).

جدول ۶- اثرات اصلی زئولیت، سلنیوم و سیلیسوم بر صفات مختلف کلزا
Table 6- The main effect of zeolite selenium and silicon on some canola traits

Na (mg.g ⁻¹ DW) سدیم	K (mg.g ⁻¹ DW) پتاسیم	MDA (mM ⁻¹ cm ⁻¹) مالون دی آلدید	Linolenic acid (%) اسیدلینولیک	Linoleic acid (%) اسیدلینولیک	Oleic acid (%) اسید اولیک	Fat (%) روغن	Harvest Index شاخص برداشت	grain per pods تعداد دانه در غلاف	Pods تعداد غلاف	
1.53 ^a	2.79 ^c	0.96 ^a	12.44 ^c	22.58 ^c	53.96 ^c	35.76 ^c	27.94 ^c	15.84 ^c	74.88 ^c	۰ درصد وزنی by weight %
1.13 ^b	3.10 ^b	0.81 ^b	13.89 ^b	24.09 ^b	56.22 ^b	37.48 ^b	33.49 ^b	18.45 ^b	77.65 ^b	۵ درصد وزنی by weight %/5 (zeolite)
0.75 ^c	3.31 ^a	0.70 ^c	15.12 ^a	25.29 ^a	57.87 ^a	38.93 ^a	39.89 ^a	19.97 ^a	81.10 ^a	۱۰ درصد وزنی by weight %10
1.32 ^a	2.91 ^c	0.86 ^a	13.38 ^c	23.55 ^c	55.35 ^c	36.93 ^c	31.17 ^c	16.96 ^c	76.12 ^c	۰ گرم بر لیتر grams per liter 0
1.13 ^b	3.09 ^b	0.82 ^b	13.85 ^b	24.01 ^b	56.07 ^b	37.37 ^b	33.96 ^b	18.20 ^b	78.08 ^b	۲ گرم بر لیتر grams per liter 2 (selenium)
0.97 ^c	3.20 ^a	0.78 ^c	14.22 ^a	24.40 ^a	56.62 ^a	37.87 ^a	36.20 ^a	19.11 ^a	79.44 ^a	۴ گرم بر لیتر grams per liter 4
1.23 ^a	2.95 ^b	0.83 ^a	13.69 ^b	23.86 ^b	55.84 ^b	37.22 ^b	32.18 ^b	17.50 ^c	76.89 ^b	۰ گرم بر لیتر grams per liter 0
1.12 ^b	3.09 ^a	0.82 ^b	13.79 ^{ab}	23.97 ^{ab}	56.00 ^{ab}	37.35 ^b	34.07 ^a	18.11 ^b	78.03 ^a	۲ گرم بر لیتر grams per liter 2 (silicon)
1.07 ^b	3.16 ^a	0.81 ^b	13.97 ^a	24.12 ^a	56.20 ^a	37.60 ^a	35.08 ^a	18.65 ^a	78.72 ^a	۴ گرم بر لیتر grams per liter 4

وجود حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشد

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range test

جدول ۷- اثرات متقابل بین زئولیت، سلنیوم و سیلیسیم بر صفات مختلف کلرا

Table 7- Interaction between zeolite, selenium and silicon on some canola traits

SOD سوپراکسیداسمو تاز ($\Delta A \text{ mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	GPX پراکسیداز ($\Delta A \text{ mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	CAT کاتالاز ($\Delta A \text{ mg protein}^{-1} \text{ min}^{-1}$)	RWC محتوی نسبی (%)	Photosynthesis فتوسنتز ($\mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$)	Chlorophyll کلروفیل ($\text{mg g}^{-1} \text{ FW}$)	Biomass عملکرد زیست توده (kg ha^{-1})	Seed yield عملکرد دانه (kg ha^{-1})	1000 seed وزن هزار دانه (g)	Zeolite (%)	Selenium (g l^{-1}) (g l^{-1})	Silicon (g l^{-1}) (g l^{-1})
206.33 ^l	29.28 ^f	16.40 ^a	43.50 ^b	4.43 ^f	1.11 ^f	62497 ^{no}	2491.34 ^l	3.65 ⁱⁿ	0		
208.51 ^{at}	29.65 ^{qr}	11.33 ^b	45.16 ^{no}	4.48 ^{qr}	1.14 ^{qr}	66753 ^{no}	2572.34 ^{pq}	3.69 ⁱⁿ	2	0	
209.95 ^{at}	29.90 ^{pq}	11.18 ^{bc}	46.16 ^{mo}	4.57 ^{qr}	1.18 ^{qr}	69842 ^{mo}	2578.34 ^{pq}	3.80 ^{kn}	4		
214.53 ^{rs}	29.98 ^{pq}	11.06 ^{bcd}	47.16 ^{lmo}	4.65 ^{qpr}	1.20 ^{qpr}	70453 ^{lmo}	2595.34 ^p	3.80 ^{kn}	0		
218.98 ^{qr}	30.25 ^{op}	11.01 ^{bcd}	49.91 ^{jklmn}	4.82 ^{qopr}	1.23 ^{noqr}	74949 ^{klmn}	2636.34 ^{op}	3.95 ^{kl}	2	2	0
222.45 ^{pq}	30.40 ^{pop}	10.78 ^{cde}	51.43 ^{hijk}	4.88 ^{mnopqr}	1.26 ^{mnop}	78245 ^{klmn}	2664.17 ^{pop}	4.00 ^{jk}	4		
223.23 ^{pq}	60.56 ^{mo}	10.58 ^d	49.58 ^{klmn}	4.95 ^{mnopqr}	1.28 ^{lmo}	78639 ^{klmn}	2689.94 ^{no}	3.97 ^k	0		
226.21 ^{op}	30.85 ^{lmo}	10.31 ^{efg}	53.25 ^{ghij}	5.03 ^{mnop}	1.31 ^{klmn}	80819 ^{kl}	2707.17 ^{mo}	4.12 ^{jkl}	2	4	
229.13 ^{pop}	31.00 ^{klm}	10.15 ^{gh}	53.73 ^{efghi}	5.10 ^{lmo}	1.34 ^{jklmn}	84255 ^{ijk}	2740.34 ^{lmo}	4.7 ^{ij}	4		
230.43 ^{mmo}	31.25 ^{kl}	9.95 ^{ghi}	48.50 ^{klmn}	5.20 ^{klmn}	1.37 ^{jkl}	71559 ^{lmo}	2753.67 ^{lmo}	3.99 ^k	0		
233.21 ^{lmn}	31.25 ^{kl}	9.81 ^{hi}	5.13 ^{kl}	5.28 ^{klmn}	1.40 ^{ijk}	88215 ^{hij}	2785.00 ^{klm}	4.0 ^k	2	0	
236.46 ^{klm}	31.50 ^{kl}	9.63 ^{ij}	51.08 ^{hijkl}	5.35 ^{ijklmn}	1.42 ^{ij}	91556 ^{hi}	2809.17 ^{kl}	4.10 ^k	4		
238.31 ^{kl}	31.63 ^{ij}	9.33 ^{jk}	52.06 ^{ghijk}	5.53 ^{ijkl}	1.44 ^{hij}	91179 ^{hi}	2817.50 ^{kl}	4.09 ^k	0		
240.13 ^k	31.85 ^{hi}	9.28 ^{jk}	53.21 ^{ghij}	5.60 ^{ghijk}	1.49 ^{ghi}	96094 ^{gh}	2862.34 ^{ijk}	4.27 ^{hi}	2	2	5
246.56 ^j	32.28 ^{gh}	9.08 ^l	54.90 ^{efgh}	5.70 ^{ghij}	1.49 ^{ghi}	101905 ^{fg}	2899.17 ^{hij}	4.37 ^{gh}	4		
245.13 ^j	32.15 ^{gh}	9.01 ^{lmn}	51.11 ^{hijkl}	5.80 ^{efghi}	1.54 ^{fgh}	102992 ^{efg}	2927.84 ^{ghi}	4.27 ^{hi}	0		
248.05 ^{hi}	32.33 ^{gh}	8.71 ^{lmn}	55.86 ^{efg}	5.92 ^{defgh}	1.57 ^{efg}	108984 ^{def}	2955.84 ^{gh}	4.45 ^{efg}	2	4	
254.37 ^{gh}	32.68 ^{fg}	8.56 ^{mmo}	57.50 ^{cde}	6.02 ^{defgh}	1.63 ^{def}	112973 ^{de}	2999.84 ^{efg}	4.65 ^{bc}	4		
251.35 ^{ghi}	32.75 ^{efg}	8.73 ^{lmn}	55.46 ^{efg}	5.99 ^{defgh}	1.61 ^{def}	110518 ^{def}	3027.17 ^{ef}	4.40 ^{gh}	0		
254.40 ^{gh}	32.93 ^{def}	8.40 ^{pop}	55.75 ^{efg}	6.17 ^{cdef}	1.63 ^{def}	114465 ^d	3044.17 ^{def}	4.38 ^{fgh}	2	0	
256.68 ^{fg}	33.08 ^{def}	8.36 ^{pop}	56.66 ^{def}	6.23 ^{cde}	1.65 ^{cde}	118149 ^{cd}	3087.84 ^{de}	4.52 ^{cdefg}	4		
259.41 ^{ef}	33.26 ^{cde}	8.18 ^{op}	56.56 ^{def}	6.37 ^{bcd}	1.66 ^{cde}	119039 ^{cd}	3122.84 ^{bcd}	4.47 ^{cdefg}	4		
264.95 ^{de}	33.42 ^{cd}	8.18 ^{op}	60.13 ^{bcd}	6.52 ^{bc}	1.68 ^{cd}	126076 ^{bc}	3136.50 ^{bc}	4.64 ^{bcd}	2	2	10
266.40 ^d	33.35 ^{cd}	8.05 ^{pq}	60.40 ^{bcd}	6.57 ^{bc}	1.71 ^{bcd}	131458 ^{ab}	3169.67 ^{bc}	4.74 ^{ab}	4		
281.98 ^b	33.70 ^{bc}	7.91 ^{qr}	61.60 ^b	6.73 ^b	1.79 ^b	127976 ^{bc}	3170.17 ^{bc}	4.55 ^{cdef}	0		
273.91 ^c	33.93 ^b	7.60 ^{qr}	61.05 ^{bc}	6.78 ^b	1.75 ^{bc}	135356 ^{ab}	3186.84 ^{bc}	4.62 ^{bcd}	2	4	
374.00 ^a	37.40 ^a	7.26 ^f	88.00 ^a	10.67 ^a	3.23 ^a	141052 ^a	3268.17 ^a	4.82 ^a	4		

در هر ستون وجود حداقل یک حرف مشترک نشان دهنده عدم وجود اختلاف معنی دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد می باشد.

Means within the same column followed by the same letter are not significantly different based on Duncan's multiple range test

جدول ۸- همبستگی بین صفات مختلف کلزا تحت تأثیر زئولیت، سلنیوم و سیلیسیوم

Na	K	MDA	SOD	GPX	CAT	RWC (%)	Photosynthesis	chlorophyll	Linolenic acid (%)	Linoleic acid (%)	Oleic acid (%)	Harvest Index	Biomass	Seed yield	1000 seed weight	Seed per pods	pods	صفات
																1	0.65**	Seed per pods
															1	0.62**	0.48**	1000 seed weight
														1	0.84**	0.53**	0.47**	Seed yield
												1	0.95**	0.68**	0.80**	0.69**	0.49**	Biomass
												1	0.60**	0.45**	0.66**	0.65**	0.40**	Harvest Index
										1	0.34**	0.09 ^{ns}	0.76**	0.89**	0.80**	0.70**	0.52**	Fat (%)
										1	0.62**	0.15 ^{ns}	0.15 ^{ns}	0.18 ^{ns}	0.13**	0.52**	0.61**	Oleic acid (%)
										1	0.62**	0.78**	0.61**	0.68**	0.68**	0.67**	0.67**	Linoleic acid (%)
									1	0.51**	0.15 ^{ns}	0.48**	0.64**	0.57**	0.72**	0.53**	0.45**	Linolenic acid (%)
								1	0.53**	0.58**	0.47**	0.53**	0.55**	0.41**	0.46**	0.60**	0.52**	chlorophyll
							1	0.93**	0.40**	0.61**	0.55**	0.61**	0.60**	0.45**	0.46**	0.64**	0.51**	Photosynthesis
						1	0.85**	0.80**	0.18**	0.52**	0.56**	0.49**	0.47**	0.29**	0.34**	0.58**	0.58**	RWC (%)
					1	0.20**	0.16**	0.22**	-0.40**	-0.39**	-0.13**	-0.40**	-0.44**	0.37**	-0.52**	0.28**	0.29**	CAT
				1	0.07 ^{ns}	0.62**	0.84**	0.80**	0.60**	0.58**	0.46**	0.49**	0.70**	0.36**	0.50**	0.69**	0.52**	GPX
			1	0.84**	0.03 ^{ns}	0.76**	0.88**	0.91**	0.60**	0.60**	0.27**	0.65**	0.76**	0.53**	0.62**	0.65**	0.49**	SOD
		1	0.59**	0.60**	0.49**	-0.53**	-0.63**	-0.60**	-0.63**	-0.79**	-0.64**	-0.51**	-0.62**	0.64**	-0.71**	0.58**	0.65**	MDA
	1	0.68**	0.49**	0.53**	0.32**	0.60**	0.50**	0.52**	0.41**	0.71**	0.66**	0.45**	0.46**	0.34**	0.49**	0.65**	0.79**	K
1	0.68**	0.40**	0.31**	0.47**	0.05 ^{ns}	0.61**	-0.50**	-0.39**	0.03 ^{ns}	-0.62**	-0.81**	-0.19**	-0.22**	-0.16**	-0.11**	0.59**	0.61**	Na

NS و * در سطح ۵ درصد، * و ** معنی دار در سطح ۱ درصد و عدم وجود اختلاف معنی دار

است. مشاهده می‌شود که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و اجزای عملکرد کلزا وجود دارد. به‌طوری‌که با افزایش هریک از اجزای عملکرد، عملکرد نهایی افزایش یافت. همچنین بین عملکرد و میزان کلروفیل، عملکرد و میزان فتوسنتز رابطه مستقیم و معنی‌دار وجود دارد. به نظر می‌رسد که افزایش در میزان کلروفیل با افزایش در میزان فتوسنتز همراه بوده که در نهایت منجر به تثبیت بیشتر کربن و عملکرد دانه شده است. عملکرد دانه با فعالیت آنزیم کاتالاز، میزان مالون‌دی‌آلدهید و سدیم برگ، همبستگی منفی و معنی‌دار نشان داد. افزایش در فعالیت آنزیم کاتالاز و مالون‌دی‌آلدهید بیانگر وقوع تنش در گیاه بوده که طبعاً کاهش عملکرد را به دنبال خواهد داشت. همبستگی منفی بین محتوی پتاسیم و سدیم نیز در این آزمایش مشاهده شد (جدول ۸). که نشان‌دهنده این است که با افزایش سطوح شوری میزان جذب سدیم افزایش یافت، در حالی‌که محتوی پتاسیم کاهش یافت. این نتایج نشان‌دهنده وجود رابطه آنتاگونیسم بین سدیم و پتاسیم در گیاه کلزا می‌باشد.

آنزیم کاتالاز با میزان مالون‌دی‌آلدهید همبستگی مثبت نشان داد اما همبستگی معنی‌داری با دو آنزیم دیگر نداشت. اما دو آنزیم پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز با میزان مالون‌دی‌آلدهید همبستگی منفی و معنی‌دار داشتند همچنین بین این دو آنزیم همبستگی مثبت مشاهده گردید. به نظر می‌رسد با اعمال ترکیبات تیماری میزان فتوسنتز افزایش یافته و به دنبال آن میزان کلروفیل و محتوی نسبی آب افزایش یافته که باعث افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد شده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان اظهار داشت که با استفاده از ژئولیت در خاک و همچنین محلول پاشی گیاهان با سلیسیوم و سیلیسیوم می‌توان بر تنش شوری غلبه نمود و از کاهش عملکرد کلزا جلوگیری به‌عمل آورد. در بین تیمارهای مورد بررسی، تیمار ۱۰ درصد وزنی ژئولیت به همراه محلول پاشی ۴ گرم در لیتر سلیسیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم در بیشتر موارد بهترین نتایج را حاصل نمود، لذا این تیمار به‌عنوان تیمار برتر برای کاهش اثر شوری در کشت کلزا قابل توصیه می‌باشد. با توجه به اینکه متوسط بارندگی و همچنین ساعات آفتابی در سال دوم نسبت به سال اول بیشتر بود (جدول ۱) احتمالاً به این دلیل عملکرد و اجزاء عملکرد در سال دوم بیشتر از سال اول بود.

سپاسگزاری

این مقاله برگرفته از نتایج قسمتی از پروژه تحقیقاتی شماره ۴-

از دیگر اثرهای سودمند سلیسیوم می‌توان به افزایش رشد و متابولیسم کربوهیدرات‌ها اشاره کرد (۵۵). همچنین سیلیسیوم در افزایش رشد گیاهان تحت تنش‌های محیطی به اثبات رسیده است (۳۲). با این اوصاف افزایش در عملکرد زیست توده قابل انتظار می‌باشد.

میزان کلروفیل، فتوسنتز و محتوی نسبی آب برگ تحت تیمار ۱۰ درصد وزنی ژئولیت به همراه محلول پاشی ۴ گرم در لیتر سلیسیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم در حداکثر مقدار خود بود (جدول ۷). شوری باعث پیری زودرس در گیاهان، شکسته شدن کلروپلاست‌ها و کاهش مقدار کلروفیل می‌گردد (۳۰). مطالعات دیپاک و واتال (۱۳) نشان داد که تحت شرایط تنش شدید در گیاه کلزا مقدار کلروفیل به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد. ژئولیت با نگهداری بیشتر آب در خاک و همچنین جلوگیری از هدر روی نیتروژن سبب افزایش کلروفیل و محتوی نسبی آب برگ می‌گردد که افزایش در این صفات سبب افزایش فتوسنتز می‌گردد. گزارش شده است که استفاده از ژئولیت باعث افزایش میزان فتوسنتز، کارایی یاخسته‌های مزوفیل، کارایی مصرف آب و میزان کلروفیل شده است (۵۶). همانطور که پیش از این اشاره شد سلیسیوم و سیلیسیوم نیز از تخریب مولکول کلروفیل جلوگیری به عمل آورده و سبب افزایش فتوسنتز می‌گردند. افزایش محتوی نسبی آب برگ توسط هاتوری و همکاران (۲۴) گزارش شده است.

بیشترین فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپر اکسید دیسموتاز در تیمار ۱۰ درصد وزنی ژئولیت به همراه محلول پاشی ۴ گرم در لیتر سلیسیوم و ۴ گرم در لیتر سیلیسیوم مشاهده شد در حالی‌که فعالیت آنزیم کاتالاز در تیمار شاهد بیشترین مقدار بود (جدول ۶). چنین به نظر می‌رسد که ژئولیت با افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک توانسته است تا حدودی نیاز گیاه را به آبیاری کاهش دهد و بدین ترتیب گیاه در دوره‌ای طولانی تر بدون آبیاری مقاومت نماید و از تنش خشکی در امان بماند. از سوی دیگر تنش‌های محیطی سبب بروز تنش اکسیداتیو و افزایش تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن در گیاه می‌شود. گیاهان با سیستم آنتی‌اکسیدانی آنزیمی خود در مقابل تنش‌های اکسیداتیو سبب پاکسازی این رادیکال‌های آزاد می‌گردند. واکنش آنزیمی گیاهان به تنش‌ها از گونه‌ای به گونه دیگر متفاوت بوده و حتی شدت و نوع تنش بر آن اثر می‌گذارد (۳ و ۲۵) بنابراین افزایش و یا کاهش در فعالیت آنزیمی مشاهده می‌شود. پیش از این ذکر شد که که سلیسیوم سبب افزایش افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در گیاهان می‌شود (۴۶). کاربرد سلیسیوم روی برگ گیاهانی نظیر برنج (*Oryza*) آفتابگردان (*Helianthus annuus*)، سبب افزایش میزان فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و مقاومت به کمبود آب در آنها گردید (۵۷). همبستگی بین صفات مورد بررسی در جدول ۸ نشان داده شده

References

1. Agarie, S., Hanaoka, N., Ueno, O., Miyazaki, A., Kubota, F., Agata, W., and Kaufman, P. B. 1998. Effects of silicon on tolerance to water deficit and heat stress in rice plants (*Oryza sativa* L.), monitored by electrolyte leakage. *Plant Production Science* 1: 96-103.
2. Ahmad, R., Zaheer, S., and Ismail, S. 1992. Role of silicon in salt tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Plant Science* 85: 43-50.
3. Alberico, G. J., and Cramer, G. R. 1993. Is the salt tolerance of maize related to sodium exclusion? 1. Preliminary screening of seven cultivars. *Journal of Plant Nutrition* 16: 2289-2303.
4. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24: 1-150.
5. Ashraf, M., and O'leary, J. M. 1997. Ion distribution in leaves of salt tolerant and salt-sensitive lines of spring wheat under salt stress. *Acta botanica neerlandica* 46: 207-217.
6. Balastra, M. L., Juliano, C. M., and Villreal, P. 1989. Effect of silica level on some proprieties *oryza sativa* straw and hull. *Canadian Journal of Botany* 67: 2356-2363.
7. Bouchereau, A., Clossais Besnard, N., Bensaoud, A., Leport, L., and Renard, M. 1996. Water stress effects on rapeseed quality. *European Journal of Agronomy* 5: 19-30.
8. Cakmak, I., and Horst, W. 1991. Affect of aluminium on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase and peroxidase activities in root tip of soybean (*Glycine max*). *Plant Physiology* 83: 463-468.
9. Chaoming, Z., Jianfei, L., and Lping, C. H. 1999. Yild effects on the application of silicon fertilizer in early hybrid Rice. *Journal article* 2: 79-80.
10. Cheng, S. F. 1984. Effect of salinity, fertility and water on the production and nutrient uptake of sunflower (*Helianthus annuus* L.). I. Effects on seed yield, oil concentration and dry matter yield. *Soils and Fertilizers in Taiwan* 38: 7-24.
11. Clifton, R. A. 1985. Natural and synthetic zeolites. International circular. Washington, D.C. 9140.
12. De Vos, C., Schat, H. M., De Waal, M. A., Vooijs, R., and Ernst, W. 1991. Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant silene cucubalus. *Plant Physiology* 82: 523-528.
13. Deepak, M., and Wattal, P. N. 1995. Influence of water stress on seed yield of Canadian rape at flowering and role of metabolic factors. *Plant Physiology and Biochemistry* 22 (2): 115-118.
14. Dionisio-Sese, M. L., and Tobita, S. 2000. Effects of salinity on sodium content and photosynthetic responses of rice seedlings differing in salt tolerance. *Journal Plant Physiology* 157: 54-58.
15. Djanaguiraman, M., Shanker, A. K., Sheeba, J. A., Devi, D. D., and Bangarusamy, U. 2005. Selenium – an antioxidative protectant in soybean during senescence. *Plant and Soil* 272: 77-86.
16. Epstein, E. 1999. Silicon. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 50: 641-664.
17. Flagella, Z., Giuliani, M. M., Rotunno, T., Di Caterina, R., and De Caro, A. 2004. Effect of saline water on oil yield and quality of a high oleic sunflower (*Helianthus annuus* L.) hybrid. *European Journal of Agronomy* 21: 267-272.
18. Germ, M., Kreft, I., and Osvald, J. 2005. Influence of UV-B exclusion and selenium treatment on photochemical efficiency of photosystem II, yield and respiratory potential in pumpkins (*Cucurbita pepo* L.). *Plant Physiology and Biochemistry* 43: 445-448.
19. Ghanati, F., Morita, A., and Yokota, H. 2002. Induction of suberin and increase of lignin content by excess boron in tobacco cell. *Soil Science and Plant Nutrition* 48: 357-364.
20. Giannopolitis, C., and Ries, S. 1977. Superoxide dismutase occurrence in higher plant. *Plant Physiology* 59: 309-314.
21. Gong, H. J., Randall, D. P., and Flowers, T. J. 2006. Silicon deposition in the root reduces sodium uptake in rice seedlings by reducing bypassflow. *Plant Cell Environment* 111: 1-9.
22. Hasegawa, P. M., Bressan, R. A., and Handa, A. K. 1986. Cellular mechanism of salinity tolerance. *Horticultural Science* 21: 1317-1324.
23. Hasegawa, P., Bressan, R. A., Zhu, J. K., and Bohnert, H. J. 2000. Plantcellular and molecular responses to high salinity. *Annual Review of Plant Molecular Biology* 51: 463-499.
24. Hattori, T., Lux Tanimoto, A., Luxova, E., Sugimoto, M., and Inanaga, Y. 2001. The effect of silicon on the growth of sorghum under drought. - In: Morita, S. (ed.): The 6th Symposium of the International Society of Root Research. pp. 348-349. Japanese Society for Root Research (JSRR), Nagoya.
25. Hernandez, J. A., Jimenez, A., Mullineaux, P., and Sevilla, F. 2000. Tolerance of pea (*Pisum sativum* L.) to long

- term salt stress is associated with induction of antioxidant defences. *Plant Cell and Environment* 23: 853-862.
26. Kaya, C., Tuna, L., and Higgs, D. 2006. Effect of silicon on plant growth and mineral nutrition of maize grown under water - stress condition. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1469-1480.
27. Koca, H., Melike, B., Filiz, O., and Ismail, T. 2007. The effect of salt stress on lipid peroxidation, antioxidative enzymes and proline content of sesame cultivars. *Environmental and Experimental Botany* 60: 344-351.
28. Kopsell, D. A., Randle, W. M., and Mills, H. A. 2000. Nutrient accumulation in leaf tissue of rapid-cycling *Brassica oleracea* responds to increasing sodium selenate concentrations. *Journal of Plant Nutrition* 23 (7): 927-935.
29. Kuznetsov, V. V., Kholodova, V. P., Kuznetsov, V. V., and Yagodin, B. A. 2003. Selenium regulates the water status of plants exposed to drought. *Doklady Biological Sciences* 390: 266-268.
30. Lawlor, D. W., and Leach, J.E. 1985. Leaf growth and water deficit. Pp:267-294. In: *Control of leaf growth*. Cam. Univ. Press.
31. Liang, Y. C. 1999. Effects of silicon on enzyme activity and sodium, potassium and calcium concentration in barley under salt stress. *Plant and Soil* 209: 217-224.
32. Liang, Y. C., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W., and Ding, R. 2003. Effects of silicon on salinity tolerance of two barley genotypes. *Journal of Plant Physiology* 160: 1157-1164.
33. Liang, Y. C., Zhang, W.Q., Chen, J., and Ding, R. 2005. Effect of silicon on H⁺-ATPase and H⁺-PPase activity, fatty acid composition and fluidity of tonoplast vesicles from roots of salt-stressed barley (*Hordeum vulgare* L.). *Journal of Environmental Experimental Botany* 53: 29-37.
34. Ma, J. F. 2004. Role of silicon in enhancing the resistance of plants to biotic and abiotic stresses. *Soil Science Plant Nutrition* 50: 11-18.
35. Ma, J. F., and Yamaji, N. 2008. Functions and transport of silicon in plants. *Cellular and molecular life sciences*, 65: 3049-3057.
36. Mendham, N. J., Russell, J., and Buzza, G. C. 1984. The contribution of seed survival to field in new Australian cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Journal of Agricultural science* 103: 303-316.
37. Metcalf, L. C., Schmitz, A. A., and Pelka, J. R. 1966. Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography analysis. *Analytical Chemistry* 38: 514-515.
38. Mumpton, F. A. 1999. Mineralogy and geology of natural zeolite. *Department of Earth Science* New York. USA.
39. Nowak, J., Kaklewski, K., and Ligocki, M. 2004. Influence of selenium on oxidoreductive enzymes activity in soil and in plants. *Soil Biology and Biochemistry* 36: 1553-1558.
40. Pazurkiewicz-kcót, K., Galas, W., and Kita, A. 2003. The effect of selenium on the accumulation of some metals in *Zea mays* L. plants treated with indole-3-acetic acid. *Cellular and Molecular Biology Letters* 8: 97-103.
41. Pennanen, A., Xue, T., and Hartikainen, H. 2002. Protective role of selenium in plant subjected to severe UV irradiation stress. *Journal of Applied Botany* 76: 66-76.
42. Pessarakli, M. 1994. In: Pessarakli, M. (Ed.) *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Dekker, Inc, New York pp. 1067-1084.
43. Polat, E., Karaca, M. H., Demir, H., and Naci Onus, A. 2004. Use of natural zeolite (clinoptilolite) in agriculture. *Journal of Fruit and Ornamental Plant Research* 12: 183-189.
44. Querghi, Z., Zid, E., and Ayadi, A. 1991. Sensitivity to NaCl and exclusion of Na⁺ in sunflower. *Agric. Mediterranean* 121: 110-4. (*Field Crop Absts.*, 45: 5725; 1992).
45. Richardson, S. G., and McCree, K. J. 1985. Carbon balance and water relations of *Sorghum* exposed to salt and water stress. *Plant Physiology* 79: 1015-1020.
46. Seppanen, M., Turakainen, M., and Hartikainen, H. 2003. Selenium effects on oxidative stress in potato. *Plant Science* 165: 311-319.
47. Shahsavari, N., Jais, H. M., and Shirani Rad, A. H. 2014. Responses of canola oil quality characteristics and fatty acid composition to zeolite and zinc fertilization under drought stress. *International Journal of Agricultural Sciences* 4: 49-59.
48. Sibole, J. V., Cabot, C., Poschenrieder, C., and Barceló, J. 2003. Ion allocation in two different salt-tolerant Mediterranean *Medicago* species. *Journal Plant Physiology* 160 (11): 1361-1365.
49. Sing, H. C., and Bhargava, S.C. 1994. Changes in growth and yield components of *Brassica napus* in response to azotobacter inoculation at different rates of nitrogen application. *Journal of Agriculture Science* 122: 241-247.
50. Tahir, M. A., Rahmatullah, A., Ashraf, M., Kanwal, S., and Muhammad, A. 2006. Beneficial effects of silicon in wheat under salinity stress-pot culture. *Pakistan Journal of Botany* 38: 1715-1722.
51. Tapiero, H., Townsend, D. M., and Tew, K. D. 2003. Dossier: Oxidative stress pathologies and antioxidants: The antioxidant role of selenium and seleno-compounds. *Biomedicine and Pharmacotherapy* 57: 134-144.
52. Turan, M. A., Elkiram, A. H. A., Taban, N., and Tban, S. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal

- resistance, proline and chlorophyll concentrations in maize plant. African Journal of Agricultural Research 4 (9): 893- 897.
53. Weimberg, R. 1987. Solute adjustments in leaves of two species of wheat at two different stages of growth in response to salinity. Physiologia Plantarum, 70:381-388.
54. Wright, P. R., Morgan, J. M., Jossop, R. S., and Cass, A. 1995. Comparative adaptation of canola (*Brassica napus* L.) and indian mustard (*Brassica Juncea*) to soil water deficit. Field Crops Research 42: 1-13.
55. Xue, T. L., Hartikainen, H., and Piironen, V. 2001. Antioxidative and growth-promoting effects of selenium on senescing lettuce. Plant and Soil 237: 55-61.
56. Zahedi, H., Noormohammadi, G., ShiraniRad, A. H., Habibi, D., and Mashhadi Akbar, B. 2009. The effects of zeolite and foliar applications of selenium on growth yield and yield components of three canola cultivars under drought stress. World Applied Sciences Journal 7: 255-262.
57. Zoyer, C., Dat, J. E., and Scott, I. M. 2005. Hydrogen peroxide in oilseed sunflower. Physiologia Plantarum 5: 241-254.



Effect of Zeolite, Selenium and Silicon on Yield, Yield Components and Some Physiological Traits of Canola under Salt Stress Conditions

A. Bybordi^{1*}

Received: 04-07-2014

Accepted: 02-09-2015

Introduction

Canola can be cultivated in large areas of the country due to its specific characteristics such as suitable composition of the fatty acids, its germination ability under low temperature, as well as its good compatibility with different climates. Canola is a high demanding crop in terms of fertilizers so that it uptakes considerable amount of nutrients from the soil during the growing season. Canola cultivation in poor soils or application of imbalanced fertilizers, especially nitrogen, can reduce quality and quantity of final yield. On the other hand, salinity is known as one of the major limiting factors in canola production. Therefore, the aim of this study is the application of zeolite, selenium and silicon treatments to amend soil and increasing salinity tolerance in canola.

Materials and Methods

In order to study the effect of soil applied zeolite and foliar application of selenium and silicon on yield, yield components and some physiological traits of canola grown under salinity stress, a factorial experiment in randomized complete block design was conducted in Agriculture and Natural Resource Research Center in East Azerbaijan during 2011-2013 cropping seasons. Zeolite was applied at three levels (0, 5 and 10 ton ha⁻¹) and foliar selenium and silicon were applied at three levels as well (each one zero, 2 and 4 g l⁻¹). For this purpose, seedbed was prepared using plow and disk and then plot were designed. Canola seeds, cultivar Okapi, were sown in sandy loam soil with 4 dS.m⁻¹ salinity at the depth of 2-3 cm. Irrigation was performed using local well based on 60% field capacity using the closed irrigation system. Potassium selentae and potassium silicate were used for selenium and silicon treatments. Treatments at rosette and stem elongation stages were sprayed on plants using a calibrated pressurized backpack sprayer. At flowering stage, photosynthesis rate was recorded. Then leaf samples were randomly collected to assay chlorophyll, relative water content, catalase, peroxidase and superoxide dismutase activity, as well as malondialdehyde, sodium and potassium content in the leaves. The samples were immediately frozen in liquid nitrogen and kept in -80° C freezer. At the end of the growing season, agronomic traits such as silique number, seed number on silique, 1000- grain weight, grain yield, biological yield and harvest index were recorded. Total oil percentage and fatty acids (oleic, linolenic and linoleic) percentage were measured.

Results and Discussion

The combined analysis of variance indicated that the effect of year was significant on all studied traits, except for silique number, grain number in silique, linoleic acid, chlorophyll content and peroxidase activity. In addition, the results showed that the main effect of zeolite, selenium and silicon were significant on all canola studied traits. However, relative water content and peroxidase activity were not affected by silicon application. Comparison of means indicated that triple interaction was significant at 1000- grain weight, grain yield, biological yield, chlorophyll content, photosynthesis rate, relative water content and antioxidant enzyme activity. Some traits such as 1000- grain weight, grain yield, biological yield, harvest index, oil percentage, linolenic percentage and superoxide dismutase activity as well as sodium content in leaves were found to be higher in the second year compared with the first year. Zeolite significantly increased silique number and grain number in silique. Furthermore, harvest index increased with the increase of zeolite level. According to the results, selenium increased silique number, grain number in silique and harvest index in canola plants. Silicon foliar application also significantly increased silique number, grain number in silique and harvest index. The highest chlorophyll contents, photosynthesis rate and relative water content were registered when zeolite was applied at 10% w: w and silicon and selenium were applied at 4 g per litter. Similarly, the highest peroxidase and superoxide dismutase activity was observed in this treatment. Finally, the highest grain yield (3009.92 kg ha⁻¹)

1- Assistant Professor, East Azarbaijan Research and Education Center for Agriculture and Natural Resources
(*- Corresponding Author Email: ahmad.bybordi@gmail.com)

and biological yield ($108778 \text{ kg ha}^{-1}$) were obtained when 10% w: w zeolite was applied along with 4 g per liter selenium and 4 g per liter silicon. In general, we concluded that application of zeolite, selenium and silicon could reduce adverse effects of salt stress and improve canola tolerance against salinity stress.

Conclusions

Among the applied treatments 10% w: w zeolite along with 4 g per liter selenium and 4 g per 1 liter silicon caused the best results in terms of canola grain yield.

Keywords: Amendment compounds, Canola, Tolerance, Zeolite



بررسی اثر هورمون‌های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط شور

داوود دوانی^{۱*} - مجید نبی پور^۲ - حبیب الله روشنفکر دزفولی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۱

چکیده

جهت بررسی اثر زمان محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین (عدم مصرف، مصرف در مرحله V_5-V_6 و V_8-V_{10}) و اکسین (عدم مصرف، زمان ظهور ابریشم و دو هفته پس از آن) و الگوی کاشت (یک ردیفه، دو ردیفه و کف فارو) بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در شرایط شور آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. الگوی کاشت به‌عنوان فاکتور اصلی و مصرف یا عدم مصرف هورمون‌های اکسین و سیتوکینین به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی بررسی گردید. اثر الگوی کاشت بر ارتفاع بوته، طول و قطر بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در ردیف، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه با کشت کف فارو با $7/55$ و کمترین آن با کشت معمول با $4/09$ تن در هکتار بود. از نظر ارتفاع بوته و تعداد ردیف دانه برتری با زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی بود ولی وزن هزار دانه و شاخص برداشت در زمان مصرف ۵ تا ۶ برگی حداکثر بود. بیشترین تعداد دانه در ردیف بدون مصرف سیتوکینین به‌دست آمد. اثر اکسین روی وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت در سطح ۱٪ معنی‌دار گردید و بیشترین عملکرد دانه با زمان مصرف ظهور ابریشم به‌دست آمد. به‌طور کلی با کاشت کف فارو و مصرف سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به‌ترتیب با غلظت ۵۰ و ۱۰ گرم در لیتر اثرات شوری بر گیاه کاهش یافته و عملکرد دانه افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: کاشت کف فارو، محلول‌پاشی، مرحله رشد

مقدمه

فاکتور مهم محدودکننده رشد و باروری گیاه است (۲). ذرت یک گیاه زراعی نیمه حساس به شوری است (۴۶). هوفمن و همکاران (۲۰) گزارش نمودند شوری $3/7$ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد ذرت نشد، اما به ازاء هر واحد افزایش بیشتر شوری عملکرد دانه ۱۴ درصد کاهش یافت. آنها علت کاهش عملکرد را کاهش در تراکم بوته و جرم دانه گزارش نمودند. یکی دیگر از اثرات شوری، تسریع در پیری برگ می‌باشد. پیری برگ در نتیجه کاهش محتوای کلروفیل تحت تأثیر تنش شوری است (۲۹). به‌طور کلی ذرت در مرحله گل‌دهی به تنش‌ها حساسیت زیادی داشته و تنش شوری در این مرحله باعث از بین رفتن دانه‌های گرده و کاهش شانس باروری گل‌ها می‌گردد و در نهایت منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد (۳۳).

استقرار تراکم مطلوبی از بوته‌های سالم در مناسب‌ترین الگوی کشت، اساس یک سیستم موفق تولید زراعی می‌باشد (۱۲). الگوی کاشت بوته‌ها می‌تواند بر دسترسی آنها به نور، آب و عناصر غذایی مؤثر باشد (۴). مطالعات انجام شده پیرامون الگوی کاشت ذرت در کشور بیشتر در رابطه با کاشت یک و دو ردیفه و در شرایط غیر شور

ذرت (*Zea mays* L.) گیاهی از خانواده غلات با دوره رشد نسبتاً کوتاه و عملکرد بالاست، در سطح جهانی از نظر میزان تولید در دنیا در رتبه اول قرار دارد (۱۲). با توجه به نیاز روزافزون کشور به تأمین مواد غذایی و تولید فرآورده‌های دامی و سهم ذرت در جیره غذایی طیور بررسی عوامل مهم افزایش تولید این محصول استراتژیک اهمیت زیادی پیدا کرده است (۳۶).

نظر به تغییرات اقلیمی شدید در سال‌های اخیر اکوسیستم‌های زراعی نیز دچار تغییر و تحول شده است (۱۰). از این رو سهم زمین‌های کشاورزی در دنیا که متأثر از شوری هستند در حال توسعه بوده و سهم ایران برابر ۲۷ میلیون هکتار می‌باشد (۴۰). شوری یک

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه شهید چمران اهواز

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران اهواز

(*)- نویسنده مسئول: Email: davanidavoud@gmail.com

می‌باشد. با این حال روش‌های کاشت در شرایط شور با روش‌های متداول کاشت در شرایط غیر شور متفاوت می‌باشد و کاشت در کف فارو و یا کشت دو ردیفه در شرایط شور مورد توصیه و تأکید محققان و کارشناسان کشاورزی است (۱۸ و ۴۲). در پژوهشی مشخص شد که تغییر محل کاشت از روی پشته به کف فارو عملکرد علوفه ذرت را حداقل ۱۰ درصد افزایش می‌دهد (۱۸). مشخص شد که در الگوی کاشت کف فارو به دلیل شستشوی املاح از اطراف ریشه ذرت، اثرات ناشی از تنش شوری کاهش یافته و استقرار ریشه‌های هوایی که عامل مهمی در کاهش ورس هستند، توسعه زیادی می‌یابند (۳).

سیتوکینین‌ها به‌طور زیادی رشد گیاهان زراعی کشت شده تحت تنش شوری را بهبود می‌بخشند (۴۱). افزایش در شوری همراه با کاهش انتقال سیتوکینین از ریشه به بخش‌های هوایی گیاه می‌باشد (۴۳). از طرفی میزان کافی سیتوکینین برای رشد و نمو طبیعی ضروری است (۷). بنابراین مصرف خارجی سیتوکینین احتمالاً می‌تواند اثرات تنش شوری را بر رشد و عملکرد دانه ذرت کاهش دهد. تجزیه نشاسته و تجمع قندها در آندوسپرم گندم توسط سیتوکینین افزایش می‌یابد که این امر منجر به افزایش شیب اسمزی برای ورود آب می‌شود (۵). سیتوکینین از طریق تجمع کلروفیل و تبدیل اتیوپلاست به کلروپلاست و جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد پیری برگ را به تعویق می‌اندازد. لذا این امکان وجود دارد که در پاسخ به شرایط محیطی نامناسب، مؤثر باشد (۲ و ۱۶). نقش سیتوکینین‌ها در کاهش تجزیه کلروفیل با افزایش تقسیم سلولی، رشد سلول، افزایش بیوسنتز کلروفیل و تأخیر در روند پیری برگ گزارش شده است (۴۵). در آزمایشی در ذرت نشان داده شد که سیتوکینین عکس ABA در بسته شدن روزنه‌ها در برگ‌های پیر و جوان عمل می‌کند (۴). مصرف خارجی سیتوکینین باعث افزایش عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت در شرایط شور گردید (۲۴). مصرف خارجی کینتین بر اثرات شوری بر رشد گیاهچه‌های گندم (*Triticum aestivum* L.) غلبه کرد (۳۵) گزارش شده است که استفاده از سیتوکینین باعث افزایش وزن و ارتفاع ساقه و برگ‌ها و مقدار قند بیشتر در ذرت شد (۱۴).

اکسین‌ها نیز نقش بسیار مهمی در تحمل گیاهان به تنش شوری دارند. ولی اطلاعات کمی در خصوص رابطه بین تحمل شوری و سطوح اکسین در گیاهان وجود دارد. مشاهده شده است که در تیمارهای مصرف هورمون اکسین نسبت به عدم مصرف ریزش برگ‌های ذرت کاهش یافته است (۱).

شوری موجب کاهش ۷۵ درصدی در میزان اکسین برنج گردید (۸). مقدار اکسین در مرحله پر شدن دانه گندم به حداکثر مقدار خود می‌رسد و نقش مهمی را در تنظیم پر شدن دانه بازی می‌کند (۵). در آزمایشی همراه با افزایش اکسین در گیاه ذرت مقدار DNA در هسته و میانگین قطر هسته افزایش یافت که می‌تواند در تحمل گیاه در

تنش‌های غیرزیستی مؤثر باشد (۳۰). میزان پر شدن دانه در غلات ارتباط نزدیکی با ظرفیت مقصد دارد (۲۹). در آزمایشی مشخص شد دوره زمانی تجمع سیتوکینین کاملاً با زمان تجمع اکسین در هنگام نمو آندوسپرم ذرت تفاوت داشت. حداکثر سرعت تقسیم سلولی با زمان تجمع زآتین و زآتین ریوساید همزمان بود. از این رو این نتیجه با این فرضیه که سیتوکینین باعث تحریک تقسیم سلولی می‌گردد مطابقت دارد. سرعت افزایش وزن تر آندوسپرم در هنگام تقسیم سلولی افزایش یافت و ۱۰ روز بعد از گرده‌افشانی به حداکثر رسید که همزمان با رسیدن اکسین به حداکثر مقدار خود بود (۲۱). این آزمایش به منظور بررسی تأثیر زمان محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین، الگوی کاشت و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای سینگل‌کراس ۷۰۴ و تعیین بهترین الگوی کاشت و زمان محلول‌پاشی هورمون‌های اکسین و سیتوکینین در شرایط شور بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در ایستگاه تحقیقاتی مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی بوشهر واقع در شهرستان دشتستان به‌صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. محل اجرای آزمایش در عرض جغرافیایی ۲۹ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۳۱ دقیقه شمالی واقع شده و ارتفاع آن از سطح دریا برابر با ۷۰ متر می‌باشد. متوسط بارندگی سالانه در منطقه ۲۵۰ میلی‌متر است. براساس نتایج آزمایش خاک و آب، بافت خاک محل آزمایش دارای ۱۵/۱٪ رس، ۳۱/۵٪ سیلت و ۵۳/۴٪ شن (خاک لوم شنی)، مقادیر کربن آلی، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ۵/۵٪، ۱۱/۶ و ۱۹۵ میلی‌گرم در کیلوگرم در عصاره اشباع، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برابر با ۴/۹۸ و آب مزرعه برابر با ۴ دسی‌زیمنس بر متر که بر این اساس خاک مزرعه در محدوده خاک‌های شور و آب آبیاری در گروه آب‌های لب شور قرار داشت و pH خاک و آب به‌ترتیب ۷/۵ و ۷/۷ بود. فاکتورهای مورد بررسی شامل روش کشت (یک ردیف روی پشته، دو ردیف طرفین پشته به‌صورت زیگزآگ و یک ردیف کف فارو)، هورمون اکسین (شاهد یا عدم مصرف، مصرف در زمان ظهور ابریشم و مصرف دو هفته پس از ظهور ابریشم) و هورمون سیتوکینین (شاهد یا عدم مصرف، مصرف در زمان تشکیل جوانه بلال یعنی مرحله V₅-V₆ و مصرف در مرحله V₈-V₁₀) بود. الگوی کاشت به‌عنوان فاکتور اصلی و هورمون‌های اکسین و سیتوکینین به‌صورت فاکتوریل به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شد. آماده‌سازی زمین با انجام عملیات شخم، دو دیسک عمود برهم و ایجاد جوی پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتی‌متر با فاروئر انجام شد. کاشت به‌صورت کپه‌ای با فواصل مشخص برای روش‌های

نمک در روی پشته، منجر به تأخیر در ابریشم‌دهی و گرده‌افشانی و در نهایت کاهش عملکرد می‌گردد، به‌طوری‌که ممکن است اصلاً در سطح بلال دانه تشکیل نشود (۱۹ و ۳۴). طبق نتایج حاصل از اجرای یک طرح در سطح یک هکتار ذرت، تیمار کاشت در کف جوی با عملکرد ۷۴۶۶ کیلوگرم در هکتار نسبت به کاشت روی پشته با عملکرد ۶۶۶۶ کیلوگرم در هکتار، ۱۲ درصد افزایش عملکرد دانه داشته است. این افزایش عملکرد احتمالاً به دلیل افزایش کارایی مصرف آب، کاهش میزان نمک در اطراف بوته ذرت و افزایش رشد و توسعه سیستم ریشه بوده که در جذب آب و مواد غذایی و افزایش بهره‌وری در استفاده از کودها بسیار مؤثر بوده است (۳).

زمان محلول‌پاشی اکسین نیز در سطح ۱٪ بر عملکرد دانه معنی‌دار بود (جدول ۱) به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه با ۶/۵۷ با محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم و کمترین عملکرد دانه برابر با ۵/۲۵ تن در هکتار با محلول‌پاشی اکسین در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم مشاهده گردید در حالی که تفاوتی با تیمار شاهد نداشت (جدول ۲). زمان محلول‌پاشی سیتوکینین بر عملکرد دانه معنی‌دار نشد. تصور می‌شود که هورمون‌ها در مقصد فاکتور تعیین‌کننده برای ظرفیت مقصد باشند (۸). اکسین‌ها با تأثیر بر تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های آندوسپرم و یا کنترل مواد پرورده مهم به سمت مقصد و ظرفیت مقصد دخیل هستند (۱۷).

نتایج این پژوهش نشان داد که عملکرد دانه تحت تأثیر اثر متقابل الگوی کشت و زمان محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین قرار گرفت (جدول ۱). در هر دو الگوی کشت معمول و دو ردیفه بیشترین عملکرد دانه بدون مصرف سیتوکینین و با مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به‌دست آمد در حالی‌که در الگوی کشت کف فارو بیشترین مقدار عملکرد دانه با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم مشاهده شد. الگوی کشت معمول کمترین عملکرد دانه را با مصرف سیتوکینین در زمان ۸ تا ۱۰ برگی و بدون مصرف اکسین داشت ولی کشت دو ردیفه کمترین عملکرد دانه را با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی و مصرف اکسین دو هفته بعد از ظهور ابریشم داشت. همچنین کمترین مقدار عملکرد دانه در کشت کف فارو با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین دو هفته بعد از ظهور ابریشم به‌دست آمد (شکل ۱). براساس یک فرضیه، سیتوکینین‌ها می‌توانند تحمل شوری را در گندم از طریق اثر متقابل با دیگر هورمون‌های گیاهی به‌ویژه اکسین‌ها افزایش دهند (۲۲). سیتوکینین‌ها با دارا بودن توانایی اثرگذاری بر نفوذپذیری غشاء به یون‌های یک و دو ظرفیتی و القاء موضعی مقصدهای متابولیکی پیری برگ را به تعویق می‌اندازند و لذا مدت زمان انجام فتوسنتز برگ را طولانی‌تر نموده و عملکرد دانه را افزایش می‌دهند (۳۰). اثر الگوی کاشت بر روی ارتفاع بوته در سطح ۱٪ معنی‌دار شد (جدول ۱).

مختلف کشت و سه عدد بذر در هر کپه با عمق ۵ سانتی‌متر بود. سپس جهت حصول تراکم بوته مناسب، عملیات تنک کردن با حذف بوته در هر کپه در مرحله سه تا چهار برگی اجرا شد. هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کاشت به طول شش متر بود. فاصله بوته‌ها روی ردیف در الگوی کاشت یک ردیف روی پشته و کف فارو برابر با ۱۸ و در روش دو ردیفه برابر با ۳۶ سانتی‌متر بود و بدین ترتیب تراکم بوته برای تمامی تیمارها ۷۵۰۰ بوته در هکتار ثابت در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت ۱۵ مرداد ماه یعنی تاریخ کاشت مرسوم منطقه بود. مقادیر کود مصرفی در تمام تیمارها یکسان و براساس آزمون خاک و توصیه آزمایشگاه خاکشناسی طبق فرمول کودی ۴۰۰ کیلوگرم اوره و ۳۰۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم استفاده شد ولی نیازی به مصرف پتاسیم نبود. یک سوم کود نیتروژن و کل کود فسفره قبل از کاشت به روش دستی در کنار پشته‌ها جای‌گذاری شد و دو سوم باقیمانده کود نیتروژن به‌صورت سرک در مرحله ۶ تا ۸ برگی مصرف شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت دستی انجام شد. از ایندول بوتریک اسید و بنزیل آدنین به‌ترتیب به‌عنوان هورمون‌های اکسین و سیتوکینین استفاده شد. که به‌ترتیب با غلظت ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر محلول‌پاشی شدند. جهت حلالیت بیشتر ابتدا هر دو هورمون در اتانول حل شدند. به منظور جذب بیشتر هورمون‌ها از ماده‌ای چسبنده و مومی به نام توین ۲۰ با نسبت ۰/۵ درصد حجمی استفاده شد. گیاهان شاهد نیز با آب مقطر همراه با توین ۲۰ تیمار شدند. جهت جلوگیری از تبخیر سریع آنها به‌وسیله نور خورشید و هم‌اینکه تا صبح مدت زمان مناسبی جهت جذب بهینه محلول وجود داشته باشد، محلول‌پاشی هورمون‌ها هم‌زمان با غروب آفتاب انجام شد. برای اندازه‌گیری صفات ارتفاع بوته، طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ردیف، تعداد ردیف بلال و وزن هزار دانه ۱۰ بوته به‌طور تصادفی در هر کرت انتخاب شد. برداشت نهایی بعد از حذف حاشیه‌ها، از ۳ ردیف وسط و سطح ۹ مترمربع در هر کرت انجام شد و پس از جدا کردن دانه از بلال به‌وسیله دستگاه شیلر، عملکرد دانه براساس رطوبت ۱۴ درصد محاسبه گردید. برای انجام محاسبات آماری از نرم‌افزارهای SAS و SPSS و برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

عملکرد دانه در سطح ۵٪ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱) و بیشترین عملکرد دانه با ۷/۵۵ با کشت کف فارو و کمترین آن با الگوی کشت معمول با میانگین ۴/۰۹ تن در هکتار به‌دست آمد (جدول ۲). ایجاد هرگونه تنش، از قبیل افزایش تجمع

جدول ۱- تجزیه واریانس برای اثر هورمون‌های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر روی صفات مختلف
Table 1- Analysis of variance for the effect of planting pattern and growth regulator on different characteristics

منابع تغییرات	S.O.V.	درجه آزادی d.f.	میانگین مربعات (MS)								
			عملکرد دانه Grain Yield	ارتفاع بوته Plant height	طول بلال Ear length	قطر بلال Ear diameter	تعداد ردیف دانه Row number. per ear	تعداد دانه در ردیف Kernel number. per row	وزن هزار دانه 1000 kernel wieght	درصد چوب بلال Cob percent	شاخص برداشت Harvest index
تکرار	Replication	2	58.58	6252.852	33.094	0.353	1.903	234.517	6077.589	228.167	59.447
الگوی کاشت	Planting Pattern (A)	2	81.785*	5016.235**	55.837*	3.936**	32.790**	145.050**	23009.792**	1473.155**	376.970*
خطای a	Error a	4	8.261	1414.290	8.620	0.065	1.692	57.109	2279.078	83.075	64.903
سیتوکینین	Cytokinine (B)	2	0.331 ^{ns}	340.980**	3.396 ^{ns}	0.027 ^{ns}	10.571**	41.212*	11537.103**	6.352 ^{ns}	377.707**
اکسین	Auxin (C)	2	15.536**	16.262 ^{ns}	0.593 ^{ns}	0.045 ^{ns}	0.057 ^{ns}	6.760 ^{ns}	5412.178**	716.657**	1326.376**
روش کاشت سیتوکینین ×	A×B	4	0.123 ^{ns}	164.657 ^{ns}	1.341 ^{ns}	0.038 ^{ns}	0.383 ^{ns}	10.288 ^{ns}	1921.494*	58.144 ^{ns}	161.307*
روش کاشت اکسین ×	A×C	4	0.558 ^{ns}	77.816 ^{ns}	1.968 ^{ns}	0.082 ^{ns}	0.091 ^{ns}	17.371 ^{ns}	447.997**	174.934**	72.029 ^{ns}
اکسین × سیتوکینین	B×C	4	1.222 ^{ns}	268.328 ^{ns}	0.240 ^{ns}	0.023 ^{ns}	0.211 ^{ns}	8.422 ^{ns}	1164.841 ^{ns}	90.972 ^{ns}	8.614 ^{ns}
اکسین × سیتوکینین × الگوی کاشت	A × B × C	8	4.745**	183.065 ^{ns}	1.990 ^{ns}	0.040 ^{ns}	1.240**	32.882*	333.525 ^{ns}	75.505 ^{ns}	55.597 ^{ns}
خطای bc	Error bc	48	1.645	126.039	2.520	0.053	0.367	14.761	664.718	46.834	53.599
ضریب تغییرات (%)	CV%		12.5	6.82	10.68	5.832	4.38	9.99	11.67	8.36	17.04

^{ns}، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪

ns, *, **: Not-significant and significant at the 5% and 1% probability levels, respectively

با تنش شوری یا خشکی روبه‌رو می‌گردد (۲۵). به طور کلی با افزایش تأثیر شوری بر روی رشد گیاه، علاوه بر کاهش عملکرد دانه، ارتفاع گیاه، تعداد دانه در بلال و وزن هزار دانه نیز کاهش می‌یابد، چرا که با افزایش غلظت املاح، فشار اسمزی محلول خاک زیاد می‌شود، در نتیجه مقدار انرژی که گیاه باید صرف جذب آب از خاک نماید افزایش می‌یابد که این عمل باعث افزایش تنفس و کاهش ارتفاع و عملکرد گیاه می‌شود. نتیجه این تحقیق با مشاهدات نجفی نژاد و فرزنام نیا (۳۴) مطابقت دارد ولی سیادت و هاشمی دزفولی (۴۲) نشان دادند که ارتفاع بوته ذرت تحت تأثیر الگوی کشت قرار نمی‌گیرد که البته احتمالاً دلیل این مغایرت شرایط شور و غیر شور این دو آزمایش بود. زمان محلول‌پاشی سیتوکینین صفت ارتفاع بوته را در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۱) و بیشترین مقدار آن از زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی برابر با ۱۶۷/۶۸ و کمترین ارتفاع بوته با ۱۶۰/۷ سانتی‌متر با محلول‌پاشی در مرحله پنج تا شش برگی مشاهده گردید (جدول ۲).

مقایسه میانگین‌ها (جدول ۲) نشان داد که بیشترین ارتفاع بوته از روش کاشت کف فارو با ۱۷۸/۸۹ و کمترین مقدار با کشت معمول با ۱۵۱/۷۴ سانتی‌متر به‌دست آمد. خصوصیات آناتومیک و مورفولوژیک گیاهان زراعی به‌طور مستقیم تحت تأثیر شوری قرار می‌گیرند. ارتفاع بوته در اغلب منابع به‌عنوان یکی از معیارهای توانایی رقابتی ارقام و گونه‌های مختلف زراعی مطرح است که خود تحت تأثیر الگوی کاشت و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۳۱). با توجه به نتایج به‌دست آمده می‌توان گفت شوری از طریق کاهش فشار تورژسانس سبب کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصاً در ساقه و برگ‌ها گردیده و به همین دلیل اولین اثر محسوس شوری بر روی گیاهان به‌صورت ارتفاع کمتر گیاهان مشاهده گردید. به علاوه از آنجا که شوری موجب اختلال در جذب عناصر غذایی و برهم زدن تعادل یونی در گیاه می‌شود، می‌توان کاهش رشد ساقه را به کمبود عناصر غذایی و اختلالات تغذیه‌ای ناشی از شوری نسبت داد (۳۲). الگوی کاشت کف فارو یک روش مناسب برای مناطقی است که گیاه در طول دوره رشد

جدول ۲- مقایسه میانگین برای اثر هورمون‌های سیتوکینین و اکسین و الگوی کاشت بر روی صفات مختلف

Table 2- Mean comparison of the effects of auxin and cytokinin hormones and planting pattern on different traits

شاخص برداشت Harvest index	درصد چوب بلال (درصد) Cob percent (%)	وزن هزار دانه (گرم) 1000 kernel weight (g)	تعداد دانه در ردیف Kernel number. per row	تعداد ردیف دانه در بلال Row number. per ear	قطر بلال (سانتی متر) Ear diameter (cm)	طول بلال (سانتی متر) Ear length (cm)	ارتفاع بوته (سانتی متر) Plant height (cm)	عملکرد دانه (تن در هکتار) Grain yield (ton.ha ⁻¹)	Treatment	تیمار
الگوی کشت (Planting Pattern)										
یک ردیفه	29.75a	35.81ab	187.66b	36.14c	12.60b	3.52c	13.26b	4.09b	Ridge Planting	یک ردیفه
دو ردیفه	22.80b	39.03a	231.79a	38.35b	14.14a	4.05b	15.24ab	5.45ab	Double Rows	دو ردیفه
کف فارو	28.65ab	24.94b	242.89a	40.77a	14.74a	4.26a	16.06a	7.55a	Furrow planting	کف فارو
زمان مصرف سیتوکینین (Time of cytokinin application)										
بدون مصرف	28.23a	32.70a	232.66a	39.49a	13.52b	3.97a	15.26a	5.82a	Control	بدون مصرف
۵ تا ۶ برگی	30.09a	33.59a	233.05a	38.70ab	13.42b	3.91a	14.69a	5.62a	V5- V6	۵ تا ۶ برگی
۸ تا ۱۰ برگی	22.88b	33.49a	196.91b	37.07b	14.55a	3.95a	14.61a	5.64a	V8- V10	۸ تا ۱۰ برگی
زمان مصرف اکسین (Time of Auxin application)										
بدون مصرف	22.23b	36.00a	212.28b	38.94a	13.84a	3.97a	15.00a	5.27b	Control	بدون مصرف
ظهور ابریشم	35.11a	27.32b	237.12a	37.95a	13.78a	3.90a	14.70a	6.57a	Silking	ظهور ابریشم
دو هفته بعد	23.87b	36.46a	212.92b	38.36a	13.87a	3.97a	14.86a	5.25b	Two Weeks Later	دو هفته بعد

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

Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$), using Duncan's Multiple Range Test.

مرحله رشد رویشی قبل از ظهور ابریشم آغاز می‌شود. در این زمان گیاه حداکثر رشد طولی خود را انجام داده است (۱۱). احتمالاً به دلیل اینکه در این تحقیق محلول‌پاشی هورمون اکسین بعد از زمان رسیدن گیاه به حداکثر رشد طولی انجام شده است نتوانست ارتفاع بوته را تحت تأثیر قرار بدهد.

طول بلال در سطح ۵٪ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین طول بلال از روش کاشت کف فارو با ۱۶/۰۶ و کمترین مقدار این صفت با ۱۳/۲۶ سانتی‌متر با الگوی کشت معمول به‌دست آمد (جدول ۲). یزدی‌مطلق و همکاران (۴۹) و حسن‌زاده مقدم (۱۸) دریافتند که در شرایط شور روش کاشت کف فارو از نظر صفت طول بلال نسبت به روش کاشت روی پشته برتری نشان داد. طول بلال تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین قرار نگرفت.

اثر الگوی کاشت در سطح ۱٪ بر روی قطر بلال معنی‌دار شد (جدول ۱). بیشترین مقدار آن از الگوی کاشت کف فارو با ۴/۲۶ و کمترین قطر بلال برابر با ۳/۵۲ سانتی‌متر با الگوی کشت معمول بود (جدول ۲). در این مورد نتایج تحقیق با یافته‌های حسن‌زاده مقدم مطابقت دارد. قطر بلال به زمان مصرف هورمون‌های اکسین و سیتوکینین واکنشی نشان نداد.

اثر الگوی کاشت در سطح ۱٪ بر روی تعداد ردیف دانه در بلال

برخلاف اکسین، سیتوکینین باعث کاهش تقسیم سلولی در ریشه و افزایش تقسیم سلولی در اندام‌های هوایی می‌شود (۳۷). به‌طور کلی پذیرفته شده است که سیتوکینین‌ها در رأس ریشه و بذور در حال نمو گیاهان تولید می‌شود (۴۸) و از طریق آوند آبکش از ریشه به بخش‌های هوایی منتقل می‌شوند. با این حال نقش سیتوکینین‌ها در بسیاری از فرآیندهای مهم رشد و نمو گیاهان از طریق مصرف سیتوکینین خارجی به اثبات رسیده است (۲).

کاهش مشاهده شده در سیتوکینین‌های درونی تحت شرایط تنش مشخص می‌کند که امکان دارد سطوح سیتوکینین یک فاکتور محدودکننده تحت شرایط تنش باشد (۶). پیشنهاد شد که کاهش در محتوای سیتوکینین پاسخ اولیه به تنش شوری بود (۴۵). در آزمایشی بنزیل آدنین بر کاهش سرعت رشد، نسبت ساقه به ریشه و محتوای سیتوکینین درونی در یک واریته حساس به شوری جو غلبه کرد (۲۸). بیشترین رشد طولی ذرت طی مرحله ۹ تا ۱۰ برگی اتفاق می‌افتد (۱۱) که در واقع علت افزایش ارتفاع بوته با مصرف سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی نسبت به تیمار شاهد و زمان مصرف ۵ تا ۶ برگی را می‌توان به این موضوع ربط داد.

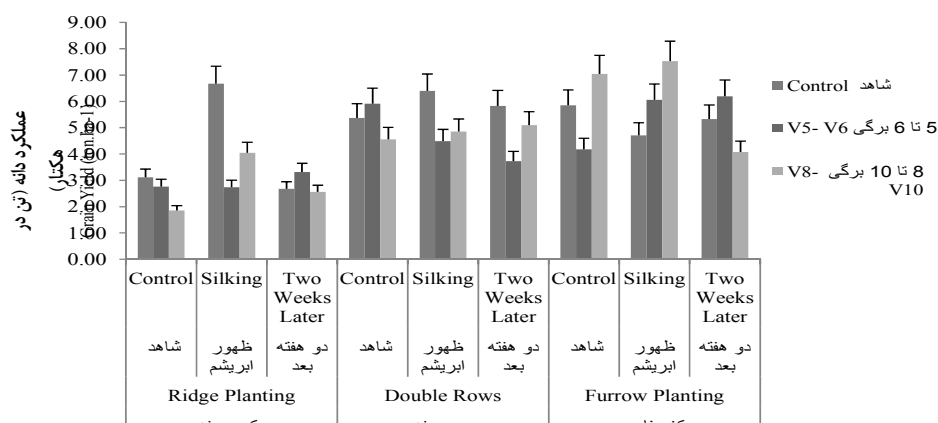
ارتفاع بوته تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی اکسین قرار نگرفت (جدول ۱). هورمون اکسین به عنوان هورمونی جهت افزایش طولی شدن سلولی شناخته می‌شود (۴۴). ظهور گل نر به‌عنوان آخرین

و شرایط نامساعد حیات را برای گیاه به وجود می آورد. برای رفع مشکلات الگوی کاشت معمولی، کشت دو ردیف ذرت در کنار پشته‌ها به صورت زیگزآگ و کشت کف فارو توصیه شده است، که به علت توزیع بهتر بوته‌ها و عدم تجمع نمک پای بوته‌ها در شرایط شور اثر مثبت بر عملکرد خواهد داشت (۳). تعداد ردیف دانه در بلال ذرت در مرحله هشت برگی تعیین می‌شود (۱۱). می‌توان عدم واکنش تعداد ردیف دانه در بلال به زمان مصرف اکسین را با در نظر گرفتن این مسئله که تعداد ردیف دانه در بلال طی مراحل رشد رویشی مشخص می‌شود ولی اکسین در این تحقیق طی رشد زایشی مصرف شده است، توجیه نمود.

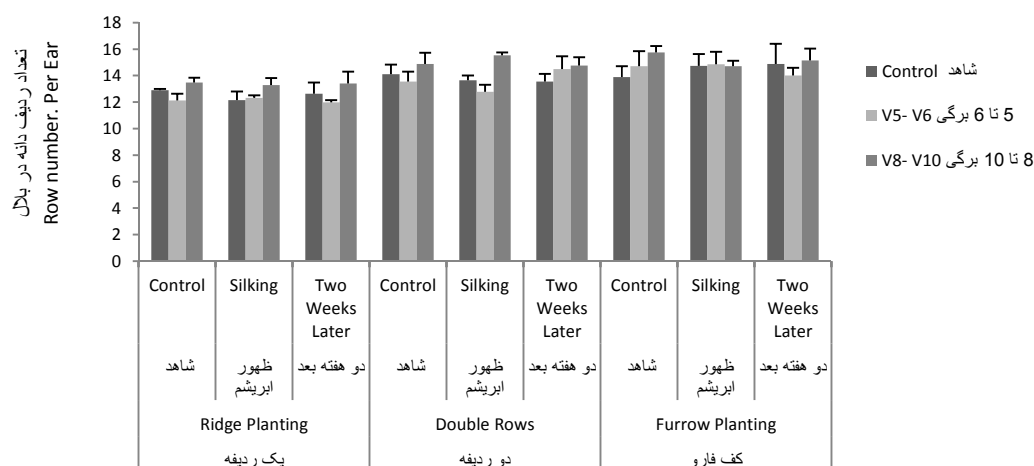
الگوی کاشت توانست تعداد دانه در ردیف بلال را در سطح ۱٪ تحت تأثیر قرار دهد (جدول ۱) و بیشترین مقدار این صفت مربوط به الگوی کاشت کف فارو برابر با ۴۰/۷۷ بود (جدول ۲). زمان محلول‌پاشی سیتوکینین در سطح ۵٪ بر تعداد دانه در ردیف بلال تأثیر گذاشت (جدول ۱) و بیشترین میزان آن برابر با ۳۹/۴۹ با تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۲). تعداد دانه در ردیف بلال در الگوهای مختلف کاشت در سطح ۵٪ تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین قرار گرفت. در الگوی کشت معمول و دوردیفه بیشترین تعداد دانه در ردیف با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و بدون محلول‌پاشی اکسین و کمترین مقدار آن نیز با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی و بدون مصرف اکسین به دست آمد. در حالی که در الگوی کشت کف فارو بیشترین تعداد دانه در ردیف با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و بدون محلول‌پاشی اکسین و کمترین مقدار نیز با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و محلول‌پاشی اکسین در زمان ظهور ابریشم بود (شکل ۳).

معنی دار بود (جدول ۱) و بیشترین مقدار آن از الگوی کاشت کف فارو تعداد ۱۴/۷۴ بود که البته با مقدار حاصل از الگوی کاشت دو ردیفه تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲).

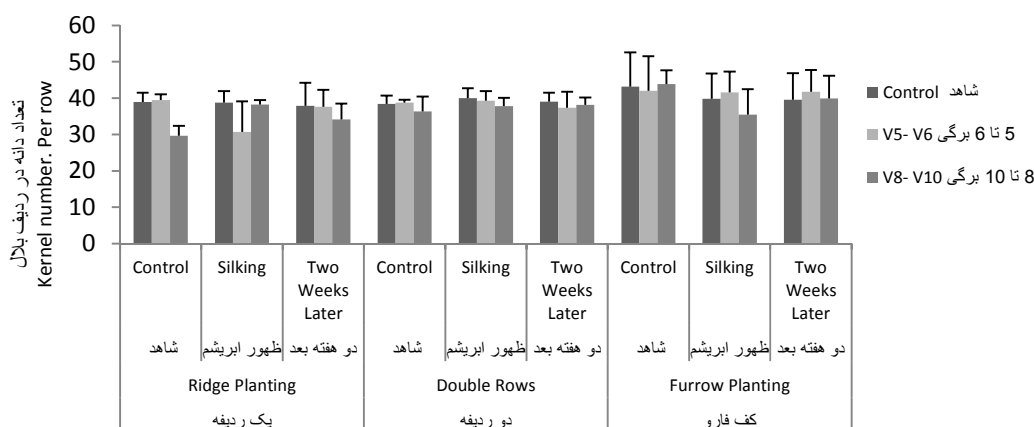
تعداد ردیف دانه در بلال در سطح ۱٪ تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی سیتوکینین قرار گرفت (جدول ۱) و بیشترین میزان آن در زمان محلول‌پاشی ۸ تا ۱۰ برگی برابر با ۱۴/۵۵ به دست آمد (جدول ۲). اثر زمان محلول‌پاشی اکسین بر تعداد ردیف دانه در بلال معنی دار نشد. تعداد ردیف دانه در بلال در الگوهای مختلف کاشت در سطح ۱٪ تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی اکسین و سیتوکینین قرار گرفت. بیشترین ردیف دانه در بلال در الگوی کشت معمول با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم و کمترین مقدار آن با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی و مصرف اکسین در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم مشاهده شد در حالی که در الگوی کشت دوردیفه بیشترین ردیف دانه در بلال با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم و کمترین مقدار آن با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی و مصرف اکسین در زمان ظهور ابریشم به دست آمد. همچنین در الگوی کشت کف فارو بیشترین تعداد ردیف دانه در بلال با محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی و بدون مصرف اکسین بود در حالی که کمترین مقدار بدون مصرف هر دو هورمون به دست آمد (شکل ۲). معمولاً تعداد ردیف دانه در بلال تحت کنترل مکانیسم‌های ژنتیکی بوده ولی عوامل کنترلی نیز بر آن تأثیرگذارند (۲۶). در روش کاشت معمول، بعد از هر آبیاری بر اثر تبخیر مقداری نمک بر روی پشته‌ها باقی می‌ماند که بر اثر آبیاری‌های متعدد این نمک زیاد و زیاده‌تر گشته



شکل ۱- عملکرد دانه در الگوهای مختلف کاشت در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین
Figure 1- Grain yield in different planting patterns at cytokinin and auxin different times of spraying



شکل ۲- تعداد ردیف دانه در بلال در روش‌های مختلف کاشت در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین
Figure 2- Row number Per Ear in different planting patterns at cytokinin and auxin different times of spraying



شکل ۳- تعداد دانه در ردیف در روش‌های مختلف کاشت در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی سیتوکینین و اکسین
Figure 3- Kernel number Per row in different planting patterns at cytokinin and auxin different times of spraying

و کمترین درصد چوب بلال نیز با میانگین ۲۴/۹۴٪ با کشت کف فارو با به دست آمد. اثر زمان محلول‌پاشی سیتوکینین بر درصد چوب بلال معنی‌دار نشد ولی در سطح ۱٪ تحت تأثیر زمان محلول‌پاشی اکسین قرار گرفت (جدول ۱). بیشترین درصد چوب بلال برابر با ۳۶/۴۶٪ مربوط به محلول‌پاشی اکسین در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم بود که البته تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت. کمترین درصد چوب بلال نیز با میانگین ۲۷/۳۲٪ به زمان محلول‌پاشی همزمان با ظهور ابریشم اختصاص داشت. اثر متقابل الگوی کاشت و زمان محلول‌پاشی اکسین نیز بر درصد چوب بلال در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین درصد چوب بلال در الگوی کشت معمول برابر با ۴۲/۹۱ درصد با تیمار شاهد به دست آمد در حالی که در کشت دوردیفه و کف فارو بیشترین درصد چوب بلال به ترتیب برابر با ۴۴/۷۱ و ۲۵/۷۴ درصد با زمان محلول‌پاشی دو

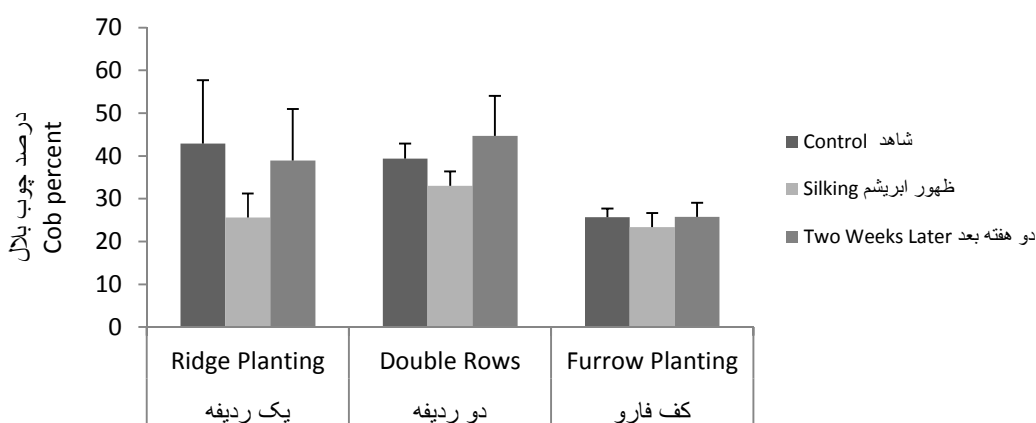
به‌طور کلی در بین همه تیمارها بیشترین مقدار آن با الگوی کاشت کف فارو، بدون محلول‌پاشی اکسین و محلول‌پاشی سیتوکینین در مرحله ۸ تا ۱۰ برگ برابر با ۴۳/۸۳ به دست آمد. با وجود شرایط نامناسب محیطی از جمله تنش شوری، ظهور ابریشم در مقایسه با ظهور گل تاجی خیلی بیشتر به تعویق می‌افتد و تعداد تخمک‌های تلقیح یافته (دانه) کاهش می‌یابد، به عبارت دیگر ظرفیت ذخیره‌سازی مقصد کاهش می‌یابد و نسبت گلچه‌های عقیم افزایش یافته و تعداد دانه در ردیف کاهش می‌یابد. در تحقیقی کاربرد مواد محرک رشد گیاهی اثرات مفیدی بر عملکرد گندم داشته و افزایش عملکرد به دلیل افزایش تعداد دانه در واحد سطح بوده است (۳۹).

اثر الگوی کشت بر درصد چوب بلال در سطح ۱٪ معنی‌دار بود (جدول ۱) و بیشترین میزان این صفت با ۳۹/۰۳٪ با کشت دوردیفه

(جدول ۱). در الگوی کاشت معمول و کف فارو بیشترین مقدار این صفت با مصرف در زمان ظهور ابریشم بود در حالی که در الگوی کشت دو ردیفه به زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم اختصاص داشت. کمترین وزن هزار دانه در کشت معمول به زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم، در کشت دو ردیفه به زمان مصرف دو هفته بعد از ظهور ابریشم و در کشت کف فارو به تیمار شاهد اختصاص داشت (شکل ۶). روند کاهشی عملکرد دانه با افزایش شوری می تواند به دلیل کاهش وزن هزار دانه و اختلال در گرده افشانی و مراحل فتوسنتزی گیاه و انتقال مواد به دانه ها در شرایط شور باشد (۲۸). کاهش وزن هزار دانه ممکن است به یکی از دو دلیل کاهش میزان مواد فتوسنتزی وارد شده به بلال به دلیل اختصاص بخشی از مواد فتوسنتزی تولید شده برای تنظیم اسمزی مورد نیاز گیاه و یا کاهش طول دوره پر شدن دانه ها باشد (۳۳). یکی از اهداف محلول پاشی هورمون های گیاهی طی دوره زایشی افزایش دوره سبزیگی و فعالیت فتوسنتزی برگ ها برای انتقال مواد فتوسنتزی بیشتر به دانه است (۱۵). پونلایت و همکاران (۳۸) گزارش دادند که وزن تک دانه ذرت یکی از اجزاء مؤثر در تنظیم عملکرد است، اما نسبت به دیگر اجزاء عملکرد از حساسیت کمتری برخوردار است. براساس گزارش کوچکی و سرمدنی (۲۷) هورمون ها با تأثیر بر تشکیل، نمو و از بین رفتن گل ها و بذرها اثر مهمی در روابط بین مبدأ و مقصد گیاهان می گذارند و ممکن است از طریق تأثیر بر روی نیاز مقصد به طور غیر مستقیم روی سرعت انتقال اثر بگذارند. با توجه به عملکرد فیزیولوژیکی سیتوکینین هیچ تردیدی وجود ندارد که کاهش سطوح سیتوکینین داخلی می تواند باعث کاهش فعالیت مقصد و تسریع روند پیری در شرایط تنش شوری شود (۴۷). اثرات مثبت اکسین در نمو دانه از طریق افزایش انتقال فرآورده های فتوسنتزی در مورد ذرت به اثبات رسیده است (۹).

هفته بعد از ظهور ابریشم مشاهده شد. همچنین کمترین درصد چوب بلال در هر سه الگوی کشت به ترتیب برابر با ۲۵/۵۹، ۳۲/۹۹ و ۲۳/۳۷ درصد به محلول پاشی اکسین در زمان ظهور ابریشم اختصاص داشت (شکل ۴). وزن هزار دانه در سطح ۱٪ تحت تأثیر الگوی کاشت قرار گرفت (جدول ۱) و بیشترین مقدار آن با کشت کف فارو برابر با ۲۴۲/۸۹ گرم به دست آمد که البته تفاوت معنی داری با مقدار مشاهده شده در الگوی کشت دو ردیفه نشان نداد. همچنین کمترین وزن هزار دانه با ۱۸۷/۶۶ گرم به الگوی کشت معمول اختصاص داشت (جدول ۲).

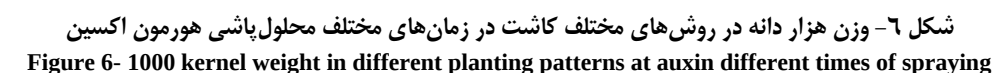
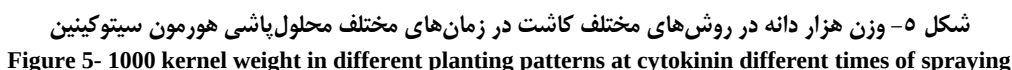
اثر زمان محلول پاشی سیتوکینین در سطح ۱٪ بر وزن هزار دانه معنی دار شد (جدول ۱) به طوری که بیشترین میزان آن با ۲۳۳/۰۵ گرم در تیمار محلول پاشی در مرحله ۵ تا ۶ برگی به دست آمد ولی اختلاف معنی داری با تیمار شاهد نداشت (جدول ۲). کمترین مقدار نیز برابر با ۱۹۶/۹۱ گرم به محلول پاشی در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی اختصاص داشت. اثر محلول پاشی اکسین نیز در سطح ۱٪ بر وزن هزار دانه معنی دار شد (جدول ۱) و بیشترین میزان این صفت با ۲۳۷/۱۲ گرم در تیمار محلول پاشی در زمان ظهور ابریشم حاصل شد و کمترین میزان نیز با ۲۱۲/۲۸ گرم با تیمار شاهد به دست آمد ولی اختلاف معنی داری با تیمار محلول پاشی در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم نداشت (جدول ۲). اثر متقابل الگوی کاشت و زمان محلول پاشی سیتوکینین بر وزن هزار دانه در سطح ۵٪ معنی دار بود (جدول ۱). در الگوی کاشت معمول و کف فارو بیشترین مقدار این صفت بدون مصرف سیتوکینین ولی در الگوی کشت دوردیفه بیشترین مقدار به مصرف در مرحله ۵ تا ۶ برگی تعلق داشت. در هر سه الگوی کشت کمترین وزن هزار دانه با مصرف در مرحله ۸ تا ۱۰ برگی مشاهده شد (شکل ۵). اثر متقابل الگوی کاشت و زمان محلول پاشی اکسین نیز بر وزن هزار دانه در سطح ۱٪ معنی دار بود

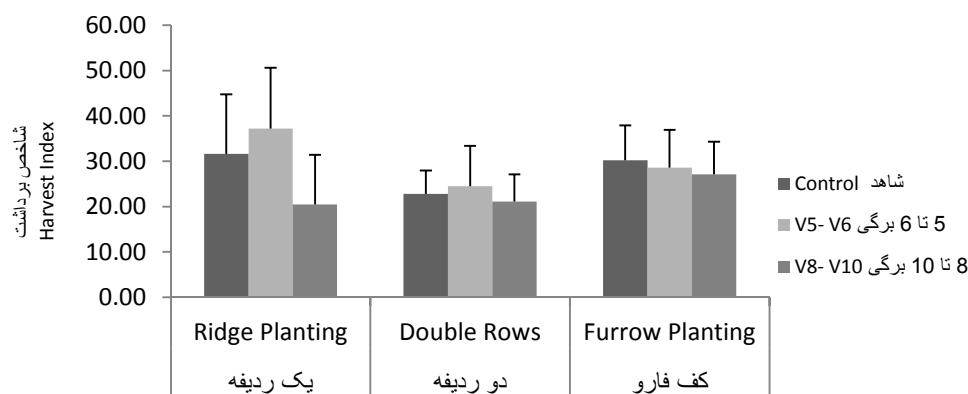


شکل ۴- درصد چوب بلال در روش های مختلف کاشت در زمان های مختلف محلول پاشی هورمون اکسین
Figure 4- Cob percent in different planting patterns at auxin different times of spraying

اثر متقابل الگوی کاشت و زمان محلول پاشی سیتوکینین بر شاخص برداشت در سطح ۵٪ معنی دار بود. در الگوهای کشت معمول و دوردیفه بیشترین شاخص برداشت با مصرف سیتوکینین در مرحله ۵ تا ۶ برگی به دست آمد در حالی که در الگوی کشت کف فارو بیشترین شاخص برداشت بدون مصرف سیتوکینین حاصل شد. در هر سه الگوی کشت کمترین شاخص برداشت به زمان مصرف ۸ تا ۱۰ برگی اختصاص داشت (شکل ۷) که احتمالاً به دلیل برهم خوردن تعادل هورمونی در این تیمار می باشد. عواملی که انتقال آسیمیلیاسیون مقصد را کنترل می کنند، روی توزیع مواد فتوسنتزی نیز کنترل دارند و هورمون ها از طریق اثر روی فعالیت آنزیمی و انعطاف پذیری سلول های مقصد تأثیر به سزایی روی توزیع مواد فتوسنتزی دارند. (۲۷).

زمان محلول‌پاشی هورمون نیز در سطح ۱٪ بر شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۱) به‌طوری‌که در مورد اکسین بیشترین میزان شاخص برداشت با ۳۵/۱۱ درصد با محلول‌پاشی در زمان ظهور ابریشم بود در حالی که کمترین میزان با ۲۲/۲۳ درصد با تیمار شاهد مشاهده گردید که البته با تیمار محلول‌پاشی در زمان دو هفته بعد از ظهور ابریشم تفاوت معنی‌داری نداشت. در مورد سیتو‌کینین بیشترین شاخص برداشت با ۳۰/۰۹ با محلول‌پاشی در مرحله ۵ تا ۶ برگه





شکل ۷- شاخص برداشت در روش‌های مختلف کاشت در زمان‌های مختلف محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین
Figure 7- Harvest index in different planting patterns at cytokinin different times of spraying

نتیجه‌گیری

ظرفیت مقصد تأثیر گذار است. اکسین موجب تبدیل بیشتر ساکاروز به نشاسته و افزایش برقراری شیب غلظت می‌شود و از این طریق ظرفیت مخزن (وزن دانه) افزایش می‌یابد که در این تحقیق نیز هورمون اکسین از طریق افزایش وزن هزار دانه عملکرد را افزایش داد. از طرفی نکته قابل توجه در این آزمایش اهمیت استفاده از آب‌های شور و لب‌شور و سازگاری در کشاورزی مناطق شور می‌باشد که با تغییر روش‌های کاشت در شرایط شور می‌تواند اثر شگرفی بر روی عملکرد دانه گذاشته به نحوی که اثر شوری تا حد امکان کاهش یابد زیرا با روش کاشت کف فارو، به دلیل کاهش تجمع نمک در آن، محیط مناسب‌تری نسبت به روش کاشت روی پشته برای رشد گیاه فراهم می‌شود.

افزایش شوری همراه با کاهش سطوح اکسین و سیتوکینین در بافت‌های گیاهی و افزایش در سطوح ABA و جاسمونیک اسید می‌باشد. تغییرات ایجاد شده در سطوح هورمون‌ها در بافت‌های گیاهی یک فرآیند آغازی کنترل‌کننده کاهش رشد ناشی از شوری می‌باشد. نتایج این تحقیق نشان داد که مصرف خارجی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین، می‌تواند مقاومت ذرت را در برابر شوری افزایش داده و پتانسیل دانه را به شرایط مطلوب نزدیک نماید. مصرف سیتوکینین در مرحله تشکیل جوانه بلال، توانست تعداد مخزن (دانه) را افزایش دهد. اکسین با تأثیر بر تقسیم سلولی و بزرگ شدن سلول‌های آندوسپرم و یا کنترل مواد پرورده به سمت مقصد بر

References

- Ashraf, M., Azhar, N., and Hussain, M. 2006. Indole acetic acid (IAA) induced changes in growth, relative water contents and gas exchange attributes of barley (*Hordeum vulgare* L.) grown under water stress conditions. *Journal of Plant Growth Regulation* 50: 85-90.
- Ashraf, M., Athar, H. R., Harris, P. J. C., and Kwon, T. R. 2008. Some prospective strategies for improving crop salt tolerance. *Advances in Agronomy* 97: 45-110.
- Barzegari, M. 2006. Research report on planting corn in furrow on light, saline and sandy soils. Safi Abad Agricultural Research Center of Dezful, 32p. (in Persian).
- Blackman, P. G., and Davies, W. J. 1984. Modification of the CO₂ responses of maize stomata by abscisic acid and by naturally occurring and synthetic cytokinins. *Journal of Experimental Botany* 35: 174-179.
- Boothby, D., and Wright, S. T. C. 1962. Effect of kinetin and other growth regulators on starch degradation. *Nature*, 196: 389-390.
- Boucaud, J., and Ungar, I. A. 1976. Hormonal control of germination under saline conditions of three halophyte taxa in genus *Suaeda*. *Physiological Plantarum* 36: 197-200.
- Brault, M., and Maldiney, R. 1999. Mechanisms of cytokinin action. *Plant Physiology and Biochemistry* 37: 403-412.
- Brenner, M. L., and Cheikh, N. 1995. The role of hormones in photosynthate partitioning and seed filling. PP 649-670. In: Davies P.J. (ed.), *Plant Hormones*, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands.
- Darussalam Cole, M. A., and Patrick, J. W. 1998. Auxin control of photoassimilate transport to and within developing grains of wheat. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 69-77.
- Esmaili, A., and Roshan, A. 2006. Effects of nitrogen fertilizer on the environment. *Zeitun Journal* 18: 20-30. (in

- Persian).
11. Espinoza, L., and Ross, J. 1996. Corn production. Arkansas, Arkansas Univ, Pp: 5-10.
 12. FAO report. 2013. [http:// www. Fao. Org/ economic/ess/ess- publication/ ess- yearbook/ en/#. VNh3lyx8XGg](http://www.Fao.Org/economic/ess/ess-publication/ess-yearbook/en/#.VNh3lyx8XGg).
 13. Fischer, R. A., and Miles, R. E. 1973. The role of spatial pattern in the competition between crop plants and weeds. A theoretical analysis. *Math. Biology Science* 18: 35.
 14. Foidle, N., Makkar, H. P. S., and Becker, K. 2001. The Potential of *Moringa Oleifera* for Agricultural and Industrial Uses. PP 45–76. In: Fuglie, L. J. (ed.), *The Miracle Tree: The Multiple Attribute of Moringa*.
 15. Garsia, R., and Hanowy, J. J. 1996. Foliar fertilization of Soybean during the seed filling period. *Agronomy Journal* 68: 653-657.
 16. Grossman, S., and Leshem, Y. 2006. Lowering of Endogenous Lipoxxygenase Activity in *Pisum sativum* Foliage by Cytokinin as Related to Senescence. *Physiological Plantarum* 43: 359-362.
 17. Hansen, H. K., and Grossmann, K. 2000. Auxin-induced enthylene triggers abscisic acid biosynthesis and growth inhibition. *Plant Physiology* 124: 1437-1448.
 18. Hasanzadeh- Moghaddam, H. 2004. Effect of cultivation methods and plant density on yield and forage maize in saline soils. Number series, 86/341. Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi. (in Persian).
 19. Hashemi- Dezfuli, S., Alami, S., Siadat, S. A., and Komaili, M. 2001. Effect of planting date on yield of two varieties of sweet corn on the weather conditions in Khuzestan. *J of Agri Sci.* 32: 681-689. (in Persian with English abstract).
 20. Hoffman, G. J., Mass, E. V., Prichard, T. L., and Meyer, J. L. 1983. Salt tolerance of corn in the Sacramento-San Joaquin Delta of California. *Irrigation Science* 4: 31-44.
 21. Huu-Sheng, L., and Tim, S. 1993. Role of Auxin in Maize Endosperm Development. *Plant Physiology* 103: 273-280.
 22. Iqbal, M., and Ashraf, M. 2010. Gibberellic acid mediated induction of salt tolerance in wheat plants: Growth, ionic partitioning, photosynthesis, yield and hormonal homeostasis. *Environmental and Experimental Botany* 86: 76-85.
 23. Kaya, C., Tuna, A. L., and Yokas, I. 2009. The Role of Plant Hormones in Plants under Salinity Stress. *Book Salinity and Water Stress* 44: 45-50.
 24. Kaya, C., Tuna, A. L., and Okant, A. M. 2010. Effect of foliar applied kinetin and indole acetic acid on maize plants grown under saline conditions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 34: 529-538.
 25. Khavari- Khorasani, S. 2012. *The Handbook of corn production*. Gholami Press, 250 pp. (in Persian).
 26. Koocheki, A., and Banayan, M. 1994. *Crop physiology*. SID Publication of Mashhad. (in Persian).
 27. Koocheki, A., and Sarmadnia, G., 2012. *Crop physiology*. SID Publication of Mashhad. (in Persian).
 28. Kuiper, D., Schuit, J., and Kuiper, P. J. C. 1990. Actual cytokinin concentrations in plant tissue as an indicator for salt resistance in cereals. *Plant Soil* 123: 243-250.
 29. Lacerda, C. F. D., Cambraia, J., Oliva, M. A., Ruiz, H. A., and Prisco, J. T. 2003. Solute accumulation and distribution during shoot and leaf development in two sorghum genotypes under salt stress. *Environmental and Experimental Botany* 49: 107-120.
 30. Letham, D. S. 1978. Cytokinins. PP 205-243. In: Letham DS, Goodwin PB, Higgins TJV (ed) *Phytohormones and related compounds*. Vol 1. Elsevier, Amsterdam.
 31. Machanda, G., and Garg, N. 2008. Salinity and its effects on the functional biology of legumes. *Agricultural Plant Physiology* 30: 595-618.
 32. Mirmohammadi- Maibodi, S. A., and Ghareyazi, B. 2002. *Physiological and breeding aspects of plant salinity*. University of Isfahan Press, 245 pp. (in Persian).
 33. Mozafar, A., and Goodin, J. R. 1986. Salt tolerance of two different drought-tolerant wheat genotypes during germination and early seedling growth. *Plant and Soil Science* 96: 303-316.
 34. Najafinejad, H., and Farzamniya, M. 2006. Effect of planting pattern on yield, some agronomic traits and water use efficiency in grain corn. *Pajouhesh and Sazandegi* 82: 46-53. (in Persian with English abstract).
 35. Natarajan, M. 1989. Cropping system some concepts and methodologies. PP 680-730. I. N: S. R. Waddington, A. F. E. plamar, and O. T: Edje (Eds). *Spatial arrangement of the component crop in developing inter*. CYMMIT, CIAT, and government of Malawi.
 36. Noormohamadi, Gh., Siadat, A., and Kashani, A. 2009. *Cereal Agronomy*. Shahid Chamran University of Ahvaz Press, 441 pp. (in Persian).
 37. Nordstrom, A., Tarkowski, P., Tarkowska, D., Norbaek, R., Astot, C., Dolezal, K., and Sandberg, G. 2004. Auxin regulation of cytokinin biosynthesis in *Arabidopsis thaliana*: a factor of potential importance for auxin–cytokinin regulated development. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* 101: 8039-8044.
 38. Poneleit, C. G., Egli, D. B., Cornelius, P. L., and Reicosky, D. A. 1980. Variation and associations of kernel growth characteristics in maize population. *Crop Science* 20: 766-770.
 39. Rajala, A., and Peltonen-sainio, P. 2001. Plant Growth Regulator Effects on Spring Cereal Root and Shoot Growth. *Agronomy Journal* 93: 936-943.

40. Rezvani Moghaddam, P., and Koocheki, A. 2001. Research history on salt affected lands of Iran: Present and future prospects – Halophytic ecosystem. International Symposium on Prospects of Saline Agriculture in the GCC countries, Dubai, UAE.
41. Sakhabutdinova, A. R., Fatkhutdinova, D. R., Bezrukova, M. V., and Shakirova, F. M. 2003. Salicylic acid prevents the damaging action of stress factors on wheat plants. Bulgarian Journal of Plant Physiology, Special Issue: 314-319.
42. Siadat, S. A., and Hasemi-Dezfouli, S. A. 2000. Effect of plant density and planting pattern of grain yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) Hybrid KSC 704. Journal of Agricultural Science 9: 39-48. (in Persian with English abstract).
43. Tarakhovaskaya, E. R., Kang, E. J., Kim, K. Y., and Garbary, D. J. 2013. Influence of phytohormones on morphology and chlorophyll a fluorescence parameters in embryos of *Fucus vesiculosus* L. Russian Journal of Plant Physiology 60: 176-183.
44. Taslima, K., Hossain, F., and Ara, U. 2011. Effect of indole-3-acetic acid (IAA) on biochemical responses of cowpea (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) var. bari fellon-1. Bangladesh Journal of Scientific and Industrial Research 46: 77-82.
45. Thomas, J. C., Mcelwain, E. F., and Bohnert, H. J. 1992. Convergent induction of osmotic stress-responses: abscisic acid, cytokinin, and the effects of NaCl. Plant Physiology 100: 416-423.
46. Turan, M. A., Awad-Alkarim, A. H., Taban, N., and Taban, S. 2009. Effect of salt stress on growth, stomatal resistance, proline and chlorophyll concentrations on maize plant. African Journal of Agricultural Research 4: 893-897.
47. Xie, Z., Jiang, D., Cao, W., Dai, T., and Jing, Q. 2003. Relationships of endogenous plant hormones to accumulation of grain protein and starch in winter wheat under different post-anthesis soil water statuses. Plant Growth Regulation 41: 117-127.
48. Yang, J., Wang, Z., Zhu, Q., and Lang, Y. 1999. Regulation of ABA and GA to rice grain filling. Acta Agronomy Sinica 25: 341-348.
49. Yazdi- Motlagh, A., Khavari- Khorasani, S., Bakhtiari, S., and Musa- Abadi, J. 2012. Effect of planting pattern on Morphophysiologic characteristics, yield and yield components of forage maize varieties (*Zea mays* L.) in saline conditions. Journal of Agricultural Ecology 4: 324-327. (in Persian with English abstract).



Study of Cytokinin and Auxin Hormones and Planting Pattern Effects on Yield and Yield Components of Grain Maize (*Zea mays* L.) under Saline Conditions

D. Davani¹ - M. Nabipour² - H. Roshanfekar Dezfouli³

Received: 16-07-2014

Accepted: 10-02-2015

Introduction

Maize (*Zea mays* L.) which belongs to the Poaceae family is the third important cereal crop of the world after wheat and rice. Salinity is one of the major environmental factors limiting plant growth and productivity. Maize is sensitive to salinity. Planting method is a crucial factor for improving crop yield. Planting methods in saline and non-saline conditions are different. Kinetin is one of the cytokinins known to significantly improve the growth of crop plants grown under salinity. Indole acetic acid (IAA) is also known to play a significant role in plant tolerance to salt stress. However, little information appears to be available on the relationship between salinity tolerance and auxin or cytokinins levels in plants. In this respect, the objective of this study was to study the effects of foliar applications of cytokinin and auxin hormones on yield and yield components of grain maize under different planting patterns in saline conditions.

Materials and Methods

The experiment was carried out at Bushehr Agricultural and Natural Resources Research Center, Dashtestan station with 29° 16' E latitude and 51° 31' N, longitude and 70 m above the sea surface during the 2013 growing season. Dashtestan region is a warm-arid region with 250 mm precipitation per year. The field plowed by April 2013 and then prepared and sowed by August 2013. There were five rows with 75 cm distance. The experiment was conducted as a split-plot factorial design based on complete randomized blocks with three replications. Planting pattern (ridge planting, double rows of planting on a ridge in zigzag form and furrow planting) as the main factor and time of cytokinin (0 as a control, V5- V6 stage and V8- V10 stage) and auxin (0 as a control, silking stage, two weeks after silking stage) foliar-applied was considered in a factorial. Cytokinin (Benzyl Adenine, Merck) and Auxin (Indole-3-Butyric Acid, Merck) were sprayed on the entire plant in the evening with concentration of 50 and 10 g. l⁻¹, respectively. All morphological and yield component traits measured on 10 randomly selected plants of each plot. Yield was measured in 9 m² for each treatment. Data analyzed using the SAS (Ver.9.1) and comparing of the means was conducted using Duncan's multiple range test.

Results and Discussion

Results showed that the planting pattern had a significant effect on plant height, ear (cob) length, ear diameter, kernel row number, per ear, kernel number per row, 1000- kernel weight, biological yield, grain yield and harvest index. The highest and the lowest yield obtained through furrow planting and conventional planting, respectively. Applying furrow planting, resulted in water use improvement and reducing side effects of saline soils.

Cytokinin application in V8- V10 stage produced the highest plant height and row number per ear and the highest 1000- kernel weight and harvest index was belong to the application of cytokinin in V8- V10 stage. The maximum kernel number per row was obtained without cytokinin.

Auxin effect on 1000- kernel weight, biological yield, grain yield and harvest index were significant ($p \leq 0.01$). The highest grain yield by a mean of 6.57 tons.ha⁻¹ produced by time of auxin foliar-applied in the silking stage. It has been found that both auxin and cytokinin may have a role in mediating cell division in the endosperm during the grain-filling stage. Therefore, these hormones might regulate the grain capacity (sink size) for the accumulation of carbohydrates. It has been found that IAA actively participated in the mobilization and accumulation of carbohydrates in seeds. Auxin and cytokinins hormones are also thought to be involved in regulating the sink strength either by mediating the division and enlargement of endosperm cells or by controlling the import of assimilates to the sink.

1- PhD student in plant physiology, Department of Agronomy and Plant breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz

2- Professor, Department of Agronomy and Plant breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz

3- Associate Prof., Department of Agronomy and Plant breeding, Shahid Chamran University of Ahvaz

(* - Corresponding Author Email: davanidavoud@gmail.com)

Conclusions

The results indicated that the foliar application of cytokinin and auxin hormones counteracted some of the salt induced adverse effects and improved the maize yield. Due to its effect on diminishing salt aggregation in relation to ridge planting, furrow planting, prepare semi saline and saline areas for growing crops. It is concluded that furrow planting with CK application in V8- V10 stage (50 g. l^{-1}) and IBA in silking stage (10 g. l^{-1}) reduced the effects of salinity on plant and produced the highest grain yield.

Keywords: Furrow planting, Growth stage, Spraying

تأثیر کاربرد ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت

راحله افشارمنش^{۱*} - اصغر رحیمی^۲ - بنیامین ترابی^۳ - عبدالرضا اخگر^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۴/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۸

چکیده

به منظور مطالعه اثر سطوح مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در سال ۱۳۹۲ انجام شد. تیمارها شامل ورمی کمپوست (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی) و چای کمپوست (محلول پاشی و عدم محلول پاشی) بود. صفاتی که در این آزمایش اندازه‌گیری شد شامل وزن خشک برگ، ساقه و ریشه، حجم ریشه، غلظت روی، مس، منگنز، آهن، نیتروژن و فسفر اندام هوایی بود. نتایج نشان داد که محلول پاشی چای کمپوست سبب افزایش وزن خشک برگ، ساقه و غلظت آهن در ذرت شد. ورمی کمپوست در سطح ۲۵، ۳۰، ۳۰ و ۱۵ درصد وزنی به ترتیب باعث افزایش وزن خشک برگ، ساقه و غلظت آهن، نیتروژن و روی در اندام هوایی شد. نتایج همچنین نشان داد که در شرایط عدم محلول پاشی چای کمپوست بیشترین وزن خشک ریشه، حجم ریشه و غلظت منگنز، فسفر و مس اندام هوایی به ترتیب در سطوح ۳۰، ۳۰، ۳۰ و ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد و در شرایط محلول پاشی چای کمپوست بیشترین وزن خشک ریشه، حجم ریشه و غلظت منگنز و مس اندام هوایی در تیمار ۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست و بیشترین میزان فسفر اندام هوایی در تیمار ۵ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد. به طور کلی در شرایط محلول پاشی چای کمپوست به دلیل فراهمی بیشتر عناصر غذایی میزان کود کمتری مورد نیاز است.

واژه‌های کلیدی: حجم ریشه، عناصر پرمصرف، عناصر کم مصرف، وزن خشک برگ، وزن خشک ساقه

مقدمه

خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، کاهش نفوذپذیری، افزایش وزن مخصوص ظاهری و اشکال در نفوذپذیری ریشه گیاه و در نهایت باعث کاهش عملکرد می‌شود. بنابراین نیاز فوری به تثبیت و افزایش بهره‌وری از طریق استفاده صحیح کودهای آلی نظیر ورمی کمپوست می‌تواند به غنی‌سازی خاک منطقه ریشه کمک کند (۱۷). ورمی کمپوست غنی از عناصر غذایی ماکرو، میکرو، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها، آنتی‌بیوتیک‌ها، بهبود دهنده‌های رشد (۲۱) و مقادیر زیادی از مواد هیومیکی می‌باشد که این مواد از طریق بهبود زیست‌فراهمی عناصر غذایی خاص، به ویژه آهن و روی و اثر مستقیم بر متابولیسم گیاه باعث افزایش رشد و عملکرد گیاه می‌گردد (۲۵). در مطالعه روی سورگوم (*Sorghum bicolor*) نشان داده شد که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک ساقه، ریشه و تحریک رشد شد که تا حد زیادی مربوط به عناصر غذایی موجود در ورمی کمپوست می‌باشد (۹) و در آزمایش دیگر مشاهده شد مصرف ورمی کمپوست در گیاه ذرت باعث افزایش وزن خشک گیاه شد (۱۱). همچنین مصرف ورمی کمپوست در گیاه نخود باعث افزایش وزن خشک و افزایش تجمع پتاسیم، فسفر، نیتروژن، منگنز و آهن شد (۲۹). چای کمپوست از قرار دادن مقدار مشخصی ورمی کمپوست در آب

ذرت با نام علمی *Zea mays* یک گیاه تک لپه ساقه بلند از خانواده گرامینه می‌باشد (۱۴). کشت ذرت در جهان رو به افزایش است و یکی از دلایل اصلی کشاورزان برای کشت آن، مقبرون به صرفه بودن آن می‌باشد ولی کمبود مواد مغذی نظیر نیتروژن و فسفر باعث محدودیت تولید شده و منجر به وابستگی کشاورز به کودهای شیمیایی می‌گردد (۱۱). اگرچه از کودهای شیمیایی می‌توان جهت افزایش محصول در واحد سطح استفاده کرد، ولی کاربرد زیاد کودهای شیمیایی با وجود نمک‌های مخرب و قوی در دراز مدت باعث تخریب

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی،

دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۲- دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۳- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

۴- استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان
(*)- نویسنده مسئول: (Email: raheleafshar@ymail.com)

بودند. جهت اعمال تیمار درصد وزنی ورمی کمپوست قبل از کشت، وزن گلدان پر شده با خاک اندازه گیری شد و ورمی کمپوست به میزان ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی گلدان به ترتیب معادل ۵، ۲۵۰، ۵۰۰، ۷۵۰، ۱۰۰۰، ۱۲۵۰ و ۱۵۰۰ گرم در گلدان های ۵ کیلوگرمی به خاک گلدان اضافه و با آن مخلوط گردید. از گلدان هایی با ابعاد به قطر ۱۸ و ارتفاع ۳۰ سانتی متر استفاده شد و هر گلدان تا ۲/۵ سانتی متر لبه بالایی آن پر شد. چهل روز پس از کاشت، چای کمپوست با آب مقطر دو برابر رقیق شد و محلول پاشی چای کمپوست هر هفته یک مرتبه به میزان ۱۰ میلی لیتر به ازای هر گلدان انجام شد. برای تهیه محلول چای کمپوست ترکیب ورمی کمپوست، اسید هیومیک، مخمر، عصاره جلبک دریایی و ملاس چغندر قند به مدت ۲۴ ساعت در آب قرار گرفته و به خوبی هم خورد و با پمپ هوا، هوادهی شد و در نهایت چای کمپوست هوازی آماده شد (۳۲). در جدول ۱ برخی از ویژگی های خاک مورد استفاده ارائه شده است. همچنین برخی از خصوصیات ورمی کمپوست و چای کمپوست در جدول های ۲ و ۳ آمده است. پس از آماده کردن گلدان ها داخل هر گلدان ۷ بذر ذرت دانه ای هیبرید ۷۱۳ کاشته شد و آبیاری گلدان ها تا زمان جوانه زنی هر دو روز یک بار انجام شد. پس از جوانه زنی آبیاری بسته به نیاز گیاه انجام گرفت. جهت جلوگیری از شسته شدن مواد غذایی زیر هر گلدان زیر گلدانی قرار داده شد و آب خارج شده از هر گلدان دوباره به گلدان برگردانیده شد. پس از استقرار گیاهچه ها، گلدان ها تنک و در هر گلدان چهار گیاه باقی ماند.

هفتاد روز پس از کاشت، ریشه، ساقه و برگ های هر گلدان برداشت شد. برای اندازه گیری حجم ریشه، ریشه ها در استوانه حاوی آب مقطر با حجم مشخص غوطه ور شد و اختلاف حجم اولیه آب و حجم آب پس از غوطه ور ساختن ریشه، تعیین کننده حجم ریشه است و سپس در آون با دمای ۷۰ درجه ی سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. برگ و ساقه در آون با دمای ۷۰ درجه ی سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت. در نهایت وزن خشک ساقه، ریشه و برگ با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ اندازه گیری شد.

و هوادهی آن در یک مدت مشخص حاصل می شود (۳۲). هوادهی چای کمپوست و افزودن مواد اصلاحی برای افزایش رشد میکروارگانیسم های مفید و سرکوب پاتوژن های بیماری زا می باشد، از جمله این مواد افزودنی می توان به ملاس، اشنه دریایی (نوعی جلبک دریایی) و هیومیک اسید اشاره کرد. در طول فرآیند تخمیر، میکروارگانیسم ها و مواد مغذی محلول در ورمی کمپوست وارد چای کمپوست می شوند، سپس چای کمپوست می تواند به طور مستقیم در خاک مصرف و یا روی گیاه محلول پاشی شود. کاربرد چای کمپوست در خاک باعث افزایش رشد ریشه شده که باعث افزایش جذب مواد مغذی توسط گیاه می شود (۶). بهبود رشد گیاه بعد از کاربرد چای کمپوست به احتمال زیاد در اثر متقابل چندین فاکتور (مواد مغذی، میکروارگانیسم ها و تنظیم کننده های رشد گیاهی) می باشد (۱۰). تأثیر مثبت چای کمپوست بر رشد گیاه تا حد زیادی به نیتروژن و جیبرلین در چای و جذب مواد غذایی توسط گیاه مرتبط است و مصرف مداوم آن می تواند باعث افزایش رشد گیاه و غلظت عناصر معدنی در بافت های گیاهی شود (۲۲). نتایج آزمایش نشان داد کاربرد چای کمپوست در کلزا (*Brassica napus*) باعث افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی، محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم شد و به جز آهن تمام عناصر میکرو به طور قابل توجهی افزایش یافت (۲۱). به طور کلی آزمایشاتی که تأثیر ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست را به تنهایی یا به صورت مخلوط با سایر کودها روی گیاهان بررسی کرده اند اندک هستند اما نتایج حاکی از بهبود کمیت و کیفیت محصول تحت تأثیر این کودها می باشد. هدف از این تحقیق بررسی تأثیر کاربرد سطوح مختلف ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر خصوصیات رشدی گیاه ذرت بود.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. عامل های آزمایشی شامل ورمی کمپوست (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی) و محلول پاشی با چای کمپوست (محلول پاشی و عدم محلول پاشی)

جدول ۱- ویژگی های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Chemical and physical traits of soil

Soil texture	K (ppm)	P (ppm)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn ppm	N %	OM %	EC mS cm ⁻¹	pH
لوم شنی	318.227	7.137	1.447	0.520	0.519	8.35	0.10	0.65	1.4	8.01

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی ورمی کمپوست

Table 2- Chemical traits of vermicompost

K (%)	P (%)	N (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	EC (mS/cm)	pH
0.55	1.08	1.18	8200	28	93	820	1.63	7.81

جدول ۳- ویژگی‌های شیمیایی چای کمپوست

Table 3- Chemical traits of compost tea

K (%)	P (ppm)	N (%)	Fe (ppm)	Cu (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)	EC (μ S/m)	pH
0.29	2.30	0.25	6689	71	138	376	80	8.1

خصوصیات رشدی

وزن خشک برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست بر وزن خشک برگ معنی‌دار بود ($p \leq 0.01$) اما اثر متقابل محلول پاشی چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴). محلول پاشی چای کمپوست باعث افزایش بیست درصدی وزن خشک برگ ذرت نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۵) که این افزایش وزن خشک احتمالاً مربوط به مواد مغذی در چای کمپوست می‌باشد. نتایج مقایسه میانگین سطوح ورمی کمپوست نشان داد که بیشترین وزن خشک برگ ($11/80$ گرم در بوته) در تیمار ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست به‌دست آمد و با تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی‌دار نداشت و کمترین وزن خشک برگ ($2/25$ گرم در بوته) در تیمار شاهد بود (جدول ۵).

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر، $0/5$ گرم از اندام هوایی گیاهان تحت هر تیمار در کوره با دمای 550 درجه خاکستر شده و با اسید کلریدریک ۲ نرمال عصاره‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پتاسیم از کلوئیدریک ۲ نرمال عصاره‌گیری شد. برای اندازه‌گیری فسفر از دستگاه Flame photometer مدل (Jenway, England)، فسفر از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (T80 UV/VI Spectrometer PG Instruments LTD) و عناصر میکرو با استفاده از دستگاه جذب اتمیک مدل (GBC Awanta Australia) استفاده شد. برای اندازه‌گیری نیتروژن از روش کج‌لدال (۷) استفاده شد. تجزیه آماری با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1.3 انجام و جهت مقایسه میانگین از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال یک درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۴- تجزیه واریانس میانگین مربعات برخی خصوصیات رشدی ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی

Table 4- Analysis of variance mean squares of some growth characteristics of maize under treatments fertilizer

میانگین مربعات

منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	حجم ریشه Root volume
بلوک Block	2	1.49 ^{ns}	0.87 ^{ns}	96.50 ^{ns}	0.30 ^{ns}
چای کمپوست Compost tea	1	17.29 ^{**}	32.75 ^{**}	402.38 [*]	3.29 ^{ns}
ورمی کمپوست Vermicompost	6	72.39 ^{**}	54.56 ^{**}	629.58 ^{**}	12.19 ^{**}
اثر متقابل Interaction effect	6	0.86 ^{ns}	1.36 ^{ns}	250.75 [*]	6.18 ^{**}
خطا Error	26	1.09	0.60	89.41	0.97
ضریب تغییرات (%) CV	–	15.16	18.73	17.74	16.05

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns, * and ** Non significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

جدول ۵- مقایسه میانگین وزن خشک برگ و ساقه ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی

Table 5- Mean comparison of main effects on leaf and stem dry weight

تیمارهای کودی Treatment fertilizer	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight
چای کمپوست Compost tea	عدم محلول پاشی Non foliar 6.05b	3.26b
	محلول پاشی Foliar 7.72a	5.03a
ورمی کمپوست vermicompost	۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 0 pot weight vermicompost 2.25e	1.09e
	۵ درصد وزنی ورمی کمپوست 5 pot weight vermicompost 4.11d	1.90de
	۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 10 pot weight vermicompost 5.41c	2.42d
	۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست 15 pot weight vermicompost 5.95c	3.75c
	۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 20 pot weight vermicompost 7.94b	4.80b
	۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست 25 pot weight vermicompost 11.80a	10.15a
	۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 30 pot weight vermicompost 10.75a	4.90b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون Duncan در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.
Similar letters in each columns indicate no significant difference in the level of one percent

آزمایشی که روی گیاه ذرت انجام شد مصرف چای کمپوست به همراه کود شیمیایی سبب افزایش وزن خشک ساقه شد (۸). همچنین در تحقیق دیگر محلول پاشی چای کمپوست به همراه کود شیمیایی باعث افزایش وزن خشک ساقه گندم (*Triticum aestivum*) شد (۲۶). بیشترین وزن خشک ساقه ذرت (*Zea mays*) (۱۰/۱۵ گرم در بوته) در تیمار ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد و با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار داشت و کمترین وزن خشک ساقه (۱/۰۹ گرم در بوته) در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۵). احتمالاً افزایش وزن خشک مربوط به عناصر مغذی ورمی کمپوست می‌باشد. گزارش شده است ورمی کمپوست غنی از عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز می‌باشد (۳۵). همچنین سهم عمده ورمی کمپوست در افزایش رشد ممکن است مربوط به افزودن مواد تنظیم‌کننده رشد نظیر هیومیک اسید باشد که باعث افزایش رشد و تجمع ماده خشک می‌شود. استفاده از ورمی کمپوست علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک (قارچ‌های میکوریز و میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفات)، با فراهم کردن دسترسی گیاه به عناصر غذایی مورد نیاز آن مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه و افزایش زیست توده تولیدی می‌شود در آزمایشی که روی لوبیا انجام شد کاربرد ورمی کمپوست با کود شیمیایی سبب افزایش وزن خشک ساقه نسبت به سایر تیمارها شد (۱۹). در آزمایش دیگر روی سورگوم انجام شد افزودن ورمی کمپوست

احتمالاً افزایش وزن خشک گیاه در ارتباط با تغییر شرایط فیزیکی، شیمیایی، خصوصیات میکروبی و زیستی محیط تحت تأثیر کاربرد ورمی کمپوست می‌باشد (۳). همچنین ورمی کمپوست دارای هیومات می‌باشد که دارای اثرات مشابه هورمون‌ها و تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی هستند و وجود آنان همراه مواد آلی در ورمی کمپوست باعث تحریک رشد گیاه (۴) و افزایش ماده خشک تولیدی می‌شود. در تحقیقی دیگر گزارش شد، کاربرد ۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست سبب افزایش وزن خشک برگ اسفناج (*Spinacia oleracea*) شد (۲۴).

وزن خشک ساقه

محلول پاشی چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست وزن خشک ساقه را به‌طور معنی‌دار متأثر کرد ($p \leq 0.01$) اما اثر متقابل محلول پاشی چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۴).

محلول پاشی چای کمپوست باعث افزایش پنجاه درصدی وزن خشک ساقه ذرت نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۵). این افزایش وزن خشک احتمالاً مربوط به عناصر میکرو چای کمپوست می‌باشد. چای کمپوست غنی از عناصر میکرو نظیر روی و آهن می‌باشد که در سنتز کلروفیل نقش اساسی دارند (۳۶). افزایش کلروفیل باعث افزایش سطح برگ و در نتیجه افزایش ماده خشک می‌شود (۱۸). در

استریل شده به خاک سبب افزایش وزن خشک ساقه شد (۹). همچنین در تحقیق دیگر کاربرد ۱ تن در هکتار ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک ساقه ذرت، لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) و بامیه (*Abelmoschus esculentus*) شد (۲۸).

حجم ریشه

با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، حجم ریشه تحت تأثیر چای کمپوست قرار نگرفت اما ورمی کمپوست و اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست حجم ریشه را در سطح احتمال یک درصد به طور معنی دار متأثر کرد (جدول ۴). براساس نتایج مقایسه میانگین، در شرایط عدم محلول پاشی بیشترین حجم ریشه (۷۲/۵۰ سانتی متر مکعب) در تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد و با تیمار ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین حجم ریشه (۲۹/۶۶ سانتی متر مکعب) در تیمار شاهد به دست آمد که با تیمار ۵، ۱۰ و ۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت. در شرایط محلول پاشی چای کمپوست بیشترین حجم ریشه (۶۷/۳۳ سانتی متر مکعب) در تیمار ۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد که با تیمار ۲۰، ۲۵ و ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین حجم ریشه (۴۵/۳۳ سانتی متر مکعب) در تیمار فاقد کود ورمی کمپوست به دست آمد (شکل ۱). گزارش شده است چای کمپوست حاوی میکروارگانیزم هایی است سبب تسریع فرآیند هوموسی شدن ماده آلی خاک شده و باعث بهبود ساختمان خاک می شود (۳۴) همچنین افزودن ورمی کمپوست به خاک سبب تخلخل و پوکی خاک می شود، تخلخل مناسب خاک باعث بهبود توسعه ریشه (۳۹) و در نتیجه افزایش حجم ریشه می شود. در آزمایشی مشاهده کردند با افزایش میزان ورمی کمپوست در خاک حجم ریشه گیاه سورگوم افزایش یافت (۱۲) که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت

وزن خشک ریشه

براساس نتایج به دست آمده، وزن خشک ریشه ذرت به طور معنی داری تحت تأثیر اثرات اصلی چای کمپوست و ورمی کمپوست قرار گرفت. همچنین اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست بر وزن خشک ریشه نشان داد، در شرایط عدم محلول پاشی چای کمپوست بیشترین وزن خشک ریشه (۱۱/۳۴ گرم در بوته) در تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی دار داشت و کمترین وزن خشک ریشه (۴/۱۶ گرم در بوته) در تیمار شاهد به دست آمد که با بسیاری از تیمارها تفاوت معنی دار نداشت. در شرایط

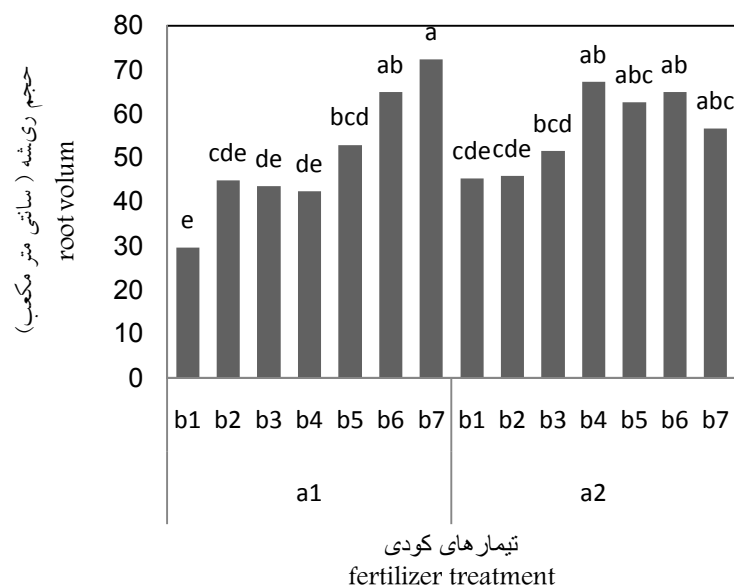
محلول پاشی چای کمپوست، کمترین وزن خشک ریشه (۴/۲۲ گرم در بوته) در تیمار شاهد به دست آمد که با شرایط کاربرد ۵ و ۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت (شکل ۲). گزارش شده چای کمپوست حاوی تنظیم کننده های رشد گیاه نظیر جیبرلین است باعث افزایش رشد ریشه (۲۲) شده و دارای اثرات مثبت بر توسعه ریشه اولیه و رشد گیاه با کاربرد برگی و خاکی می باشد (۲۰). همچنین ورمی کمپوست اجزا فعال زیستی دارد (۵) که در محیط ریشه می توانند تنظیم کننده های رشد گیاهی نظیر جیبرلین و سیتوکینین تولید کنند (۳۱) لذا احتمالاً در این آزمایش جیبرلین باعث افزایش رشد ریشه و بیوماس تولیدی ریشه شد. نتایج آزمایش نشان داد محلول پاشی چای کمپوست منجر به افزایش وزن خشک ریشه گیاه سلغم (*Brassica rapa*) شد (۲۱). در تحقیق دیگر محلول پاشی چای کمپوست به همراه کود شیمیایی باعث افزایش وزن خشک ریشه گندم شد (۲۶). در مطالعه روی سورگوم نشان داده شد که مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک ریشه و تحریک رشد شد (۹). همچنین در تحقیق دیگر روی ذرت، لوبیا و بامیه گزارش شد مصرف ۱ تن در هکتار ورمی کمپوست باعث افزایش وزن خشک ریشه ذرت و بامیه نسبت به سایر تیمارها شد (۲۸). در آزمایشی دیگر کاربرد ورمی کمپوست با کود شیمیایی سبب افزایش وزن خشک ریشه لوبیا نسبت به سایر تیمارها شد (۱۹).

غلظت عناصر اندام هوایی

روی

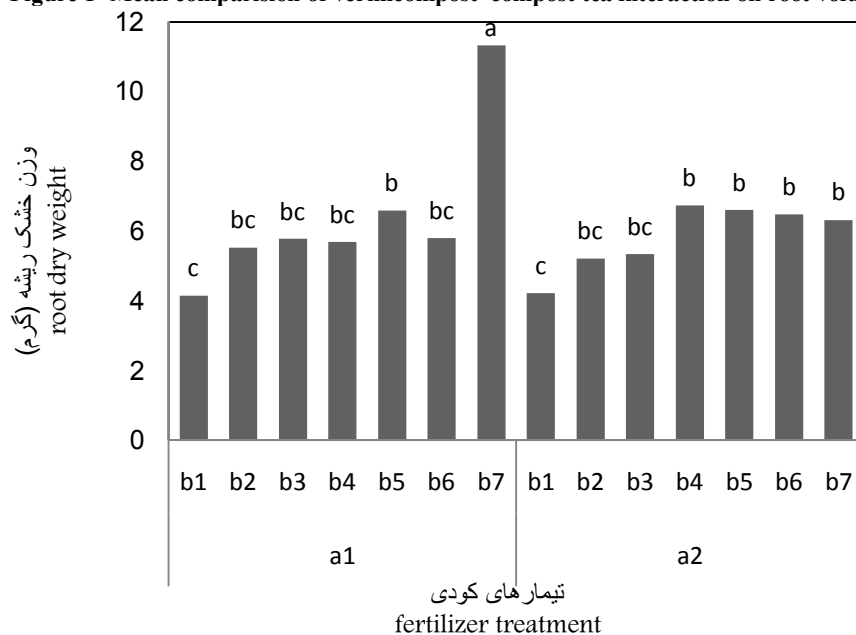
با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، ورمی کمپوست میزان روی اندام هوایی را در سطح احتمال پنج درصد به طور معنی دار تحت تأثیر قرار داد، اما چای کمپوست و اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۶). نتایج نشان داد با افزایش سطح مصرف کود در خاک میزان جذب روی توسط گیاه افزایش می یابد، به طوری که کمترین میزان روی اندام هوایی (۱۲/۸۱ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۷). گزارش شده است که ورمی کمپوست دارای مقادیر زیادی از مواد هیومیکی می باشد که باعث بهبود زیست فراهمی عناصر غذایی خاص، به ویژه آهن و روی می شود (۲۵).

همچنین عامل اصلی افزایش قابلیت جذب روی در نتیجه مصرف پسماندهای آلی، تشکیل کمپلکس های آلی گزارش شده است (۳۰). لذا احتمالاً در این آزمایش مصرف ورمی کمپوست در خاک از طریق تشکیل کمپلکس های آلی باعث افزایش جذب روی در گیاه شد. در آزمایشی گزارش شد افزودن ۳ درصد ورمی کمپوست باعث افزایش روی اندام هوایی شد و در آزمایش دیگر روی گاوزبان (*Borago officinalis*) مصرف ۴۰ تن در هکتار ورمی کمپوست باعث افزایش غلظت روی در برگ و گل شد (۲).



شکل ۱- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر حجم ریشه

Figure 1- Mean comparison of vermicompost*compost tea interaction on root volume



شکل ۲- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر وزن خشک ریشه

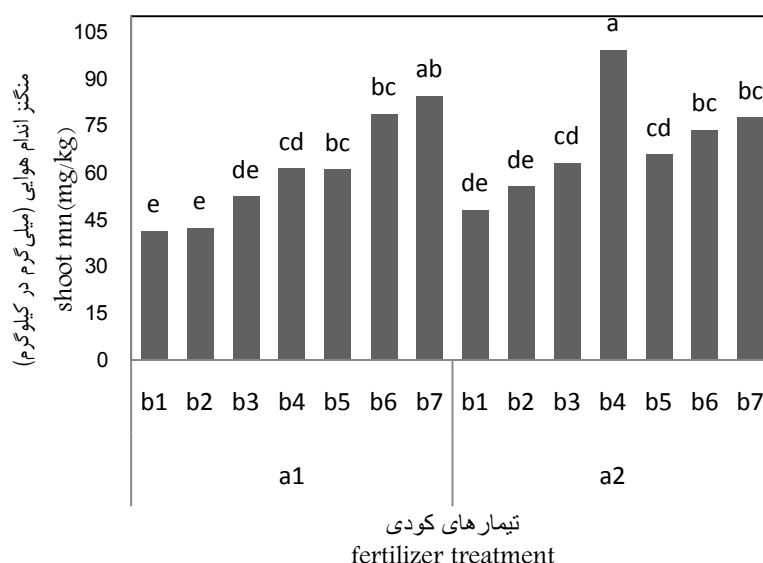
Figure 2- Mean comparison of vermicompost*compost tea interaction on root dry weight

a1 (عدم محلول پاشی چای کمپوست)، a2 (محلول پاشی چای کمپوست)، b1 (۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b2 (۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b3 (۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b4 (۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b5 (۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b6 (۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b7 (۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)

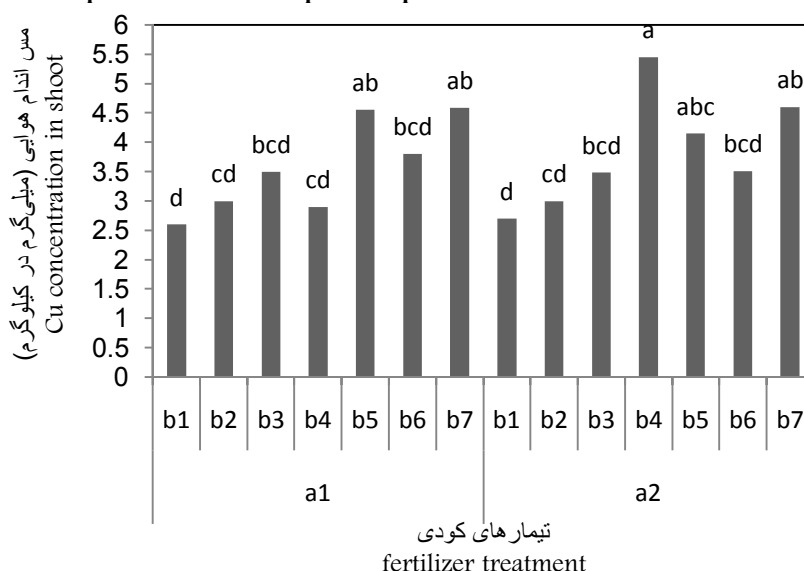
a1 (Non- foliar application compost tea), a2 (foliar application compost tea), b1 (0% pot weight vermicompost), b2 (5% pot weight vermicompost), b3 (10% pot weight vermicompost), b4 (15% pot weight vermicompost), b5 (20% pot weight vermicompost), b6 (25% pot weight vermicompost) and b7 (30% pot weight vermicompost).

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون Duncan در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

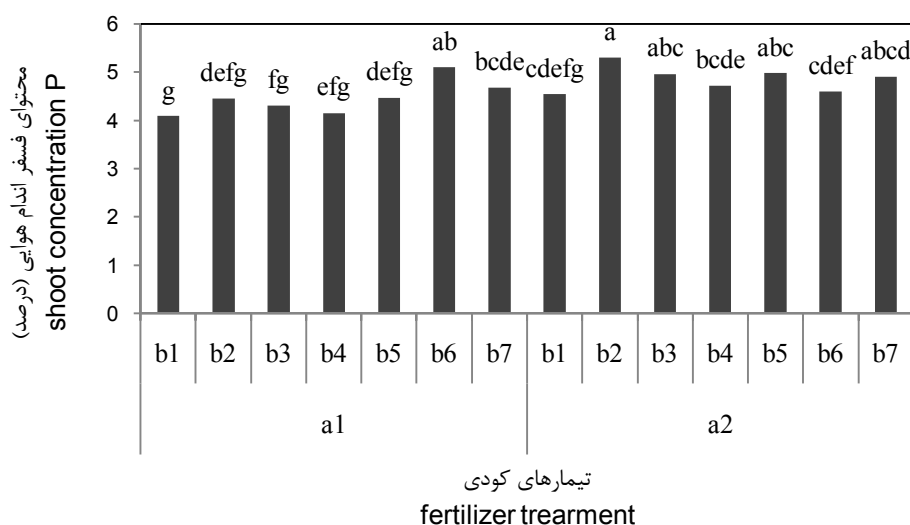
Similar letters in each figure indicate no significant difference in the level of one percent.



شکل ۳- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر محتوی مگنز اندام هوایی
Figure 3- Mean comparison of vermicompost*compost tea interaction on mn concentration of shoot



شکل ۴- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر محتوی مس اندام هوایی
Figure 4- Mean comparison of vermicompost*compost tea interaction on cu concentration of shoot
a1 (عدم محلول پاشی چای کمپوست)، a2 (محلول پاشی چای کمپوست)، b1 (۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b2 (۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b3 (۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b4 (۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b5 (۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b6 (۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b7 (۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)
a1 (Non- foliar application compost tea), a2 (foliar application compost tea), b1 (0% pot weight vermicompost), b2 (5% pot weight vermicompost), b3 (10% pot weight vermicompost), b4 (15% pot weight vermicompost), b5 (20% pot weight vermicompost), b6 (25% pot weight vermicompost) and b7 (30% pot weight vermicompost).
میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون Duncan در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری ندارند.
Similar letters in each figure indicate no significant difference in the level of one percent.



شکل ۵- اثر متقابل سطوح ورمی کمپوست و محلول پاشی چای کمپوست بر محتوای فسفر اندام هوایی

Figure 5- Mean comparison of vermicompost*compost tea interaction on P concentration of shoot

a1 (عدم محلول پاشی چای کمپوست)، a2 (محلول پاشی چای کمپوست)، b1 (۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b2 (۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b3 (۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b4 (۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b5 (۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b6 (۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست)، b7 (۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست)

a1 (Non- foliar application compost tea), a2 (foliar application compost tea), b1 (0% pot weight vermicompost), b2 (5% pot weight vermicompost), b3 (10% pot weight vermicompost), b4 (15% pot weight vermicompost), b5 (20% pot weight vermicompost), b6 (25% pot weight vermicompost) and b7 (30% pot weight vermicompost).

میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون Duncan در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

Similar letters in each figure indicate no significant difference in the level of one percent.

جدول ۶- تجزیه واریانس میانگین مربعات عناصر اندام هوایی ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی

Table 6- Analysis of variance mean squares of Shoot element of maize under treatments fertilizer

میانگین مربعات								
منابع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	روی Zn	منگنز Mn	مس Cu	آهن Fe	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N
بلوک Block	2	20.84 ^{ns}	8.61 ^{ns}	0.67 ^{ns}	4.23 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.146 ^{ns}	0.18 ^{ns}
چای کمپوست Compost tea	1	0.94 ^{ns}	815.32 ^{**}	0.82 ^{ns}	228.20 [*]	0.343 ^{ns}	1.59 ^{**}	0.06 ^{ns}
ورمی کمپوست Vermicompost	6	32.66 [*]	12.13 ^{**}	3.08 ^{**}	293.40 ^{**}	0.890 ^{ns}	0.27 ^{**}	1.96 ^{**}
اثر متقابل Interaction effect	6	18.89 ^{ns}	33.16 [*]	1.55 [*]	54.38 ^{ns}	0.782 ^{ns}	0.29 ^{**}	0.031 ^{ns}
خطا Error	26	11.79	94.83	0.48	46	0.560	0.056	0.040
ضریب تغییرات (%) CV	-	19.96	15.08	18.74	21.38	18.94	5.09	1.35

^{ns}، * و ** به ترتیب عدم وجود اختلاف معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns, * and ** Non significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively

هوایی را به‌طور معنی‌دار متأثر کرد اما اثر متقابل محلول پاشی چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست بر این صفت معنی‌دار نشد

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، محلول پاشی چای کمپوست (p≤۰/۰۵) و سطوح ورمی کمپوست (p≤۰/۰۱) میزان آهن اندام

در هکتار ورمی کمپوست سبب افزایش آهن در برگ و گل شد (۲). در آزمایش دیگر گزارش شد افزودن ۲۰ تن درهکتار ورمی کمپوست غنی شده با سنگ فسفات باعث افزایش میزان آهن لوبیا چشم بلبلی (*vigna unguiculata*) شد (۱۶).

نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، ورمی کمپوست میزان نیتروژن اندام هوایی را در سطح احتمال یک درصد به طور معنی دار متأثر کرد، اما چای کمپوست و اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست بر این صفت معنی دار نشد (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد، با افزایش سطح ورمی کمپوست در خاک نیتروژن جذب شده توسط گیاه نیز افزایش یافت. به طوری که بیشترین میزان نیتروژن اندام هوایی (۳/۶۱ درصد) در تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد که با سایر تیمارها تفاوت معنی دار داشت و کمترین میزان نیتروژن اندام هوایی (۱/۹۰ درصد) در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۷). ورمی کمپوست دارای عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاهان می باشد و عناصری مانند نیتروژن به فرم نترات در ورمی کمپوست به راحتی برای گیاهان قابل جذب هستند (۳۸).

(جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین نشان داد محلول پاشی چای کمپوست سبب افزایش پانزده درصدی میزان آهن اندام هوایی شد (جدول ۷). چای کمپوست حاوی هیومیک اسید و فولویک اسید می باشد (۴) که جذب عناصر میکرو را تنظیم می کنند. همچنین گزارش شده است که اسید هیومیک می تواند با عناصر کم مصرف خاک کمپلکس تشکیل دهد و قابلیت دسترسی آن ها برای گیاه را افزایش دهد (۱۵). احتمالاً در این آزمایش هیومیک اسید موجود در چای باعث افزایش جذب آهن در شرایط محلول پاشی چای کمپوست شد. در مطالعه روی ذرت محلول پاشی ۵۰۰ ppm چای کمپوست با ۱۶۰ NPK گرم در لیتر عناصر میکرو مورد نیاز گیاه را تأمین کرد (۸). نتایج مقایسه میانگین سطوح ورمی کمپوست نشان داد بیشترین میزان آهن اندام هوایی (۴۱/۰۸ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست به دست آمد که با تیمار ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین میزان آهن اندام هوایی (۲۰/۵ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۷). ورمی کمپوست دارای سطح ویژه بالا می باشد که باعث افزایش ظرفیت نگهداری آن برای عناصر غذایی (۳۳) به شکل قابل دسترس برای رشد گیاهان می شود. در آزمایشی که روی ذرت انجام شد افزودن ۵ درصد ورمی کمپوست سبب افزایش آهن در گیاه شد (۳۸). همچنین در آزمایشی که روی گاو زبان انجام شد مصرف ۴۰ تن

جدول ۷- مقایسه میانگین اثرات اصلی عناصر اندام هوایی ذرت تحت تأثیر تیمارهای کودی

Table 7- Mean comparison of main effects on shoot elements

Table 7- Mean comparison of main effects on shoot elements				
تیمارهای کودی Treatment fertilizer		روی Zn	آهن Fe	نیتروژن N
چای کمپوست Compost tea	عدم محلول پاشی Non foliar	17.05a	29.38b	2.75a
	محلول پاشی Foliar	17.35a	34.04a	2.68a
ورمی کمپوست Vermicompost	۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 0 pot weight vermicompost	12.81b	20.54c	1.90e
	۵ درصد وزنی ورمی کمپوست 5 pot weight vermicompost	16.50a	27.76bc	2.26d
	۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 10 pot weight vermcompost	19.45a	33.21ab	2.61c
	۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست 15 pot weight vermicompost	19.78a	38.45a	2.53c
	۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 20 pot weight vermicompost	16.40ab	27.78bc	3.03b
	۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست 25 pot weight vermicompost	17.78a	33.17ab	3.08b
	۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست 30 pot weight vermicompost	17.66a	41.08a	3.61a

در هر ستون میانگین هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون Duncan در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی داری ندارند.
Similar letters in each columns indicate no significant difference in the level of one percent

در آزمایشی که روی گیاه گوجه فرنگی (*Solanum lycopersicum*) انجام شد نشان دادند کاربرد ورمی کمپوست باعث افزایش نیتروژن اندام هوایی گوجه فرنگی نسبت به تیمار شاهد شد (۱۳) که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. در نتایج آزمایشی بیان شد افزودن ۵ درصد ورمی کمپوست به خاک باعث افزایش نیتروژن برگ ذرت شد (۳۸). گزارش شده است که مصرف ۴۰ تن درهکتار ورمی کمپوست به همراه ۵۰ درصد کود شیمیایی سبب افزایش نیتروژن برگ ذرت شد (۲۷). محققین دیگر نیز گزارش کردند مصرف ورمی کمپوست باعث افزایش تجمع نیتروژن نخود (*Cicer arietinum*) شد (۲۹).

منگنز

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، اثرات اصلی ورمی کمپوست و چای کمپوست میزان منگنز اندام هوایی را به طور معنی دار متأثر کرد. همچنین اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست در سطح احتمال پنج درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۶). در شرایط عدم محلول پاشی با افزایش سطح ورمی کمپوست در خاک میزان جذب منگنز توسط گیاه افزایش یافت به طوری که بیشترین میزان منگنز اندام هوایی (۸۴/۵۰ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست بود و با تیمار ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین میزان منگنز اندام هوایی (۴۱/۳۰ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد بود و با تیمار ۵ و ۱۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت. همچنین در شرایط محلول پاشی چای کمپوست بیشترین میزان منگنز اندام هوایی (۹۹/۲۰ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار ۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست بود و با سایر تیمارها تفاوت معنی دار نداشت و کمترین میزان منگنز اندام هوایی (۴۸/۰۳ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار فاقد کود بود و با تیمار ۵، ۱۰ و ۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت (شکل ۳). گزارش شده ورمی کمپوست حاوی اسیدهای آلی نظیر هیومیک اسید و فولویک اسید است (۱۰) که جذب عناصر غذایی را تنظیم می کنند. بنابراین احتمالاً در این آزمایش هیومیک اسید باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده است. گزارش شده است که افزودن ۲۰ تن در هکتار ورمی کمپوست غنی شده با سنگ فسفات باعث افزایش میزان منگنز اندام هوایی لوبیا چشم بلبلی شد (۱۶).

مس

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر چای کمپوست بر میزان مس اندام هوایی معنی دار نبود اما ورمی کمپوست و اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست در سطح احتمال پنج درصد بر این

صفت معنی دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست مس اندام هوایی نشان داد در شرایط عدم محلول پاشی چای کمپوست بیشترین میزان مس اندام هوایی (۴/۵۸ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست بود و با تیمار ۱۰، ۲۰ و ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین میزان مس اندام هوایی (۲/۶۰ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار شاهد بود و با تیمار ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت. همچنین در شرایط محلول پاشی چای کمپوست بیشترین میزان مس اندام هوایی (۵/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار ۱۵ درصد وزنی ورمی کمپوست بود و با تیمار ۲۰ و ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین میزان مس اندام هوایی (۲/۷۰ میلی گرم در کیلوگرم) در تیمار فاقد کود بود و با تیمار ۵، ۱۰ و ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت (شکل ۴). گزارش شده چای کمپوست حاوی موادی نظیر هیومیک اسید و فولویک اسید است که بسیاری از فرایندهای درون گیاه نظیر جذب عناصر ماکرو و میکرو را تنظیم می کند (۸). همچنین ورمی کمپوست غنی از عناصر میکرو می باشد (۲۱). احتمالاً در این آزمایش با کاربرد ورمی کمپوست عناصر میکرو بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفت و با محلول پاشی چای کمپوست هیومیک اسید موجود در چای کمپوست باعث جذب بیشتر عناصر غذایی با کاربرد کمتری از کود ورمی کمپوست شد. در آزمایشی گزارش شد افزودن ۲۰ تن درهکتار ورمی کمپوست غنی شده با سنگ فسفات باعث افزایش میزان مس در برگ لوبیا چشم بلبلی شد (۱۶).

فسفر

براساس نتایج مشاهده شده چای کمپوست و ورمی کمپوست میزان فسفر اندام هوایی را به طور معنی دار متأثر کرد. همچنین اثر متقابل چای کمپوست و ورمی کمپوست در سطح احتمال یک درصد بر این صفت معنی دار بود (جدول ۶). نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی چای کمپوست و سطوح ورمی کمپوست فسفر اندام هوایی نشان داد در شرایط عدم محلول پاشی چای کمپوست بیشترین میزان فسفر اندام هوایی (۵/۱۱ درصد) در تیمار ۲۵ درصد وزنی ورمی کمپوست بود و با تیمار ۳۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت و کمترین میزان فسفر اندام هوایی (۴/۱۰ درصد) در تیمار شاهد بود و با تیمار ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ درصد وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی دار نداشت. همچنین در شرایط محلول پاشی چای کمپوست بیشترین میزان فسفر اندام هوایی (۵/۳۱ درصد) در تیمار ۵ درصد وزنی ورمی کمپوست بود و با تیمار ۱۰، ۲۰ و ۳۰ درصد

پاشش چای کمپوست روی گیاه قابلیت جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد، در واقع با فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه باعث بهبود رشد و عملکرد می‌شوند. به‌طور کلی کاربرد کودهای آلی باعث افزایش مواد آلی در خاک می‌شود که قابلیت جذب آهن، روی، مس، منگنز، نیتروژن، فسفر و پتاسیم خاک را بالا می‌برد و با پاشش چای کمپوست روی گیاه سرعت انتقال عناصر غذایی افزایش می‌یابد و عناصر غذایی مستقیماً وارد اندام هوایی می‌شوند، بنابراین قابلیت جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد، در واقع با فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و افزایش فتوسنتز، رشد و عملکرد گیاه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. ورمی کمپوست از طریق بهبود ساختمان خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و زیستی خاک باعث بهبود رشد گیاه شده که پیامد آن افزایش عملکرد گیاه می‌باشد. در مجموع نتایج به‌دست آمده از این تحقیق نشان داد در غالب صفات مورد بررسی، تلفیق ورمی کمپوست و چای کمپوست برتری قابل توجهی را نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها دارد و با توجه به نتایج حداکثر وزن خشک و عناصر مغذی با مصرف مقدار کمتری از ورمی کمپوست در شرایط محلول پاشی چای کمپوست حاصل شد بنابراین استفاده تلفیقی از چای کمپوست و ورمی کمپوست توصیه می‌شود.

وزنی ورمی کمپوست تفاوت معنی‌دار نداشت و کمترین میزان فسفر اندام هوایی (۴/۵۵ درصد) در تیمار فاقد کود بود و به جز تیمار ۵ درصد وزنی ورمی کمپوست با سایر تیمارها تفاوت معنی‌دار نداشت (شکل ۵). گزارش شده است چای کمپوست حاوی مواد معدنی و میکروارگانیسم‌هایی نظیر میکروارگانیسم‌های محلول‌کننده فسفر می‌باشد که فسفر غیر قابل حرکت را به اشکال متحرک تبدیل می‌کنند (۲۳). همچنین ورمی کمپوست نیز دارای میکروارگانیسم‌های حل‌کننده فسفر می‌باشد (۱۹). افزودن ورمی کمپوست به خاک باعث افزایش فسفر خاک می‌شود (۳۷). لذا احتمالاً در این آزمایش میکروارگانیسم‌های محلول‌کننده فسفر، فسفر غیر قابل حرکت را به اشکال متحرک تبدیل کرده و باعث افزایش جذب فسفر در گیاه شده است. گزارش شده افزودن ۴۰ درصد حجمی ورمی کمپوست باعث افزایش میزان فسفر برگ گوجه فرنگی شد (۱) و در آزمایش دیگر گزارش شد افزودن ۲۰ تن درهکتار ورمی کمپوست غنی شده باعث افزایش میزان فسفر لوبیا چشم بلبلی شد (۱۶).

نتیجه‌گیری

ورمی کمپوست و چای کمپوست از نظر مواد مغذی قابلیت مقایسه با سایر کودهای آلی را دارند. با کاربرد ورمی کمپوست در خاک و

References

1. Abrishamchi, P., Ganjali, A., Beikkhurmizi, A., and Avan, A. 2014. Effect of vermicompost on germination and seedling growth of varieties mobile and superorbina tomato. Journal of Horticulture Science 27 (4): 383-393. (in Persian with English abstract).
2. Ahmadabadi, Z., Ghajar Sepanlou, M., and Bahmanyar, M. A. 2011. Effect of vermicompost application on amount of micro elements in soil and the content in the medicinal plant of Borage (*Borago officinalis*). Journal of Crop Improvement 13 (2): 1-12. (in Persian with English abstract).
3. Atiyeh, R., Arancon, N., Edwards, C., and Metzger, J. 2000. Influence of earthworm-processed pig manure on the growth and yield of greenhouse tomatoes. Bioresource Technology 75: 175-180.
4. Atiyeh, R., Lee, S., Edwards, C., Arancon, N., and Metzger, J. 2002. The influence of humic acids derived from earthworm-processed organic wastes on plant growth. Bioresource Technology 84: 7-14.
5. Bachman, G., and Metzger, J. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresource Technology 99: 3155-3161.
6. Bess, V. H. 2000. Understanding compost tea. Biocycle 41: 71-72.
7. Bremner, J. 1965. Total nitrogen. Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties 1149-1178.
8. Carlos, G. G. R., Dendooven, L., and Antonio, G. M. F. 2008. Vermicomposting leachate (worm tea) as liquid fertilizer for maize (*Zea mays* L.) forage production. Asian Journal of Plant Sciences 7 (4): 360-367.
9. Cavender, N. D., Atiyeh, R. M., and Kneen, M. 2003. Vermicompost stimulates mycorrhizal colonization of roots of *Sorghum bicolor* L. at the expense of plant growth. Pedobiologia 47: 85-89.
10. Edwards, C. A., Arancon, N. O., and Greytak, S. 2006. Effects of vermicompost teas on plant growth and disease. Biocycle 47: 28-31.
11. Gutierrez-Miceli, F., Moguel-Zamudio, B., Abud-Archila, M., Gutierrez-Oliva, V., and Dendooven, L. 2008a. Sheep manure vermicompost supplemented with a native diazotrophic bacteria and mycorrhizas for maize cultivation. Bioresource Technology 99: 7020-7026.
12. Hameeda, B., Harini, G., Rupela, O., and Reddy, G. 2007. Effect of composts or vermicomposts on sorghum growth and mycorrhizal colonization. African Journal of Biotechnology 6: 9-12.
13. Hashemimajd, K., Kalbasi, M., Golchin, A., and Shariatmadari, H. 2004. Comparison of vermicompost and

- composts as potting media for growth of tomatoes. *Journal of plant Nutrition*, 27: 1107-1123.
14. Kazemi Arbat, H. 2007. *The Cereal*. Tehran university publication center, Tehran. (in Persian with English abstract).
15. Khan, M., and Scullion, J. 2002. Effects of metal (Cd, Cu, Ni, Pb or Zn) enrichment of sewage-sludge on soil micro-organisms and their activities. *Applied Soil Ecology* 20: 145-155.
16. Kumari, M., and Ushakumari, K. 2002. Effect of vermicompost enriched with rock phosphate on the yield and uptake of nutrients in cowpea (*Vigna unguiculata* L. Walp). *Journal of Tropical Agriculture* 40: 27-30.
17. Malathesh, G. 2005. Nutrient substitution through organics in maize. *University of Agricultural Sciences* 6: 1-131.
18. Mariotti, M., Ercoli, L., and Masoni, A. 1996. Spectral properties of iron-deficient corn and sunflower leaves. *Remote Sensing of Environment* 58: 282-288.
19. Manivannan, S., Batamurugan, M., Parthasarathi, K., Gunasekaran, G., and Ranganathan, L. 2009. Effect of vermicompost on soil fertility and crop productivity-beans (*Phaseolus vulgaris*). *Journal of Environmental Biology* 30 (2): 275-281.
20. Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., Talcott, S. T., and Krennek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertilizer. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89: 2383-2392.
21. Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., and Arancon, N. 2011. Effects of vermicompost tea (aqueous extract) on pak choi yield, quality, and on soil biological properties. *Compost Science and Utilization* 19 (4): 279-292.
22. Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., and Paull, R. E. 2012. Biochemical properties of compost tea associated with compost quality and effects on pak choi growth. *Scientia Horticulturae* 148: 138-146.
23. Paterson, E. 2003. Importance of rhizodeposition in the coupling of plant and microbial productivity. *European Journal of Soil Science* 54: 741-750.
24. Peyvast, J. G., Olfati, S., and Forghani, A. 2008. Effect of vermicompost on the growth and yield of spinach (*Spinacia oleracea* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment* 6: 110-113.
25. Rashtbari, M., and Alikhani, H. A. 2012. Effect and efficiency of municipal solid waste compost and vermicompost on morpho-physiological properties and yield of canola under drought Stress. *Journal of Agriculture and Sustainable Production* 22 (2): 114-127. (in Persian with English abstract).
26. Reeve, J. R., Carpenter-Boggs, L., Reganold, J. P., York, A. L., and Brinton, W. F. 2010. Influence of biodynamic preparations on compost development and resultant compost extracts on wheat seedling growth. *Bioresource Technology* 101: 5658-5666.
27. Rezvantab, N., Pirdashti, H., Bahmanyar, M. A., and Abbasyan, A. 2012. Effect of different types and amounts of organic and chemical fertilizer on content of macro elements leaf and seed corn. *Research Journal of Plant Science* 3: 20-30. (in Persian with English abstract).
28. Roy, S., Arunachalam, K., Dutta, B. K., and Arunachalam, A. 2010. Effect of organic amendments of soil on growth and productivity of three common crops viz *Zea mays*, *Phaseolus vulgaris* and *Abelmoschus esculentus*. *Applied Soil Ecology* 45: 78-84.
29. Sahni, S., Sarma, B., Singh, D., Singh, H., and Singh, K. 2008. Vermicompost enhances performance of plant growth-promoting rhizobacteria in *Cicer arietinum* rhizosphere against *Sclerotium rolfsii*. *Crop Protection* 27: 369-376.
30. Schmidt, U. 2003. Enhancing phytoextraction. *Journal of Environmental Quality* 32: 1939-1954.
31. Singh, R., Sharma, R., Kumar, S., Gupta, R., and Patil, R. 2008. Vermicompost substitution influences growth, physiological disorders, fruit yield and quality of strawberry (*Fragaria xananassa* Duch.). *Bioresource Technology* 99: 8507-8511.
32. Scheuerell, S. J., and Mahaffee, W. F. 2004. Compost tea as a container medium drench for suppressing seedling damping-off caused by *Pythium ultimum*. *Phytopathology* 94: 1156-1163.
33. Shi-Wei, Z., and Fu-Zhen, H. 1991. The nitrogen uptake efficiency from 15N labeled chemical fertilizer in the presence of earthworm manure (cast). *Advances in management and conservation of soil fauna*. 539-542.
34. Shrestha, K., Shrestha, P., Adetutu, E. M., Walsh, K. B., Harrower, A. S., Ball, D., and Midmore, J. 2011. Changes in microbial and nutrient composition associated with rumen content compost incubation. *Bioresource Technology* 102: 3848-3854.
35. Shrestha, K., Shrestha, P., Walsh, K. B., Harrower, K. M., and Midmore, D. J. 2011. Microbial enhancement of compost extracts based on cattle rumen content compost characterisation of a system. *Bioresour Technology* 102: 8027-8034.
36. Tejada, M., and González, J. 2009. Application of two vermicomposts on a rice crop: effects on soil biological properties and rice quality and yield. *Agronomy Journal* 101: 336-344.
37. Theunissen, J., Ndakidemi, P., and Laubscher, C. 2010. Potential of vermicompost produced from plant waste on

- the growth and nutrient status in vegetable production. International Journal of the Physical Sciences 5: 1964-1973.
38. Yaghtin, Sh., Moez Ardalan, M. Shorafa, M., and Alikhani, H. A. 2009. Effects of municipal compost and vermicompost on growth and nutrient uptake of corn. Journal of water and soil 19 (2): 211-213. (in Persian with English abstract).
39. Yagi, R., Ferreira, M. E., Cruz, M. C. P. D., and Barbosa, J. C. 2003. Organic matter fractions and soil fertility under the influence of liming, vermicompost and cattle manure. Scientia Agricola 60: 549-557.



Effects of Vermi compost and Compost tea Application on the Growth criteria of Corn (*Zea mays*)

R. Afsharmanesh¹ - A. Rahimi² - B. Torabi³ - A. Akhgar⁴

Received: 16-07-2014

Accepted: 09-08-2015

Introduction

Maize (*Zea mays*) is a cereal crop that is grown widely throughout the world in a range of agroecological environments. Its value as a cost-effective ruminant feed is one of the main reasons that farmers grow it. However, lack of nutrients such as N and P, are the principal obstacles - to crop production under low input agricultural systems leading to dependency on chemical fertilizers. Long-term use of chemical fertilizers destroy soil physicochemical properties and it reduced permeability which restricts root growth, nutrient uptake and plant production. Therefore, the use of organic fertilizers can help to enrich the soil root zone. As a result growth and yield will improve.

Materials and Methods

In order to study the effects of different levels of vermicompost and foliar application of tea compost on growth characteristics of the hybrid maize genotype 713, a greenhouse experiment was conducted as a factorial experiment in randomized complete block design with three replications at the Vali-e-Asr University of Rafsanjan, during 2013. Treatments were included vermicompost (0, 5%, 10%, 15%, 20%, 25% and 30% pot weight) and tea composts (foliar application, non-foliar application). Measured traits were included root dry weight, root volume, leaf dry weight, stem dry weight, macro nutrient concentration (N and P) and micro nutrient concentration (Zn, Mn, Fe and Cu). All the data were subjected to the statistical analysis (two-way ANOVA) using SAS software (SAS 9.1.3). Differences between the treatments were performed by Duncan's multiple range test (DMRT) at 1% confidence interval.

Results and Discussion

Results indicated that leaf and stem dry weight affected by the application of vermicompost and tea compost. However, the interaction effects had no significant effects on the leaf and stem dry weight. Application of tea compost increased 20% and 50% leaf dry weight and stem dry weight of corn compared to non-foliar application, respectively. The highest leaf dry weight and stem dry weight observed at 25% pot weight vermicompost, and lowest leaf and stem dry weight observed in control. Root volume and root dry weight affected by the interaction effects of vermicompost and tea composts. The highest root dry weight and root volume observed in 30% weight in non-foliar application condition. The highest root dry weight and root volume observed in 15% pot weight in tea compost application condition. It is also resulted that Fe concentration of shoot had affected by the application of tea compost, and using vermicompost affected the concentration of Zn, Fe and N in shoot. Application of tea compost increased 15% Fe concentration of shoot compared to non-foliar application. Using vermicompost of 30, 30 and 15% per pot weight increased concentration of Fe, N and Zn of corn shoot, respectively.

Result indicated that Mn, Cu and P concentration of corn shoot affected by interaction effects of vermicompost tea compost. It is also resulted that the highest concentration of Mn, and Cu observed in 15% pot weight in tea compost application condition and the highest concentration of P observed in 5% pot weight in tea compost application.

1- MSc student of agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

2- Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

3- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

4- Assistant Professor, Department of Soil Sciences, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

(*- Corresponding Author Email: raheleafshar@ymail.com)

Conclusions

Nutrient contents of vermicompost and tea compost are comparable with other organic fertilizers. Totally, it seems that using tea compost foliar application due to bioavailability nutrient could decrease the amount of vermicompost application.

Keywords: Leaf dry weight, Macro nutrient, Micro nutrient, Root volume, Stem dry weight



تأثیر روش‌های مختلف کشت پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) و میزان نیتروژن بر روند رشدی آن در شرایط تداخل با اویارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus*)

نصرت اله کریمی آرپناهی^{۱*} - سید وحید اسلامی^۲ - سهراب محمودی^۲ - محمد حسن سیاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۲

چکیده

به منظور بررسی اثر روش کشت پیاز خوراکی و میزان نیتروژن بر روند رشد آن در شرایط تداخل با اویارسلام ارغوانی، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل سه روش کاشت پیاز خوراکی (بذر، سوخچه و نشاء) و فاکتور دوم شامل سه سطح مختلف نیتروژن (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) بود. تیمار سطوح نیتروژن اثر معنی‌داری بر روی ارتفاع، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک پیاز داشت. تیمار روش کاشت نیز دارای اثر معنی‌داری بر ارتفاع، تعداد برگ، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک پیاز بود. همچنین اثر متقابل نوع روش کاشت و سطوح نیتروژن دارای اثر معنی‌دار بر روی ارتفاع، شاخص سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی بود اما بر تعداد برگ و وزن خشک پیاز مؤثر نبود. بررسی روند رشدی پیاز در طی فصل رشد در شرایط تداخل با علف‌هرز اویارسلام ارغوانی نشان داد که بیشترین و کمترین میزان رشد پیاز به ترتیب مربوط به روش سوخچه و بذر بود. همچنین تغییرات خصوصیات رشدی پیاز تحت سطوح مختلف کود نیتروژن در شرایط رقابت نشان داد که حداکثر میزان رشد پیاز در سطح ۱۰۰ و حداقل آن در سطح ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص حاصل شد. براساس نتایج تحقیق حاضر، می‌توان مقدار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و روش کشت سوخچه را به عنوان مناسب‌ترین تیمار مدیریتی در مزارع پیاز آلوده به اویارسلام توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: الگوی رشد، پیازچه، قابلیت رقابت، نشاکاری

مقدمه

به حداقل برسد (۳۱). رقابت برای جذب نیتروژن گسترده‌ترین شکل رقابت درون گونه‌ای در گیاهان زراعی و رقابت بین گونه‌ای در سامانه‌های رقابت علف‌هرز- گیاه زراعی است. از این رو شناخت نحوه جذب و تخصیص نیتروژن در گیاهان در حال رقابت، می‌تواند به عنوان یک ابزار کلیدی در بهبود راهبردهای مدیریت علف‌های هرز عمل کند (۱۰). در مورد تأثیر نیتروژن بر رقابت گیاهان زراعی با علف‌های هرز تحقیقات زیادی انجام شده است. در آزمایشی نشان داده شد که افزایش نیتروژن در برنج (*Oryza sativa* L.) بیشتر به نفع اویارسلام ارغوانی است و موجب کاهش جذب نور، کاهش شاخص سطح برگ و کاهش عملکرد دانه برنج شد (۲۲). همچنین، گزارش شده است که سلمه‌تره (*Chenopodium album*) و پیچک‌بند (*Polygonum convolvulus*) واکنش بهتری به سطوح بالاتر نیتروژن نشان می‌دهند (۱۱). در آزمایش دیگری نشان داده شد که زیست توده سلمه تره و خردل وحشی به طور چشمگیری با افزایش نیتروژن خاک از ۲۰ به ۱۲۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک، افزایش یافت و هر دو بیشتر از گندم به افزایش نیتروژن پاسخ دادند (۱۳).

بشر همواره به دنبال افزایش تولید غذا از طریق افزایش عملکرد گیاهان زراعی بوده است. در این مسیر، علف‌های هرز نیز همواره به دلیل رقابت با گیاهان زراعی برای کسب عوامل محیطی و نهاده‌ها، موجب کاهش کیفیت و کمیت محصول می‌شوند. هزینه‌های کنترل و خسارت‌های مربوط به علف‌های هرز، آنها را جزو مهم‌ترین عوامل کاهش دهنده تولیدات کشاورزی قرار داده است (۸). امروزه اعتقاد بر این است که نمی‌توان مزرعه را عاری از علف‌هرز نمود و حتی در صورت امکان‌پذیر بودن، این امر اقتصادی نیست. البته می‌توان با اعمال روش‌های صحیح مدیریت زراعی، جمعیت گونه‌های خاصی از علف‌های هرز و یا گروهی از آنها را چنان کاهش داد که رقابت آنها

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

۳- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند

*- نویسنده مسئول: (Email: kariminosratalah@yahoo.com)

ممکن است تأثیر قابل ملاحظه‌ای بر توان رقابتی آن با علف هرز اوپارسلام داشته باشد. عنصر نیتروژن نیز می‌تواند بر فرآیند رقابت علف‌های هرز و گیاهان زراعی- باغی تأثیر زیادی داشته باشد. از آنجایی که اثر روش‌های مختلف کشت پیاز و میزان نیتروژن بر روند رشدی پیاز در شرایط تداخل با اوپارسلام ارغوانی بررسی نشده است این تحقیق با هدف ارزیابی تأثیر روش کاشت و مقدار کاربرد نیتروژن بر خصوصیات رشدی پیاز در حضور اوپارسلام انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به منظور بررسی روند تغییرات خصوصیات رشدی پیاز خوراکی تحت تأثیر روش کشت و سطوح نیتروژن در شرایط تداخل با اوپارسلام ارغوانی در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عوامل مورد بررسی عبارت بودند از سه روش کاشت پیاز خوراکی رقم پریمورا (بذر، نشاء و سوخچه)، و مقادیر مختلف کود نیتروژن با لحاظ نیتروژن موجود در خاک در سه سطح شامل (۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار معادل ۲۵، ۵۰ و ۷۵ میلی‌گرم نیتروژن خالص در هر کیلوگرم خاک) که برای این منظور از کود اوره با خلوص ۴۶ درصد نیتروژن استفاده شد. خاک مورد استفاده از مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد واحد بیرجند تهیه شد و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی مورد آزمایش قرار گرفت که دارای بافت لومی شنی (شامل ۱۱/۴ درصد رس، ۲۱/۴ درصد سیلت و ۶۷/۲ درصد شن) بود. تیمارهای کودی به صورت محلول قبل از کاشت به خاک اضافه و کاملاً با خاک مخلوط شد و سپس خاک به گلدان‌های مورد نظر انتقال و عمل کشت انجام شد. ابتدا غده‌های اوپارسلام جوانه‌دار شدند و در عمق دو و نیم سانتی‌متری هر گلدان (ارتفاع ۲۰ و قطر دهانه و کف به ترتیب ۲۰ و ۱۴ سانتی‌متر) یک غده کشت شد و همزمان سوخچه (از پیازچه‌های ریز و یک اندازه با وزن تقریباً برابر با ۱۰ گرم استفاده شد)، نشاء (بعد از ۶ هفته نشاء‌هایی با ارتفاع تقریباً ۱۵ سانتی‌متر به گلدان‌ها انتقال داده شدند) و بذر (از بذرهای اصلاح شده رقم پریمورا با وزن هزار دانه ۲/۰۷۱ گرم استفاده شد) با تراکم ۳۲ بوته در متر مربع (یک بوته در گلدان) به ترتیب در عمق دو، یک و نیم سانتی‌متر در فاصله پنج سانتی‌متری از غده اوپارسلام کشت و آبیاری به‌طور روزانه در حد ظرفیت زراعی انجام شد. بوته‌های پیاز در دو، چهار، شش، هشت و ده هفته پس از سبز شدن برداشت شد و برای هر مرحله تکرار جداگانه‌ای در نظر گرفته شد به گونه‌ای که با هر برداشت، تعداد ۲۷ گلدان از آزمایش حذف شد. در هر مرحله ارتفاع، تعداد برگ و سطح برگ اندازه‌گیری شد. سطح برگ‌ها توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ (Leaf Area

پیاز خوراکی (*Allium cepa* L.) گیاهی دوساله متعلق به خانواده Alliaceae است که در سال اول تولید سوخ می‌کند (۲۳). پیاز یکی از مهم‌ترین سبزی‌ها در جهان است به‌طوری که بعد از گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) در رتبه دوم قرار دارد (۵). پیاز به سه روش کاشت مستقیم بذر، نشاء‌کاری و سوخچه (یا آنیون ست به پیازچه‌های به قطر کمتر از ۲۵ میلی‌متر و وزن دو تا سه گرم گفته می‌شود) تکثیر می‌شود (۲۹). در آزمایشی که با هدف بررسی و مقایسه روش‌های تکثیر پیاز (نشاء، سوخچه و کشت مستقیم بذر) انجام شد روش نشاء‌کاری توصیه شد (۱۷). در تحقیقاتی که در منطقه شهداد کرمان و برخی استان‌های جنوبی کشور انجام شد، روش تولید پیاز از طریق سوخچه باعث تولید محصول زودرس گردید (۹). در بررسی که در پاکستان بر روی روش‌های مختلف تولید محصول پیاز انجام شد مشخص گردید روش پیازچه به دلیل دارا بودن مواد ذخیره-ای فراوان در مقایسه با تولید محصول با بذر و نشاء موجب سرعت رشد محصول در مزرعه شده و محصول زودرس تولید گردید (۲۴).

یکی از مهم‌ترین علف‌های هرز مزارع پیاز خوراکی، اوپارسلام ارغوانی است که به دلیل رشد کند پیاز در اوایل دوره رویشی، باعث کاهش قابل ملاحظه‌ای در عملکرد پیاز می‌شود. اوپارسلام ارغوانی (*Cyperus rotundus* L.) گیاهی است از تیره جگنیان (Cyperaceae) و چند ساله C₄ به ارتفاع ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متر که توسط غده، ریزوم و بذر تکثیر می‌یابد (۲۶). اوپارسلام از نظر اقتصادی یک علف‌هرز مهم است که در رقابت با ۵۰ نوع محصول زراعی بوده و در بیش از ۹۲ کشور وجود دارد که به دلیل پراکنش گسترده و قابلیت رقابتی بالا جزو بدترین علف‌های هرز دنیا به‌شمار می‌آید (۱۲). یکی از اثرات عمده اوپارسلام ارغوانی کاهش در عملکرد محصولات زراعی است. این علف‌هرز به‌طور ویژه در تولید پیاز مشکل ساز می‌باشد، به‌طوری که می‌تواند عملکرد پیاز را ۲۳ تا ۸۴ درصد کاهش دهد (۲۵). به‌طوری که گزارشات نشان داده است که رقابت دراز مدت اوپارسلام ارغوانی در طول فصل، باعث کاهش ۸۹ درصدی عملکرد در سیر (*Allium sativum*)، ۶۲ درصد در بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.)، ۳۹ تا ۵۰ درصد در هویج (*Daucus carota* L.)، ۴۳ درصد در خیار (*Cucumis sativus* L.) و ۳۵ درصد در کلم گل (*Brassica oleracea* L. var. capitata) (۱۴)، ۵۴ درصد در کاهو (*Lactuca sativa* L.) (۱۹)، ۲۸ تا ۶۴ درصد در گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum* Mill.) (۲۰) و ۷۰ درصد در تربچه (*Raphanus sativus* L.) (۲۷) شده است.

در بین سبزی‌ها، پیاز خوراکی در برابر علف‌های هرز، به‌ویژه اوپارسلام، قدرت رقابتی بسیار ضعیفی دارد. به نظر می‌رسد شناخت و به‌کارگیری استراتژی‌های مدیریت زراعی مناسب در جهت بهره‌گیری از فضا و منابع غذایی به نفع گیاه پیاز، خواهد توانست قابلیت رقابتی علف هرز اوپارسلام را کاهش دهد. در این راستا روش کاشت پیاز

(Meter) ساخت کشور انگلستان مدل Li- Cor. LI-1300 تعیین شد. همچنین در انتهای هر برداشت بوته‌های پیاز برداشت و ماده خشک (اندام هوایی و اندام زیرزمینی) آنها پس از خشک کردن در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت، با ترازوی دیجیتالی با دقت یک هزارم گرم توزین شد. تمامی داده‌ها توسط نرم افزار Sigma Plot Ver. 11.0 مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و با استفاده از تجزیه واریانس رابطه بین قدرت رقابتی اویارسلام و پیاز و دیگر شاخص‌ها، مورد بررسی قرار گرفت و نمودارهای مربوطه توسط نرم افزار Excel Ver. 2013 ترسیم شد.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس پنج مرحله ارتفاع گیاه پیاز نشان داد که بین روش‌های کاشت و سطوح نیتروژن و همچنین اثر متقابل آنها از نظر رشد طولی ساقه اختلاف معنی‌داری ($P < 0.01$) وجود دارد (جدول ۱). ارتفاع بوته و تغییرات آن در طی فصل رشد می‌تواند تأثیر

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اثر روش کاشت پیاز و سطوح نیتروژن بر ارتفاع پیاز خوراکی

Table 1- Analysis of variance of the effect of sowing method of onion and nitrogen levels on height of onion

منابع تغییرات	Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)				
			هفته پس از کاشت Weeks after planting				
			2	4	6	8	10
تکرار	Replication	2	1.62	7.0	2.74	1.0	3.21
روش کاشت	Sowing method (A)	2	769.76**	1851.08**	3928.17**	2741.77**	1702.6**
سطوح نیتروژن	Levels of nitrogen (B)	2	32.96**	75.25**	62.36**	55.44**	68.47**
	AxB	4	5.83**	12.08 ^{ns}	53.11**	46.55**	56.52**
خطا	Error	16	0.660	6.29	2.40	4.87	1.26
ضریب تغییرات	%CV	-	5.68	9.92	4.36	4.85	2.04

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۲- مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن بر ارتفاع پیاز خوراکی (سانتی‌متر)

Table 2- Comparisons of means for interaction effects of onion sowing method and different nitrogen levels on height of onion

نوع روش کاشت پیاز Sowing method of onion	سطوح کود نیتروژن nitrogen levels (kg ha ⁻¹)	هفته پس از کاشت Weeks after planting				
		2	4	6	8	10
پیازچه Anion set	50	26.0 ^a	34.6 ^b	50.7 ^b	60.3 ^a	59.0 ^d
	100	22.0 ^b	40.0 ^a	54.3 ^b	60.0 ^a	72.0 ^a
	150	20.7 ^b	43.3 ^a	63.0 ^a	58.0 ^{ab}	64.0 ^b
کشت مستقیم بذر Direct seeding	50	6.0 ^f	9.3 ^e	14.8 ^e	24.3 ^d	42.5 ^e
	100	5.3 ^f	12.0 ^e	14.9 ^e	28.0 ^d	40.3 ^f
	150	2.2 ^g	10.6 ^e	13.0 ^e	25.3 ^d	34.7 ^g
نشاء Transplant	50	15.7 ^d	21.8 ^d	32.3 ^d	43.3 ^c	59.3 ^d
	100	17.2 ^c	28.3 ^c	40.0 ^c	54.3 ^b	61.7 ^c
	150	13.7 ^e	27.3 ^c	37.0 ^c	55.3 ^b	60.0 ^{cd}

داده‌های با حروف مشابه براساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Data followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test.

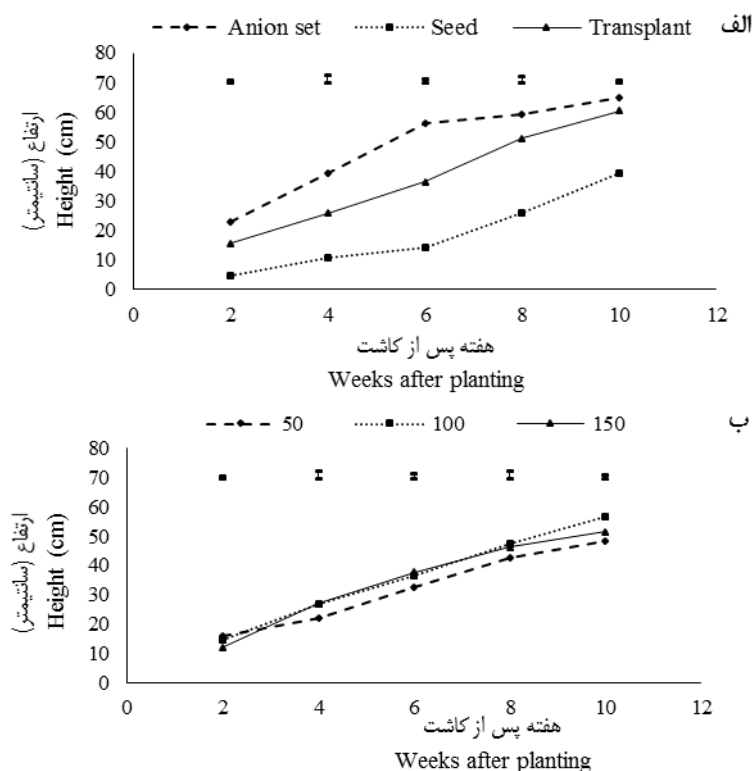
به‌سزایی در قدرت رقابتی گیاه زراعی در برابر علف‌های هرز داشته باشد. نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن بیانگر برتری روش سوخته و سطوح بالای نیتروژن در صفت ارتفاع پیاز می‌باشد به گونه‌ای که در تمام مراحل نمونه‌برداری بیشترین ارتفاع پیاز در روش سوخته و سطوح بالای نیتروژن به‌دست آمد. همچنین کمترین ارتفاع پیاز در طی فصل رشد در روش بذر و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص حاصل شد. به‌طور کلی روش بذر نسبت به سایر روش‌ها از قدرت رقابتی کمتری برای رقابت با اویارسلام برخوردار بود. به علت بنیه ضعیف و رشد کند گیاهان حاصل از کشت مستقیم بذر در اوایل فصل رشد، علف‌های هرز به‌ویژه اویارسلام توانایی این را دارند که سریع رشد کنند و ارتفاع بیشتری تولید و خسارت بیشتری از طریق سایه‌اندازی به محصول وارد کنند. روش سوخته نسبت به سایر روش‌ها توانایی بیشتری برای رقابت با اویارسلام ارغوانی داشت و ارتفاع آن را بیشتر کاهش داد (جدول ۲).

حداکثر ارتفاع پیاز در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین از هفته دوم به بعد کمترین ارتفاع پیاز در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۱، ب). در آزمایشی گزارش شد که بیشتر بودن ارتفاع ارقام گندم (*Triticum aestivum* L.) می‌تواند یکی از دلایل بالا بودن شاخص رقابت در مقابل علف هرز یولاف وحشی (*Avena fatua* L.) باشد و نیز نشان دادند که ارقام دارای ارتفاع کمتر، غیر رقابتی ترند و ارتفاع بوته از شاخص‌هایی است که می‌تواند در ارزیابی قدرت رقابتی ژنوتیپ‌ها مورد استفاده قرار گیرد (۲).

تعداد برگ

نتایج تجزیه واریانس پنج مرحله تعداد برگ گیاه پیاز نشان داد که بین روش‌های کاشت از نظر این صفت در تمام مراحل اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P < 0.01$) (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی روش کاشت نشان داد که کمترین تعداد برگ گیاه پیاز در هر ۵ زمان نمونه‌برداری در روش کاشت بذر مشاهده شد و تعداد آن در هشت و ده هفته پس از کاشت به‌ترتیب برابر با ۴/۳۳ و ۴/۶۶ برگ در بوته بود.

روند تغییرات ارتفاع گیاه پیاز در اوایل فصل رشد حاکی از برتری روش کشت سوخچه و نشاء نسبت به بذر بود. این ویژگی می‌تواند در شرایط تداخل با علف‌های هرز یک مزیت رقابتی محسوب شود. خصوصیات نشاء و سوخچه اعم از ارتفاع اولیه نشاء یا ذخایر غذایی سوخچه تأثیر زیادی در ارتفاع نهایی گیاه پیاز داشت. نشاء پیاز در همان مراحل اولیه رشد دارای ارتفاع بیشتری بود اما سوخچه به‌دلیل داشتن ذخایر غذایی فراوان و بذر به‌دلیل اندوخته غذایی کم به‌ترتیب دارای بیشترین و کمترین سرعت رشد بودند. اگرچه روند تغییرات ارتفاع پیاز در طی فصل رشد به‌صورت افزایشی بود اما در طی تمام مراحل نمونه‌برداری بیشترین و کمترین ارتفاع پیاز به‌ترتیب در روش سوخچه و بذر حاصل شد (شکل ۱، الف). ارتفاع بوته در اغلب منابع به‌عنوان یکی از معیارهای توانایی رقابتی ارقام و گونه‌های مختلف زراعی مطرح است که خود تحت تأثیر تراکم، نوع علف‌هرز و شرایط محیطی قرار می‌گیرد (۱). تغییرات ارتفاع بوته تحت تأثیر سطوح مختلف کود نیتروژن در طی فصل رشد نشان داد که تا هشت هفته پس از کاشت بیشترین ارتفاع پیاز در سطوح بالای نیتروژن (۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) تولید شد اما در ده هفته پس از کاشت



شکل ۱- تغییرات ارتفاع گیاه پیاز در طول دوره رشد تحت تأثیر روش‌های مختلف کاشت (الف) و سطوح مختلف کود نیتروژن (ب) (خطوط عمودی بالای هر مرحله نمونه‌برداری مقدار LSD را در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد)

Figure 1- Changes of onion plant height during growth season influenced by different planting methods (a) and different levels of nitrogen (b) (Vertical lines on each sampling represent LSD value at the 5% level)

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس اثر روش کاشت پیاز و سطوح نیتروژن بر تعداد برگ پیاز خوراکی

Table 3- Analysis of variance of the effect of sowing methods of onion and nitrogen levels on leaf number of onion

منابع تغییرات	Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)				
			هفته پس از کاشت Weeks after planting				
			2	4	6	8	10
تکرار	Replication	2	0.48	0.14	1.81	0.70	0.77
روش کاشت	Sowing method (A)	2	38.25**	72.48**	108.59**	164.03**	180.11**
سطوح نیتروژن	Levels of nitrogen (B)	2	0.03 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.25 ^{ns}	11.25**	31.44**
	AxB	4	0.09 ^{ns}	0.14 ^{ns}	0.37 ^{ns}	15.59**	34.55**
خطا	Error	16	0.18	0.43	0.35	1.28	0.48
ضریب تغییرات	%CV	-	14.70	13.98	9.31	14.24	7.29

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

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

آمد که برابر با ۲۰ برگ در بوته بود. همچنین کمترین تعداد آن (۴/۳۳) برگ در بوته) در روش کاشت بذر و سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (جدول ۴).

بررسی روند تغییرات تعداد برگ گیاه پیاز در طی فصل رشد نشان داد حداقل تعداد برگ پیاز در روش کاشت بذر و حداکثر آن در روش کاشت سوخته تولید شد (شکل ۲، الف). وجود تعداد برگ بیشتر در لایه‌های مختلف کانوپی منجر به نفوذ هرچه کمتر نور در لایه‌های زیرین می‌شود. از طرفی جهت نفوذ کمتر نور به داخل کانوپی تعداد برگ نسبت به اندازه برگ و زاویه برگ دارای اهمیت کمتری می‌باشد. از طرفی تعداد برگ همبستگی مثبتی با سطح برگ داشته و وجود برگ‌های بیشتر سطح برگ گیاه را افزایش داده و توانایی رقابت آن را نیز افزایش می‌دهد (۱). توانایی پایین گیاه پیاز در تولید برگ در روش کشت مستقیم بذر و سطوح بالای نیتروژن می‌تواند برای اویارسالام ارغوانی یک مزیت رقابتی محسوب شود.

در تمام زمان‌های نمونه‌برداری بیشترین تعداد برگ پیاز در روش کاشت سوخته تولید شد که تعداد آن در هشت و ده هفته پس از کاشت به ترتیب برابر با ۱۲/۶۶ و ۱۳/۴۴ برگ در بوته بود (شکل ۲، الف).

نتایج تجزیه واریانس در دو، چهار و شش هفته پس از کاشت نشان داد بین اثر اصلی سطوح نیتروژن و اثر متقابل روش کاشت پیاز در سطوح نیتروژن تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳) اما مقایسه میانگین اثر متقابل در هشت هفته پس از کاشت حاکی از برتری روش کاشت سوخته و سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص بود و تعداد برگ در این مرحله برابر با ۱۶ بود. همچنین حداقل تعداد برگ پیاز در این مرحله در روش کاشت بذر و سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که برابر با چهار برگ در بوته بود. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن در ده هفته پس از کاشت نشان داد که بیشترین تعداد برگ پیاز در روش کاشت سوخته و سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست

جدول ۴- مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن بر تعداد برگ پیاز خوراکی
Table 4- Comparisons of means for interaction effects of onion sowing method and different nitrogen levels on leaf number of onion

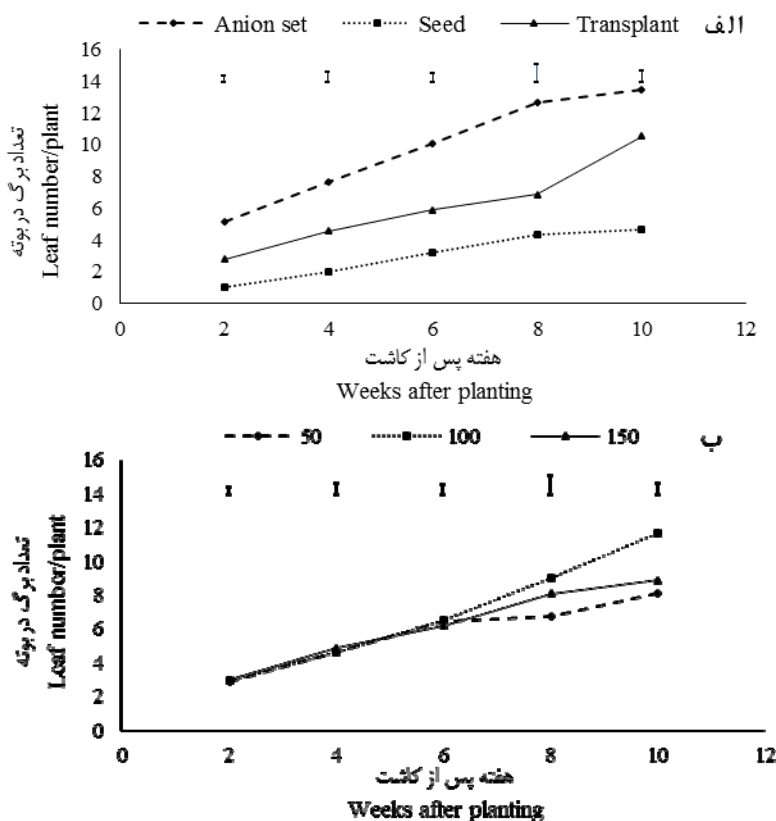
نوع روش کاشت پیاز Sowing method of onion	سطوح کود نیتروژن levels of nitrogen (kg ha ⁻¹)	هفته پس از کاشت Weeks after planting	
		8	10
پیازچه Anion set	50	8.66 ^c	9.33 ^d
	100	16.0 ^a	20.0 ^a
	150	13.33 ^b	11.0 ^{bc}
کشت مستقیم بذر Direct seeding	50	4.33 ^{ef}	5.0 ^e
	100	5.0 ^f	4.66 ^e
	150	4.66 ^f	4.33 ^e
نشاء Transplant	50	7.33 ^{cd}	10.0 ^{cd}
	100	7.0 ^{cd}	10.33 ^{bcd}
	150	6.33 ^{de}	11.33 ^b

داده‌های با حروف مشابه براساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Data followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test.

سطوح مختلف کود نیتروژن در طی فصل رشد نشان داد تا شش هفته پس از کاشت روند تغییرات تولید برگ در هر سه سطح نیتروژن مشابه بود اما بیشترین تعداد برگ در هشت و ده هفته پس از کاشت در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین تعداد آن در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد (شکل ۲، ب).

بنابراین در شرایط رقابت روشی که بتواند منجر به کاهش تعداد برگ اویارسلام شود می‌تواند در فرآیند رقابت برتر باشد که براساس نتایج این تحقیق، روش کشت سوخته توانست بیشترین تأثیر را بر اویارسلام داشته باشد، چون کمترین تعداد برگ و سطح برگ اویارسلام در این روش تولید شد. تغییرات تعداد برگ پیاز تحت



شکل ۲- تغییرات تعداد برگ گیاه پیاز در طول دوره رشد تحت تأثیر روش‌های مختلف کاشت (الف) و سطوح مختلف کود نیتروژن (ب) (خطوط عمودی بالای هر مرحله نمونه‌برداری مقدار LSD را در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد)

Figure 2- Changes of onion plant leaf number during growth season influenced by different planting methods (a) and different levels of nitrogen (b) (Vertical lines on each sampling represent LSD value at the 5% level)

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر روش کاشت پیاز و سطوح نیتروژن بر شاخص سطح برگ پیاز خوراکی

Table 5- Analysis of variance of the effect of sowing methods of onion and nitrogen levels on leaf area index of onion

منابع تغییرات	Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)			
			هفته پس از کاشت			
			4	6	8	10
تکرار	Replication	2	0.001	0.001	0.0004	0.003
روش کاشت	Sowing method (A)	2	0.051**	0.216**	0.442**	0.685**
سطوح نیتروژن	Levels of nitrogen (B)	2	0.0008 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.008**	0.037**
	AxB	4	0.0008 ^{ns}	0.002*	0.003*	0.022**
خطا	Error	16	0.0006	0.0009	0.0008	0.001
ضریب تغییرات	%CV	-	32.60	17.74	11.38	11.18

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

شاخص سطح برگ

نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ پیاز نشان داد بین روش‌های کاشت و سطوح نیتروژن (هشت و ده هفته پس از کاشت) تفاوت معنی‌داری وجود دارد. بین اثرات متقابل این فاکتورها در شش و هشت هفته پس از کاشت ($P < 0.05$) و ده هفته پس از کاشت ($P < 0.01$) اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵).

بیشترین میزان شاخص سطح برگ پیاز در تمام مراحل نمونه‌برداری در روش کشت سوخته و سطوح بالای نیتروژن به‌دست آمد. بیشترین مقدار این صفت در هشت و ده هفته پس از کاشت در سطح نیتروژن ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تولید شد که مقدار آن به‌ترتیب برابر با ۰/۴۹۴ و ۰/۷۲۵ بود. در طی فصل رشد کمترین میزان این صفت در روش کشت مستقیم بذر به‌دست آمد (جدول ۶). سطح برگ یک جزء فیزیولوژیک عمده در تولید عملکرد و سرعت رشد گیاه زراعی است که خود ویژگی‌های پیچیده‌ای دارد و اجزای اصلی آن تعداد برگ و اندازه برگ هستند. شاخص سطح برگ در تعیین درصد تابش خورشیدی جذب شده به‌وسیله هر گیاه مهم است و بنابراین رشد گیاه و عملکرد نهایی ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (۲۸).

روند تغییرات شاخص سطح برگ پیاز در هر سه روش کاشت بعد از سبز شدن دارای یک سیر صعودی بود اما این روند در روش‌های کشت سوخته و نشاء نسبت به روش کشت مستقیم بذر چشمگیرتر بود. گیاه پیاز در روش کشت سوخته به دلیل برخورداری از ذخایر غذایی فراوان، در شرایط تداخل نسبت به علف‌هرز یک رقیب برتر بود به‌طوری‌که بیشترین شاخص سطح برگ پیاز و کمترین شاخص سطح برگ علف‌هرز در این روش حاصل شد. کمتر بودن میزان شاخص

سطح برگ پیاز و همچنین بالاتر بودن میزان سطح برگ اویارسلام در روش کشت مستقیم بذر می‌تواند به دلیل تولید گیاهچه با بنیه ضعیف در روش کشت بذر نسبت به سایر روش‌ها و در نتیجه افزایش میزان سایه‌اندازی علف‌هرز بر بوته‌های بذری و محدود ساختن رشد آنها باشد. به همین دلیل به نظر می‌رسد که این روش نسبت به سایر روش‌های کاشت، بیشتر تحت تأثیر رقابت با اویارسلام ارغوانی قرار گرفته است. در تمام مراحل نمونه‌برداری بیشترین میزان سطح برگ پیاز و کمترین میزان سطح برگ علف‌هرز، در روش سوخته مشاهده شد. رقابت اویارسلام از همان ابتدا موجب کاهش سطح برگ گیاهچه‌های بذری شد، این موضوع نشان می‌دهد که سطح برگ جزء اولین خصوصیات است که تحت تأثیر رقابت قرار می‌گیرد. شاخص سطح برگ بالاتر و توان حفظ آن در حضور علف‌هرز می‌تواند با اثر مستقیمی که بر فتوسنتز و رشد دارد باعث افزایش قدرت رقابتی گیاه زراعی شود. شاید به همین دلیل باشد که روش سوخته با بیشترین میزان سطح برگ در بین روش‌های کاشت پیاز، بیشترین اثر بازدارنده را بر رشد اویارسلام داشته است (شکل ۳، الف). در آزمایشی گزارش شد که جو نسبت به یولاف دارای قدرت رقابتی بالاتری است. محققین در بین صفات مؤثر در قدرت رقابتی به سطح برگ بیشتر جو اشاره کردند (۱۶). سطح برگ یکی از خصوصیات فیزیولوژیک مؤثر می‌باشد که به خوبی می‌تواند رقابت درون گونه‌ای و برون گونه‌ای علف‌هرز را نشان دهد. نتایج برخی تحقیقات مؤید تأثیر چشم‌گیر افزایش شاخص سطح برگ گیاه زراعی بر کاهش کیفیت و کمیت نور رسیده به علف‌های هرز موجود در لایه‌های پایین کانوبی می‌باشد که در پی آن از رشد و نمو و استقرار گروه‌های بعدی علف‌های هرز ممانعت به عمل می‌آید.

جدول ۶- مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ پیاز خوراکی

Table 6- Comparisons of means for interaction effects of onion sowing method and different nitrogen levels on leaf area index		هفته پس از کاشت		
نوع روش کاشت پیاز Sowing method of onion	سطوح کود نیتروژن levels of nitrogen (kg ha ⁻¹)	Weeks after planting		
		6	8	10
پیازچه Anion set	50	0.269 ^b	0.401 ^b	0.413 ^c
	100	0.316 ^b	0.494 ^a	0.725 ^a
	150	0.372 ^a	0.486 ^a	0.624 ^b
کشت مستقیم بذر Direct seeding	50	0.011 ^d	0.024 ^e	0.054 ^e
	100	0.009 ^d	0.016 ^e	0.037 ^e
	150	0.009 ^d	0.016 ^e	0.028 ^e
نشاء Transplant	50	0.179 ^c	0.231 ^d	0.327 ^d
	100	0.198 ^c	0.326 ^c	0.415 ^c
	150	0.179 ^c	0.257 ^d	0.373 ^{cd}

داده‌های با حروف مشابه براساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Data followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test.

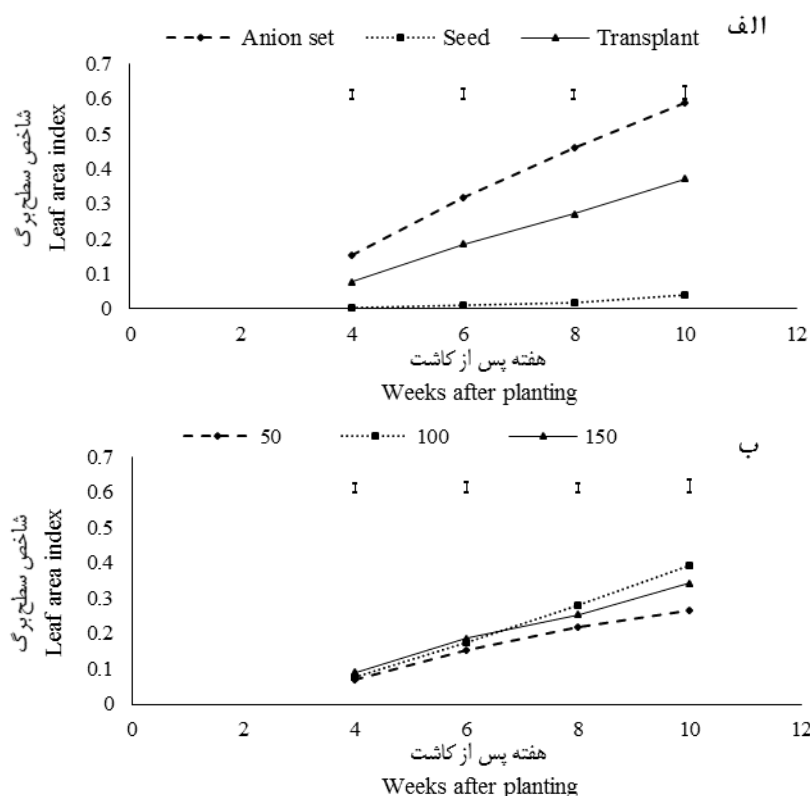
و در نتیجه سطح برگ بیشتری تولید شود. در تحقیقات مختلف گزارش شد که با افزایش مقدار نیتروژن، شاخص سطح برگ افزایش یافت (۷ و ۲۱). کود نیتروژن علاوه بر تأثیرگذاری بر تجمع ماده خشک در گیاه که بیانگر افزایش وزن گیاه در واحد زمان می‌باشد، بر شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و سرعت رشد گیاه و بهبود عملکرد گیاه زراعی و کارایی زراعی نیتروژن مؤثر است.

وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس تغییرات پنج مرحله نمونه‌برداری وزن خشک اندام هوایی گیاه پیاز نشان داد که بین اثرات اصلی روش‌های کاشت، سطوح نیتروژن و همچنین اثر متقابل این فاکتورها از نظر این صفت اختلاف معنی‌دار وجود دارد ($P < 0.01$) (جدول ۷). نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن بیانگر برتری روش کشت سوخچه و سطوح بالای نیتروژن می‌باشد.

نتایج مطالعه‌ای در مورد برنج نشان داد که توسعه سریع سطح برگ برنج در مراحل اولیه رشد آن باعث بسته شدن سریع کانوپی و فشار بیشتر به جوانه‌زنی علف‌های هرز گردید و از طرفی دیگر موجب افزایش قدرت رقابت برنج به واسطه افزایش سرعت رشد محصول و افزایش تجمع ماده خشک گردید (۳۰).

روند تغییرات شاخص سطح برگ پیاز تحت سطوح مختلف کود نیتروژن در طی فصل رشد بیانگر واکنش مثبت پیاز به سطوح بالای نیتروژن می‌باشد به گونه‌ای که بیشترین میزان شاخص سطح برگ تا شش هفته پس از کاشت در سطح نیتروژن ۱۵۰ و از هفته ششم به بعد در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. همچنین در تمام مراحل نمونه‌برداری کمترین میزان شاخص سطح برگ در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد (شکل ۳، ب). استفاده از کود نیتروژن در زمان رشد رویشی گیاه و توانایی بالای جذب آن در روش‌های کشت سوخچه و نشاء می‌تواند دلیلی بر بالاتر بودن شاخص سطح برگ آنها باشد، که در این حالت برگ‌ها به خوبی می‌توانند رشد کنند



شکل ۳- تغییرات شاخص سطح برگ گیاه پیاز در طول دوره رشد تحت تأثیر روش‌های کاشت (الف) و سطوح مختلف نیتروژن (ب) (خطوط عمودی بالای هر مرحله نمونه‌برداری مقدار LSD را در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد)

Figure 3- Changes of onion plant leaf area index during growth season influenced by different planting methods (a) and different levels of nitrogen (b) (Vertical lines on each sampling represent LSD value at the 5% level)

جدول ۷- نتایج تجزیه واریانس اثر روش کاشت پیاز و سطوح نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی پیاز خوراکی
Table 7- Analysis of variance of the effect of sowing methods of onion and nitrogen levels on shoot dry weight of onion

منابع تغییرات	Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات (Mean squares)				
			هفته پس از کاشت Weeks after planting				
			2	4	6	8	10
تکرار	Replication	2	0.0007	0.008	0.004	0.686	0.039
روش کاشت	Sowing method (A)	2	0.187**	2.906**	7.754**	20.297**	21.421**
سطوح نیتروژن	Levels of nitrogen (B)	2	0.002**	0.095**	0.244**	2.682**	5.022**
	AxB	4	0.004**	0.069**	0.304**	0.950**	4.10**
خطا	Error	16	0.0002	0.014	0.01	0.196	0.076
ضریب تغییرات	%CV	-	13.92	27.68	12.91	30.11	13.99

ns، * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

جدول ۸- مقایسات میانگین اثرات متقابل نوع روش کاشت پیاز و سطوح مختلف کود نیتروژن بر وزن خشک اندام هوایی (گرم در بوته) پیاز خوراکی
Table 8- Comparisons of means for interaction effects of onion sowing method and different nitrogen levels on shoot dry weight of onion

نوع روش کاشت پیاز Sowing method of onion	سطوح کود نیتروژن nitrogen levels (kg ha ⁻¹)	هفته پس از کاشت Weeks after planting				
		2	4	6	8	10
پیازچه Anion set	50	0.336 ^a	0.794 ^c	1.342 ^c	2.379 ^b	1.437 ^d
	100	0.218 ^c	1.086 ^b	1.725 ^b	4.335 ^a	5.565 ^a
	150	0.293 ^b	1.346 ^b	2.392 ^a	2.488 ^b	3.329 ^b
کشت مستقیم بذر Direct seeding	50	0.014 ^e	0.010 ^e	0.023 ^e	0.116 ^d	0.559 ^e
	100	0.012 ^e	0.010 ^e	0.022 ^e	0.070 ^d	0.283 ^e
	150	0.003 ^e	0.003 ^e	0.022 ^e	0.075 ^d	0.247 ^e
نشاء Transplant	50	0.056 ^d	0.156 ^{de}	0.536 ^d	0.791 ^{cd}	1.678 ^d
	100	0.078 ^d	0.234 ^d	0.550 ^d	1.884 ^b	2.304 ^c
	150	0.059 ^d	0.223 ^d	0.470 ^d	1.092 ^c	2.174 ^c

داده‌های با حروف مشابه براساس آزمون FLSD اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Data followed by the same letters are not significantly different based on FLSD test.

افزایش قابل ملاحظه‌ای یافت. در تمام مراحل نمونه‌برداری روند تولید وزن خشک اندام هوایی دارای سیر صعودی بود و نهایتاً در اواخر فصل رشد، در روش کشت سوخته گیاه پیاز به دلیل برخورداری از سطح برگ بالا، میزان وزن خشک آن نسبت به روش‌های کشت نشاء و بذر قابل ملاحظه بود و بیشترین وزن خشک پیاز در این روش تولید شد. همچنین کمترین مقدار این صفت در روش کشت مستقیم بذر حاصل شد (شکل ۴، الف). در آزمایشی گزارش شد افزایش تراکم اویارسلام ارغوانی باعث کاهش خطی در وزن خشک ساقه در طی گلدهی و باردهی در فلفل (*Capsicum annuum* L.) و گوجه فرنگی شد (۱۸). روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی پیاز تحت سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد بیشترین وزن خشک اندام هوایی پیاز تا شش هفته پس از کاشت در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و از هفته ششم به بعد بیشترین وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین در طی تمام

در چهار و شش هفته پس از کاشت بیشترین مقدار وزن خشک اندام هوایی پیاز در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد و مقدار آن به‌ترتیب برابر با ۱/۳۴۶ و ۲/۳۹۲ گرم در بوته بود در حالی‌که در هشت و ده هفته پس از کاشت بیشترین مقدار این صفت در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد که مقدار آن به‌ترتیب برابر با ۴/۳۳۵ و ۵/۵۶۵ گرم در بوته بود. کمترین میزان وزن خشک اندام هوایی پیاز در طی تمام مراحل نمونه‌برداری در روش کشت مستقیم بذر به‌دست آمد (جدول ۸). یکی از شرایط لازم برای دستیابی به عملکرد بالا در پیاز، تولید ماده خشک بیشتر است زیرا ذخیره ماده خشک در برگ‌ها و کل ماده ذخیره شده در واحد سطح از مؤثرترین خصوصیات رشد است که بر عملکرد تأثیر می‌گذارد.

بررسی روند تغییرات وزن خشک اندام هوایی گیاه پیاز در شرایط تداخل با علف هرز اویارسلام ارغوانی نشان داد در اوایل فصل رشد تولید ماده خشک در پیاز به‌صورت بطئی بوده ولی بعد از چهار هفته

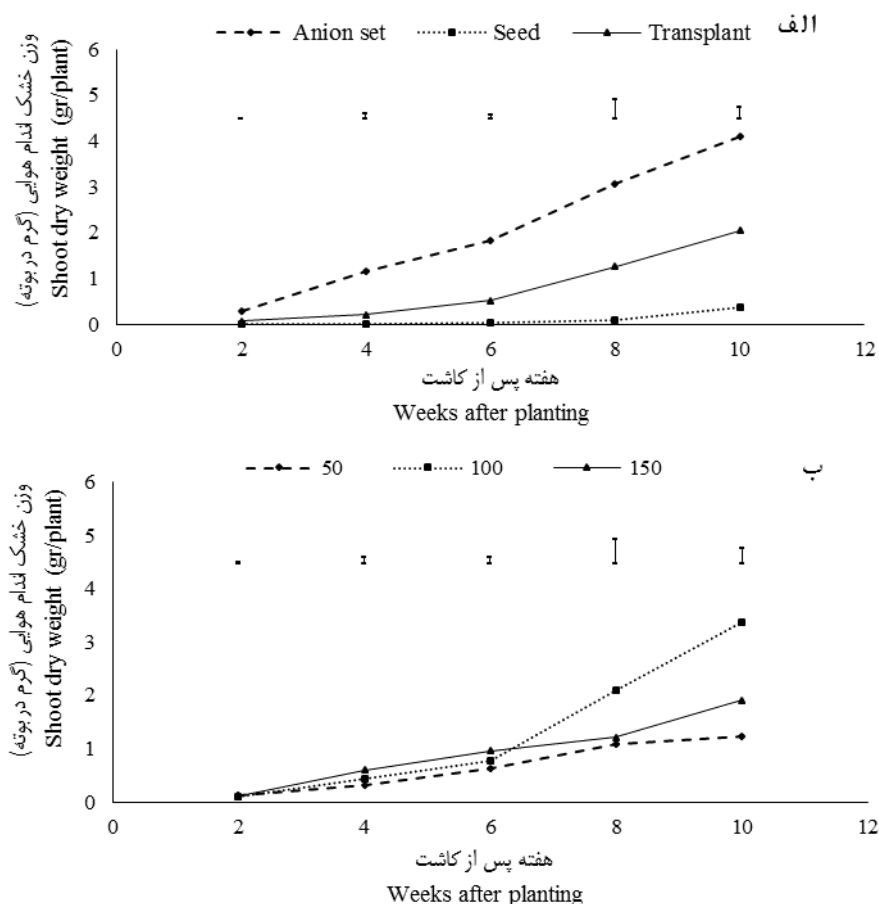
مطالعات نیز به نقش مثبت نیتروژن در افزایش عملکرد و رشد محصولات زراعی اشاره شده است (۳، ۴، ۶ و ۱۵).

وزن خشک پیاز

نتایج تجزیه واریانس تغییرات پنج مرحله نمونه‌برداری وزن خشک پیاز نشان داد بین اثرات اصلی روش‌های کاشت و سطوح نیتروژن تفاوت معنی‌دار وجود دارد. بین اثرات متقابل این فاکتورها در دو، چهار و ده هفته پس از کاشت اختلاف معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۹).

نتایج مقایسه میانگین اثر اصلی روش کاشت نشان داد کمترین وزن خشک پیاز در هر پنج زمان نمونه‌برداری در روش کاشت بذر به‌دست آمد و مقدار آن در هشت و ده هفته پس از کاشت به‌ترتیب برابر با ۰/۱۴۳ و ۰/۲۳۰ گرم در بوته بود.

مراحل نمونه‌برداری، کمترین وزن خشک اندام هوایی در روش کشت مستقیم بذر به‌دست آمد (شکل ۴، ب). مطالعات متعددی پاسخ‌دهی فرآیند رشد گیاهان زراعی را به افزایش مقدار کاربرد نیتروژن نشان داده‌اند. برای مثال، محققین گزارش کردند که افزایش نیتروژن از صفر به ۱۷۰ کیلوگرم در هکتار ضمن افزایش ۶۱ درصدی در کارایی مصرف نیتروژن منجر به افزایش ۳۶ درصدی در تولید ماده خشک ذرت شد. در این آزمایش با اندازه‌گیری شاخص‌های رشد ذرت نشان داده شد که افزایش روند رشد تمام شاخص‌های رشد، شرایط لازم را برای تولید عملکرد بیشتر در ذرت (*Zea mays* L.) فراهم کرد (۱۵). در بررسی پاسخ ۲۳ گونه علف هرز، گندم و کلزا به کاربرد نیتروژن مشاهده شد که در گونه‌های مورد مطالعه، ضمن افزایش معنی‌دار ماده خشک تولیدی، اختلاف قابل توجهی از این نظر وجود داشت. در این آزمایش بین گونه‌های مطالعه شده، تاج خروس و خردل وحشی بیشترین ماده خشک را در اثر کاربرد نیتروژن تولید کردند. در سایر



شکل ۴- تغییرات وزن خشک اندام هوایی پیاز در طول دوره رشد تحت تأثیر روش‌های کاشت (الف) و سطوح کود نیتروژن (ب) (خطوط عمودی بالای هر مرحله نمونه‌برداری مقدار LSD را در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد)

Figure 4- Changes of onion plant shoot dry weight during growth season influenced by different planting methods (a) and different levels of nitrogen (b) (Vertical lines on each sampling represent LSD value at the 5% level)

جدول ۹- نتایج تجزیه واریانس اثر روش کاشت پیاز و سطوح نیتروژن بر وزن خشک پیاز خوراکی

Table 9- Analysis of variance of the effect of sowing methods of onion and nitrogen levels on dry weight of onion

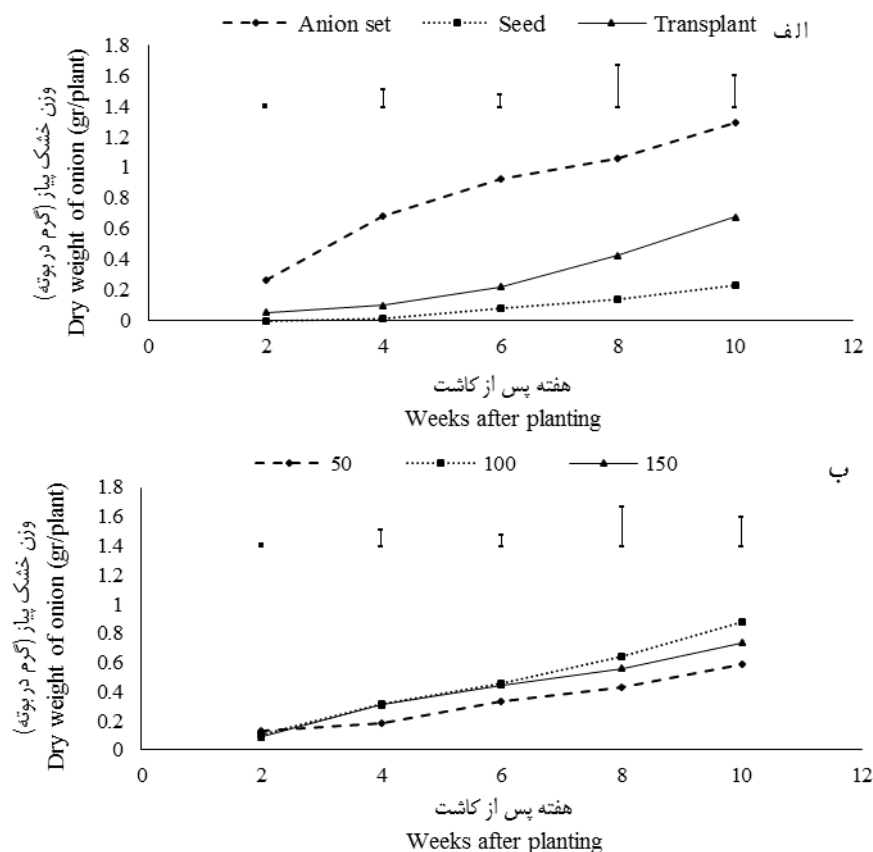
منابع تغییرات	Source of variation	درجه آزادی df	(Mean squares) مربعات				
			هفته پس از کاشت Weeks after planting				
			2	4	6	8	10
تکرار	Replication	2	0.00001	0.021	0.009	0.002	0.058
روش کاشت	Sowing method (A)	2	0.182**	0.196**	1.844**	0.921**	2.579**
سطوح نیتروژن	Levels of nitrogen (B)	2	0.004**	0.052*	0.04*	2.035 ^{ns}	0.181*
	AxB	4	0.005**	0.053*	0.006 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.314**
خطا	Error	16	0.0002	0.012	0.006	0.015	0.041
ضریب تغییرات	%CV	-	15.54	41.66	19.91	18.63	27.78

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

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

پس از کاشت روند تغییرات وزن خشک پیاز در سطوح ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار مشابه بود اما در هشت و ده هفته پس از کاشت بیشترین وزن خشک پیاز در سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که مقدار آن به ترتیب برابر با ۰/۶۳۸ و ۰/۸۷۴ گرم در بوته بود.

در تمام زمان‌های نمونه برداری بیشترین وزن خشک پیاز در روش کاشت سوخته تولید شد که مقدار آن در هشت و ده هفته پس از کاشت به ترتیب برابر با ۱/۰۶۲ و ۱/۲۹۶ گرم در بوته بود (شکل ۵ الف). همچنین تغییرات وزن خشک پیاز تحت سطوح مختلف کود نیتروژن در طی فصل رشد و در شرایط رقابت نشان داد تا شش هفته



شکل ۵- تغییرات وزن خشک پیاز در طول دوره رشد تحت تأثیر روش‌های مختلف کاشت (الف) و سطوح کود نیتروژن (ب)

(خطوط عمودی بالای هر مرحله نمونه برداری مقدار LSD را در سطح احتمال پنج درصد نشان می‌دهد)

Figure 5- Changes of onion dry weight during growth season influenced by different planting methods (a) and different levels of nitrogen (b) (Vertical lines on each sampling represent LSD value at the 5% level)

سطوح مختلف کود نیتروژن نشان داد حداکثر میزان خصوصیات رشدی پیاز در سطح ۱۰۰ و حداقل آنها در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. بررسی کلی نتایج ارائه شده حاکی از برتری روش کاشت سوخچه و سطح ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص در صفات رویشی پیاز در حضور علف‌هرز اویارسلام ارغوانی می‌باشد. بنابراین می‌توان، جهت به حداقل رساندن خسارت علف‌هرز اویارسلام مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص را در روش کشت سوخچه به‌عنوان مناسب‌ترین تیمار مدیریتی در مزارع پیاز آلوده به اویارسلام ارغوانی توصیه نمود. البته این تحقیق در شرایط گلخانه انجام شده و شکی نیست برای تأیید نتایج، تکرار آزمایش در محیط مزرعه ضروری است.

در همه زمان‌های نمونه‌برداری (به استثناء دو هفته پس از کاشت) کمترین وزن خشک پیاز در سطح ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد به‌طوری‌که مقدار آن در هشت و ده هفته پس از کاشت به‌ترتیب برابر با ۰/۴۳۳ و ۰/۵۹۰ گرم در بوته بود (شکل ۵، ب).

نتیجه‌گیری

بررسی روند تغییرات خصوصیات رشدی پیاز در طی فصل رشد و در شرایط تداخل با علف‌هرز اویارسلام ارغوانی نشان داد بیشترین و کمترین میزان خصوصیات رشدی پیاز به‌ترتیب مربوط به روش سوخچه و بذر بود. همچنین تغییرات خصوصیات رشدی پیاز تحت

References

1. Babaie Zarch, M. J. 2013. Evaluation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) varieties competitiveness with tumble pigweed (*Amaranthus albus* L.) in Birjand region. Master's thesis, Faculty of Agriculture, University of Birjand.
2. Baghestani meybodi, M., and Zand, A. 2005. Effect of morphological and physiological characteristics of winter wheat (*Triticum aestivum*) in against wild oat (*Avena ludoviciana*). Journal of Pajouhesh and Sazandegi 68: 41-56. (in Persian with English abstract).
3. Blackshaw, R. E. 2005. Nitrogen fertilizer, manure and compost effects on weed and competition with spring wheat. Agronomy Journal 97: 1612-1621.
4. Blackshaw, R. E., Brandt, R. N., Janzen, H. H., Entz, T. C., Grant, C. A., and Derksen, D. A. 2003. Differential response of weed species to added nitrogen. Weed Science 51: 532-539.
5. Brice, J., Currah, L., Malins, A., and Bancroft, R. 1997. Onion storage in the tropics. A practical guide to methods of storage and their selection. Chatham U.K National Resources Institute. p 3.
6. Casper, B. B., and Jackson, R. B. 1997. Plant competition underground. Annual Reviews 28: 545-570.
7. Chaturvedi, I. 2005. Effect of nitrogen fertilizers on growth, yield and quality of hybrid rice (*Oryza sativa*). Central European Agriculture 4: 611-618.
8. Delafuente, E. B., Suarez, S. A., and Ghersa, C. M. 2006. Soybean weed community composition and richness between 1995 and 2003 in the Rolling Pampas (Argentina). Agriculture Ecosystem and Environment 115: 229-236.
9. Foroutan, M. 2003. Preparing mini-tubers onion set for the production of onions. Deputy Agronomy Jihad Agriculture. Vegetables office. Page 6.
10. Gastal, F., and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. Experimental Botany 53: 789-799.
11. Haas, H., and Streibig, J. C. 1982. Changing patterns of weed distribution as a result of herbicide use and other agronomic factors. Pages 57-79 in. LeBaron, H. M., and. Streibig, J. C., eds. Herbicide Resistance in Plants. New York: Wiley.
12. Holm, L. G., Plucknett, D. L., Pancho, V., and Herberger, J. P. 1991. The worlds's worst weeds: Distribution and Biology, Krieger Publ. Co. Malabar, FL. P. 610.
13. Iqbal, J., and Wright, D. 1997. Effects of nitrogen supply on competition between wheat and three annual weed species. Weed Research 37: 391-400.
14. Keeley, P. E. 1987. Interference and interaction of purple nutsedge and yellow nutsedge with crops. Weed Technolgy 1: 74-81.
15. Ki-In Kim, D., Clay, E., Carlson, C. G., Clay, S. A., and Trooien, T. 2008. Do synergistic relationships between nitrogen and water influence the Ability of corn to use nitrogen derived from fertilizer and Soil. Agronomy Journal 100: 551-556.
16. Lopez bellido, L., Fuentes, M., Castilo, J. E., Lopez garrido, F. J., and Fernandes, E. J. 1996. Long-term tillage, crop rotation, and nitrogen fertilizer effects on wheat yield under rainfed Mediterranean conditions. Agronomy Journal 88: 783-791.
17. Mirzaee, Y., and Khodadadi, M. 2008. The survey of production methods effects (transplant, onion set and seed) on the some traits in onion (*Allium cepa* L.) cultivars at continued production design in Jiroft region. Journal of Pajouhesh and Sazandegi 80: 69-76. (in Persian with English abstract).
18. Morales-Payan, J. P., Santos, B. M., Stall, W. M., and Bewick, T. A. 1997. Effects of Purple nutsedge (*Cyperus*

- rotundus*) on tomato (*Lycopersicon esculentum*) and bell pepper (*Capsicum annuum*) vegetative growth and fruit yield. Weed Technology 11: 672-676.
19. Morales-Payan, J. P., Santos, B. M., Stall, W. M., and Bewick, T. A. 1998. Interference of Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) population densities on bell pepper (*Capsicum annuum*) yield as influenced by nitrogen. Weed Technology 12: 220-234.
20. Morales-Payan, J. P., Stall, W. M., Shilling, D. G., Charudattan, R., Dusky, J. A., and Bewick, T. A. 2003. Above and belowground interference of purple and yellow nutsedge (*Cyperus* spp.) with tomato. Weed Science 51 (2): 181-185.
21. Ohnishi, M., Horrio, T., Homma, K., Supapoj, N., Takano, H., and Yamamoto, S. 1999. Nitrogen management and cultivars effect on rice yield and nitrogen efficiency in northeast Thailand. Field Crops Research 64: 109-120.
22. Okafor, L. I., and De Datta, S. K. 1976. Competition between upland rice and purple nutsedge for nitrogen, moisture and light. Weed Science 24: 43-46.
23. Peyvast, Gh. 2001. kitchen. The second volume, published by the Agricultural Sciences. 402 p.
24. Rabinowitch, M. D., and Brewster, J. L. 1992. Onion and Allied. Volume 3 CRC press.
25. Ransom, C. V., Rice, C. A., and Ishida, J. K. 2004. Yellow nutsedge competition in dry bulb onion production. Oregon State University, Malheur Experiment Station Special Report 1055: 97-99.
26. Rashed-mohsel, M. H., Najafi, H., and Dokhteat- akbarzadeh, M. 2001. Biology and control of weeds. Printing. University of Mashhad, P .161.
27. Santos, B. M., Morales-Payan, J. P., and Bewick, T. A. 1996. Purple nutsedge (*Cyperus rotundus* L.) interference on radish under different nitrogen levels. Weed Science Society of America Abstr, 36, 69.
28. Sarmadnia, Gh. H., and Koocheki, A. 2007. Agricultural plants Physiology (Translation). Publications Mashhad SID. P: 400.
29. Wien, H. C. 1999. The Physiology of Vegetable Crops. CABI Press. New York. P. 67.
30. Yaghubi, S. R. 2009. Changes leaf area of maize in canopy layers under the influence of natural population of weed interference. Journal of modern Agriculture 14: 81-88. (in Persian).
31. Zand, A., Rahimian Mashhadi H., Cochaki, A., Mousavi, S. K., and Ramazani, K. 2004. Weed Ecology - Management Application. Mashhad Press SID.



Effect of Different Planting Methods of Onion (*Allium cepa* L.) and Nitrogen Rate on Onion Growth Pattern under Interference with Purple Nutsedge (*Cyperus rotundus*)

N. Karimi Arpanahi^{1*} - S. V. Eslami² - S. Mahmoodi² - M. H. Sayyari³

Received: 26-07-2014

Accepted: 03-03-2015

Introduction

Human always has looked for improving food production through increasing crops yield. In this path, weeds through competition with crop for environmental factors and inputs have reduced the quantity and quality of crop products. Competition for nitrogen absorption not only is the most common form of intra-specific competition amongst crop plants, but also is the most popular form of inter-specific competition in the system of weed-crop interference. Therefore, understanding the method of nitrogen absorption and its allocation in competing plants, will be a key tool to improve weed management strategies.

Materials and Methods

In order to study the effect of sowing method and nitrogen rate on the growth pattern of onion under interference with purple nutsedge, a factorial experiment based on a randomized complete block design was conducted with three replications at the Research Greenhouse of University of Birjand in 2013. The first factor included three sowing methods of onion (seed sowing, onion set and transplanting) and the second factor consisted of three levels of nitrogen (50, 100 and 150 kg N ha⁻¹, equivalent of 25, 50 and 75 mg N kg⁻¹ soil) that urea fertilizer with a purity of 46% was used for this purpose.

Results and Discussion

The results of the analysis of variance showed that nitrogen levels had significant effects on plant height, leaf area index as well as aboveground and bulb dry weights. Furthermore, sowing methods revealed significant effects on plant height, leaf number, leaf area index as well as aboveground and bulb dry weights. Moreover, the interaction between sowing methods and levels of nitrogen had a significant effect on plant height, leaf area index and aboveground dry weight, while it had no significant effect on leaf number and bulb dry weight. The results of the comparisons of the means of onion planting methods and nitrogen levels interactions confirmed that the superiority of the influence of onion set were planted method and high level of nitrogen in plant height trait, so that the maximum plant height was obtained where onion set methods and high nitrogen levels were applied during the growing season. In addition, the lowest plant height during the growing season was observed where the direct seed sowing method and 150 kg N ha⁻¹ were used. The lowest leaf number during the growing season were obtained from direct seed sowing method and the leaf number per plant in this method of planting was 4.33 and 4.66 at eight and ten weeks after planting, respectively. The greatest number of onion leaves was produced in onion set planting method and the leaf number per plant in this method was 12.66 and 13.44 at eight and ten weeks after planting, respectively. The highest leaf area index of onion plants during the growing season was observed under onion set planting method and high levels of nitrogen, while the lowest value of this trait was obtained from direct seed planting method. During the growing season, the maximum shoot dry weight of onions was observed where the onion set planting method and high levels of nitrogen were employed. At eight and ten weeks after planting, the maximum amount of this trait was obtained from 100 kg N ha⁻¹ that was about 4.335 and 5.565 gr plant⁻¹, respectively.

Conclusions

Onion growth pattern under interfering with purple nutsedge demonstrated that the highest and lowest growth of onion plants were obtained where onion sets and seed sowing planting methods were employed, respectively. Moreover, changes of growth characteristics of onion under different levels of nitrogen fertilizer and interference conditions illustrated that the maximum and minimum amount of onions growth were obtained at 100 and 50 kg N ha⁻¹, respectively. In conclusion, the superiority of applying the onion set planting method and 100 kg N ha⁻¹

1- M.Sc. student University of Birjand, Birjand, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

3- Assistans Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, University of Birjand, Birjand, Iran

(* - Corresponding Author Email: kariminosratalah@yahoo.com)

improved onion growth where it competes with purple nutsedge. Thus, in order to minimize the yield damage due to purple nutsedge presence, application of 100 kg N ha⁻¹ and using the onion set planting method can be recommended as the most appropriate treatment in the management of infected farms with purple nutsedge. However, this study was conducted under greenhouse conditions and there is no doubt that the study should be repeated in the field to verify these results.

Keywords: Anion set, Competitive ability, Growth pattern, Transplanting

Contents

Climate Change Effects on Agricultural Production of Iran: II. Predicting Productivity of Field Crops and Adaptation Strategies	19
A. Koocheki- M. Nassiri Mahallati	
Effect of Hexaconazole and Penconazole on Kochia (<i>Kochia scoparia</i>) Freezing Tolerance	35
A. Kamandi- M. Kafi- A. Nezami- J. Nabati	
The Effect of Planting Date on the Growth and Yield of Indigo (<i>Indigofera tinctoria</i> L.) in Shahrood Conditions	46
A. Ansori- H. Shahgholi- H. Makarian- M. Gholipoor	
Effect of Different Irrigation and Planting Methods on Water Productivity and Health of Commercial Varieties of Potato	57
H. R. Salemi- A. Soliamanipur- A. R. Tavakoli	
Effect of Nitrogen Fertilizer on Light Interception and Light Extinction Coefficient in Different Wheat Cultivars	71
F. Samadiyan- A. Soleymani	
Effects of Foliar Spraying with Salicylic acid and Putrescine on Growth Characteristics and Yield of Summer Savory (<i>Satureja hortensis</i> L.)	84
A. Faraji-mehmani- B. Esmailpour- F. Sefikon- S. Khorramdel	
Effects of Planting Date and Plant Density on Physiological Indices, Quantity and Quality Traits of Two Varieties of Marigold (<i>Calendula officinalis</i> L.)	98
A. Sepehri- T. Mehranrad- A. Karami	
Effects of Plant Density on Sweet and Baby Corn (Hybrid KSC 403) Yield and Yield Components	107
H. Bavi- M. R. Moradi-Telavat- S. A. Siadat- A. Koochakzadeh	
The Effect of Soil Fertilizers on Yield and Growth Traits of Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i>)	119
R. Kamaei- M. Parsa- M. Jahan	
Evaluation of Yield and Yield Components of Different Millet Genotypes Under Two Irrigation Regimes	131
S. Mashayekhi- Gh. Khajoeinejad- Gh. Mohammadinejad	
Evaluation of Effect of Silicon on NaCl Tolerance in Annual <i>Medicago scutellata</i> L.	142
M. Azizi- A. Abdolzadeh- P. Mehrabanjoubani- H. R. Sadeghipour	
Effect of Different Salinity levels on some Photosynthetic Characters of Canola (<i>Brassica napus</i> L.) Cultivars	152
F. Tahmasbi- P. Hassibi- M. Meskarbashi	
Effect of Zeolite, Selenium and Silicon on Yield, Yield Components and Some Physiological Traits of Canola under Salt Stress Conditions	169
A. Bybordi	
Study of Cytokinin and Auxin Hormones and Planting Pattern Effects on Yield and Yield Components of Grain Maize (<i>Zea mays</i> L.) under Saline Conditions	183
D. Davani- M. Nabipour- H. Roshanfekr Dezfouli	
Effects of Vermi compost and Compost tea Application on the Growth criteria of Corn (<i>Zea mays</i>)	198
R. Afsharmanesh- A. Rahimi- B. Torabi- A. Akhgar	
Effect of Different Planting Methods of Onion (<i>Allium cepa</i> L.) and Nitrogen Rate on Onion Growth Pattern under Interference with Purple Nutsedge (<i>Cyperus rotundus</i>)	213
N. Karimi Arpanahi- S. V. Eslami- S. Mahmoodi- M. H. Sayyari	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 14

No. 1

2016

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

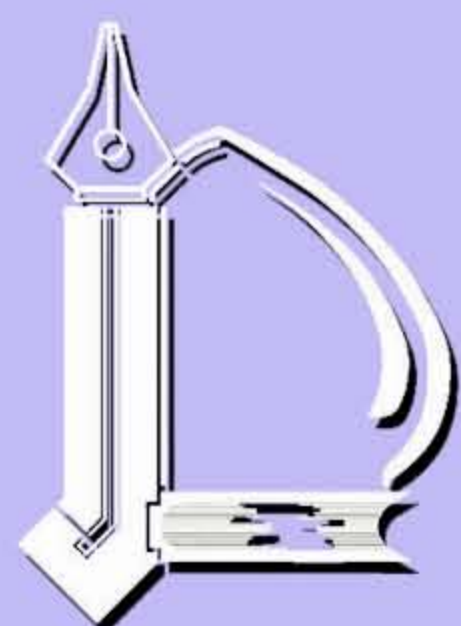
Emam, Y.	Crop Physiology	Prof., Shiraz University
Bagheri, A.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Behdani, M.A.	Crop Ecology	Assoc. Prof., Birjand University
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Assoc. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	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://jcsc.um.ac.ir>



Ferdowsi University
of Mashhad

Vol.14 No.1

2016

Iranian Journal of Field Crops Research

ISSN:2008-1472

Contents

Climate Change Effects on Agricultural Production of Iran: II. Predicting Productivity of Field Crops and Adaptation Strategies	19
A. Koochehi- M. Nassiri Mahallati	
Effect of Hexaconazole and Penconazole on Kochia (<i>Kochia scoparia</i>) Freezing Tolerance	35
A. Kamandi- M. Kafi- A. Nezami- J. Nabati	
The Effect of Planting Date on the Growth and Yield of Indigo (<i>Indigofera tinctoria</i> L.) in Shahrood Conditions	46
A. Ansori- H. Shahgholi- H. Makarian- M. Gholipoor	
Effect of Different Irrigation and Planting Methods on Water Productivity and Health of Commercial Varieties of Potato	57
H. R. Salemi- A. Soliamanipur- A. R. Tavakoli	
Effect of Nitrogen Fertilizer on Light Interception and Light Extinction Coefficient in Different Wheat Cultivars	71
F. Samadiyan- A. Soleymani	
Effects of Foliar Spraying with Salicylic acid and Putrescine on Growth Characteristics and Yield of Summer Savory (<i>Satureja hortensis</i> L.)	84
A. Faraji-mehmani- B. Esmaelpour- F. Sefikon- S. Khorramdel	
Effects of Planting Date and Plant Density on Physiological Indices, Quantity and Quality Traits of Two Varieties of Marigold (<i>Calendula officinalis</i> L.)	98
A. Sepehri- T. Mehranrad- A. Karami	
Effects of Plant Density on Sweet and Baby Corn (Hybrid KSC 403) Yield and Yield Components.....	107
H. Bavi- M. R. Moradi-Telavat- S. A. Siadat- A. Koochakzadeh	
The Effect of Soil Fertilizers on Yield and Growth Traits of Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i>)	119
R. Kamaei- M. Parsa- M. Jahan	
Evaluation of Yield and Yield Components of Different Millet Genotypes Under Two Irrigation Regimes	131
S. Mashayekhi- Gh. Khajoeinejad- Gh. Mohammadinejad	
Evaluation of Effect of Silicon on NaCl Tolerance in Annual <i>Medicago scutellata</i> L.	142
M. Azizi- A. Abdolzadeh- P. Mehrabanjoubani- H. R. Sadeghipour	
Effect of Different Salinity levels on some Photosynthetic Characters of Canola (<i>Brassica napus</i> L.) Cultivars	152
F. Tahmasbi- P. Hassibi- M. Meskarbashi	
Effect of Zeolite, Selenium and Silicon on Yield, Yield Components and Some Physiological Traits of Canola under Salt Stress Conditions	169
A. Bybordi	
Study of Cytokinin and Auxin Hormones and Planting Pattern Effects on Yield and Yield Components of Grain Maize (<i>Zea mays</i> L.) under Saline Conditions	183
D. Davani- M. Nabipour- H. Roshanfekar Dezfouli	
Effects of Vermi compost and Compost tea Application on the Growth criteria of Corn (<i>Zea mays</i>)	198
R. Afsharmanesh- A. Rahimi- B. Torabi- A. Akhgar	
Effect of Different Planting Methods of Onion (<i>Allium cepa</i> L.) and Nitrogen Rate on Onion Growth Pattern under Interference with Purple Nutsedge (<i>Cyperus rotundus</i>)	213
N. Karimi Arpanahi- S. V. Eslami- S. Mahmoodi- M. H. Sayyari	