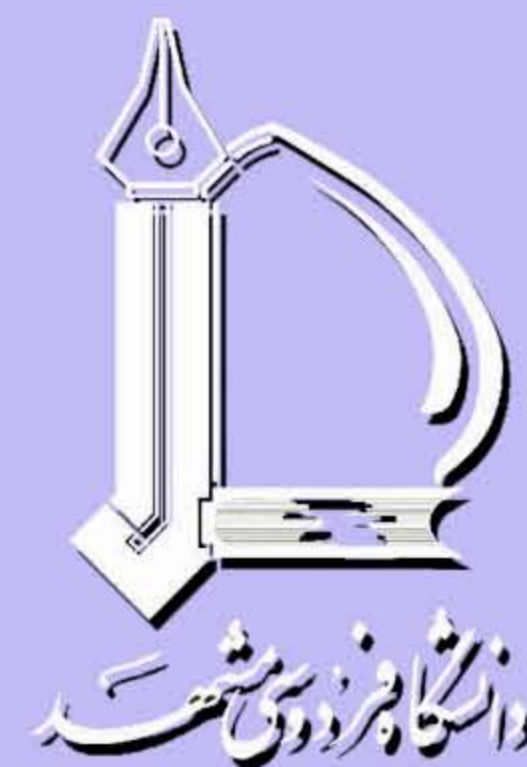




جلد ۱۴ شماره ۲

سال ۱۳۹۵

نشریه علمی - پژوهشی پژوهشهای زراعی ایران

شاپا: ۱۴۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- تأثیر زمان تداخل علف‌های هرز و تراکم باقلا بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد باقلا ۲۱۵
مریم دباغ‌زاده - قدرت‌اله فتحی - عبدالمهدی بخشنده - خلیل عالمی سعید
- تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد ۲۲۶
علیرضا کوچکی - هادی زرقانی - علی نوروزیان
- تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و ژئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی استویا در شرایط آب‌وهوای اهواز ۲۴۴
عبدالمهدی بخشنده - محمدحسین قرینه - علی‌رضا ابدالی - محمدرضا مرادی تلاوت - محمد رئیس‌زاده
- ارزیابی اثرات پیش‌تیمار بذر و نوع بستر کاشت بر خصوصیات نشاء تولیدی ذرت شیرین (*Zea mays* L.) ۲۵۵
ابوطالب منظری توکلی - محمد خواجه‌حسینی - علی‌اصغر محمدآبادی
- ارزیابی روابط هورمون‌های اکسین و سیتوکینین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی ۲۶۶
علی ماهرخ - مجید نبی‌پور - حبیب‌الله روشنفکر دزفولی - رجب چوکان
- بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر شاخص‌های رشدی، صفات مورفوفیزیولوژیک و محتوای پتاسیم توتون رقم بارلی ۲۷۹
محمودرضا تدین - زینب رئیسی
- اثرات تنش خشکی بر مراحل رویشی و زایشی در هیبریدهای جدید ذرت دو منظوره ۲۹۲
مریم حاجی بابائی - فرهاد عزیزی
- بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف فسفر بر خصوصیات فیزیولوژیکی رنگدانه‌های فتوسنتزی و قندهای محلول در گلرنگ تحت شرایط کم‌بود آب ۳۰۴
سیاوش حشمتی - مجید امینی‌دهقی - علیرضا رضازاده - کیوان فتحی امیرخیز
- ارزیابی صفات کمی و کیفی ۸ کلون سیب‌زمینی ۳۱۸
احمدرضا بلندی - حسن حمیدی
- مدل‌سازی کینتیکی فرایند کاهندگی غیرفتوشیمیایی فتوستتوز در پاسخ به تغییر شرایط نوری در گیاه آراییدوپسیس از دیدگاه زیست‌شناسی سیستمی ۳۲۹
سمیه حیدری - سیدحسن مرعشی - سعید ملک‌زاده شفارودی - مصطفی قادری زفره‌ای
- تأثیر سایکوسل بر صفات مورفولوژیک، درصد ازت و پتاسیم در شرایط تنش خشکی گیاه ریحان ۳۴۳
عباس رضائی استخروئیه - بهاره بابایی
- بررسی روابط آلومتریک بین سطح برگ و تعدادی از صفات رویشی در ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ ۳۵۴
ابراهیم زینلی - افشین سلطانی - محمد خادم‌پیر
- اثر تنش یخ‌زدگی بر درصد نشت الکترولیت‌ها و بقاء گیاهچه‌های خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) ۳۶۹
ابراهیم ایزدی‌دربندی - احمد نظامی - روح‌الله حسن بیگی - مریم جانعلی‌زاده قزوینی
- بررسی اثر میدان مغناطیسی بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد ۳۸۰
قدریه محمودی - علی قنبری - مهدی راستگو - مصطفی قلی‌زاده - ایرج طهماسبی
- تأثیر تیمارهای مختلف دمای انبار بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی ۳۹۲
امیر هوشنگ جلالی

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 ۲

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:

یحیی امام

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)

عبد الرضا باقری

استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمدعلی بهدانی

دانشیار - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

محمد بنایان اول

دانشیار - مدلسازی سیستمهای کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مجید جامی الاحمدی

دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

حمید رحیمیان مشهدی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

غلامرضا زمانی

دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

احمد زارع فیض آبادی

استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی)

فرج اله شهریاری احمدی

استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمد کافی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

احمد نظامی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

داریوش مظاهری

استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

مهدی نصیری محلاتی

استاد - مدل سازی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: 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

- ۲۱۵ تأثیر زمان تداخل علف‌های هرز و تراکم باقلا بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد باقلا
مریم دباغ‌زاده - قدرت‌اله فتحی - عبدالمهدی بخشنده - خلیل عالمی سعید
- ۲۲۶ تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.)، لویاقرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد
علیرضا کوچکی - هادی زرقانی - علی نوروزیان
- ۲۴۴ تأثیر سطوح مختلف نیترژن و زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمتی و کیفی استویا در شرایط آب‌وهوای اهواز
عبدالمهدی بخشنده - محمدحسین قرینه - علی‌رضا ابدالی - محمدرضا مرادی تلاوت - محمد رئیس‌زاده
- ۲۵۵ ارزیابی اثرات پیش‌تیمار بذر و نوع بستر کاشت بر خصوصیات نشاء تولیدی ذرت شیرین (*Zea mays* L.)
ابوطالب منطری توکلی - محمد خواجه‌حسینی - علی‌اصغر محمدآبادی
- ۲۶۶ ارزیابی روابط هورمون‌های اکسین و سیتوکینین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی
علی ماهرخ - مجید نبی‌پور - حبیب‌الله روشنفکر دزفولی - رجب چوکان
- ۲۷۹ بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر شاخص‌های رشدی، صفات مورفوفیزیولوژیک و محتوای پتاسیم توتون رقم بارلی
محمودرضا تدین - زینب رئیسی
- ۲۹۲ اثرات تنش خشکی بر مراحل رویشی و زایشی در هیبریدهای جدید ذرت دو منظوره
مریم حاجی بابائی - فرهاد عزیزی
- ۳۰۴ بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف فسفر بر خصوصیات فیزیولوژیکی رنگدانه‌های فتوسنتزی و قندهای محلول در گلرنگ تحت شرایط کم‌بود آب
سیاوش حشمتی - مجید امینی‌دهقی - علیرضا رضازاده - کیوان فتحی امیرخیز
- ۳۱۸ ارزیابی صفات کمتی و کیفی ۸ کلون سیب‌زمینی
احمدرضا بلندی - حسن حمیدی
- ۳۲۹ مدل‌سازی کینتیک فرایند کاهندگی غیرفتوشیمیایی فتوسنتز در پاسخ به تغییر شرایط نوری در گیاه آراییدوپسیس از دیدگاه زیست‌شناسی سیستمی
سمیه حیدری - سیدحسن مرعشی - سعید ملک‌زاده شفارودی - مصطفی قادری زفره‌ای
- ۳۴۳ تأثیر سایکوسل بر صفات مورفولوژیک، درصد ازت و پتاسیم در شرایط تنش خشکی گیاه ریحان
عباس رضائی استخروئیه - بهاره بابایی
- ۳۵۴ بررسی روابط آلومتریک بین سطح برگ و تعدادی از صفات رویشی در ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴
ابراهیم زینلی - افشین سلطانی - محمد خادم‌پیر
- ۳۶۹ اثر تنش یخ‌زدگی بر درصد نشت الکترولیت‌ها و بقاء گیاهچه‌های خاکشیر (*Descurainia sophia* L.)
ابراهیم ایزدی‌دربندی - احمد نظامی - روح‌الله حسن بیگی - مریم جانعلی‌زاده قزوینی
- ۳۸۰ بررسی اثر میدان مغناطیسی بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) در شرایط آب و هوایی مشهد
قدریه محمودی - علی قنبری - مهدی راستگو - مصطفی قلی‌زاده - ایرج طهماسبی
- ۳۹۲ تأثیر تیمارهای مختلف دمای انبار بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی
امیر هوشنگ جلالی

تأثیر زمان تداخل علف‌های هرز و تراکم باقلا بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد باقلا

مریم دباغ‌زاده^{۱*} - قدرت‌اله فتحی^۲ - عبدالمهدی بخشنده^۲ - خلیل عالمی سعید^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱۲/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۱۰/۲۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تداخل علف‌های هرز و تراکم باقلا بر کنترل علف‌های هرز و عملکرد باقلا آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین اهواز در سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ به مرحله اجرا درآمد. در این آزمایش تداخل علف‌های هرز در پنج سطح شامل: مراحل ۵، ۹ و ۱۳ برگی گیاه باقلا، و جین تمام فصل علف‌های هرز و تداخل تمام فصل علف‌های هرز، در کرت‌های اصلی و تراکم باقلا در سه سطح ۸، ۱۱ و ۱۴ بوته در متر مربع در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد تداخل علف‌های هرز و تراکم باقلا اثر معنی‌داری روی تراکم علف‌های هرز، وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد دانه باقلا داشتند. بیش‌ترین تراکم کل علف‌های هرز در تیمارهای تداخل، مربوط به تیمار ۹ برگی و در تیمارهای تراکم باقلا مربوط به تیمار تراکم هشت بوته در متر مربع بود. با طولانی‌شدن دوره‌ی رقابت علف‌های هرز از آغاز فصل رشد، وزن زیست‌توده آن‌ها افزایش معنی‌داری به میزان ۱۵۱ گرم در متر مربع پیدا کرد. در تیمار تداخل تمام فصل بیش‌ترین وزن خشک کل علف‌های هرز به دست آمد و تراکم هشت بوته در متر مربع باقلا بالاترین میزان وزن خشک کل علف‌های هرز را داشت. از نظر عملکرد دانه تیمارهای تداخل تا پنج برگی و تراکم ۱۴ بوته در متر مربع با ۲۰۱۰/۲۷ کیلوگرم در هکتار و تداخل کامل و تراکم هشت بوته در متر مربع با ۲۲۵/۳ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد دانه را داشتند.

واژه‌های کلیدی: تراکم علف‌های هرز، ترکیب گونه‌ای، وزن خشک علف‌های هرز

مقدمه

می‌شود (Hadizadeh *et al.*, 2002). از این توضیحات می‌توان مفهوم دوره بحرانی تداخل علف‌های هرز^۱ را به معنی حداقل دوره‌ای که مزرعه می‌تواند از ابتدای فصل رشد، حضور علف‌هرز را تحمل کند به طوری که عملکرد، بیش از حد قابل قبول کاهش پیدا نکند، تعریف کرد. با استفاده از روش‌های مختلف کنترل علف‌های هرز که از نظر محیط زیست قابل قبول باشد، می‌توان تداخل علف‌های هرز را به زیرسطح زیان اقتصادی کاهش داد. مقدار کاهش عملکرد ناشی از تداخل علف‌های هرز بسته به گیاه زراعی، علف‌هرز و شرایط رشدی کاملاً متفاوت است (Aldrich, 1984). تنوع گونه‌ای و فراوانی علف‌های هرز از یک سو و توان رقابتی گونه‌های مختلف زراعی از سوی دیگر باعث تفاوت در زمان مبارزه با آن‌ها می‌شود. چنانچه برخی از پژوهشگران معتقدند که اهمیت زمان مناسب حذف، به دلیل ممانعت از حضور مجدد برخی علف‌های هرز می‌باشد. به عبارت دیگر چنانچه حذف علف‌های هرز در زمان مناسب صورت نگیرد، ممکن است شرایط محیطی هم‌چنان برای جوانه‌زنی و رشدنومو سایر بذور موجود در بانک‌بذر علف‌هرز فراهم باشد (Ayeneh Band, 2006). وجود علف‌هرز در تداخل با گیاه زراعی سبب افزایش تراکم

علف‌های هرز از جمله عوامل مهم محدودکننده افزایش تولیدات کشاورزی در کشورهای در حال توسعه می‌باشند که با گیاه زراعی در دسترسی به آب، مواد غذایی، نور، فضا و دی‌اکسیدکربن رقابت کرده و سبب کاهش کمی و کیفی و افزایش تلفات عملکرد محصول می‌گردند (Kavurmaci *et al.*, 2010). دوره بحرانی عاری از علف‌هرز^۲ به معنی حداقل دوره‌ای است که مزرعه می‌تواند از ابتدای فصل رشد، عاری از علف‌هرز نگه‌داری شود تا عملکرد از حد قابل قبول کاهش نیابد و این خود یکی از اجزای مفهوم دیگری به نام دوره بحرانی کنترل علف‌های هرز^۳ است، که در آن حداکثر دوره قابل تحمل گیاه زراعی برای حضور علف‌های هرز از زمان سبز شدن نیز گنجانیده

۱- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ملائانی، اهواز

۲- استاد گروه زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ملائانی، اهواز

۳- استادیار گروه زراعت دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین، ملائانی، اهواز
(Email: maryam.dabaghzadeh@yahoo.com) * نویسنده مسئول

4- Critical Weed Free Period

5- Critical Weeds Control Period

6- Critical Weeds Interference Period

2005). باقلا گیاهی از خانواده بقولات و مهم‌ترین گیاه پروتئینی دنیاست. باوجود این که باقلا در ظاهر، به‌عنوان گیاه پوششی توان مقابله با علف‌های‌هرز را دارا می‌باشد، اما در شواهدی عملکرد زراعی این گیاه به‌دلیل رقابت با علف‌های‌هرز به‌میزان ۸۲-۳۲ درصد کاهش یافت (Ghanbari Birgani *et al.*, 2004). لذا لزوم بررسی بیش‌تر در این زمینه با چنین اهدافی انجام شد: ۱- بررسی ترکیب گونه‌ای، تراکم و وزن خشک علف‌های‌هرز تحت تأثیر تداخل علف‌های‌هرز و تراکم مختلف باقلا ۲- پیش‌بینی اثر مخلوط گونه‌های مختلف علف‌های‌هرز بر عملکرد دانه باقلا.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر تداخل علف‌های‌هرز و تراکم باقلا بر اجزای عملکرد باقلا، آزمایشی در سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین واقع در شهرستان ملائانی در ۳۶ کیلومتری شمال‌شرقی شهرستان اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون اجرا شد. ارتفاع محل آزمایش از سطح دریا ۵۰ متر و دارای طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۶ دقیقه شمالی می‌باشد. در این آزمایش تداخل علف‌های‌هرز در پنج سطح شامل: (مراحل ۵، ۹ و ۱۳ برگی گیاه باقلا، کنترل و تداخل تمام فصل علف‌های‌هرز)، در کرت‌های اصلی و تراکم باقلا در سه سطح (۸، ۱۱ و ۱۴ بوته در مترمربع) در کرت‌های فرعی مورد بررسی قرار گرفتند. از نظر موقعیت آب‌وهوایی، منطقه ملائانی جز مناطق نیمه‌خشک با تابستان‌های گرم و خشک محسوب می‌شود. خاک محل آزمایش از نوع لومی‌رسی با ۷۰ درصد ماده آلی و اسیدیته ۷/۵ و دارای عمیلی گرم بر کیلوگرم نیتروژن، ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم فسفر و ۱۲۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم پتاس بود. هر کرت فرعی شامل هفت خط چهارمتری به‌فاصله پشته ۶۰ سانتی‌متری و یک خط نکاشت بین هر کرت فرعی و دو خط نکاشت بین کرت‌های اصلی جهت جلوگیری از اثر رقابتی در نظر گرفته شد. در هر کرت فرعی، خطوط دوم و سوم جهت اندازه‌گیری عملکرد مشخص گردید. نیم‌متر از هر طرف طول نیز به‌عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. از فلور طبیعی علف‌های‌هرز مزرعه جهت آزمایش استفاده شد، بعد از مراحل ذکر شده، علف‌های‌هرز به‌صورت وجین دستی به‌محض پدیدار شدن حذف می‌شدند. آماده‌سازی زمین طبق عرف منطقه شامل شخم، دیسک، کوددهی، تسطیح، ایجاد فاروئر و حفر کانال‌های آبیاری بود. عملیات کوددهی براساس آزمون خاک شامل ۷۰ کیلوگرم در هکتار فسفر از منبع سوپرفسفات‌تریپل به‌صورت پایه، ۲۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره که به‌صورت پایه روی سطح مزرعه پخش و با دیسک با خاک مخلوط گردید. ۳۰ روز بعد از کشت، حدود

جامعه‌گیاهی می‌شود. با افزایش تراکم علف‌های‌هرز در تداخل با گیاهان زراعی تأثیر نامطلوب آن‌ها روی گیاهان زراعی افزایش می‌یابد، با این که تراکم علف‌هرز از مهم‌ترین فاکتورهای مؤثر بر تداخل علف‌های‌هرز با گیاهان زراعی می‌باشد، لیکن میزان کاهش عملکرد متناسب با افزایش تراکم علف‌هرز نیست (Chaichi and Ehteshami, 2001). مطالعات نشان داده است که دو بوته تاج‌خروس در هر متر ردیف که هم‌زمان با سویا سبز گردید، سبب شد که عملکرد به‌میزان ۱۳/۵ درصد کاهش یابد، ولی هنگامی که این علف‌هرز در مرحله تولید دومین گره (۷۲) تا سومین گره (۷۳) رشد یافت بر عملکرد تأثیر نداشت (Dieleman *et al.*, 1995). با دو برابر شدن تراکم سلمه‌تره در کرت‌های سویا و افزایش تراکم از ۱/۳ به ۲/۶ بوته در مترمربع زمان بحرانی حذف علف‌های‌هرز از هفت‌هفته پس از سبز شدن به پنج‌هفته بعد از سبز شدن کاهش یافت (Harrison, 1990). با بررسی رقابت بین لوبیاجیتی و علف‌های‌هرز مشاهده شد که با طولانی‌تر شدن دوره تداخل علف‌های‌هرز از ابتدای فصل به‌دلیل بروز پدیده خودتئگی تعداد علف‌های‌هرز روند کاهشی از خود نشان می‌دهد، به‌طوری که بیش‌ترین رویش علف‌های‌هرز در ابتدای فصل رشد و کم‌ترین رویش علف‌های‌هرز در انتهای فصل رشد مشاهده شد (Aghaalikhani *et al.*, 2005). از این مطالعات می‌توان نتیجه گرفت که تراکم علف‌هرز تأثیر به‌سزایی روی زمان کنترل دارد. در غالب مطالعات تراکم علف‌هرز ثابت نیست و باید مخلوطی از علف‌های‌هرز با فراوانی‌های مختلف مبنای آزمایش قرار گیرند. این موضوع به‌این دلیل است که نتایج حاصل از آزمایش قابلیت تممیم بیش‌تری در یک منطقه داشته باشد. آنچه مسلم است، این است که علف‌های‌هرز مختلف، تأثیر نامطلوبی بر قسمت‌های مختلف گیاه زراعی دارند و از این طریق باعث کاهش کمی و کیفی عملکرد می‌شوند.

علاوه‌بر زمان و چگونگی مبارزه با علف‌های‌هرز، نتایج برخی از آزمایشات نشان داده است که افزایش تراکم کاشت نقش مهمی در مدیریت علف‌هرز دارد. رقابت گیاه زراعی باعث کاهش رشد و نمو علف‌هرز می‌شود، به‌طوری که تراکم بالا سبب فرونشانی کامل علف‌هرز می‌شود. در صورتی که این فرونشانی علف‌هرز در تراکم پایین‌تر از تراکم موردنظر منتج به تلفات عملکرد ناشی از رقابت درون گونه‌ای گیاه زراعی خواهد شد، افزایش تراکم کاشت نقش مهمی در مدیریت علف‌هرز ایفا خواهد کرد (Fallah and Nemati, 2007). در باقلا (*Vicia faba* L.) تراکم گیاهی می‌تواند تولید ماده خشک، رقابت علف‌هرز، توسعه بیماری‌های قارچی، عملکرد دانه و سرانجام، تولید اقتصادی محصول را تحت تأثیر قرار دهد (Lopez-bellido *et al.*, 2005). محققان زیادی افزایش میزان تراکم گیاه زراعی را در محدود ساختن اثرات رقابتی ناشی از علف‌های‌هرز گزارش نموده‌اند (Makarian *et al.*, 2003; Nurse and Ditommaso, 2003).

فراوانی علف‌های هرز بود با ۱۹/۲۱ درصد، ۱۵/۴۳ درصد و ۱۳/۴۵ درصد کل علف‌های هرز به‌خود اختصاص دادند. به‌مرور زمان روند تعداد علف‌هرز چغندر وحشی و پنیرک کاهش یافت، به‌طوری‌که در انتهای فصل به‌ترتیب ۹/۷۲ درصد و ۱۱/۹۷ درصد از کل علف‌های هرز را به‌خود اختصاص دادند. در مقابل علف‌هرز پیچک‌صحرایی روند افزایشی جمعیت خود را حفظ کرد، به‌طوری‌که به‌ترتیب از ۸/۴۳ درصد در ابتدای فصل رشد به ۱۴/۹۶ درصد در انتهای فصل رشد رسید. در این میان وضع علف‌های هرزی مانند پنیرک و به‌خصوص علف‌های هرز هم‌خانواده با باقلا، مانند شبدر و یونجه‌زرد متفاوت بود، به‌طوری‌که فراوانی این علف‌های هرز تا پنج‌برگی باقلا بالا و سپس روند کاهشی داشتند و جای خود را به‌سایر علف‌های هرز و ترشک دادند (جدول ۱). در میان علف‌های هرز، ترشک در تیمار تداخل، تا پنج‌برگی در مزرعه وجود نداشت و بعد از این مرحله ظاهر شد. می‌توان گفت، عاملی به‌جز ذخیره بذر خاک، باعث عدم پدیدارشدن آن در زمان پنج‌برگی شده است. موفقیت اکولوژیکی این علف‌هرز به حاصل‌خیزی بالای خاک، سازگاری در پراکنش بذور، توانایی جوانه‌زنی در مدت‌زمان طولانی و سرعت جوانه‌زنی بالا بستگی دارد (Raycheva, 2011). عوامل محیطی نظیر درجه‌حرارت، میزان بارندگی، حاصل‌خیزی خاک و هم‌چنین بانک بذر موجود در خاک نیز روی ترکیب‌گونه‌ای علف‌های هرز می‌توانند تأثیرگذار باشند. با در اختیارداشتن دمای پایه‌ی جوانه‌زنی، pH و رطوبت موجود در خاک می‌توان گونه‌های غالب را پیش‌بینی کرد (Mousavi, 2007; Stoller et al., 1987). به‌عنوان مثال، پیچک‌صحرایی در شرایط آب‌وهوایی معتدل، مدیترانه‌ای و گرمسیری رشد می‌کند و در مزارع غلات و باقلا مشکل‌ساز است. این گیاه در رطوبت کافی جوانه می‌زند و بیش‌ترین جوانه‌زنی بذرهای پیچک‌صحرایی در اواخر بهار و اوایل تابستان است (Lym and Travnick, 2015). در این آزمایش نیز با افزایش گرمای هوا در اوایل بهار، شاهد افزایش تراکم این گونه بودیم.

در تیمار تراکم هشت‌بوته در مترمربع باقلا، علف‌های هرز پنیرک، شبدر و چغندر وحشی بیش‌ترین تعداد علف‌هرز (به‌ترتیب ۱۵/۲ و ۱۴/۱۸ و ۱۳/۶۸ بوته در مترمربع) را به‌ترتیب با ۱۵/۷۳ درصد، ۱۴/۶۷ درصد و ۱۴/۱۵ درصد از کل علف‌های هرز به‌خود اختصاص دادند، ولی با افزایش تراکم باقلا، از تعداد و درصد تراکم شبدر در مقایسه با پنیرک و چغندر وحشی به‌طور معنی‌داری کاسته‌شد. با افزایش هر یک درصد تراکم باقلا، تراکم علف‌های هرز ۰/۱۸ درصد کاهش یافت. در این میان تراکم خردل وحشی، چغندر وحشی، پنیرک، ترشک و یولاف وحشی که گونه‌های غالب مزرعه بودند، چندان تحت‌تأثیر تراکم باقلا قرار نگرفتند، درحالی‌که با افزایش تراکم باقلا، تراکم شبدر و یونجه‌زرد کاهش یافت، ولی تراکم پیچک‌صحرایی تا ۱۱ بوته باقلا افزایش یافت و در تراکم‌های بالاتر باقلا (۱۴ بوته در متر

۲۵ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌عنوان کود سرک به‌خاک اضافه‌شد. بذر رقم گیاه زراعی از نوع سرازیری بود که از خالص‌ترین ارقام باقلا می‌باشد. کاشت به‌طور دستی در چهار آذرماه و در یک‌طرف تمام پشته‌ها به‌صورت کپه‌ای در عمق پنج-هفت سانتی‌متر با قراردادن دو عدد بذر در هر حفره انجام شد. در هنگام تنک‌کردن جهت ایجاد تراکم‌های موردنظر، در زمان حدود سه‌برگی، بوته‌های اضافی باقلا را با چاقوی تیز حذف کرده و بوته‌های قوی نگه‌داری شدند. نیمی از کود اوره (۲۵ کیلوگرم در هکتار) حدود ۳۰ روز بعد از کشت به‌عنوان کودسرک به‌خاک اضافه‌شد. آبیاری به‌روش جوی‌پشته بسته به مرحله‌رشدی و وضعیت رطوبتی گیاه انجام شد. در مرحله گل‌دهی، تعداد اندکی آفت شته‌سیاه باقلا به گیاه هجوم آوردند که نیاز به مبارزه نبود. برداشت در اواسط فروردین‌ماه به‌صورت دانه خشک توسط داس با در نظر گرفتن خطوط حاشیه، از مساحت ۲/۴ مترمربع (خطوط دوم و سوم) انجام‌شد. تراکم، وزن خشک و تنوع‌گونه‌ای علف‌های هرز در طی فصل‌رشد و در مراحل ۵، ۹ و ۱۳ برگی باقلا و در پایان فصل‌رشد با قاب چهارچوب به ابعاد ۶۱×۶۰ سانتی‌متر در مساحت ۰/۳۷ مترمربع چهار بار به‌طور تصادفی نمونه‌برداری شد. به‌این‌منظور تمام علف‌های هرز را با داس قطع کرده و در آزمایشگاه، جنس و گونه‌ی آن‌ها را تعیین کرده، سپس جداگانه شمارش و درون پاکت قرار داده‌شدند. جهت تعیین وزن خشک علف‌های هرز پاکت را حداقل ۴۸ ساعت در آون ۷۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده‌شد تا وزن خشک علف‌هرز تعیین شود. در پایان کار، داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS تجزیه‌شدند. برای ترسیم نمودارها از برنامه Excel استفاده‌شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن صورت گرفت. جهت مقایسه میانگین‌های اثر متقابل از روش برش‌دهی استفاده شد.

نتایج و بحث

ترکیب گونه‌ای و تراکم علف‌های هرز

در این آزمایش علف‌های هرزی چون چغندر وحشی (Beta maritima)، پیچک‌صحرایی (Convulvulus arvensis L.)، پنیرک (Malva sylvestris L.)، خردل وحشی (Sinapis arvensis L.)، شبدر (Trifolium spp)، یونجه زرد (Melilotus officinalis L.)، ترشک (Rumex spp) و یولاف وحشی (Avena fatua L.) به‌عنوان علف‌های هرز اصلی مزرعه شناسایی شدند.

بررسی درصد تراکم از کل علف‌های هرز غالب در تیمارهای تداخل نشان داد که علف‌های هرز پیچک‌صحرایی، چغندر وحشی و پنیرک از مرحله پنج‌برگی در زراعت باقلا موجود بوده‌اند و تا آخر دوره‌ی رشد حضور خود را حفظ کردند، به‌طوری‌که علف‌هرز چغندر وحشی، پیچک‌صحرایی و پنیرک به‌ترتیب بیش‌ترین تعداد علف‌هرز (۲۶/۳۵، ۲۱/۱۷ و ۱۸/۴۶ بوته در مترمربع) را در تیمار نه‌برگی که اوج

بیشتر یولاف وحشی در رقابت به دلیل استفاده بیش تر از منابع محیطی بوده است. در بسیاری از مطالعات، اثر یک یا چند گونه علف هرز به طور جداگانه روی کاهش عملکرد بررسی شده است در حالی که در مزرعه گونه های مختلفی از علف های هرز وجود دارد که نحوه رقابت آن ها در کنار یک دیگر با آنچه که در حالت تک گونه ای دیده می شود، متفاوت است (Chaichi and Ehteshami, 2001)

مربع)، افزایش معنی داری در تراکم پیچک صحرایی مشاهده نشد (جدول ۱). Anafjeh *et al*, 2008 گزارش نمودند در نسبت هایی که تراکم گندم بیش تر از یولاف وحشی بود، گندم از قدرت رقابتی بالاتری برخوردار بود و برعکس، زمانی که نسبت یولاف وحشی افزایش یافت، برتری با یولاف وحشی بود و در برابری نسبت دو گیاه (۴:۴) قابلیت تهاجمی یولاف بیش تر از گندم بود، که نشان از موفقیت

جدول ۱- مقایسه میانگین تأثیر تداخل علف های هرز و تراکم باقلا (بوته در مترمربع) بر تراکم علف های هرز باقلا (بوته در مترمربع)
Table 1- Mean comparison the effect of weeds interference period and broad bean density on weeds density (plantm⁻²)

دوره تداخل علف های هرز Interference period of weeds	تراکم باقلا (بوته در مترمربع) Broad bean density (plants m ⁻²)			تمام فصل (whole season)	علف هرز (weed)
	۸	۱۱	۱۴		
۵ برگی (V ₅)					
۹ برگی (V ₉)					
۱۳ برگی (V ₁₃)					
خردل وحشی (wild mustard)	9.79a	9.49a	9.29a	4.5b	
پیچک صحرایی (field bind weed)	7.65b	11.48a	11.82a	9b	
چغندر وحشی (sea beet)	13.68a	13a	12.05a	5.85c	
پنیرک (common mallow)	15.2a	13.68a	13.68a	7.2c	
شیدر (clover)	14.18a	13.17a	10.3b	4.72d	
ترشک (curly dock)	5.4a	5.57a	5.4a	3.82c	
یونجه زرد (yellow alfalfa)	7.93a	5.91b	5.4b	3.82c	
یولاف وحشی (wild oat)	10.64a	10.3a	9.45a	5.85c	
سایر علف های هرز (other weeds)	8.1a	7.93a	7.26a	15.31a	
کل علف های هرز (total weeds)	96.62a	90.54b	85.135c	60.13d	

اعداد هر سطر که دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آزمون دانکن (α=۵٪) اختلاف معنی داری ندارند.

Numbers in each row, which has a joint letter, has no significant differences in regard to Duncan test (a =5%)

۲۰۰۱ به این نتیجه رسیدند که تراکم کل علف های هرز در پایان فصل رشد ۴۹/۳ درصد نسبت به مرحله تولید سومین گره در سویا کاهش یافت. تراکم علف های هرز، با افزایش تراکم باقلا در طول دوره رشد روند کاهشی نشان داد (جدول ۱). علت کاهش تعداد علف های هرز با افزایش تراکم باقلا را می توان به فراوانی منابع محیطی مانند نور، مواد غذایی و رطوبت در تراکم پایین باقلا نسبت داد که باعث شد علف های هرز رشد بیش تری داشته باشند (Anafjeh *et al*, 2009).

تراکم علف های هرز با افزایش طول دوره ی تداخل از ابتدای فصل رشد تا مرحله نه برگی باقلا روند افزایشی نشان داد و در ادامه فصل رشد از تراکم علف های هرز، به مرور زمان کاسته شد (جدول ۱). علت کاهش تراکم علف های هرز، در تیمارهای تداخل بعد از مرحله نه برگی را می توان به رقابت درون گونه ای علف های هرز، رقابت بین گونه ای علف های هرز و گیاه زراعی که منجر به کاهش یافتن تراکم گونه ها جهت حفظ بقاء می شود، نسبت داد. نتایج مشابهی در این مورد توسط (Chaichi and Ehteshami, 2001; Fallah and Nemati, 2007) گزارش شده است.

وزن خشک علف‌های هرز

افزایش دوره تداخل علف‌های هرز موجب افزایش وزن خشک علف‌های هرز در واحد سطح شد، به‌طوری‌که در تیمار تداخل تمام فصل به حداکثر میزان خود یعنی ۱۷۲/۹۹ گرم در مترمربع رسید (جدول ۲). با افزایش تداخل تا مرحله نه‌برگی باقلا و افزایش تراکم علف‌های هرز تا این مرحله، وزن خشک کل علف‌های هرز افزایش یافت، که به‌علت وجود گونه‌های پهن‌برگ مانند خردل وحشی، چغندر وحشی و ترشک که دارای خصوصیات نظیر ارتفاع بیش‌تر نسبت به سایر گونه‌ها و سایه‌اندازی بیش‌تر روی باقلا می‌باشند که سبب بالاتر بودن توان رقابتی این گونه‌ها شده و به‌دنبال آن وزن خشک علف‌های هرز افزایش پیدا کرد. یولاف وحشی نیز با افزایش ارتفاع خود، هنگام رشد در رقابت با باقلا و پیچک‌صحرایی نیز از طریق استفاده از باقلا به‌عنوان قیم و جذب بیش‌تر منابع، جزء گونه‌های تأثیرگذار در افزایش وزن خشک علف‌های هرز بود. Chaudhary et al., 2008 گزارش دادند که در تیمارهای ۳۰ تا ۱۱۰ روز بعد از کشت گندم به‌فواصل ۱۰ روز بالاترین وزن خشک به‌میزان ۲۶۱/۲۹ گرم در ۱۱۰ روز بعد از کشت مشاهده شد. نتایج نشان داد در تیمارهای تداخل بیش‌ترین وزن خشک در ابتدای فصل رشد (تداخل تا مرحله پنج‌برگی) به‌ترتیب مربوط به شبدر، پنیرک و خردل وحشی و در مراحل ۹ برگی، ۱۳ برگی و تداخل تمام فصل مربوط به خردل وحشی بود. Lak et al.,

2013 گزارش کردند با وجود تنوع در گونه، و تراکم بالای علف‌های هرز در تیمارهای آزمایشی، رقابت اندام‌های هوایی علف‌های هرز با هشت‌رقم لوبیا شرایط مشابهی داشت. بنابراین برتری بعضی از ارقام لوبیا در رقابت با علف‌های هرز نمی‌تواند ناشی از تراکم و یا وزن خشک کم علف‌های هرز در تیمارهای آزمایشی باشد (جدول ۲).

با افزایش تراکم باقلا از هشت‌بوته به ۱۴ بوته در مترمربع، وزن خشک کل علف‌های هرز با ۱۰/۳۳ درصد کاهش از ۹۲/۴۲ به ۸۳/۷۶ گرم در مترمربع رسید (جدول ۲). این کاهش ناشی از کاهش تراکم کل علف‌های هرز بوده زیرا وزن خشک گونه‌های علف‌های هرز چندان تغییر نکرده است. نتایج مشابهی در مورد تأثیر تراکم گیاهان زراعی بر وزن خشک علف‌های هرز گزارش شده است (Azim Khan and Marwat, 2006; Kristensen et al., 2008). به‌طوری‌که Azim Khan and Marwat, 2006 گزارش دادند که در بررسی چهار تراکم ۱۰۰، ۱۲۰، ۱۴۰ و ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار گندم، کم‌ترین وزن خشک علف‌های هرز در تراکم ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار به‌میزان ۱۶۲۷ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد. خردل وحشی و ترشک به‌ترتیب با میانگین ۱۶/۶۹ و ۶/۶۵ گرم در مترمربع بیش‌ترین و کم‌ترین وزن خشک از کل علف‌های هرز را با میانگین ۱۹/۰۹ درصد و ۷/۶۱ درصد در هر سه تراکم باقلا به‌خود اختصاص دادند.

جدول ۲- مقایسه میانگین تأثیر تداخل علف‌های هرز و تراکم باقلا (بوته در مترمربع) بر وزن خشک علف‌های هرز باقلا (گرم در مترمربع)
Table 2-Mean comparison the effect of weeds interference period and broad bean density (plant m⁻²) on weeds dry weight (g m⁻²)

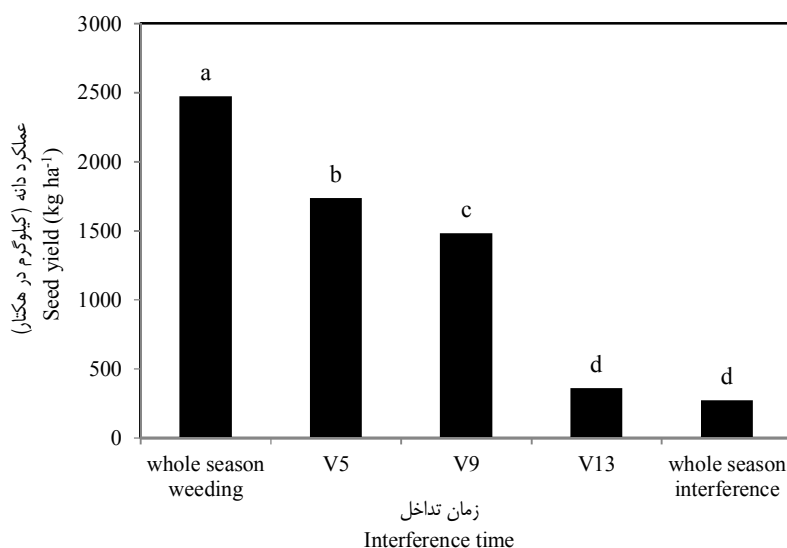
علف‌هرز (weed)	دوره تداخل علف‌های هرز Interference periods of weeds				تراکم باقلا (بوته در مترمربع) Broad bean density (plants m ⁻²)		
	۵ برگی (V ₅)	۹ برگی (V ₉)	۱۳ برگی (V ₁₃)	تمام فصل (whole season)	8	11	14
خردل وحشی (wild mustard)	4.1d	10.36c	20.63b	31.68a	17.47a	16.56b	16.04b
پیچک‌صحرایی (field bindweed)	1.72d	4.61c	9.13b	20.65a	9.91a	8.73b	8.43b
چغندر وحشی (sea beet)	1.6d	4.02c	10.54b	24.13a	10.77a	9.76b	9.7b
پنیرک (common mallow)	4.12d	6.43c	14.84b	21a	12.19a	11.45b	11.15b
شبدر (clover)	4.21d	7.15c	12.6b	18.53a	11.23a	10.45b	10.18b
ترشک (curly dock)	0.0d	3.39c	8.67b	14.54a	6.82a	6.62b	6.51b
یونجه زرد (yellow alfalfa)	3.33d	6.86c	11.97b	18.33a	10.67a	9.96b	9.74b
یولاف وحشی (wild oat)	2.88d	5.28c	8.5b	11.56a	7.58a	9.96b	6.62b
سایر علف‌های هرز (other weeds)	0.0d	3.21c	6.42b	12.52a	5.74a	5.52a	5.35a
کل علف‌های هرز (total weeds)	21.99d	51.34c	103.33b	172.99a	92.52a	86.05b	83.76c

اعداد هر سطر که دارای یک حرف مشترک هستند از نظر آزمون دانکن (پنج‌درصد=α) اختلاف معنی‌داری ندارند
Numbers in each row, which has a joint letter, has no significant differences in regard to Duncan test (α= 5%)

عملکرد دانه

اثر دوره‌های تداخل علف‌های هرز بر عملکرد دانه باقلا معنی‌دار بود. با افزایش مدت زمان تداخل عملکرد دانه کاهش یافت، به‌طوری‌که بالاترین عملکرد دانه با میانگین ۲۴۷۳/۵ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار وجین تمام فصل علف‌های هرز و کم‌ترین عملکرد دانه با میانگین ۲۷۴/۳ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار تداخل تمام فصل علف‌های هرز بود که با تیمار تداخل تا مرحله ۱۳ برگی اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۱). معنی‌دار بودن تأثیر

تیمار وجین علف‌های هرز بر عملکرد دانه ذرت (*Zea mays* L.) توسط Saeidi Nezhad and Saffari, 2013 گزارش شده‌است، این محققین بیان نمودند که، رقابت علف‌های هرز در طول فصل رشد باتوجه به کاهش اجزاء عملکرد، عملکرد دانه را نیز به‌طور معنی‌داری کاهش داد. کاهش ۴۵ درصدی عملکرد لوبیا (*Phaseolus vulgaris* L.) در اثر تداخل علف‌های هرز نیز توسط Lak et al, 2013 گزارش شده‌است.



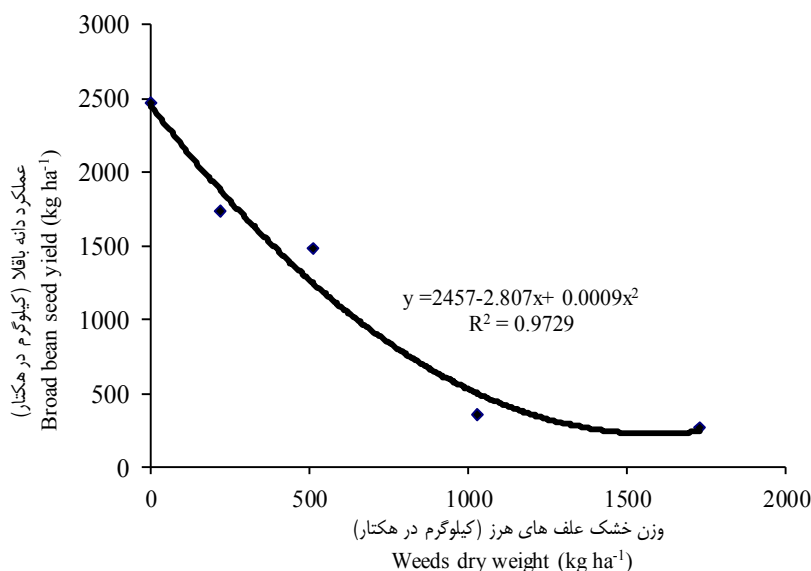
شکل ۱- اثر تداخل علف‌های هرز بر عملکرد دانه باقلا

Figure 1- Effect of weeds interference on broad bean seed yield

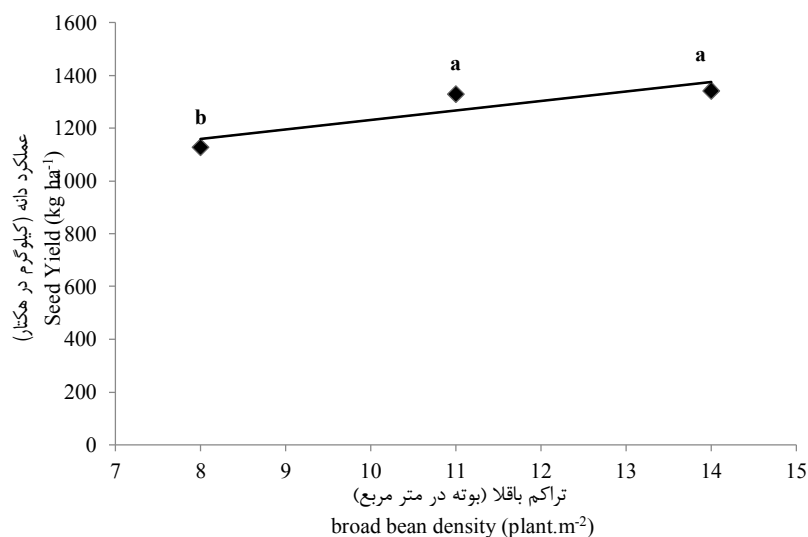
تیمار تراکم ۱۴ بوته در مترمربع با میانگین ۱۳۴۲ کیلوگرم در هکتار بود. همچنین کم‌ترین عملکرد دانه به تیمار هشت بوته در مترمربع با میانگین ۱۱۲۷/۴ کیلوگرم در مترمربع تعلق داشت (شکل ۳). Boroomandan et al, 2009 گزارش کردند تراکم‌های مختلف سویا اثر معنی‌داری روی عملکرد داشت و عملکرد دانه با افزایش تراکم از ۱۵ (۲۵۱۳/۶ کیلوگرم در هکتار) به ۴۵ (۳۸۷۱/۱ کیلوگرم در هکتار) بوته در مترمربع افزایش پیدا کرد. علی‌رغم کاهش عملکرد تک بوته در تراکم‌های بالا عملکرد در واحد سطح افزایش یافت و کاهش عملکرد تک بوته از طریق افزایش تعداد گیاه در واحد سطح جبران شده است. Khademhamzeh et al, 2004 در بررسی تراکم‌های ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ بوته در مترمربع سویا به این نتیجه رسیدند که با افزایش تراکم بوته تا ۵۰ بوته در مترمربع عملکرد دانه افزایش یافت و در تراکم‌های بالاتر عملکرد دانه کاهش یافت.

نتایج نشان داد به ازای یک کیلوگرم وزن خشک علف‌های هرز تولیدی، عملکرد دانه باقلا به‌طور متوسط ۱۹۸/۱ کیلوگرم در هکتار کاهش یافت (شکل ۲). Ehteshami et al, 2006 در بررسی تداخل علف‌های هرز تا تولید اولین، سومین، پنجمین و هفتمین گره، گلدهی، غلاف‌دهی و رسیدگی سویا (*Glycine max* L.) به این نتیجه رسیدند که با افزایش دوره‌ی رقابت، عملکرد سویا کاهش معنی‌داری یافت. شکل (۲) نشان می‌دهد بین وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد دانه باقلا رابطه مستقیمی وجود دارد، به‌طوری‌که با افزایش وزن خشک علف‌های هرز، عملکرد دانه باقلا به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. این نتیجه با نتایج Paolini et al, 2006 که گزارش کردند رابطه مستقیمی بین افزایش وزن خشک علف‌های هرز و کاهش عملکرد محصول نخود (*Cicer arietinum* L.) وجود دارد، مطابقت دارد.

در میان تیمارهای تراکم باقلا، بالاترین عملکرد دانه مربوط به



شکل ۲- رابطه وزن خشک علف‌های هرز و عملکرد دانه باقلا
Figure 2- Relationship between weeds dry weight and broad bean seed yield



شکل ۳- اثر تراکم باقلا بر عملکرد دانه
Figure 3- Effect of broad bean density on seed yield

تیمار تداخل تمام فصل و تراکم ۱۴ بوته در مترمربع با میانگین ۲۲۵/۳۰۹ کیلوگرم در هکتار بود. در تیمار تداخل علف‌های هرز تا مرحله پنج‌برگی نیز، تراکم ۱۴ بوته در مترمربع، بیش‌ترین عملکرد دانه را داشت. وجین تمام فصل علف‌های هرز یا حذف آن‌ها از مرحله پنج‌برگی به بعد استفاده از تراکم مطلوب (۱۴ بوته در مترمربع) و امکان حداکثر استفاده از شرایط محیطی (از جمله نور، آب و مواد غذایی) را

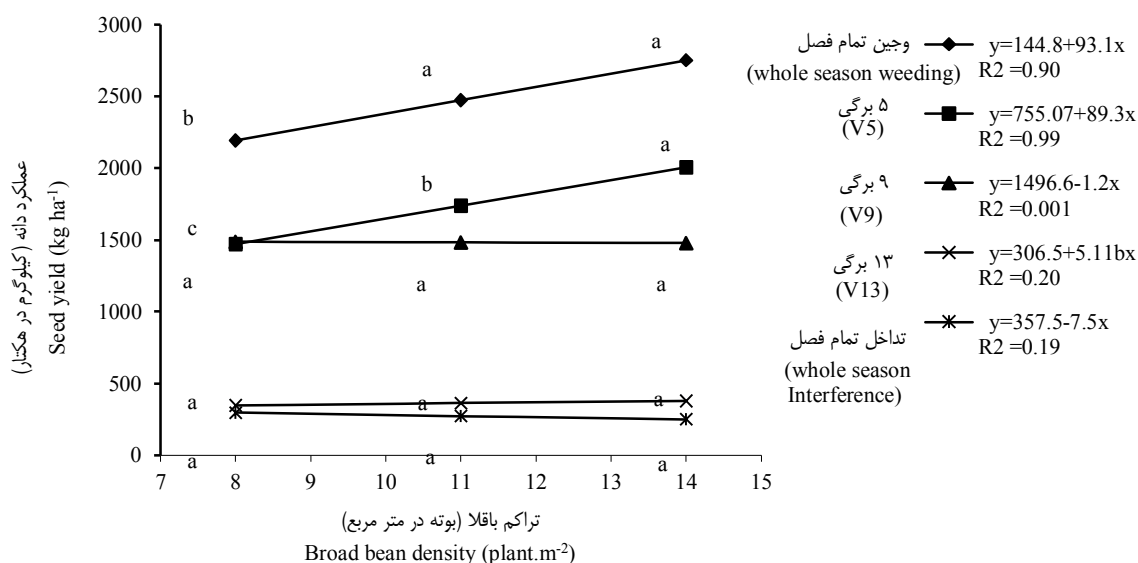
رابطه رگرسیون اثر متقابل نشان داد که در وجین کامل و تداخل تا مرحله پنج‌برگی، تراکم باقلا بر عملکرد دانه، اثر معنی‌داری داشت. درحالی‌که در تداخل تا ۹ برگی و ۱۳ برگی و تداخل کامل، عملکرد دانه به تراکم‌های مختلف باقلا واکنشی نشان نداد. بالاترین عملکرد دانه مربوط به تیمار وجین تمام فصل و تراکم ۱۴ بوته در مترمربع با میانگین ۲۶۹۹/۸۷ کیلوگرم در هکتار و کم‌ترین مقدار آن مربوط به

بر عملکرد باقلا ندارد، توصیه می‌شود جهت کاهش هزینه تولید، حداقل تراکم (هشت بوته در مترمربع) به کار گرفته شود (شکل ۴).

نتیجه‌گیری

با وجود این که در ظاهر گیاه باقلا به عنوان گیاه پوششی توان مقابله با علف‌های هرز را دارا می‌باشد اما در این بررسی با افزایش زمان تداخل علف‌های هرز، عملکرد دانه باقلا کاهش معنی‌داری یافت. حذف علف‌های هرز از ۱۳ برگی به بعد هیچ تأثیری بر عملکرد نداشت و افزایش تراکم باقلا نیز نتوانست آن را بهبود بخشد. بهترین زمان کنترل علف‌های هرز به منظور کاهش رقابت با باقلا و همچنین عملکرد مطلوب، قبل از مرحله ۱۳ برگی است.

فراهم می‌کند (شکل ۴). Fallah and Nemati, 2007 گزارش نمودند اثر زمان وجین و تراکم بوته بر عملکرد دانه نخود معنی‌دار بود و اعمال تیمارهای وجین در مرحله سه و پنج هفته پس از شروع رشد بهاره به نحو مؤثری از کاهش عملکرد حاصل از رقابت علف‌های هرز جلوگیری نمود، به طوری که عملکرد دانه در تیمار وجین پنج هفته پس از ظهور شاخه‌های ثالثه تنها به میزان ۱۲ کیلوگرم در هکتار کمتر از تیمار وجین تمام فصل علف‌های هرز بود. با کم‌ترین تراکم باقلا (هشت بوته در مترمربع) به دلیل این که بوته‌های باقلا نتوانستند سطح زمین را به طور کامل پوشانند، قادر به استفاده کامل از منابع در دسترس نشدند. اما در صورتی که وجین علف‌های هرز در مرحله نه برگی و بعد از آن انجام شود، باتوجه به این که تراکم تأثیر معنی‌داری



شکل ۴- اثر متقابل زمان تداخل و تراکم باقلا بر عملکرد دانه

Figure 4- The interaction of interference time and broad bean density on seed yield

References

- 1- Aghaalikhani, M., Yadavi, A.R., and Modarres Sanavy, S. A. M. 2005. Critical period of weed control of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in Lordegan. Scientific Journal of Agriculture 28(1): 111-125. (In Persian with English abstract).
- 2- Aldrich, R. J. 1984. Weed-Crop Ecology: Principles of Weed Management. Breton Publishers, North Scituate, Mass. 448p.
- 3- Anafjeh, Z., Fathi, G., Ebrahimpour, F., Zand, E., and Chaab, A. 2008. Study on competitiveness of wild oat (*Avena fatua* L.) with wheat (*Triticum aestivum* L.) chamran cultivar. Iranian Journal of Weed Science 4(1): 35-46. (In Persian with English abstract).
- 4- Anafjeh, Z., Fathi, G., Alami-Said, Kh., Zand, E., and Choab, A. 2009. Response of canola (*Brasica napus* L.) to plant densities of mustard (*Sinapis arvensis* L.) with emphasis on agronomic control. Iranian Journal of Crop Sciences 11(2): 109-122. (In Persian with English abstract).
- 5- Ayeneh Band, A. 2006. Effect of previous crop and the weeding time on weed populations in Grass Sorghum (*Sorghum bicolor* L.). Scientific Journal of Agriculture 29(3): 51-60. (In Persian with English abstract).
- 6- Azim Khan, M., and Marwat, K.B. 2006. Impact of crop and weed densities on competition between wheat and *Silybum marianum* gaertn. Pakistan Journal Biological Science 38(4): 1205- 1215.

- 7- Boroomandan, P., Khoramivafa, M., Hafhi, Y., and Ebrahimi, A. 2009. The effect of Nitrogen starter fertilizer and plant density on yield. Yield components and oil and protein content of Soybean (*Glycin max* L. Merr). Pakistan Journal of Biological Science 12(4): 378-382.
- 8- Bukun, B. 2004. Critical period for weed control in cotton in turkey. Weed Research 44: 404-412.
- 9- Chaichi, M.R., and Ehteshami, S.M.R. 2001. The effect of weeding time on species composition, density and dry weight of weeds in soybean. Iranian Journal of Agriculture Science 32(1): 107-119. (In Persian with English abstract).
- 10- Chaudhary, S.U., Hussain, M., Ali, M.A., and Iqbal, J. 2008. Effect of weed competition period on yield and yield components of wheat. Journal of Agricultural Research 46(1): 47-54.
- 11- Dieleman, A., Hamil, A.S. Weise, S.F. and Swanton, C.J. 1995. Empirical models of pigweed (*Amaranthus spp.*) interference in soybean (*Glycin max* L.). Weed Science 43: 612-618.
- 12- Ehteshami, M.R., Chaichi, M.R., Galeshi, S., and Khales Roo, S. 2006. The effect of weeding time on yield and yield components in soybean [*Glycine max* (L.) Merr]. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 12(6): 71-77. (In Persian with English abstract).
- 13- Fallah, S., and Nemati, A.R. 2007. Effects of density and weeding Time on weeds and Autumn Chickpea dry matter. Journal of Agricultural research, water, soil and agricultural plants 7(3): 165-176. (In Persian with English abstract).
- 14- Ghanbari Birgani, D., Sakhavat, R., Asroush, S., and Shimi, P. 2004. Evaluation of the effects of herbicide treatments and plant population on weed density and yield of broad bean. Iranian Journal of Crop Sciences 5(4): 315-327. (In Persian with English abstract).
- 15- Hadizadeh, M., Norozzadeh, S., and Rahimian, H. 2002. Effects of row spacing and weed free period on yield and yield components of cotton. Applied Entomology and Phytopathology 69(2): 171-189.
- 16- Harrison, S.K. 1990. Interference and seed production by common Lambs quarters (*Chenopodium album* L.) in Soybean (*Glycin max* L.). Weed Science 38: 113-118.
- 17- Lym, R.G., and Travnicek, A.J. 2015. Identification and control of invasive and troublesome weeds in north dakota 1-76. Available from: <http://www.agdepartment.com/NoxiousWeeds>. accessed May 2015.
- 18- Kavurmaci, Z., Karadavut, U., kokten, K., and Bakoglu, A. 2010. Determination critical period of weed-crop competition in Faba bean (*Vicia Faba* L). International Journal of Agriculture & Biology 12(2): 318-320.
- 19- Kazemeini, S.A., M. Edalat, A. Shekoofa, and R. Hamidi. 2010. Effects of nitrogen and plant density on Rapeseed (*Brassica napus* L.) Yield and Yield components in Southern Iran. Journal of Applied Science 10(14): 1461-1465.
- 20- Khademhamzeh, H.R., Karimie, M., Rezaie, A., and Ahmadi, M. 2004. Effect of plant Density and Planting Date on Agronomic Characteristics, Yield and Yield Components in Soybean. Iranian Journal Agriculture Science 35(2): 257-367. (In Persian with English abstract).
- 21- Kristensen, L., Olsen, J. and Weiner, J. 2008. Crop density, sowing pattern, and nitrogen fertilization effects on weeds suppression and yield in spring wheat. Weed Science 56: 97-102.
- 22- Lak, M.R., Dorri, H.R., and Farahani, L. 2013. Effect of weeds interference on yield and yield components of common bean (*Phaseolus vulgaris*). Iranian Journal of Weeds Science 9(1): 65-78. (In Persian with English abstract).
- 23- Lopez-bellido, F.J., Lopez-Bellido, L., and Lopez-Bellido, R.J. 2005. Competition, growth and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). European Journal Agronomy 23: 359-378.
- 24- Makarian, H., Banaian, M., Rahimian, H., and Isadi Darbandi, E. 2003. Planting date and population density influence on competitiveness of corn (*Zea mays* L.) with redroot pigweed (*Amaranthus retroflexus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 2: 271-279. (In Persian with English abstract).
- 25- Mousavi, S.K., Pezeshkpour, P., and Shahverdi, M. 2007. Weed population response to chickpea (*Cicer arietinum* L.) variety, and planting date. Journal of Water and Soil Science 11(40): 167-177. (In Persian with English abstract).
- 26- Nurse, E.R., and Ditommaso, A. 2005. Corn competition alters the germinability of velvetleaf (*Abutilon theophrasti* L.) seeds. Weed Science 53: 479-488.
- 27- Paolini, R., Faustini, F., Saccardo, F. and Crino, P. 2006. Competitive interactions between chickpea genotypes and weeds. Weed Research 46: 335-344.
- 28- Raycheva, T. 2011. *Rumex confertus* L. (polygonaceae) in the Bulgarian flora. Botanica Serbica 35(1): 55-59.
- 29- Saeidi Nezhad, M., and Saffari, M. 2013. The effects of different time of weed control on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) hybrids in different densities. Journal of Agronomy Sciences 6(9): 67-78. (In Persian with English abstract).
- 30- Stoller, E.W., Harrison, S.K., Wax, L.W., Regnier, E.E. and Nafziger, E.D. 1987. Weed interference in soybeans (*Glycin max* L.). Review Weed Science 3: 155-181.



The Effect of Weeds Interference Time and Plant Density on Weeds Control and Broad Bean (*Vicia faba* L.) Yield

M. Dabaghzadeh^{1*}- Gh. Fathi²- A. Bakhshandeh²- Kh. Almi-Said³

Received: 30-08-2012

Accepted: 18-01-2016

Introduction

Broad bean (*Vicia faba* L.) belongs to the Fabaceae family and is the most important protein plant in the world. Although broad bean used as cover crop is able to deal with weeds, but the evidence show that yield of the plant decreased 32-82% because of competition with weeds. Using crop density is one of the ecological approaches in weed management. Broad bean density can produce biomass, weed competition, seed yield and ultimately influence the economic yield. Many reports show that increasing crop density reduced negative effects of weeds. The aim of this experiment was to evaluate the effect of weeds interference and different densities of broad bean on density and biomass of weeds and broad bean seed yield.

Materials and Methods

The experiment was carried out as split plot in randomized complete block, with four replications, during 2009-2010 in a field experiment at Ramin Agricultural and Natural Resources University, Ahwaz. Weeds interference was investigated on 5 levels, including V₅, V₉, V₁₃ broad-bean phenological stages, full season weeding and full season weeds interference selected as main plots, and broad-bean density on 3 levels: including 8, 11 and 14 plants m⁻² as subplots. Density, dry weight and diversity of weeds and seed yield of broad bean were evaluated.

Results and Discussion

The results showed that the weeds including wild beet, field bindweed and mallow had the highest occurrence (26.35, 21.17 and 18.46 plants m⁻² respectively) in V₉ broad-bean phenological stage, where the peak abundance of weeds was observed. The frequency of mallow, clover and yellow alfalfa were high until V₅ broad-bean phenological stage, but in the next stages, they were replaced by other weeds and sorrel. It was also observed that the environmental factors can affect composition of weeds, for example, as the temperature increased in the early spring, an increase in the density of field bindweed was recorded. In the treatment of 8 plants m⁻² of broad-beans, the highest frequency was recorded for mallow, clover and wild beet (15.2, 14.18 and 13.68 plants m⁻²). With the increased interference time period, from V₉ broad-bean phenological stage on, the weed density was reduced due to "within species"(intra_species) competition of weeds and "between species"(inter_species) competition of weeds and the crop. As the time period of weeds interference increased, the dry weight reached its highest level, so that in full season weeding treatment, it reached 172.99 g m⁻². Increasing the density of broad-bean from 8 to 14 plants m⁻², decreased the weeds total dry weight from 92.42 to 83.76 g m⁻². Also increasing the weeds interference duration, reduced the seed yield, so that the highest yield, with the average of 2473.5 kg ha⁻¹, was obtained in full season weeding treatments. Among the treatments of broad-bean density, the highest seed yield of 1342 kg ha⁻¹ in average, was obtained from density treatment of 14 plants m⁻². Among the treatments of interaction, weeds interference and Broad-bean density, Broad-bean density had a significant effect on the seed yield. The highest seed yield was observed in full season weeding treatment and the density of 14 plants m⁻², with an average of 2699.87 kg ha⁻¹, and the lowest seed yield was recorded in the treatment of full season interference and density of 14 plants m⁻² with an average of 228.309 kg ha⁻¹.

Considering the results of this study, where weeding is not to be applied in V₁₃ broad -bean phenological stage and next stages, the minimum density (8 plants m⁻²) is recommended, because density had no significant effect on broad-bean yield, this would reduce the cost of production.

1- Former MSc Student, Faculty of Agriculture University of Agriculture and Natural Resources Ramin, Mollasany, Khuzestan

2- Professors, Department of Agronomy University of Agriculture and Natural Resources Ramin, Mollasany, Khuzestan

3- Assistant Professor, Department of Agronomy University of Agriculture and Natural Resources Ramin, Mollasany, Khuzestan

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

Conclusions

It can be concluded that increasing the duration of weeds interference, reduced the seed yield and weeds density while it increased the weeds dry weight. Increased broad-bean density, also, reduced the density and dry weight of all the weeds. The best time to control weeds for optimum performance of broad-bean, was prior to V_{13} broad-bean phenological stage.

Keywords: Species diversity, Weeds density, Weeds dry weight

تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)، لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر عملکرد و اجزای عملکرد

علیرضا کوچکی^۱ - هادی زرقانی^{۲*} - علی نوروزیان^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۱/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۸/۲۰

چکیده

به منظور بررسی و مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان (*Helianthus annus* L.)، لوبیاقرمز (*Phaseolus calcaratus* L.) و کنجد (*Sesamum indicum* L.) بر خصوصیات رشدی، عملکرد و اجزای عملکرد، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۱۳۸۸-۸۹ و ۱۳۸۹-۹۰ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار انجام شد. ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط شامل مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا (A)، مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه) (B)، مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) (C) و کشت‌های خالص آفتابگردان (D)، لوبیا (E) و کنجد (F) (۱۲ ردیف از هر گونه) بود. نتایج نشان داد که اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز معنی‌دار ($P < 0.01$) بود، ولی اثر سال بر عملکرد و اجزای عملکرد سه گونه زراعی غیرمعنی‌دار بود. با تغییر ترکیب کاشت از کشت ردیفی به سمت کشت خالص مقدار آن‌ها برای لوبیا و کنجد افزایش و برای آفتابگردان کاهش یافت. بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه کنجد، میانگین دو سال (به ترتیب با ۴۷۵۱ و ۲۲۰۷ کیلوگرم در هکتار) و لوبیا (به ترتیب با ۶۵۸۸ و ۲۷۱۹ کیلوگرم در هکتار) برای کشت خالص و بیش‌ترین مقدار عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه برای آفتابگردان برای کشت مخلوط ردیفی (۱۳۴۲۹، ۵۵۴۵ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد. ارزیابی نسبت برابری زمین (LER) نشان داد که بیش‌ترین LER ۱/۳۴ برای ترکیب ردیفی و کم‌ترین LER ۱/۰۱ برای ترکیب نواری چهار ردیفه مشاهده شد. بدین ترتیب، به تدریج با تغییر روش کشت ردیفی به سمت مخلوط نواری، LER کاهش پیدا کرد.

واژه‌های کلیدی: کشت مخلوط ردیفی، کشت مخلوط نواری، نسبت برابری زمین

مقدمه

کشت مخلوط کاشت هم‌زمان دو یا چندگونه گیاهی در یک قطعه زمین بوده که می‌تواند میزان عملکرد و پایداری تولید را در مقایسه با تک‌کشتی به‌ویژه در شرایط کم‌نهاد بهبود بخشد (Jahan, 2004; Sasstava et al., 2004). سیستم‌های کشت مخلوط علاوه بر حفظ تعادل اکولوژیک و ثبات آن، اهدافی نظیر بهره‌برداری حداکثر از منابع محیطی نظیر آب و مواد غذایی، بهبود کمی و کیفی عملکرد، کاهش خسارت ناشی از آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز و بالاخره بهبود شرایط اجتماعی مانند ثبات بیش‌تر اقتصادی و تغذیه مناسب انسان را نیز به دنبال دارند (Biabania et al, 2008; Mazaheri et al, 1994; Bromer, 1998). بدین ترتیب، کشت مخلوط با افزایش تعداد گونه در واحد سطح به عنوان راه‌کاری اکولوژیک برای بهبود تولید پیشنهاد شده است، و روشی برای افزایش تنوع زیستی در بوم‌نظام‌های کشاورزی می‌باشد (Mazaheri, 1998; Mahdavi et al, 2006). در مورد کشت مخلوط دو یا چند گیاه نتایج متفاوتی گزارش شده و دلایل مختلفی برای موفقیت کشت مخلوط گونه‌های مختلف ارائه شده است. مبنای افزایش عملکرد در انتخاب یک گونه در کشت مخلوط می‌تواند ناشی از اختلافات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته و حجم

امروزه روند کشت و کار محصولات زراعی به تدریج از اصول اکولوژیک خارج شده و به سمت دیدگاه‌های صرفاً اقتصادی پیش‌رفته است که این امر نه تنها سبب تخریب منابع طبیعی و محیط زیست شده است بلکه با کاهش کارایی مصرف نهاده نیز همراه است. علاوه بر این، سیستم‌های کشاورزی رایج به گونه‌ای سازمان‌دهی شده‌اند که تنوع زیستی را به حداقل ممکن کاهش داده‌اند که این امر باعث بی‌ثباتی عملکرد اقتصادی، افزایش خسارت آفات و بیماری‌ها و کاهش کیفیت محصولات زراعی شده است (Kocheki and Soltani, 1998; Geno and Geno, 2001). کشت مخلوط یکی از روش‌های زراعی با قدمتی دیرینه است که کشاورزان در جهت بهبود شرایط زراعی و افزایش سازگاری با طبیعت در پیش گرفته‌اند (Zhang et al, 2008; Taghizadeh, and Kochaki, 1995).

۱، ۲ و ۳- استاد، دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی و دانشجوی دکتری بوم‌شناسی زراعی گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: h.zarghani2004@yahoo.com)
(*)- نویسنده مسئول:

کم‌ترین برگشت سرمایه و کم‌ترین سودخالص از کشت خالص فلفل به‌دست آمد (Suresha et al, 2007).

در این تحقیق سه گیاه آفتابگردان، لوبیا و کنجد جهت بررسی سودمندی مخلوط نسبت به تک‌کشتی از نظر عملکرد دانه انتخاب شدند. بدین ترتیب، آفتابگردان به‌عنوان یک گیاه پهن‌برگ و با ارتفاع بلند، لوبیا به‌عنوان گیاه تثبیت‌کننده نیتروژن با ارتفاع کم و کنجد با قابلیت شاخه‌دهی متفاوت نسبت به شرایط محیطی و منابع غذایی انتخاب شدند، علاوه‌براین، سیستم ریشه‌ای متفاوت این سه‌گونه طوری‌است که برای جذب مواد غذایی و آب بیش‌ترین تمایز در آشیان‌های اکولوژیک وجود دارد، بنابراین، انتظار می‌رود که با تقلیل رقابت بین‌گونه‌ای و سودمندی مخلوط فراهم گردد. هدف از این آزمایش مقایسه اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر عملکرد، اجزای عملکرد و تعیین بهترین ترکیب مخلوط برای این گونه‌ها در شرایط آب‌وهوایی مشهد بود.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان زراعی رقم رکورد (تک‌طبق)، کنجد (توده کلات)، چندشاخه و لوبیاقرمز (توده مشهد) بر خصوصیات رویشی، عملکرد و اجزای عملکرد آن‌ها، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۸ و ۹۰-۱۳۸۹ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با شش تیمار و چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل مخلوط‌رِدیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (A)، مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه) (B)، مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) (C)، کشت خالص آفتابگردان (D)، کشت خالص کنجد (E) و کشت خالص لوبیاقرمز (F) (۱۲ ردیف از هر گونه) بود. به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش در سال اول و دوم، نمونه‌برداری از عمق ۳۰-۵۰ سانتی‌متر خاک انجام شد و با توجه به‌این‌که آزمایش در یک‌مزرعه ولی در دو مکان متفاوت انجام شد، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در دو سال اندازه‌گیری گردید (جدول ۱).

عملیات آماده‌سازی زمین در اسفندماه هر دو سال، قبل از اجرای آزمایش انجام شد. فاصله کرت‌ها و بلوک‌ها به‌ترتیب ۵/۰ و یک‌متر در نظر گرفته شد. تعداد عملیات کاشت به‌صورت دستی و به‌صورت هم‌زمان در نیمه‌ی اول اردیبهشت‌ماه هر دو سال در ۱۲ ردیف با طول سه‌متر و با فاصله ۵۰ سانتی‌متر انجام شد، هم‌چنین ترتیب قرارگرفتن گیاهان به‌ترتیب آفتابگردان، لوبیا و کنجد بود.

گیاه، وضعیت آرایش برگ‌ها و اختلافات فیزیولوژیکی هم‌چون عادت رشد (از قبیل رشد محدود یا رشد نامحدود) و طول دوره‌ی رشد باشد (Karimi and Azizi, 1994). کشت مخلوط گیاهان خانواده بقولات با سایر گیاهان علاوه‌بر بهبود حاصل‌خیزی خاک، موجب استفاده بهینه از زمین نیز می‌شود. در این سیستم کاشت، نیتروژن تثبیت‌شده به‌وسیله بقولات به گیاهان همراه آن‌ها منتقل شده که این امر می‌تواند به پایداری عملکرد در کشاورزی کم‌نهاد کمک کند (Banik et al, 2006).

نتایج آزمایش‌های مختلف حاکی از سودمندی کشت مخلوط نسبت به تک‌کشتی است. Rodrigues-Gomez et al, 2003 گزارش کردند که در کشت مخلوط جعفری (*Petroselinum sativum*) و گوجه‌فرنگی (*Lycopersicum esculentum* Mill.) بیماری بلایت‌زودرس گوجه‌فرنگی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. نتایج مطالعه انجام‌شده روی کشت مخلوط نعناع (*Mentha Piperita* L.) و شمعدانی‌معطر (*Pelargonium species*) نشان داد که زیست‌توده علف‌های هرز در مقایسه با کشت خالص در حدود ۴۰ درصد کاهش یافت (Rajeswara, 2002) در کشت مخلوط شنبلیله با باقلا (*Vicia faba* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) مشاهده شد که تراکم گل‌جالی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. محققان دلیل این امر را به ترشح مواد آللوپاتیک از ریشه گیاه شنبلیله و تأثیر آن را بر گل‌جالی ذکر کردند (Fernandez et al, 2008). مطالعه آرایش‌های مختلف کشت مخلوط زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) و عدس (*Lens culinaris* L.) نشان داد که عملکرد زیره‌سبز در مخلوط‌رِدیفی در مقایسه با سایر تیمارها افزایش یافت (جهانی، ۱۳۸۵). در کشت مخلوط زیره‌سبز و نخود (*Cicer arietinum* L.) مشاهده شد که کشت مخلوط موجب افزایش عملکرد زیره‌سبز شد، ولی با کاهش نسبت تراکم عملکرد نخود به‌صورت خطی کاهش یافت (Abasi, 2004). Maffei and Mucciarelli, 2003 گزارش کردند که در کشت مخلوط سویا و نعناع، عملکرد و کیفیت نعناع در مقایسه با کشت خالص افزایش یافت. نتایج مطالعه دوساله روی کشت مخلوط نخود با سبزیجات زمستانی مانند کلم‌پیچ (*Brassica oleracea* L. var. capitata)، خردل (*Raphanus sativus* L.)، منداب (*Eruca sativa* L.)، اسفناج (*Spinacia oleracea* L.)، کاهو (*Lactuca sativa* L.)، سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) نشان داد که در سال اول بیش‌ترین عملکرد نخود برای کشت مخلوط با گشنیز و در سال دوم برای مخلوط با سیب‌زمینی به‌دست آمد (Hossein et al, 2005). Prasad et al, 2001 گزارش کردند که کشت مخلوط سیب‌زمینی با شنبلیله سبب افزایش سود حاصل از زمین شد. در کشت مخلوط فلفل (*Capsicum annum* L.) و سیر (*Allium sativum* L.) نیز بیش‌ترین نسبت برگشت سرمایه و بالاترین سودخالص از کشت مخلوط این دو گیاه و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد استفاده در آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of field soil used in experiment

اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	پتاسیم قابل دسترس K (ppm)	فسفر قابل دسترس P (ppm)	نیترژن کل Total N (%)	بافت خاک Soil Texture
سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)	سال اول Year(1)	سال دوم Year(2)
7.37	7.47	2.1	2.5	321.2	320.1
4.6	4.5	0.16	0.16		
سیلتی لوم Silty Loam					

میانگین عملکرد گونه C گونه

$$LER_{ABC} = LER_A + LER_B + LER_C$$

اگر $LER > 1$ کشت مخلوط سودمند است، اگر $LER = 1$

کشت مخلوط با تک کشتی تفاوتی ندارد و اگر $LER < 1$ باشد کشت خالص نسبت به مخلوط برتری دارد (Sullivan, 2003; Connolly et al, 2001).

تجزیه مرکب داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای SAS ver. 9.1 و MSTAT-C انجام شد. مقایسه میانگین‌ها با آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت. برای رسم شکل‌ها از نرم‌افزار MS-Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات

رویشی و عملکرد آفتابگردان

نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان در جدول ۲ نشان داده شده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کاشت بر ارتفاع و قطر ساقه، قطر طبق، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و شاخص برداشت آفتابگردان معنی‌دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۱).

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع و قطر ساقه و اجزای عملکرد آفتابگردان در جدول ۳ ارائه شده است.

بیش‌ترین ارتفاع ساقه آفتابگردان برای کشت خالص (۱۸۲ سانتی‌متر) و کم‌ترین میزان آن برای کشت ردیفی (۱۶۶ سانتی‌متر) مشاهده شد (جدول ۳). باتوجه به غالب بودن کانوپی آفتابگردان در مقایسه با لوبیا و کنجد، چنین به نظر می‌رسد که کشت خالص آفتابگردان به دلیل افزایش رقابت درون گونه‌ای برای جذب نور باعث افزایش ارتفاع شده است.

اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت و آبیاری‌های بعدی به فاصله هر هفت روز یک بار تا پایان فصل رشد به شیوه نشتی انجام شد. گیاهان در مرحله چهار-شش برگی برای دستیابی به تراکم‌های موردنظر شامل ۸، ۱۳ و ۲۰ بوته در مترمربع به ترتیب برای آفتابگردان، لوبیا و کنجد تنک شدند و در کشت خالص و مخلوط تراکم یکسانی داشتند. وجین دستی علف‌های هرز در سه مرحله پس از کاشت انجام گرفت. قابل ذکر است که در دوره آزمایش هیچ ماده شیمیایی اعم از کود، علف کش و یا آفت کش استفاده نشد.

به منظور برداشت نهایی در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک از نیمه بالایی هر کرت تعداد ۱۰ بوته برداشت کرده و بعد از انتقال به آزمایشگاه، خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد هر سه گونه آفتابگردان (شامل ارتفاع و قطر ساقه، قطر طبق، تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰۰ دانه) لوبیاقرمز (شامل تعداد شاخه فرعی، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه) و کنجد (شامل ارتفاع ساقه، مجموع طول شاخه‌های فرعی، تعداد شاخه فرعی، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰۰ دانه) اندازه گیری شد. هم چنین به منظور سنجش میزان عملکرد نهایی در نیمه‌ی دیگر هر کرت، حاشیه‌ها ۵/۰ متر از بالا و پایین کرت‌ها حذف شد و از نیمه‌ی پایین کرت در ۲ تیمار کشت ردیفی، شش ردیف وسطی که برای هر محصول در کشت مخلوط یک متر و برای کشت خالص سه متر شد و از کرت‌های با کشت نواری از ۲ ردیف وسط هر نوار یک متر برداشت شد. در کرت‌های کشت مخلوط از هر کدام از محصولات یک مترمربع و در کرت‌های کشت خالص سه مترمربع برداشت شده و پس از خشک شدن، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و در نهایت شاخص برداشت محاسبه شد و عملکرد دانه و بیولوژیک هر محصول بر مبنای یک هکتار محاسبه گردید. به منظور ارزیابی ترکیب‌های مختلف کاشت نسبت برابری زمین با استفاده از معادله (۱) تعیین شد:

در کشت خالص / میانگین عملکرد A در کشت مخلوط $LER_A =$

میانگین عملکرد گونه A گونه

در کشت خالص / میانگین عملکرد B در کشت مخلوط $LER_B =$

میانگین عملکرد گونه B گونه

در کشت خالص / میانگین عملکرد C در کشت مخلوط $LER_C =$

جدول ۲- منابع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع، اجزای عملکرد و عملکرد آفتابگردان

Table 2- Sources of variation, degree of freedom and mean squares of intercropping effects of different arrangements of three species of sunflower, sesame and beans on height, yield components and yield of sunflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	ارتفاع Height	قطر ساقه Stem diameter	قطر طبق Head diameter	تعداد دانه در طبق No. Of seed per head	وزن ۱۰۰۰ دانه Seed weight ۱۰۰۰	عملکرد بیولوژیک Biological Yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال (A) Year(A)	1	8	0.006 ^{ns}	0.56 ^{ns}	1262 ^{ns}	16.5 ^{ns}	45662 ^{ns}	48959 ^{ns}	0.45 ^{ns}
سال (تکرار) Year(Rep)	6	15.4	0.011	2.89	762	2.07	490045	28159	19.6
کشت مخلوط intercropping	3	373.3**	1.72**	143.2**	484045**	549.7**	753038805**	19351294**	168.4**
کشت مخلوط * سال Intercropping * year	3	./001 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.2 ^{ns}	312 ^{ns}	3.8 ^{ns}	399895 ^{ns}	1980 ^{ns}	10.5 ^{ns}
خطای b Error b	18	2.75	0.02	0.65	2996	6.3	171647	75333	13.3
کل Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-

ns، * و **: به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد
ns, * and ** non-significant and, significant at 1% and 5% probability level, respectively.

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا (میانگین دو سال) بر خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد آفتابگردان

Table 3- Mean comparison of different intercropping arrangements of three species of sunflower, sesame and beans (Average of two years) on growth characteristics and yield components of sunflower

تیمار Treatment	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	قطر طبق Head diameter (cm)	تعداد دانه در طبق No. Of seed per head	وزن ۱۰۰۰ دانه seed weight(g) ۱۰۰۰
A	166 d*	2.46a	24.5a	1102a	64.7a
B	174 c	2.45a	21.9b	906b	55.7b
C	178b	1.94b	18.6c	664c	52.3c
D	182a	1.49c	14.7d	553d	44.7d

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص آفتابگردان

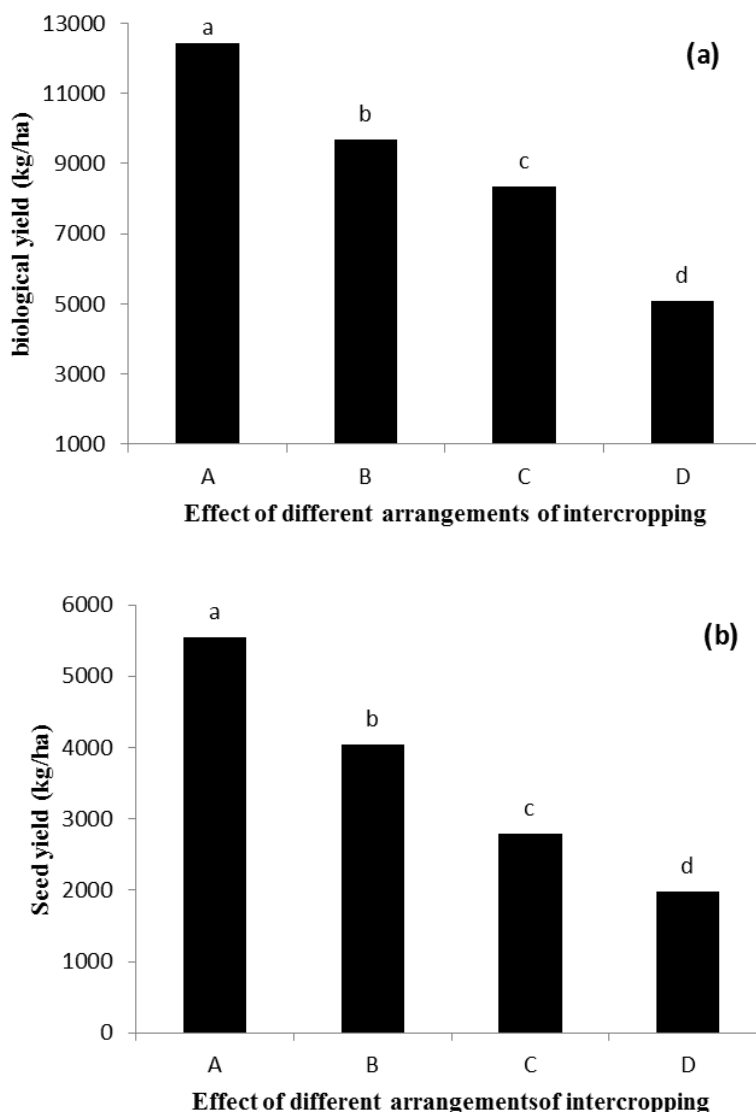
A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of Sunflower
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

طبق (۲۴ سانتی‌متر) برای نسبت ۵۰:۵۰ به دست آمد.
بیشترین تعداد دانه در طبق آفتابگردان برای مخلوط ردیفی (۱۱۰۲ دانه در طبق) و کمترین تعداد آن برای کشت خالص (۵۵۳ دانه در طبق) حاصل شد (جدول ۳). نتایج بررسی کشت مخلوط ذرت و سویا نشان داد که بیشترین تعداد دانه در گیاه برای الگوی کشت

بیشترین و کمترین قطر طبق و ساقه نیز به ترتیب برای کشت ردیفی (به ترتیب با ۲۴/۵ و ۲/۴۶ سانتی‌متر) و کشت خالص (به ترتیب با ۱۴/۷ و ۱/۴۹ سانتی‌متر) حاصل شد (جدول ۳). نتایج بررسی (Mosavian et al., 2000) روی نسبت‌های مختلف کشت مخلوط دو گونه ذرت و آفتابگردان نشان داد که بیشترین قطر

سه‌ردیف سویا، ۲ ردیف ذرت و سه‌ردیف سویا به‌دست آمد (Mansouri, 2010).



شکل ۱- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکرد بیولوژیک و (b) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) آفتابگردان

Figure 1- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare) of sunflower

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص آفتابگردان

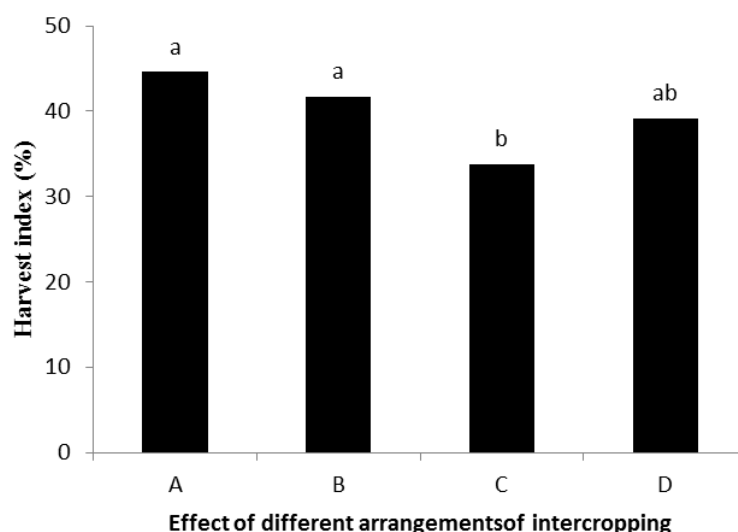
A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of Sunflower

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

به‌طور کلی، به‌نظر می‌رسد که در شرایط به‌کارگیری مخلوط‌رديفی، آفتابگردان به‌دلیل ارتفاع بلندتر، کانوپی بزرگ‌تر و سیستم‌ریشه‌ای توسعه‌یافته‌تر در مقایسه با سایر گونه‌ها در رقابت پیروز بود. در نتیجه کاهش رقابت درون‌گونه‌ای بین بوته‌های آفتابگردان سبب بهبود رشدرویشی در شرایط حضور این گونه‌های همراه شده‌است. بدین ترتیب، خصوصیات‌رویشی و در نتیجه تولید و تجمع ماده‌فتوسنتزی آفتابگردان در شرایط مخلوط‌رديفی به‌مراتب بالاتر بود، که این امر منجر به بهبود وزن ۱۰۰۰ دانه آن شد. اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر عملکرد (میانگین دو سال) بیولوژیک و دانه آفتابگردان در شکل ۱ نشان‌داده شده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط بر وزن ۱۰۰۰ دانه آفتابگردان نشان‌داد که بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰ دانه برای تیمار کشت‌رديفی (۶۴/۷ گرم) و کم‌ترین وزن ۱۰۰۰ دانه برای تیمار کشت‌خالص (۴۴/۷ گرم) مشاهده شد (جدول ۳). در آزمایشی که (Jahani *et al*, 2008) روی کشت‌مخلوط زیره‌سبز و عدس انجام‌دادند، بیان‌داشتند که بالاترین وزن ۱۰۰۰ دانه عدس (۳۵/۵ گرم) برای مخلوط‌رديفی دو گونه به‌دست آمد. اگرچه نتایج برخی تحقیقات تأییدکننده تأثیر مثبت مدیریت‌زراعی از جمله به‌کارگیری الگوهای مختلف کشت‌مخلوط بر وزن دانه می‌باشد، ولی نتایج برخی تحقیقات (Kochehi *et al*, 2009) نیز نشان داده‌است که ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط تأثیر معنی‌داری بر وزن دانه ندارد.



شکل ۲- اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر شاخص برداشت (درصد) آفتابگردان
Figure 2- Effect of different arrangements of intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of sunflower

A: مخلوط رديفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط رديفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت‌خالص آفتابگردان

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of Sunflower

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

نظر می‌رسد که بیش‌ترین نور جذب شده تحت‌تأثیر بهره‌برداری حداکثر از نیتروژن تثبیت‌شده و احتمالاً بهبود شرایط بیولوژیکی در ترکیب‌رديفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا حاصل شده است. با توجه به کانوپی گسترده‌تر و غالب آفتابگردان در مقایسه با کنجد و لوبیا مشخص است که مخلوط این سه‌گونه بیش از همه به سود آفتابگردان بوده است. بالاترین عملکرد دانه برای کشت‌مخلوط رديفی

بیش‌ترین و کم‌ترین عملکرد بیولوژیک آفتابگردان به‌ترتیب برای کشت‌رديفی و کشت‌خالص به‌ترتیب با ۱۲۴۲۹ و ۵۰۷۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد (شکل ۱- Rezvan Beidoghti, 2004). بیان‌داشت اثر ترکیب‌های مختلف کشت‌مخلوط ذرت با لوبیا بر عملکرد بیولوژیک ذرت معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با تغییر از ترکیب‌رديفی به سمت کشت‌خالص از میزان ماده خشک کاسته شد. به

با ۵۵۴۵ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد، و کمترین عملکرد دانه در کشت خالص با ۱۹۸۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. اجزای عملکرد آفتابگردان در شرایط مخلوط با سایر گونه‌ها به‌طور معنی‌داری بالاتر از کشت خالص بود (جدول ۳). نتایج بررسی انجام‌شده روی کشت مخلوط ذرت و لوبیا نشان داد که با جابه‌جایی از کشت خالص به سمت الگوی ردیفی در کشت مخلوط، عملکرد ذرت افزایش پیدا کرد (Rezvan Beidokhti, 2004). افزایش عملکرد ذرت در ترکیب ردیفی در مقایسه با کشت خالص به علت توان رقابتی بالاتر ذرت در جذب منابع غذایی در مقایسه با لوبیا و سطح برگ بیش‌تر این گیاه در مخلوط تحت تأثیر بهره‌گیری از گونه همراه تثبیت‌کننده نیتروژن بوده است.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان،

لوبیا و کنجد بر شاخص برداشت آفتابگردان در شکل ۲ ارائه شده است. بیش‌ترین شاخص برداشت آفتابگردان برای ترکیب مخلوط ردیفی (۴۴ درصد) مشاهده شد که از این‌جهت با ترکیب ردیفی ۲ ردیفه (۴۲/۴ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت، کم‌ترین شاخص برداشت نیز برای کشت مخلوط نواری با ۳۳/۸ درصد حاصل شد (شکل ۲).

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات رویشی و عملکرد کنجد

نتایج تجزیه واریانس خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت کنجد در جدول ۴ ارائه شده است.

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع،

اجزای عملکرد و عملکرد کنجد

Table 4- Analysis of variance (mean square) intercropping effects of different arrangements (of three species of sunflower, sesame and beans) on height, yield components and yield of sesame

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	ارتفاع ساقه Stem height	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branch	مجموع طول شاخه‌های فرعی Total length of lateral branches	تعداد کیسول در بوته No. of capsule per plant	تعداد دانه در کیسول No. of Seed per capsule	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه ۱۰۰۰ seed weight	عملکرد دانه Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest Index
سال (A) Year(A)	1	5 ^{ns}	0.07 ^{ns}	108.7 ^{ns}	3.4 ^{ns}	1.16 ^{ns}	18312 ^{ns}	0.001 ^{ns}	10970.5 ^{ns}	45105.5 ^{ns}	40.5 ^{ns}
سال (تکرار) Year(Rep)	6	1.7	0.1	256.4	6.03	5.05	53890	0.07	34572.1	4808	10.2
کشت مخلوط intercropping	3	85.9 ^{**}	2.3 ^{**}	25446 ^{**}	517 ^{**}	33.7 ^{**}	1453520 ^{**}	0.1 ^{ns}	963936.7 ^{**}	3012266.2 ^{**}	42.5 [*]
کشت مخلوط *											
سال Intercropping * year	3	^{ns} 0.58	^{ns} 0.006	3.03 ^{ns}	24 ^{ns}	64 ^{ns}	3149 ^{ns}	0.04 ^{ns}	1729.2 ^{ns}	67533 ^{ns}	7.1 ^{ns}
خطای Error b	18	1.64	0.006	29	0.55	0.07	1688	0.01	2071.7	136184.3	7.8
کل Total	31	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

ns: عدم معنی داری *؛ معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، **؛ معنی داری در سطح احتمال یک درصد

*: Significant at p=0.05, **: Significant at p=0.01 & ns=non-significant

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر خصوصیات رویشی و زایشی کنجد شامل ارتفاع ساقه، مجموع طول شاخه‌های فرعی، اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک در سطح (p<0/01) و شاخص برداشت در سطح (p<0/05) معنی‌دار

مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه‌گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر خصوصیات رویشی و اجزای عملکرد کنجد در جدول ۵ نشان داده شده است.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر ارتفاع و اجزای عملکرد کنجد
Table 5- Mean comparison of different intercropping arrangements of three species of sunflower, sesame and beans (Average of two years) on growth characteristics and yield components of sesame

تیمار Treatment	ارتفاع ساقه Stem height (cm)	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of lateral branch per plant	مجموع طول شاخه‌های فرعی Total length of lateral branches (cm)	تعداد کپسول در بوته No. of capsule per plant	تعداد دانه در کپسول No. of Seed per capsule	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه seed ۱۰۰۰ weight (g)
A	99.8d	2.67d	86.8d	47.1d	44.3b	2091b	3.27a
B	102c	3.08c	127.4c	53.5c	47.6a	2555ab	3.37a
C	104.5b	3.48d	179b	59.4b	43.7c	2602ab	3.48a
D	107.5a	3.93a	224.6a	64.9a	47.5a	3133a	3.52a

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص کنجد

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج‌درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

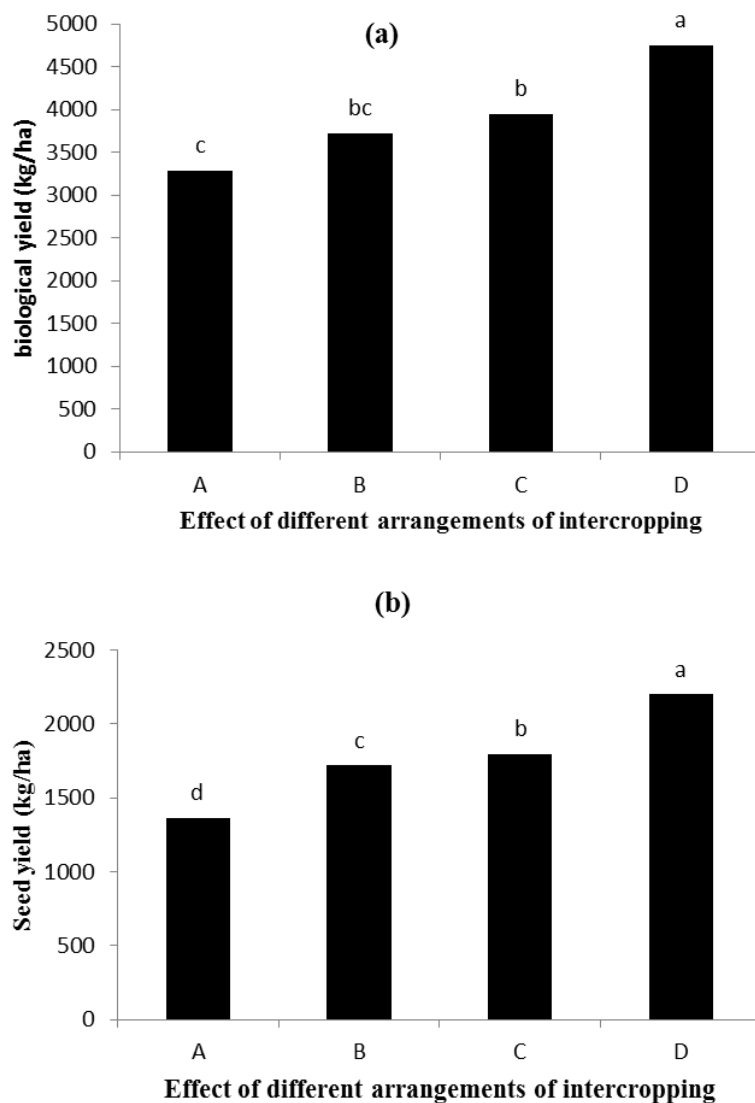
Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

نتایج در ترکیب‌های مختلف مخلوط مشخص شد که با افزایش تعداد ردیف در کشت مخلوط از ترکیب‌های ردیفی به سمت نواری و در نهایت کشت خالص، به دلیل کاهش رقابت درون گونه‌ای با گیاه غالب آفتابگردان، خصوصیات رشدی و به تبع آن فتوسنتز گیاه کنجد افزایش یافت.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد در شکل ۳ نشان داده شده است.

بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک و دانه کنجد به ترتیب برای کشت خالص (به ترتیب با ۴۷۵۱ و ۲۲۰۷ کیلوگرم در هکتار) و کم‌ترین مقدار برای ترکیب کشت ردیفی (به ترتیب با ۳۲۸۷ و ۱۳۶۱ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد (شکل ۳). نتایج آزمایش Bahati et al, 2005 روی کشت مخلوط کنجد با لوبیاچشم‌بلیلی، ماش و سویا تأیید نمود که عملکرد دانه در تمام ترکیب‌های مخلوط نسبت به کشت خالص کنجد کاهش یافت. نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که اختلاط تعدادی از ارقام گندم و ذرت به دلیل افزایش رقابت باعث کاهش عملکرد شد (Chapman et al., 1989). بدین ترتیب، با مقایسه ترکیب‌های مختلف کشت کنجد مشخص است که بهره‌گیری از کشت مخلوط به دلیل کاهش خصوصیات رشدی و اجزای عملکرد کنجد (جدول ۵) تحت تأثیر افزایش رقابت بین گونه‌ای با بوته‌های غالب آفتابگردان، در نهایت منجر به کاهش عملکرد شد.

بیش‌ترین ارتفاع بوته کنجد برای کشت خالص (۱۰۷/۵ سانتی‌متر) و کم‌ترین آن مربوط به مخلوط ردیفی (۹۹/۸ سانتی‌متر) بود. بیش‌ترین تعداد و مجموع شاخه‌فرعی در بوته برای کشت خالص (به ترتیب با ۳/۹۳ شاخه‌فرعی در بوته و ۲۲۴/۶ سانتی‌متر) و کم‌ترین مقدار برای ترکیب ردیفی (به ترتیب با ۲/۶۷ شاخه‌فرعی در بوته و ۹۶/۸ سانتی‌متر) مشاهده شد. تعداد کپسول در بوته کنجد برای ترکیب مخلوط ردیفی نسبت به کشت خالص به ترتیب ۲۷ درصد کاهش یافت. اگرچه ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط تأثیر معنی‌داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه کنجد نداشت، ولی بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰ دانه در شرایط خالص با ۳/۵۲ گرم مشاهده شد (جدول ۶). نتایج مطالعه مخلوط کنجد با لوبیاچشم‌بلیلی، ماش و سویا نیز کاهش تعداد کپسول در بوته کنجد را تأیید کرد، به طوریکه بیش‌ترین تعداد کپسول برای کشت خالص با ۴۷/۸ کپسول در بوته به دست آمد (Bahati et al, 2005). نتایج برخی مطالعات نیز نشان داده است که اثر ترکیب‌های مختلف مخلوط گندم (Bajwa et al, 1992) و کنجد (Bahati et al, 2005) تأثیر معنی‌داری به ترتیب بر تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در کپسول نداشت، از طرف دیگر، Zav et al, (1992) گزارش نمودند که در کشت مخلوط کنجد با گندم تعداد دانه در کپسول به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گرفت. Zav et al, 1992 و Bahati, 2005 نیز گزارش نمودند که بیش‌ترین وزن ۱۰۰۰ دانه کنجد در شرایط مخلوط با بقولات و گندم، در شرایط خالص حاصل شد. به طور کلی، با مقایسه



شکل ۳- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکرد بیولوژیک و (b) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) کنجد

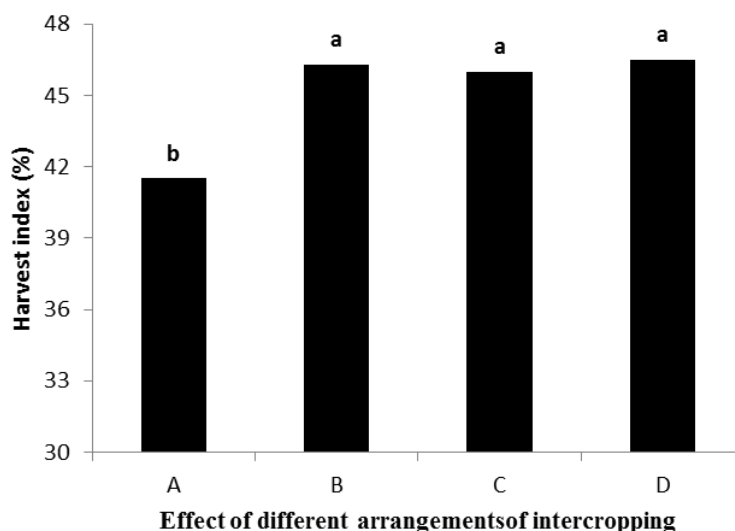
Figure 3- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare) of sesame

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیاقرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص کنجد

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test



شکل ۴- اثر ترکیب‌های مختلف کشت در مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص برداشت کنجد

Figure 4- Effect of different arrangements of intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of sesame

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص کنجد

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of sesame

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

غللاف و ۴۵/۱ دانه در بوته) بود (جدول ۷). مقایسه تأثیر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد لوبیا به‌عنوان گیاهی رونده که در زیر کانوپی گیاه غالب آفتابگردان رشد می‌کند، نشان داد که خصوصیات رشدی لوبیا نیز همانند کنجد با افزایش ردیف در کشت مخلوط از ترکیب ردیفی به نواری و سپس کشت خالص، افزایش یافت که این امر در نتیجه منجر به بهبود اجزای عملکرد آن شد. نتایج آزمایش Koocheki *et al*, 2009 نیز نشان داد که با کاهش نسبت لوبیا در کشت مخلوط با ذرت، تعداد غلاف در بوته از ۲۲ غلاف به ۹ غلاف و تعداد دانه در غلاف از چهار دانه به کم‌تر از یک دانه در غلاف کاهش یافت، آن‌ها دلیل این امر را به افزایش رقابت بین گونه‌ای با ذرت نسبت دادند که در نتیجه به دلیل کاهش خصوصیات رشدی، کاهش اجزای عملکرد را به دنبال داشت.

بالا تر بودن تعداد غلاف در کشت خالص در مقایسه با ترکیب‌های مختلف در مخلوط ذرت-سویا و ذرت-لوبیا توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (Chandel *et*; Rezends, and Ramalho, 1994; al, 1987).

بیش‌ترین شاخص برداشت کنجد در شرایط خالص (۴۶/۵ درصد) مشاهده شد که با ترکیب‌های نواری ۲ ردیفه و چهار ردیفه از این نظر تفاوت معنی‌داری نداشت (شکل ۴). کم‌ترین شاخص برداشت (۴۱/۵ درصد) برای ترکیب ردیفی به دست آمد. Sing and Gupta, 1993 و Ahmad, 1997 نیز کاهش معنی‌دار شاخص برداشت گندم را در شرایط مخلوط گزارش نمودند.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر خصوصیات

رویشی و عملکرد لوبیا

نتایج تجزیه واریانس اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر اجزای عملکرد، عملکرد دانه و بیولوژیک و شاخص برداشت لوبیا در جدول ۱ نشان داده شده است.

بیش‌ترین تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد دانه در بوته لوبیا قرمز مربوط به کشت خالص (به ترتیب با ۷/۱ شاخه فرعی در بوته، ۲۹/۱ غلاف در بوته، ۳/۴ دانه در غلاف و ۱۰/۶ دانه در بوته) و کم‌ترین آن‌ها برای ترکیب ردیفی (به ترتیب با ۴/۷ شاخه فرعی در بوته، ۱۵/۲ غلاف در بوته، ۲/۹ دانه در

جدول ۶- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر اجزای عملکرد و عملکرد لوبیا

Table 6- Analysis of variance (mean square) intercropping effects of different arrangements of three species (sunflower, sesame and beans) on height, yield components and yield of beans

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	تعداد شاخه فرعی No. of lateral branch	تعداد گل‌اف در بوته No. of pod per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod	تعداد دانه در بوته No. of Seed per plant	وزن ۱۰۰۰ دانه ۱۰۰۰ seed weight	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	شاخص برداشت Harvest index
سال (A) Year (A)	1	0.038 ^{ns}	8 ^{ns}	0.05 ^{ns}	107.6 ^{ns}	1190 ^{ns}	7759 ^{ns}	2649.9 ^{ns}	3.7 ^{ns}
خطا (A) Error (A)	6	0.044	0.72	0.05	9.7	425	688956	23911	1.3
تیمار (B) Treatment (B)	3	9.69**	338**	0.371**	5296**	15467**	19894248**	1490449**	14.1*
اثر متقابل (AB) Interaction (AB)	3	0.002 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.46 ^{ns}	67 ^{ns}	79424 ^{ns}	51.3 ^{ns}	2.2 ^{ns}
خطا (E) Error(E)	18	0.058	0.738	0.04	8.5	448	1463091	28937	3.4

ns: عدم معنی داری *؛ معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، **: معنی داری در سطح احتمال یک درصد

*: Significant at p=0.05, **: Significant at p=0.01 & ns=non-significant

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا بر اجزای عملکرد لوبیا (اعداد میانگین دو سال)

Table 7- Mean comparison of different intercropping arrangements of three species (of sunflower, sesame and beans) (Average of two years) on yield components of beans

تیمار Treatment	وزن ۱۰۰۰ دانه (۱۰۰۰ seed) weight(g)	تعداد دانه در بوته No. of seed per plant	تعداد دانه در غلاف No. of seed per pod	تعداد غلاف در بوته No. of pod per plant	تعداد شاخه فرعی در بوته No. of lateral branch per plant
A	299.2a	45.1d	2.9d	15.2d	4.7d
B	268.4b	55.1c	3.1c	17.6c	4.9c
C	216.8c	82.3b	3.2b	15.3c	5.9b
D	205.8c	101.6a	3.4a	29.1a	7.1a

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص لوبیا

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of beans

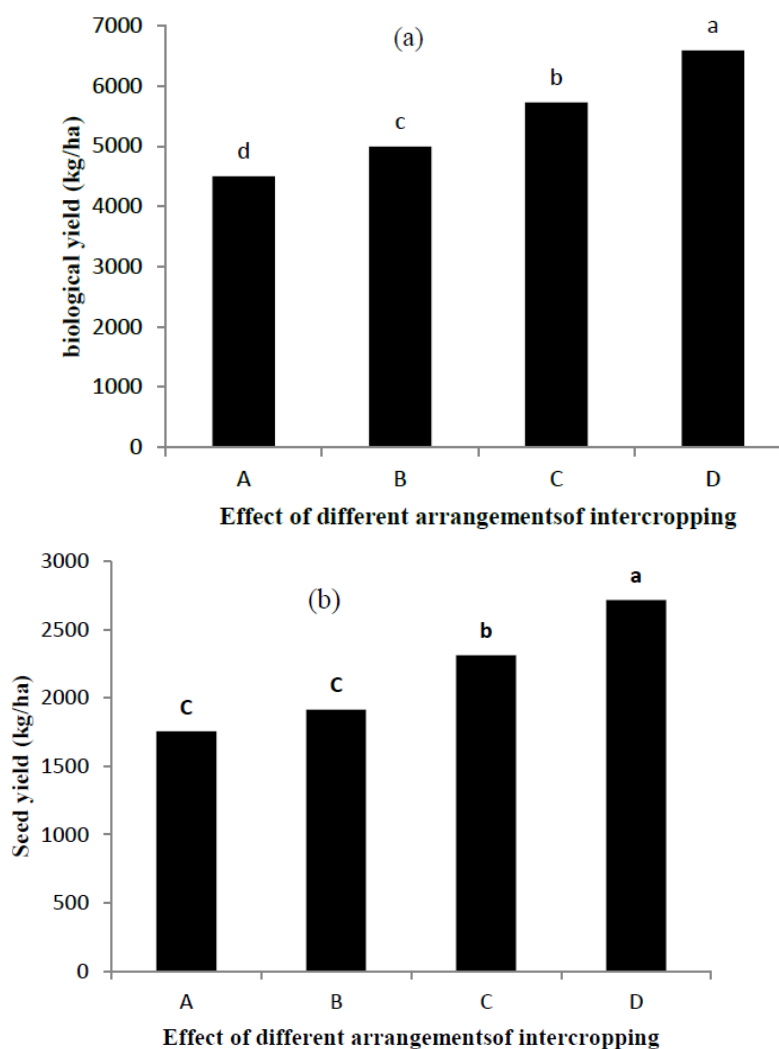
میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون، در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند

Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's multiple range test

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان و کنجد بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه لوبیا (میانگین دو سال) در شکل ۵ نشان داده شده است.

بیشترین عملکرد بیولوژیک و دانه لوبیا برای کشت خالص (به ترتیب با ۶۵۸۸ و ۳۷۱۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین مقدار آن برای ترکیب ردیفی (به ترتیب با ۴۴۹۸ و ۱۷۵۴ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد (شکل ۵).

نتایج آزمایش Rezvan Beidokhti, 2004 نشان داد که تعداد غلاف پوک لوبیا، تحت تأثیر ترکیبات مختلف کشت مخلوط با ذرت قرار گرفته است و با توجه به نتایج ایشان به نظر می‌رسد که افزایش رقابت بین گونه‌ای در کشت مخلوط تأثیر چندانی بر پُرشدن دانه‌ها در غلاف برای لوبیا نداشته است. Elmore *et al.*, 1984 نیز گزارش کردند که عملکرد سویا در شرایط مخلوط با سورگوم، به علت تعداد کم تر غلاف در گیاه و تعداد بذر کم تر در غلاف کاهش پیدا کرد.



شکل ۵- اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد (میانگین دو سال) بر (a) عملکرد بیولوژیک و (b) عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) لوبیا

Figure 5- Effect of different arrangements of intercropping sunflower, beans and sesame (Average of two years) on (a) biological yield and (b) seed yield (kg per hectare) of beans

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص لوبیا

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of beans

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند

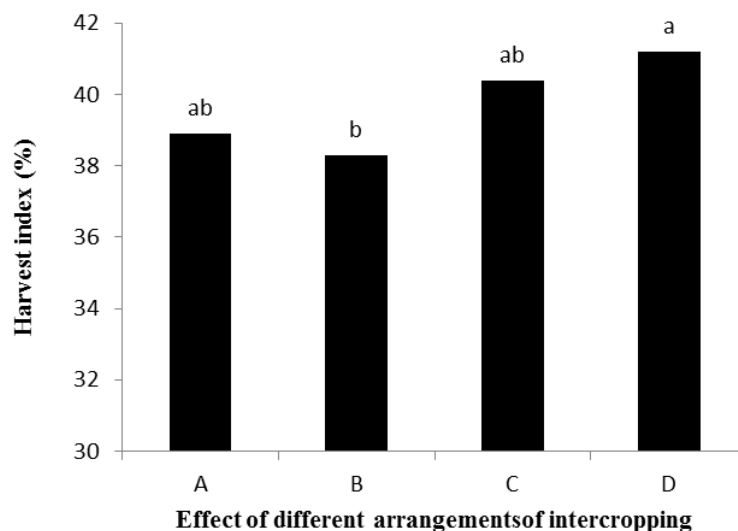
The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

این امر را به سایه‌اندازی بیش‌تر ذرت بر سویا تعداد غلاف در بوته کاهش یافت و سبب کاهش عملکرد گردید.

Mansori, 2010 گزارش نمود که بیش‌ترین عملکرد سویا در شرایط مخلوط با ذرت، برای کشت خالص مشاهده شد، وی دلیل

تعیین کننده عملکرد می باشد (Rezends, and Ramalho, 1994) و بالاترین تعداد غلاف لوبیا نیز برای کشت خالص مشاهده شد (جدول ۷) که این امر منجر به بهبود عملکرد شد. Rezvan Beidokhti, 2004 نیز کاهش تعداد غلاف در گیاه را عامل اصلی کاهش عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط با ذرت در مقایسه با کشت خالص معرفی کرد. به طور کلی، عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط ردیفی با آفتابگردان و کنجد در مقایسه با خالص کاهش یافت، که دلیل این امر مربوط به سایه اندازی آفتابگردان بوده است، زیرا این گونه ی غالب در شرایط مخلوط روی گونه های کوتاه تر سایه اندازی نموده که در نتیجه کاهش عملکرد را موجب شده است (Papendick *et al.*, 1983; Parves *et al.*, 1989; Graham *et al.*, 1988). علاوه بر این، کارایی بیش تر آفتابگردان برای جذب منابع (از جمله نور، آب و مواد غذایی) در مقایسه با لوبیا و کنجد Karimi and Azizi, 1994 نیز در نتیجه منجر به کاهش عملکرد لوبیا در شرایط مخلوط شده است. اثر ترکیب های مختلف کشت مخلوط با آفتابگردان و کنجد بر شاخص برداشت لوبیا در شکل ۶ نشان داده شده است.

نتایج مطالعاتی دیگر نیز نشان داد که اثر ترکیب های کشت مخلوط با ذرت بر عملکرد لوبیا معنی دار بود، به طوری که با جابه جایی از کشت خالص به سمت مخلوط ردیفی، عملکرد ۳۶ درصد کاهش یافت (Rezvan Beidokhti 2004). Jindal and Gupta, 1984 نشان دادند که جهت بهبود عملکرد در لوبیا بایستی به تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف توجه داشت، زیرا این اجزاء همبستگی بالایی با عملکرد دارد. از سوی دیگر، گزارش شده است که تعداد دانه در غلاف در کشت مخلوط و خالص تفاوت معنی داری ندارند (Zaffaroni, 1991). با توجه به همبستگی مثبت عملکرد با تعداد غلاف در بوته (Jahani, 2006) به نظر می رسد که کاهش تعداد غلاف در گیاه که ناشی از کاهش تعداد گل های بارور حاصل از افزایش رقابت بین گونه ای در کشت مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد است، سبب کاهش عملکرد لوبیا شده است، بدین ترتیب، از آنجا که تعداد غلاف در بوته به عنوان مهم ترین جزء عملکرد در شرایط مخلوط در مقایسه با کشت خالص کاهش یافته است، به نظر می رسد که کشت مخلوط ردیفی ترکیب مناسبی برای لوبیا نبوده است. تعداد غلاف در گیاه مهم ترین و حساس ترین جزء عملکرد است که



شکل ۶- اثر ترکیب های مختلف کشت در مخلوط آفتابگردان، لوبیا و کنجد بر شاخص برداشت لوبیا

Figure 6- Effect of different arrangements of intercropping of sunflower, beans and sesame (Average of two years) on harvest index (percent) of beans

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه)، C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه) و D: کشت خالص لوبیا

A: row intercropping sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping sunflower, sesame and red bean (two rows of each species), C: strip intercropping of sunflower, sesame and red bean (four rows of each species) D: Sole cropping of beans

میانگین های دارای حروف مشترک در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن تفاوت معنی داری ندارند

The means within the same letters in each shapes are not significantly different to the 5% level of probability according to Duncan's multiple range test

کنجد، شاخص برداشت لوبیا افزایش یافت (شکل ۶)، به طوری که

با افزایش ردیف های کاشت در شرایط مخلوط با آفتابگردان و

برابری زمین جزئی در تمامی ترکیب‌های مخلوط برای آفتابگردان مشاهده شد که دلیل این امر به غالب بودن کانوبی آفتابگردان و بهره‌گیری بیش‌تر و تأثیر مثبت این گونه در مقایسه با دیگر گونه‌ها از مخلوط می‌باشد (جدول ۸). Paolini *et al*, 1984 با بررسی مخلوط نخود و آفتابگردان گزارش نمودند که نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه ۱/۲۵ بود. نتایج برخی دیگر از تحقیقات نیز بهبود نسبت برابری زمین را نشان داده‌است (Chanthakhoun *et al*, 2008; Gardiner *et al*, 1979; Kumar and Sing, 2006).

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی از آنجاکه جذب نور عامل اصلی برای رشد و فتوسنتز گیاهان محسوب می‌شود، برای دستیابی به حداکثر بازده در کشت مخلوط با وجود مزایای بی‌شمار این الگوی کاشت، انتخاب مناسب گیاهان از اهمیت بالایی برخوردار است. در تیمارهای مختلف کشت مخلوط سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا، کانوبی غالب آفتابگردان در مقایسه با کنجد و لوبیا، به‌دلیل سایه‌اندازی بر دیگر گونه‌ها باعث کاهش جذب نور شد، که این امر منجر به کاهش رشد و فتوسنتز و به‌تبع آن کاهش خصوصیات رویشی، اجزای عملکرد و عملکرد این دو گیاه در شرایط مخلوط در مقایسه با شرایط خالص گردید. هم‌چنین باتوجه به غالب بودن آفتابگردان و بالاتر بودن نسبت برابری زمین برای این گیاه در مقایسه با لوبیا و کنجد، چنین به‌نظر می‌رسد که آفتابگردان از کشت مخلوط با لوبیا و کنجد اثر مثبت پذیرفته است.

سیاس‌گذاری

هزینه‌های موردنیاز جهت انجام این طرح، توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۲/۱۵۲۱۶ مورخ ۱۳۸۹/۰۳/۱۵ تأمین شده‌است که بدین‌وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه سیاس‌گذاری می‌گردد.

بالاترین شاخص برداشت با ۴۱/۲ درصد برای کشت خالص مشاهده شد و کم‌ترین میزان نیز با ۳۸/۸ درصد برای شرایط مخلوط ردیفی مشاهده شد.

اثر ترکیب‌های مختلف کشت مخلوط بر نسبت برابری زمین

اثر ترکیب‌های مختلف مخلوط بر نسبت برابری زمین جزئی و کل سه گونه زراعی آفتابگردان، کنجد و لوبیا در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸- نسبت کل برابری زمین جزئی و کل در ترکیب‌های مختلف

مخلوط سه گونه آفتابگردان، لوبیا و کنجد

Table 8- Land equivalent ratio of partial and total different arrangements of intercropping three species of sunflower, beans and sesame

نسبت برابری زمین (LER)	A	B	C
Land equivalent ratio			
جزیی آفتابگردان	0.93	0.68	0.46
جزیی لوبیا	0.21	0.23	0.28
جزیی کنجد	0.020	0.26	0.27
کل Total	1.34	1.17	1.01

A: مخلوط ردیفی آفتابگردان، کنجد و لوبیا قرمز، B: مخلوط ردیفی آفتابگردان،

کنجد و لوبیا قرمز (دو ردیف از هر گونه) و C: مخلوط نواری آفتابگردان، کنجد و

لوبیا قرمز (چهار ردیف از هر گونه)

A: row intercropping of sunflower, sesame and red bean, B: row intercropping of sunflower, sesame and red bean (two rows of each species): C strip intercropping sunflower, sesame and red bean (four rows of each species)

بیش‌ترین مقدار نسبت برابری زمین بر اساس عملکرد دانه در رابطه با عملکرد دانه برای ترکیب مخلوط ردیفی برابر با ۱/۳۴ بود. هم‌چنین از آنجاکه نسبت برابری زمین برای کلیه ترکیب‌های مخلوط بالاتر از یک بود، مشخص می‌شود که تمامی این ترکیب‌ها در مقایسه با مخلوط سودمند بوده است. با مقایسه نسبت برابری زمین بین سه گونه آفتابگردان، کنجد و لوبیا مشخص می‌شود که بالاترین نسبت

References

- 1- Abbasi, A. 2004. Density review cumin and chickpea intercropping with emphasis keeps the weeds in Mashhad. Master thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Tehran University.
- 2- Ahmad, N. 1997. Agro-economic relationships of the component crops in some wheat-based intercropping systems at different patterns of wheat plantation. Ph.D. Thesis, Unvi. Agric., Faisalabad (Pakistan).
- 3- Mahdavi Damghani, A., Kocheiki, A., and Zand, A. 2006. The design and management of sustainable agricultural ecosystems. Key articles of Crop Science Congress. Aboureihan-University Campus Thran. 7-5 September.
- 4- Anonymous. 2001. The objectives of conservation tillage: fewer trips, more rest soil and increased profitability.
- 5- Bajwa, A. N., Nazir M. S., and Mohsan, S. M. 1992. Agro-economic studies on some wheat-based intercropping systems. Pakistan Journal of Agricultural Sciences 29(4): 439-443.

- 6- Banik, P.A., Midya B.K., Sarkar S., and Ghose S. 2006. Wheat and chickpea intercropping systems in an additive series experiment: advantages and weed smothering. *European Journal Agronomy* 24: 325-332.
- 7- Bhatti L. Ahmad H, R. and Shafi Nazir M. 2005. Agronomic traits of sesame as affected by grain legumes intercropping and planting patterns. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 42(1): 10-20.
- 8- Biabania. A., Hashemi M. and Herbertt S.J. 2008. Agronomic performance of two intercropped soybean cultivars. *International Journal of Plant Production* 2(3): 215-222.
- 9- Brummer, E.C. 1998. Diversity, stability and sustainable American agriculture. *Agronomy Journal* 90(1): 10-20.
- 10- Chandel, A.S., V.K. Singh and S.G. Saxena. 1987. Stability of soybean varieties for maize+soybean intercropping. *Indian Journal of Agricultural Science* 57(3): 330-335.
- 11- Chanthakhoun, V., Wanapat, M., Wanapat, S., 2008. Study on yield, nutritive value and ruminal degradability of *Phaseolus calcaratus* (Tua-mun) in swamp buffaloes. *Proc. XIII th AAAP. Int. cog, Hanoi, Vietnam*, p. 7.
- 12- Chapman, S. R., Allard R.W. and Adams J. 1989. Effect of planting rate and genotypic frequency on yield and seed size in mixture of two wheat varieties. *Crop Science*. 9 (1): 575-576.
- 13- Connolly, J., Goma H.C. and Rahim K. 2001. The information content of indicators in intercropping research. *Agriculture, Ecosystem and Environment* 87: 191-207.
- 14- Elmore, R. W. and Jackobs J. A. 1984. Yield and yield components of sorghum and soybean of varying plant heights when intercropped. *Agronomy Journal* 76: 561-564.
- 15- Fernandez-Aparicio M., Emeran A.A, and Rubiales D. 2008. Control of *Orobanch crenata* in legumes intercropping with fenugreek (*Trigonella foenum Graceum*). *Crop protection* 27:653-659.
- 16- Gardiner, T.R. and Craker L.E., 1979. Development and light interception in a bean-maize intercropping. *Agronomy Abstracts*, 102.
- 17- Geno, I., and Geno B. 2001. Polyculture production principles benefits and risks of multiple cropping land management systems for Australia, RIRDC.
- 18- Graham, P.L., Steiner J.L. and Wise A.F. 1988. Light absorption and competition in mixed.
- 19- Hussain S. A., Ali N., Rab A., and Hashmi A. 2005. Intercropping effect on growth and yield of winter vegetables. *Sarhad Journal Agriculture* 21(2): 345-350.
- 20- Jahan, M. 2004. Ecological aspects of intercropping chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) And marigold (*Calendula officinalis* L.) With manure. Master's thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- 21- Jahani, M. 2006. Evaluation of different intercropping arrangements of cumin Vds. Master Thesis of Agriculture, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad.
- 22- Jahani, M., Kocheiki A., and Nasiri Mohalati M., 2008. Evaluation of different intercropping combinations cumin (*Cuminum cyminum*) and lentil (*Lens culinaris*) in low-input agricultural systems. *Iranian Journal of Crop Research* 6(1): 592-595 (In Persian with English Abstract).
- 23- Jindal, S.K. and Gupta B.S. 1984. Component analysis of yield in cowpea. *The Indian Journal of Agricultural Sciences* 54: 183-185.
- 24- Karimi, M. And Azizi, M. 1994. Analysis of crop growth. Publications University of Mashhad.
- 25- Kazi, B. R., Oad F. C., Jamro G. H, Jamali L. A. and. Oad N. L. 2002. Effect of water stress on the growth, yield and oil content of sunflower. *Pakistan Journal of Applied Sciences* 2(5): 550—552.
- 26- Kocheiki, A. and Soltani A. 1998. Principles and agricultural practices in arid areas. Publication of agricultural education.
- 27- Kocheiki, A., Lalegani, B. and Najib Nia, S. 2009. Evaluation of intercropping beans and corn production. *Iranian Journal of Crop Research* 7(2): 20-30. (In Persian with English Abstract).
- 28- Kumar, A. and Singh, B. P. 2006. Effect of row ratio and phosphorus level on performance of chickpea (*Cicer arietinum*) –Indian mustard (*Brassica Juncea*) intercropping. *Indian Journal of Agronomy* 51:100-102.
- 29- Maffei, J. and Mucciarelli, M. 2003. Essential oil yield in peppermint-soybean strip-cropping. *Field Crops Research* 84:229-240. (In Persian with English Abstract).
- 30- Majnoon Hosseini, N. 2008. Agriculture and grain production. Tehran University Press, p 284.
- 31- Mansouri, D. 2010. Evaluation of intercropping of maize (*Zea mays* L.) And Seville (*Glycine max* (L.)) Merr. In different planting dates. *Journal crop production* 3(3):209-216.
- 32- Mazaheri, D. 1998. Agriculture mix. Tehran University Press
- 33- Mazaheri, D., Parsapoor S., and Peyghambari A., 2002. Study analysis of growth in agriculture, monoculture and mixture of soybean cultivars. *Research and Builders*: 54-37.
- 34- Mosavian, S., Lorzadeh SH., Ebrahimpour F and Chaab, A. 2010. Nitrogen and mixing ratio on grain yield and some morphological characteristics of corn and sunflower intercropping north of Khuzestan. *Journal - Iran's*

- research farm research, 8(4): 708-716. (In Persian with English Abstract).
- 35- Paolini, F., Caporali R., Campiglia F. 1991. Suitability of intercropping sunflower & chickpea in Mediteranean environment. *Agricultural Mediteranean*. 121(4):119-129.
- 36- Papendick, R.I., Sanchez D.A. and Triplett G. B. 1983. Multiple cropping. American Society of Agronomy .ASA.press.
- 37- Parves. A.Q., Gardner F.Q. and Boote K.J. 1989. Determinate and interminate- Type soybean cultivar responses to pattern, density and planting date. *Crop Sci*. 29: 150:157.
- 38- Prasad, R., Singh R., Sing S.and Pal, M.. 2001. Studies on intercropping potato with fenugreek. *Acta Agronomica Hungarica* 49(2): 189-191.
- 39- Rajeswara Rao, B. R. 2002. Biomass yield, essential oil yield and essential oil composition of Rose-scented geranium (*Pelargonium species*) as influenced by row spacing and inter cropping with commint (*Mentha arrensis* L.f. piperascens Malinv.EX Holmes). *Industrial Crops and Products* 16: 133-144.
- 40- Rezends, G.D.S.P., and M.A. Ramalho. 1994. Competitive ability of maize and common bean (*Phaseolus vulgaris*) cultivars intercropped in different environments. *Journal of Agricultural Science* 123: 185-190.
- 41- Rezvan Beidokhti, SH. 2004. Comparison of different combinations in mixed cropping of maize and beans. Thesis Master of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian).
- 42- Rodrigues-Gomez O., Zavalet-Mejia E, Gonzales-Hernandez, V.A, Livera-Munoz M, and Cardenas-Soriano E. 2003. Allelopathy and microclimatic modification of intercropping with marigold on tomato early blight disease development. *Field Crops Research* 83:27-34.
- 43- Sarmdnia, Gh. And Kocheki A. 1993. *Crop Physiology*. (Translated) Publications Jihad Mashhad University. 468 p.
- 44- Sastava B.M., Lavan M., and Maina Y.T. 2004. Management of insect pests of soybean: effects of sowing date and intercropping on damage and grain yield in the Nigerian Sudan savanna. *Crop Protection* 23:155-161.
- 45- Singh, R.V. and Gupta P.C. 1993. Aggressively, competitive ratio and relative crowding coefficient of wheat and Indian mustard in mixed and intercropping systems. *Indian Journal of Agricultural Sciences* 63(1): 1-3.
- 46- Sullivan, p. 2003. Intercropping principles and production practices (Agronomy system guide), ATTRA, Available at: [http:// www.attra.ncat.org](http://www.attra.ncat.org).
- 47- Suresha B. A., Allolli T.B, Patil M.G., Desaiand B.K, and Hussain S.A. 2007. Yield and economics of chili based intercropping system. *Karnataka Journal of Agricultural Sciences* 20(4): 807-809.
- 48- Taghizadeh, M. S. And Kochaki, A. 1995. Effects of seed and plant density on yield and yield components of soybean cultivars in intercropping. *Journal of Agricultural Science and Technology* (2): 43-33.
- 49- Zaffaroni, E., A.F.M. Vasconcelos and E.B. Lopes. 1991. Evaluation of intercropping cassava/corn/bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in north Brazil. *Journal of agronomy and crop science* 167: 207-212.
- 50- Zhang, L., Vanderwerf, W., Bastiaans L., Zhang S., Li B., and. Spierts, J.H. 2008. Light interception and utilization in relay intercrops of wheat and cotton. *Field Crops Research* 107: 29-42.
- 51- Zhao, Z.N., and Ma, H.Q. 1992. Intercropping wheat with sesame in summer. *Shaanxi Journal of Agricultural Sciences* 3(41) Shaanxi Special Crops Research Station. Yangling, 712100 Shaanxi, China [Field Crop Absts] 47(7): 4574.



Comparison of Yield and Yield Components of Sunflower (*Helianthus annuus* L.), Sesame (*Sesamum indicum* L.) and Red Bean (*Phaseolus calcaratus*) under different Intercropping Arrangements

A. Koocheki¹ - H. Zarghani^{2*} - A. Norooziyan³

Received: 08-04-2012

Accepted: 11-11-2014

Introduction

Intercropping is a sustainable practice used in many developed and developing countries and an essential element of agricultural sustainability. Intercropping is simultaneous growing of two or more crops during a given season on same location. Such a method enables the utilization of common limiting resources more efficiently than the species grown separately. Using two species with different growth habits and the least competitive characteristics in intercropping, increases the efficiency of resources (light, water and nutrients) and absorption in comparison with the sole cropping (Fernandez-Aparicio *et al.*, 2008). The study of intercropping of borage (*Borago officinalis* L.) and bean (*Phaseolus vulgaris* L.) showed that the highest economic yield was achieved in monoculture and the lowest economic yield was obtained in four rows of borage plus four rows of bean, but the maximum land equivalent ratio was calculated in 2:2 intercropping. The aim of current study was to determine the best combination and efficiency of resource utilization in intercropping of additive series of chickpea and black cumin. The results were compared to respective monoculture and the advantages of intercropping was determined. The effects of planting different ratios of two crops on yield and yield components of sesame (*Sesamum indicum* L.) and chickpea (*Cicer arietinum* L.) was also investigated. The results of intercropping of additive series showed that the highest grain and biological yield of chickpea were obtained through monoculture and the lowest grain and biological yield of chickpea achieved by planting ratio of 100% sesame and 10% chickpea.

Materials and Methods

To evaluate the effects of different intercropping arrangements of sunflower, sesame and red bean on growth characteristics, yield components and yield, a field experiment was conducted at Agricultural Research Station of Ferdowsi University of Mashhad, Iran during two growing seasons of 2009-2010 and 2010-2011. For this purpose a randomized complete block design with six treatments and four replications was used. Treatments were: (A) one row for each special intercropping, (B) row intercropping (two rows for each species), (C) strip intercropping (four rows for each species) and (D) sole crop of sunflower, (E) sole crop of red bean and (F) sole crop of sesame (twelve rows for each species).

Land equivalent ratio (LER)

Land equivalent ratio of sunflower, sesame and red bean was calculated (Sullivan, 2003) as:

$$LER = Y_1/L_1 + Y_2/L_2$$

Where Y_1 and Y_2 represent sunflower, sesame and red bean yield in intercropping and L_1 and L_2 represent sunflower, sesame and red bean yield in mono-culture, respectively.

Statistical analyses: SAS ver. 9.1 and MSTAT-C softwares were used for statistical analysis. To compare the means, Duncan's multiple range test at 5% probability level was used.

Results and Discussion

Results showed that the growth characteristics, yield and yield components of sunflower, sesame and red bean were significantly ($p \leq 0.01$) affected by different intercropping arrangements. There was a decreasing trend in these parameters from intercropped towards the sole crop for sesame and red bean and an increasing trend for sunflower. The highest biological and economic yield of sesame (4751 and 2207 kg ha⁻¹, respectively) and red bean (5701 and 2719 kg ha⁻¹, respectively) were observed in monoculture. There was a decreasing trend in land equivalent ratio (LER) from row intercropped toward, strip cropping. Maximum and minimum LER were

1, 2 & 3- Professor, PH.D Student in Crop Ecology and PH.D Student in Agroecology; Respectively, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding Author Email: h.zarghani2004@yahoo.com)

observed in A and C with 1.38 and 1.02, respectively.

Conclusions

According to the results, intercropping of sunflower, sesame and red bean can be beneficial in terms of ecological management. In general the arrangements of sunflower, sesame and red bean could be recommended for achieving high yield in sunflower in this region.

Keywords: LER, Row intercropping, Strip intercropping



تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی استویا در شرایط آب و هوای اهواز

عبدالمهدی بخشنده^۱ - محمدحسین قرینه^۲ - علی رضا ابدالی^۳ - محمدرضا مرادی تلاوت^۴ - محمد رئیس زاده^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۰۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۲۰

چکیده

به منظور بررسی تأثیر مقادیر مختلف نیتروژن و زئولیت بر خصوصیات کمی و کیفی استویا، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه آموزشی-پژوهشی دانشگاه رامین-خوزستان اجرا شد. عوامل مورد بررسی شامل نیتروژن در چهار سطح ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و زئولیت در سه سطح صفر، سه و شش تن در هکتار بودند. نتایج این تحقیق نشان داد، تحت سطوح کود نیتروژن و تیمارها صفاتی نظیر ارتفاع بوته، تعداد شاخه در بوته، قطر ساقه اصلی و شاخص سطح برگ در سطح یک درصد معنی دار گردیدند. همچنین برهم کنش تیمارها بر کلروفیل a و b و عدد کلروفیل متر در سطح یک درصد معنی دار گردیدند. عملکرد بیولوژیکی و عملکرد برگ تحت برهم کنش تیمارها در سطح یک درصد معنی دار شدند، که بیشترین عملکرد بیولوژیک (۲۲۵۳ کیلوگرم بر هکتار) و بیشترین عملکرد برگ (۱۴۲۶ کیلوگرم بر هکتار) در سطوح ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار و شش تن زئولیت بر هکتار به دست آمد. درصد استویوزید برگ نیز تحت سطوح نیتروژن و زئولیت و برهم کنش تیمارها در سطح یک درصد معنی دار شدند، که بیشترین درصد استویوزید در سطح ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن بر هکتار به همراه سه تن زئولیت بر هکتار (۱۰/۶۷ درصد) به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: استویوزید، عملکرد برگ، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

(2001). دستیابی به کشاورزی پایدار در کنار افزایش عملکرد محصولات کشاورزی و تأمین سلامت جامعه از اهداف محققین در بخش کشاورزی است. استفاده از زئولیت کلینوپتیلولیت در اراضی کشاورزی به دلیل افزایش ظرفیت تبادل کاتیونی خاک و تمایل زیاد آن برای جذب و نگهداری آمونیوم، می‌تواند نقش مؤثری در کاهش شستشوی عناصر غذایی خاک به ویژه نیتروژن داشته باشد (et al., 1999). زئولیت‌ها ترکیبات حفره‌دار و چارچوب‌های آلومینوسیلیکاتی (AlO_4SiO_4) و با ساختمان کریستالی خود مانند غربال مولکولی عمل کرده و به وسیله قابلیت تبادل کاتیونی مناسب و از طرفی جذب انتخابی یون آمونیوم که در حفرات و کانال‌های زئولیت قرار می‌گیرد، ولی اندازه این حفرات و کانال‌ها به گونه‌ای است که مانع از ورود باکتری‌های نیتریفیکاسیون کننده به داخل ساختمان زئولیت می‌شود، بنابراین در حضور زئولیت کلینوپتیلولیت در خاک نرخ تبدیل آمونیوم به نیترات کاهش پیدا می‌کند و این موجب کاهش شستشوی نیتروژن می‌گردد (Mumpton et al., 1999). Gholamhoseini et al., 2008 در طی بررسی‌های خود نشان دادند که در آزمایشی اثر سطوح مختلف زئولیت و کود نیتروژن بر روی کلزا (*Brassica napus*) بر روی صفات کمی علوفه شامل عملکرد ماده

استویا (*Stevia rebaudiana*) یکی از ۹۵۰ جنس متعلق به خانواده بزرگ گیاهی کاسنی است. برگ‌های گیاه استویا به منظور شیرین‌سازی مواد غذایی مورد استفاده قرار می‌گیرند. شیرینی استویا ناشی از حضور گلیکوزیدهای دی‌ترپنوئیدی موجود در بخش‌های مختلف این گیاه است. نیتروژن یکی از عناصر کلیدی در تغذیه گیاهان زراعی به‌شمار آمده و مهم‌ترین عنصر محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان محسوب می‌شود (Meinke et al., 1997). تحقیقات انجام شده در مصر نشان می‌دهد که افزایش دادن مصرف کود نیتروژن از ۱۰ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تدریجی در عملکرد برگ‌های تازه، برگ‌های خشک، ساقه و زیست‌توده می‌شود و همچنین میزان کل کربوهیدرات‌های محلول در گیاه افزایش می‌یابد (Allam et al., ۲۰۱۳).

۱، ۲ و ۳- به ترتیب استاد، دانشیار و استادیار، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: reiszadeh.m@gmail.com)

خشک، وزن خشک برگ و ساقه و شاخص سطح برگ معنی دار بوده است. Gholizadeh et al, 2007 با مطالعه اثرات تنش آب به همراه کاربرد زئولیت طبیعی بر خصوصیات کمی و کیفی گیاه دارویی بادرشبی (*Dracocephalum moldavica*) در شرایط گلخانه‌ای اظهار داشتند که مصرف زئولیت اثر معنی داری بر صفات وزن تر گیاه، وزن خشک گیاه، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی، سطح برگ، تعداد برگ، تعداد گل و درصد اسانس در گیاه داشت. Madani et al., 2010 در پژوهشی به ارزیابی کاربرد سطوح نیتروژن و سطوح زئولیت بر خصوصیات کمی و کیفی سیب زمینی (*Solanum tuberosum*) رقم آگریا پرداختند. نتایج این تحقیق نشان داد که اثر مقادیر مختلف زئولیت و نیتروژن بر تعداد ساقه در بوته، ارتفاع بلندترین ساقه اصلی، وزن خشک اندام هوایی، وزن کل غده در هکتار معنی دار شد. Utumi et al, 1999 با اجرای آزمایشی بر روی استویا به بررسی تأثیر کمبود عنصر غذایی نیتروژن در جذب عناصر پرمصرف به وسیله این گیاه پرداختند، آن‌ها اظهار داشتند که کمبود این عنصر غذایی منجر به کاهش جذب عناصر غذایی پرمصرف در این گیاه می‌گردد. Salmanzadeh karani, 2011 در نتایج حاصل از تحقیقات خود بر روی اثر کاربرد زئولیت در ریشه‌زایی قلمه‌های گل کاغذی (*Bougainvillea*) بیان نمودند که مصرف ۲۰ درصد ترکیب حجمی زئولیت با ماسه به عنوان بستر ریشه‌زایی قلمه‌های این گیاه دارد. Bozorgi et al, 2012 در آزمایشی با مصرف سطوح مختلف زئولیت (شاهد، چهار و هشت تن در هکتار) بر روی رشد و عملکرد گیاه خیار بیان کردند که صفات عملکرد میوه، تعداد میوه در بوته، طول میوه و ارتفاع گیاه تحت تأثیر مصرف زئولیت افزایش معنی داری را نشان داد. این آزمایش با هدف بررسی تأثیر کاربرد تلفیقی نیتروژن و زئولیت بر عملکرد کمی و کیفی استویا در شرایط آب‌وهوای اهواز (براساس آمار هواشناسی بلندمدت، شهر ملائانی با داشتن متوسط بارندگی سالیانه حدود ۲۶۹ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳ و حداقل درجه حرارت به ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد، از لحاظ اقلیمی جز مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود) اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف نیتروژن و زئولیت طبیعی بر عملکرد کمی و کیفی استویا در شرایط آب‌وهوایی اهواز یک آزمایش مزرعه‌ای در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه پژوهشی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۶ کیلومتری شمال شرقی اهواز و در حاشیه شرقی رودخانه کارون با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۳ دقیقه و ارتفاع ۲۵ متر از سطح دریا اجرا شد. متوسط بارندگی

سالیانه حدود ۲۶۹ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت ۲۳ و متوسط حداکثر و حداقل درجه حرارت به ترتیب ۳۶ و ۹/۵ درجه سانتی‌گراد، از لحاظ اقلیمی جز مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود. این آزمایش به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. هر کرت فرعی شامل شش خط به طول سه متر و عرض سه متر بوده، سطوح کود نیتروژن مصرفی شامل ۵۰، ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص بر هکتار) در کرت‌های اصلی اعمال شد و سطوح زئولیت مصرف شده بر مبنای تحقیقات مشابه انجام شده شامل صفر، سه و شش تن بر هکتار) در کرت‌های فرعی اعمال شد. به منظور جلوگیری از تأثیر تیمارها بر هم، فاصله بین کرت‌های اصلی یک متر و فاصله بین کرت‌های فرعی نیم متر در نظر گرفته شد. جهت خرد کردن کلوخه‌ها و تسطیح اولیه زمین دو مرحله، دیسک در جهت عمود برهم انجام شد. پس از انجام دیسک نوبت اول برای تأمین سفر مورد نیاز از کود فسفات تریپل استفاده شد و با دیسک نوبت دوم با خاک مزرعه مخلوط گردید. هر نشاء در گلدان مجزا به مزرعه منتقل گردید و نشاءها به فواصل ۵۰×۵۰ سانتی‌متر در ردیف‌های کشت، توسط دست، کشت گردیدند و با دست پای هر بوته محکم گردید، پس از انجام این عملیات، آبیاری انجام شد. تمام نشاءها در تاریخ ۹۱/۱۲/۱۶ کشت گردیدند. به منظور استفاده بهینه از کود نیتروژن، این کود به صورت سرک در دو مرحله به گیاه داده شد. به همین خاطر ۵۰ درصد سطوح کود نیتروژن به فاصله ۲۰ روز بعد از کشت نشاءها به گیاهان داده شد و ۵۰ درصد مابقی نیز به مدت ۴۰ روز بعد از کشت نشاءها به مزرعه داده شد. به این منظور برای تأمین کود نیتروژن مورد نیاز از کود اوره استفاده گردید. به علت این که گیاه استویا، یک گیاه دارویی و صنعتی می‌باشد و مستقیماً به مصرف انسان‌ها می‌رسد، در این طرح برای مبارزه‌ی علف‌های هرز از سموم شیمیایی استفاده نگردید، بلکه در طی شش مرحله وجین دستی و هم چنین استفاده از دستگاه حاشیه‌زن مبارزه با علف‌های هرز صورت گرفت. (هر دو هفته یک بار وجین دستی انجام شد). برداشت پس از تکمیل مراحل رشدونمو گیاه در تاریخ ۹۲/۳/۲۰ به صورت دستی و با داس و قیچی از ارتفاع ۲۰ سانتی متری از سطح خاک از خطوط میانی و با رعایت نیم‌متر حاشیه از هر طرف صورت گرفت. صفات مورد بررسی در طول دوره‌ی رشد شامل تعداد ساقه اصلی در بوته، میانگین طول ساقه اصلی، میانگین قطر ساقه اصلی، شاخص سطح برگ، عملکرد بیولوژیک (ساقه و برگ)، عملکرد اقتصادی (برگ خشک)، اجزاء کلروفیل، کارتنوئید، عدد کلروفیل متر و درصد استویوزید برگ‌ها بودند. مقدار کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (Soil and Plant Analysis Division or SPAD 502) در دو مرحله در طی رشد رویش گیاه اندازه‌گیری شد، جهت ارزیابی کلروفیل برگ در مرحله رویش گیاه و نزدیک به زمان برداشت، اقدام به نمونه‌گیری گردید. بدین ترتیب کلروفیل با استون ۸۰ درصد استخراج شد و میزان

جذب نور توسط عصاره استخراج شده با استفاده از اسپکتروفتومتر در طول موج ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر تعیین گردید. غلظت کلروفیل از طریق روابط زیر به دست آمد. در این روابط V حجم نمونه استخراج شده و W وزن تر نمونه است.

$$V/(1000 \times w) \times [(جذب در ۶۴۵nm) - (۲/۶۹ \times (جذب در ۶۶۳nm))] \times ۱۰۰$$

$$Fw = [۱۲/۷(nm ۶۶۳) \times (mg/g) \text{ کلروفیل } a]$$

$$V/(1000 \times w) \times [(جذب در ۶۶۳nm) - (۴/۶۹ \times (جذب در ۶۴۵nm))] \times ۱۰۰$$

$$Fw = [۲۲/۹(nm ۶۴۵) \times (mg/g) \text{ کلروفیل } b]$$

تعداد ۱۰ بوته از هر کرت به صورت تصادفی جهت تعیین برخی از صفات مورفولوژیکی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌دهی هر بوته و قطر ساقه اصلی، انتخاب گردید. ارتفاع بوته با استفاده از متر از روی سطح خاک تا بالاترین ارتفاع شاخه در بوته اندازه‌گیری گردید، هم چنین با استفاده از کولیس، اندازه قطر ساقه اصلی اندازه‌گیری شد. تعداد شاخه

در هر بوته نیز به صورت دستی شمارش گردید. جهت تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، کل بوته‌های برداشت شده از هر کرت، پس از بسته‌بندی و اتیکت‌گذاری، جهت برآورد وزن تر، توزین شدند، سپس نمونه‌ها با قرارگرفتن در آون در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت و توزین مجدد، عملکرد ماده خشک تعیین گردید. برای اندازه‌گیری درصد استیوئوزید، از هر کرت نمونه برگ‌های جمع آوری و در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک و سپس توسط آسیاب، پودر شده و نیم گرم پودر برگ استویا در ۵۰ سی‌سی اتانول ۷۰ درصد از هر کرت نمونه به دست آمد. از طریق دستگاه HPLC بعد از کالبراسیون دستگاه اقدام به اندازه‌گیری درصد استیوئوزید برگ استویا شد. محاسبات آماری و تجزیه واریانس با استفاده از نرم‌افزار SAS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel و مقایسه میانگین‌ها نیز به روش LSD در سطح پنج درصد انجام شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of the soil

بافت خاک Soil Texture	عنصر غذایی (0/0) (mgkg ⁻¹)			مواد آلی Organic matters (%)	اسیدیته خاک (pH)	هدایت الکتریکی EC(dS m ⁻¹)
	پتاسیم K	فسفر P	نیتروژن N			
لومی رسی Clay Loam	224	9	6	9	7.5	1.4

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک و عملکرد برگ

نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و زئولیت بر عملکرد بیولوژیک استویا در چین‌اول در سطح یک درصد معنی دار گردید. هم چنین مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۳) نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۲۲۵۳ کیلوگرم در هکتار) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار همراه با کاربرد شش تن زئولیت در هکتار بود. مصرف کود نیتروژنه باعث افزایش رشد رویشی گیاه شده و در نتیجه عملکرد بیولوژیک افزایش پیدا می‌کند. در همین رابطه در آزمایشی گزارش شد که با افزایش دادن مصرف کود نیتروژن از ۱۰ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار موجب افزایش تدریجی و قابل ملاحظه‌ای در عملکرد برگ‌های تازه، برگ‌های خشک، ساقه و زیست توده گیاه استویا می‌شود (2001 Allam et al.). هم چنین استفاده از زئولیت باعث بالا رفتن ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می‌شود، که باعث افزایش کارایی مصرف کود نیتروژنه در خاک و در نتیجه استفاده بهتر گیاه از کود موجود در خاک شده و به دنبال رشد رویشی، عملکرد

بیولوژیک افزایش یافته است. در همین رابطه در آزمایشی که توسط 2011 Azarpour et al. با کاربرد زئولیت طبیعی در گیاه لوبیا چشم‌بلبلی (*Vigna unguiculata*) انجام شد، نتایج نشان داد با افزایش کود نیتروژن تا سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، مصرف و عدم مصرف زئولیت، تفاوت معنی داری بر عملکرد بیولوژیک ندارد. ولیکن افزایش کود نیتروژن تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار و وجود زئولیت اثر معنی داری بر افزایش عملکرد داشت که این امر نشان دهنده کارایی بالاتر نیتروژن در حضور زئولیت دارد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و زئولیت بر صفت عملکرد برگ در سطح یک درصد معنی دار گردید (جدول ۲). مقایسات میانگین‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد برگ استویا (۱۴۲۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه کاربرد شش تن زئولیت در هکتار بود (جدول ۳). در این راستا، Liu et al., 2011 در مطالعه‌ای به بررسی تأثیر کودهای آلی و شیمیایی بر رشد و نمو گیاه استویا پرداختند و نتایج به دست آمده حاکی از آن بود که، مصرف کودهای شیمیایی اثر مثبت بر صفاتی هم چون وزن خشک گیاه دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و عملکرد بیولوژیک استویا

Table 2- Analysis of variance of yield and biological yield of Stevia

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (d.f)	مجموع مربعات Sum of squares	
		عملکرد برگ خشک leaf yield	عملکرد بیولوژیک biological yield
تکرار Replication			
نیتروژن Nitrogen	2	.66667 ^{n.s}	2994.91722 ^{n.s}
خطای اصلی main error	3	263754.66667 ^{**}	47164.56750 [*]
زئولیت Zeolite	6	280.66667	6737.35167
برهمکنش Interaction	2	1512.66667 ^{**}	12262.76722 [*]
خطای فرعی Minor error	11	28323 ^{**}	66267 ^{**}
	22	623.33	22655.08
%C.V		4.12	22.09

n.s و * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
n.s, *, ** respectively non-statistically significant and significant at 5% and 1%

جدول ۳- مقایسه میانگین برهمکنش دو عامل سطوح کود نیتروژن و زئولیت برای عملکرد بیولوژیک و عملکرد برگ استویا

Table 3- Comparison of the interaction of two factors of zeolite for nitrogen and biological yield and leaf yield Stevia

سطوح کود نیتروژن Nitrogen Level (kg ha ⁻¹)	سطوح زئولیت (ton ha ⁻¹) Zeolite Level	عملکرد بیولوژیک (kg ha ⁻¹) biological yield	عملکرد برگ leaf yield (kg ha ⁻¹)
50	0	1083e	610e
	3	1203de	806d
	6	1153e	786d
100	0	1273dec	853d
	3	1816cd	1086c
	6	1873bc	1073c
150	0	1990ab	1280b
	3	2086a	1363ab
	6	2143a	1380a
200	0	1433dec	1376ab
	3	2216a	1416a
	6	2253a	1426a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار (P<0.05) نمی باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns (P<0.05)

خصوصیات مورفولوژیکی

شاخه در بوته (۱۰ عدد) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه کاربرد تیمار شش تن زئولیت در هکتار بود. (Rashid *et al.*, 2013) به بررسی تأثیر کاربرد مقادیر مختلف نیتروژن (۰، ۲۰، ۴۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) بر روی رشد و عملکرد گیاه استویا پرداختند. نتایج نشان داد که گیاهان پرورش یافته تحت تیمارهای ۴۰ و

در بررسی خصوصیات مورفولوژیکی، تجزیه واریانس تعداد شاخه در بوته (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و زئولیت بر صفت فوق در سطح یک درصد معنی دار گردید. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۵) نشان داد که بیشترین تعداد

کیفی یونجه این نتیجه بدست آمد که ارتفاع و وزن خشک کل گیاه به طور معنی داری تحت تأثیر مصرف ژئولیت قرار گرفت (Turan, 2006). تجزیه واریانس شاخص سطح برگ (جدول ۴) نشان داد که اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و ژئولیت بر صفت فوق در سطح یک درصدی معنی دار گردید. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل (جدول ۵) نشان داد، بیش ترین شاخص سطح برگ (۴/۸۸) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه کاربرد تیمار شش تن ژئولیت در هکتار بود. نتایج این آزمایش با یافته های Farahmand et al, 2008 در بررسی بر روی گیاه گل نرگس شیراز (*Narcissus tazetta*) که با مصرف ژئولیت آمیخته به خاک سبب افزایش سطح برگ، قطر ساقه و وزن خشک و تر برگ ها هم خوانی دارد. نتایج نشان می دهد که با افزایش نیتروژن و ژئولیت، افزایش شاخص سطح برگ روند صعودی طی می کند.

۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به شکل معنی داری تعداد شاخه و برگ را در مقایسه با سطوح دیگر تحت تأثیر قرار داد. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر متقابل دو عامل کود نیتروژن و ژئولیت بر قطر ساقه اصلی بوته استویا در سطح یک درصد معنی دار گردید. مقایسات میانگین اثرات متقابل (جدول ۵) نشان داد که بیش ترین قطر ساقه (۱/۶۶ سانتی متر) در تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه کاربرد شش تن ژئولیت در هکتار بود. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۴) اثر متقابل دو عامل کود نیتروژن و ژئولیت بر ارتفاع بوته در سطح یک درصد معنی دار گردید. بیش ترین ارتفاع (۹۶ سانتی متر) مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار همراه با کاربرد شش تن ژئولیت در هکتار به دست آمد (جدول ۵). به نظر می رسد که افزایش ارتفاع گیاه در نتیجه استفاده بهتر از شرایط رطوبتی و نیز مصرف بهینه ذخایر غذایی موجود در دسترس گیاه باشد. در همین رابطه در بررسی مقادیر مختلف ژئولیت بر خصوصیات کمی و

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک استویا
Table 4- Morphological Analysis of variance Stevia

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (d.f)	مجموع مربعات Sum of squares			
		تعداد شاخه در بوته branches per plant	قطر ساقه اصلی stem diameter	ارتفاع بوته plant height	شاخص سطح برگ leaf area index
تکرار Repeat					
نیتروژن Nitrogen	2	1.38 ^{n.s}	.0005 ^{n.s}	17.38 ^{n.s}	.00007 ^{n.s}
خطای اصلی main error	3	62.3 ^{**}	49 ^{**}	2090.75 ^{**}	1.22 ^{**}
ژئولیت Zeolite	6	5.27	.041	5.50	.006
برهمکنش Interaction	2	12.38 ^{**}	.200 ^{**}	764.38 ^{**}	.20 ^{**}
خطا فرعی Minor error	11	82.97 ^{**}	.77 ^{**}	3054.3 ^{**}	1.45 ^{**}
%C.V	22	10.61	.07	135.94	.01
		8.28	3.54	5.30	.54

n.s و * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
n.s, *, ** respectively non-statistically significant and significant at 5% and 1%

به طوری که مقایسه نتایج قرائت SPAD و تعیین کلروفیل به روش عصاره گیری و قرائت توسط اسپکترومتر هم بستگی معنی داری (R=0/95) گزارش شده است (Yadav, 1999). با حضور نیتروژن در اجزاء کلروفیل می توان انتظار داشت که با افزایش میزان کود نیتروژن، اثر معنی داری بر میزان کلروفیل برگ ها داشته باشد. وجود کلروفیل به عنوان عامل جذب نور و سنتز مواد لازم برای رشد و نمو گیاهان وابسته به این عنصر حیاتی است (Saber hameshagi, 2014).

طبق نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر برهم کنش سطوح کود نیتروژن و نیز ژئولیت بر میزان عدد کلروفیل متر در سطح یک درصد معنی دار گردید. بیش ترین مقدار عدد کلروفیل (۴۷/۴۰) مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه سه تن ژئولیت در هکتار و کم ترین آن (۴۰/۵) در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عدم کاربرد ژئولیت بود (جدول ۵). نتایج حاصل از اندازه گیری کلروفیل به روش SPAD می تواند با برآورد مقدار کلروفیل به روش عصاره گیری مرتبط باشد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثرات متقابل دو عامل سطوح کود نیتروژن و زئولیت برای صفات مورفولوژیک و اجزاء کلروفیل استویا
Table 5- Comparison of interaction effects the two levels of the zeolite for nitrogen fertilizer and chlorophyll morphological traits and components of Stevia

سطح کود نیتروژن (kg ha ⁻¹) Nitrogen Level	سطح زئولیت (ton ha ⁻¹) Zeolite Level	تعداد شاخه در بوته per plant branches	قطر ساقه (cm) Stem diameter (cm)	ارتفاع بوته (cm) Plant height (cm)	شاخص سطح برگ Leaf area index	عدد کلروفیل Chlorophyll values	کلروفیل a (mg g.fw ⁻¹) chlorophyll A	کلروفیل b (mg g.fw ⁻¹) chlorophyll b	کارتنوئیدها Cartenoides
50	0	4.33f	1.16d	33h	4.17g	40.53e	.08c	.027d	1.34abc
	3	6e	1.20d	47g	4.41f	41.7de	.07c	.029d	1.14abc
	6	6e	1.26dc	46.66g	4.41f	41.06de	.08c	.04c	1.65a
100	0	5.66e	1.26dc	49.66gf	4.51e	42.9dc	.10b	.04c	1.69a
	3	5.66e	1.33bc	52ef	4.59d	41.7de	.10ab	.04c	1.40abc
	6	6.33bc	1.33de	55.66de	4.65c	42.16de	.11ab	.042abc	1.41abc
150	0	7.66bc	1.36bc	50.33gf	4.68c	45.46ab	.115a	.041bc	.90c
	3	7.33dc	1.43b	58.33dc	4.78b	47.40a	.111ab	.044abc	1.58ab
	6	10a	1.63a	64.66b	4.84a	44.76bc	.118a	.048a	1.57ab
200	0	7.66bc	1.40b	58.66dc	4.69c	45.03bc	.113ab	.043abc	1.62a
	3	8.33bc	1.40b	60c	4.79b	45.43ab	.117a	.046abc	1.15abc
	6	8.66b	1.66a	69a	4.88a	45.70ab	.114a	.048ab	.98bc

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار (P<0.05) نمی باشد

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

جدول ۶- تجزیه واریانس صفات مربوط به کلروفیل

Table 6- Analysis of variance of chlorophyll

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات Sum of squares			
		کلروفیل متر chlorophyll values	کلروفیل a chlorophyll a	کلروفیل b bchlorophyll b	کارتونوئید Cartenoids
تکرار Repeat					
نیتروژن Nitrogen	2	.22 ^{n.s}	.00004 ^{n.s}	.000006 ^{n.s}	.149 ^{n.s}
خطای اصلی main error	3	147.9 ^{**}	.007 ^{**}	.001 ^{**}	.280 ^{n.s}
زئولیت Zeolite	6	21.85	.0004	.0006	.677
اثر متقابل Interaction	2	2.98 ^{n.s}	.0001 ^{n.s}	.0003 [*]	.052 ^{n.s}
خطا فرعی Minor error	11	163.98 ^{**}	.007 ^{**}	.001 ^{**}	2.41 ^{n.s}
	22	36.49	.0009	.0004	2.71
% C.V		2.19	5.30	11.53	26.008

ns و * و ** به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
ns, *, ** respectively non-statistically significant and significant at 5% and 1%

تیمار ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و عدم کاربرد زئولیت در هکتار و کمترین آن (۰/۹) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص و عدم کاربرد زئولیت در هکتار بود (جدول ۵).

درصد استویوزید

براساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۷) معلوم گردید که اثر متقابل تیمارها در سطح یک درصد بر این صفت معنی دار است. نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها مشخص کرد که بیشترین مقدار درصد استویوزید (۱۰/۶۷) مربوط به تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به همراه سه تن زئولیت در هکتار و کمترین آن (۴/۳۹) مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به همراه سه تن زئولیت در هکتار به دست آمد (جدول ۸). نتایج حاکی از آن است که با افزایش میزان کود نیتروژن، میزان استویوزید برگها افزایش می یابد، لیکن اگر این افزایش کود از یک حد مشخصی (۱۵۰ کیلوگرم) بیش تر شود، اثر منفی بر درصد استویوزید برگها داشته و موجب کاهش آن می شود. در مطالعات انجام شده مشخص شد که با افزایش مصرف کود نیتروژن از ۱۰ تا ۳۰ کیلوگرم در هکتار، روند افزایش تدریجی و معنی داری در محتوای استویوزید مشاهده گردید. در این بررسی از تیمار ۳۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار، افزایش استویوزید به میزان ۱/۹۹ درصد به دست آمد (Allam et al., 2001). براساس مطالعات صورت گرفته در سراسر جهان، ارتباط نزدیکی بین تأمین مواد غذایی و تجمع گلیکوزیدهای استویول در گیاه استویا وجود دارد (Azarpour et al., 2014).

طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و زئولیت بر میزان کلروفیل a برگهای استویا در سطح یک درصد معنی دار گردید. همین طور طبق مقایسه میانگین (جدول ۵) بیشترین میزان کلروفیل a مربوط به تیمارهای ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه تیمار شش تن زئولیت در هکتار (۰/۱۱) و کمترین آن (۰/۰۷) در تیمار ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و سه تن زئولیت در هکتار بود. رشد برگها مستلزم انجام فرآیند فتوسنتز می باشد. این نوع فرآیند با حضور کلروفیل در گیاه انجام می گیرد که در این راستا کود نیتروژن تأثیر مثبتی بر افزایش میزان کلروفیل در برگها داشته است، حضور زئولیت می تواند در افزایش کارایی استفاده گیاه از نیتروژن موجود شود. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر متقابل این دو فاکتور بر صفت میزان کلروفیل b در سطح یک درصد معنی دار گردید. هم چنین طبق مقایسه میانگین ها (جدول ۵) بیشترین میزان کلروفیل b (۰/۰۴) در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار به همراه شش تن زئولیت در هکتار و کمترین میزان کلروفیل b مربوط به تیمارهای ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و عدم کاربرد زئولیت (۰/۰۲) بود. کود نیتروژن اگر درصد خیلی پایینی مصرف شود که نیاز گیاه را برآورده نسازد، نمی تواند در تشکیل کلروفیل در برگها مؤثر واقع شود. طبق نتایج حاصل از تجزیه واریانس (جدول ۶) مشخص گردید که تیمارهای کود نیتروژن و نیز تیمارهای زئولیت اثر معنی داری بر میزان کارتونوئید ندارند. براساس نتایج به دست آمده از تجزیه واریانس (جدول ۶) اثر متقابل سطوح کود نیتروژن و زئولیت معنی دار نگردید. بیشترین میزان آن (۱/۶۹) در

جدول ۷- تجزیه واریانس استویوزید برگ استویا

Table 7- Analysis of variance Steviozed Stevia leaf

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی (df)	مجموع مربعات Sum of squares استویوزید steviozed
تکرار Repeat	2	.073*
نیتروژن Nitrogen	3	22.06**
خطای اصلی main error	6	.029
زئولیت Zeolite	2	11.51**
اثر متقابل Interaction	11	95.75**
خطا فرعی Minor error	22	.10
%C.V		.769

n.s, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد
n.s, *, ** respectively non-statistically significant and significant at 5% and 1%

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات متقابل سطح کود نیتروژن و زئولیت بر درصد استویوزید برگ استویا

Table 8- Mean comparison interaction effects the nitrogen fertilizer and zeolite on the leaves of Stevia Steviozed

سطوح نیتروژن (kg ha ⁻¹) Nitrogen Level	سطوح زئولیت (ton ha ⁻¹) Zeolite Level	درصد استویوزید Percent of steviozed
50	0	8.07h
	3	8.68f
	6	10.19c
100	0	9.84d
	3	9.65e
	6	8.37g
150	0	9.53e
	3	10.67a
	6	10.48b
200	0	10.16c
	3	4.39i
	6	9.56e

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی باشند
Numbers followed by the same letter are not significantly differentns ($P < 0.05$)

نتیجه گیری

اثر معنی دار دارد. نتایج نشان داد که بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک (۲۲۵۳ کیلوگرم در هکتار) و بیشترین عملکرد برگ استویا (۱۴۲۶ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۲۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به همراه کاربرد شش تن زئولیت در هکتار بود. استفاده از زئولیت باعث بالا رفتن ظرفیت تبادل کاتیونی در خاک می شود، که باعث افزایش کارایی مصرف کود نیتروژن در خاک و در نتیجه استفاده بهتر گیاه از کود موجود در خاک شده است و به دنبال آن رشد رویشی (عملکرد بیولوژیک و عملکرد برگ) افزایش یافته است.

گیاه استویا، گیاهی چندساله و در هر سال دارای چندچین می باشد. کاشت این گیاه در تاریخ ۹۱/۱۲/۱۶ انجام شد. برداشت در تاریخ ۹۲/۳/۲۰ صورت گرفت. نتایج به دست آمده حاکی از آن است که گیاه استویا با توجه به این که برای اولین بار در این منطقه مورد کشت قرار گرفت، با شرایط آب و هوایی منطقه سازگاری داشته است. مصرف کود نیتروژن و کاربرد زئولیت بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد برگ و همچنین بر صفات مورفولوژیک گیاه و کود نیتروژن بر اجزاء کلروفیل

References

1. Azarpour, E., Motamed, M. K., and a Bozorgi1, H. R., 2014. Stevia cultivation and promotion. Lahijan of Islamic Azad University Press.
2. Gholizadeh, A., Esfahani, M., and Azizi, M. 2007. Effects of water stress and natural zeolite on qualitative and

- quantitative function in badrshby plant. Journal of Research and reconstruction of natural resources (37): 96-102. (In Persian).
3. Madani, H., Farhadi, A., Pazuki, A. S. R., and Changizi, M. 2010. The effect of different levels of nitrogen and zeolite on quantitative and qualitative characteristics Agria potatoes in Arak. The findings of modern agriculture 3(4): 379- 391. (In Persian).
4. Salmanzadeh Karani, G., Honarvar, M., and Samani Babaie, R. 2011. The effect of zeolite and the cuttings in rooting cuttings rosette. Fifth National Conference New Ideas in Agriculture. Isfahan. 81-78. (in Persian)
5. Saber hameshagi, F., Torang, A.S. R., mobalege, M. and Dehpour, AS. 2014. Effect of different levels of nitrogen and potassium on morphological and chemical characteristics of the Stevia plant. The findings of modern agriculture. 7(2): 128-135 (In Persian).
6. Gholamhoseini, M., Qalykhany, M., and Malakote, M. G. 2008. The effect of different levels of nitrogen and zeolite on forage qualitative and quantitative yield autumnal canola. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 12 (45): 537-548 (In Persian).
7. Farahmand, H. F. Nazare, S. A. Eshghi, S., and Khoshkhoie, M. 2008. The use different amounts of natural zeolite and Ethepon amaryllis the production of Shiraz. Abstracts of articles Fifth International Congress of Horticultural Science. Shiraz, Iran. (In Persian).
8. Allam, A. I., Nassar, A. m., and Besheit, S. Y. 2001. Nile. Enal.sci.eg/Arcjournal/ uga.htm. Alvarez, m.(1984). Stevia rebaudiana bert. Estado atual do conhecimento, p. 118. Universidade Estadual de Maringa, maringa.
9. Azarpour, E., Motamed, M. K., Moraditochae, M., and Bozorgi, H. R. 2011. Effects of zeolite application and nitrogen fertilization on yield components of cowpea (*Vigna unguiculata L.*). World Applied Sciences Journal, 14(5): 687-692. (In Persian).
10. Bozorgi, H. R., Bidargh, S., Azarpour, E., Khosravi Danesh, R., and moraditochae, M. 2012. Effects of natural zeolite application under foliar spraying with humic acid on yield and yoeld components of cucumber (*Cucumis sativus L.*). International Journal of Agriculture and Crop Sciences 20(4): 1485-1488.
11. Liu, X., Ren, G., and Shi, Y. 2011. The effect of organic manure and chemical fertilizer on growth and development of Stevia rebaudiana Bertoni. Energy Procedia 5: 1200-1204.
12. Meinke, H., Harmmer, G. L., Keulen, H. V., Rabbinge, R., and Keating, B. A. 1997. Improvement wheat simulation capabilities in Australia from a cropping systems perspective: water and nitrogen effects on spring wheat in a semi-anid environment. Developments in Crop Science (25): 99-112
13. Mumpton, F. A. 1999. La roca magica: uses of natural zeolites in agriculture and industry. Proceedings of the National Academy of Sciences 96(7): 3463-3470.
14. Rashid, Z., Rashid, M., Inamullah, S., Rasool, S., and Bahar, F.A. 2013. Effect of different levels of farmyard manure and nitrogen on the yield and nitrogen uptake by stevia (*Stevia rebaudiana* Bertoni). African Journal of Agricultural Research 8(29): 3941-3945.
15. Turan, Z. M. 2006. Effect of natural zeolite on growth and yield of Medicago Sativa L. Journal of agronomy 5:118-121.
16. Utumi, M. M., Monnerat, P. H., Pereira, P. R. G., Fontes, P. C. R., and Godinho, V. D. P. C. 1999. Macronutrient deficiencies in Stevia: Visual symptoms and effects on growth, chemical composition, and stevioside production. Pesquisa Agropecuária Brasileira 34(6): 1038-1043.
17. Yadav, R. L. 1999. Sugarcane production technology, constraints and potentialities. Oxford and IBH Publishing Co. Pvt. P. 291.



Effect of Nitrogen Level and Natural Zeolite on Qualitative and Quantitative Function of *Stevia rebaudiana* (Bertoni) in Ahvaz Climatic Condition

A. Bakgshandeh¹- M. H. Gharineh²- A. R. Abdale³- M. R. Moraditelavat³- M. Reiszadeh^{4*}

Received: 27-07-2014

Accepted: 10-06-2015

Introduction

Nowadays due to population growth and higher levels of welfare, one of the main social problems is providing appropriate food resources. In this regard, finding the alternative food resources, improvement of existing technologies and providing new technologies seem inevitable. Although sugar is a very important substance and has special place in household's basket and economy, the harmful effects of excessive consumption of sugar should not be neglected. Stevia is a plant with a widespread root system which has a couple of years lifetime. The stems of Stevia are brittle and small and produce elliptical leaves. At first the leaves will be dried and then they will be powdered or wetted in the water and will be used for sweetening of beverages, sweet drinks, chewing gums, chocolates, cakes, etc. Stevia is one of 950 genera belonging to the family of Asteraceae plant. Stevia leaves are used for sweetening foods. Sweetness of Stevia comes from the d. terpenoides glycosides that exist in different parts of the plant. Glycosides are the result of secondary metabolism in the plants. In different components of the Stevia body, there are about 10 major glycoside compositions which the steviozide and Rbadiozide glycosides have more importance in sweetening property of Stevia compared to other sweet glycosides. Nitrogen is considered as one of the key elements in the nutrition of crops and the most important element in limiting the plant growth. Due to increased cation exchange capacity and a high tendency to absorb and retain ammonium, use of clinoptilolite on agricultural lands can have an effective role in reduction of nutrient washing especially nitrogen from soil.

Materials and Methods

In order to investigate the effect of different levels of nitrogen and natural zeolite on qualitative and quantitative yield of Stevia in Ahvaz climate, a trial agricultural research field was selected at the farm of agricultural and natural resources of Ramin Khuzestan in 2012-2013. A split plot experiment in a randomized complete block design with 3 replications was conducted. The levels of nitrogen fertilizer (50, 100, 150 and 200 N kg /ha) were applied in the main plots and based on similar studies, the levels of zeolite (including zero, 3 and 6 tons per hectare) were applied in subsidiary plots. Transplants were cultured in 2013/3/6. Harvest was done after growth and development of plant in 2013/6/10. In order to determine the performance of harvested plants from each plot, after packaging and label-making, the samples were weighted in order to estimate the wet weight. The samples were dried in an oven at 72 °C for 48 hours and reweighted again, and then the dried matter performance was determined. To measure the percentage of steviozide, leaf samples were collected from each plot and dried in an oven at 70 °C for 48 hours, then they were milled, powdered and half a gram of Stevia leaves powder in 50 ml of 70% ethanol was obtained from each sample plot. The Stevia leaf steviozide percentage was measured using a HPLC device. Before the analysis the device was calibrated.

Results and Discussion

Results showed that the highest biological performance (2253 kg ha⁻¹), the highest leaf performance (1426 kg ha⁻¹), the maximum stem diameter (1.66 cm), the maximum height (69 cm) and the maximum leaf area index (4.88) were obtained at the treatment of 200 kg nitrogen per hectare and the largest number of branches per plant was obtained in the 150 N kg /ha-1 treated with the use of 6 tons zeolite. Maximum percentage of steviozide (10.67) was related to 150 kg pure nitrogen per hectare with 3 tons of zeolite. LAI as a minor component of plant growth was affected directly by nitrogen fertilizer, by increasing the fertilizer, growth and leaf area of plant per

1, 2 & 3- Professor, Associate Professor and Assistant Professor, Khuzestan Ramin University of Agriculture and Natural Resources, Respectively

4- MSc student in Agronomy, Khuzestan Ramin Agricultural and Natural Science University

(* - Corresponding Author Email: reiszadeh.m@gmail.com)

square meter will be added. Leaves of the plant that consist the most part of the plant, were influenced by nitrogen fertilizer, with increasing nitrogen, growth and performance of leaves were also increased. The zeolites reduced the amount of nitrogen leaching in the soil due to frequent watering that plant needs. As a result, the plant uses nitrogen and other elements that all are useful in the vegetative growth, effectively. According to the results, interaction effect of nitrogen fertilizer and zeolite levels on the SPAD reading was significant at one percent level. The presence of nitrogen in chlorophyll causes the significant effect of increasing nitrogen fertilizer on chlorophyll content of leaves. Existence of chlorophyll as a light absorbent and synthesis of materials is vital for plant growth. The use of zeolites increases the soil cation exchange capacity and consequently the efficiency of nitrogen fertilizer in the soil. So the plant can use fertilizers better and subsequently vegetative growth increases. According to the results, there is a close relationship between supplying food components and accumulation of glycosides steviol in Stevia.

Conclusions

Stevia is a plant with few years life with several times harvesting each year. This plant was cultivated in 2013/3/6 and harvested in 2013/6/10. Results showed although Stevia was planted for the first time in the study area it had consistency with the regional climate. Use of nitrogen fertilizer and zeolite had a significant effect on chlorophyll components and biological performance of leaves and also on morphological characteristics of plant and nitrogen fertilizer. The zeolites increased cation exchange capacity of the soil which enhanced the efficiency of nitrogen fertilizer in the soil and resulting in the better usage of fertilizers by the plants and increasing the vegetative growth (biological and leaf yield) and percentage of steviozede.

Keywords: Biological performance, Leaf yield, Steviozede

ارزیابی اثرات پیش تیمار بذر و نوع بستر کاشت بر خصوصیات نشاء تولیدی ذرت شیرین (*Zea mays* L.)

ابوطالب منطری توکلی^۱ - محمد خواجه حسینی^{۲*} - علی اصغر محمدآبادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۵/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی تأثیر پیش تیمار بذر و نوع بستر کاشت بر ویژگی‌های نشاء تولیدی ذرت شیرین آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل پیش تیمار بذر در سه سطح: بدون پرایمینگ (P₁)، هیدروپرایمینگ (P₂) و بیوپرایمینگ (P₃) و نوع بستر در هفت سطح: ورمی کمپوست (b₁)، پرلیت (b₂)، کوکوپیت (b₃)، ورمی کمپوست+پرلیت (b₄)، ورمی کمپوست+کوکوپیت (b₅)، پرلیت+کوکوپیت (b₆) و ورمی کمپوست+کوکوپیت+پرلیت (b₇) بودند. نتایج این آزمایش نشان داد که پیش تیمار بذر و نوع بستر بر خصوصیات نشاء ذرت شیرین تأثیر معنی داری داشت. بذر پیش تیمار شده (P₂, P₃) از لحاظ ویژگی‌های نشاء نسبت به تیمارهای پیش تیمار نشده (P₁) برتر بودند. تیمار بستر ورمی کمپوست بیشترین طول اندام هوایی، سطح برگ در بوته، وزن اندام هوایی و وزن ریشه را در بین بسترهای مختلف نشان دادند. بیشترین سطح برگ در بوته و وزن خشک اندام هوایی به ترتیب با میانگین ۱۱۱ سانتی متر مربع و ۷۹۸ میلی گرم در تیمار هیدروپرایمینگ با بستر ورمی کمپوست (P₂b₁) مشاهده شد. نتایج این تحقیق نشان داد بستر ورمی کمپوست بهترین بستر برای نشاء ذرت شیرین است و همچنین تیمارهای هیدروپرایمینگ و بیوپرایمینگ نیز باعث بهبود خصوصیات نشاء می شوند.

واژه‌های کلیدی: خزانه، کود بیولوژیک، گیاهچه، نشاکاری، هیدروپرایمینگ

مقدمه

ضروری است (Muldoon et al., 1984; Miedema et al., 1987). کاشت دمای کمینه برای جوانه زنی ذرت ۱۰ درجه سانتی گراد است. کاشت زودهنگام ذرت در بهار با هدف استفاده‌ی بیش تر از انرژی تابشی، ممکن است نهال‌بذر را با خطر سرمای اول فصل روبرو سازد (Emam, 2003). جوانه زنی ذرت به طور معنی داری در خاک‌های با دمای پایین کاهش پیدا می کند (Miedema, 1982). بنابراین نشاکاری ذرت شیرین می تواند راه کاری مناسب برای مقابله با این سرمای اول فصل باشد. با نشاکاری می توان بذر را در محیط کنترل شده ای کشت نمود، بعد از مطلوب شدن شرایط محیطی به انتقال نشاها در زمین اصلی اقدام کرد. پرایمینگ بذر شامل فرو بردن بذر در آب (یا هر محلول دیگری) سپس خشک کردن بذر و کاشت آنها می باشد (Murungu et al., 2004). در جایی دیگر Murungu et al, 2003 گزارش کردند که با افزایش شدت خشکی، درصد سبز شدن و رشد گیاهچه‌ی ذرت و پنبه (*Gussypium hirsutum* L.) کاهش یافت، اما پرایمینگ باعث افزایش این دو صفت در سطوح تنش خشکی نسبت به بذرهای شاهد گردید. هیدروپرایمینگ و هالوپرایمینگ باعث افزایش سرعت و درصد جوانه زنی و همچنین بهبود استقرار گیاهچه لوبیا چشم بلبلی (*Vigna sinensis* L.) می شود

ذرت (*Zea mays* L.) از غلات مهم و با ارزش مناطق گرمسیر و معتدله‌ی جهان است. که دارای انواع مختلفی از لحاظ شکل ظاهری دانه و نوع مصرف: از جمله ذرت دندان‌اسبی، ذرت بلوری، ذرت آردی، ذرت بودادنی، ذرت غلاف دار، ذرت مومی و ذرت شیرین (قندی) می باشد (Emam, 2003). ذرت شیرین با انجام جهش ژنتیکی در لوکوس SU کروموزوم شماره ۴ ذرت معمولی حاصل شده که باعث تجمع قندها و پلی ساکاریدهای محلول در آندوسپرم دانه می شود (KaukisK and Davis, 1986). دمای پایین در اوایل بهار یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده رشد و عملکرد ذرت در اروپای شمالی و مرکزی است (Imran et al., 2013). دمای بین ۲۵ تا ۳۰ درجه سانتی گراد برای رشد بهینه‌ی ذرت در مراحل مختلف رشدی، مانند: جوانه زنی، رشد ریشه و اندام هوایی توسعه و رشد و نمو برگ‌ها

۱ - دانش آموخته کارشناسی ارشد اگر واکولوژی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲ - دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

۳ - مربی سابق گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: agr844@gmail.com)

* - نویسنده مسئول:

(Eskandari and Kazemi, 2011). در این خصوص Nezami *et al.*, 2013 گزارش کردند که پیش تیمار بذر با هیدروپرایمینگ باعث کاهش متوسط زمان سبز شدن، افزایش متوسط سرعت جوانه زنی، افزایش طول و وزن خشک ساقه چه و ریشه چه در گیاه ذرت می شود. کودهای بیوآمینوپاليس به عنوان کود بیولوژیک-اکولوژیک طبقه بندی می شوند، به دلیل داشتن میکروارگانيسم هایی هم چون ازتوباکتر و سودوموناس در طبقه ی کودهای بیولوژیک و از سوی دیگر به دلیل آن که بخش عظیمی از ترکیبات این کودها از طبیعت استخراج شده است، در زمهری کودهای اکولوژیک به شمار می روند. Sayyed-Sharifi and Khavazi, 2011 گزارش کردند که تلقیح بذر ذرت با باکتری های محرک رشد (بیوپرایمینگ) به خصوص باکتری آروسیریلوم منجر به افزایش وزن خشک گیاه چه، طول ریشه چه و ساقه چه منجر گردید.

تهیه ی گیاهان سالم و یک دست یکی از الزامات کشاورزی مدرن است. ذرت با سطح کشت جهانی ۱۴۰ میلیون هکتار و تولید بیش از ۶۰۰ میلیون تن یکی از منابع اصلی تأمین غذای انسان، دام و مصارف صنعتی می باشد (Afsharmanesh, 2007). نشاکاری ذرت علاوه بر رویکرد مدیریتی در زمینه ی افزایش طول فصل رشدی راهی به عنوان صرفه جویی در مصرف عنصر گران بها و کمیاب آب می باشد (Ghias-Abadi *et al.*, 2014). باتوجه به موقعیت اقلیمی نامناسب کشور ایران (خشک و نیمه خشک) نشاکاری یکی از الزامات کشاورزی پایدار می باشد، از طرفی ذرت شیرین گیاهی است که مصرف آب بالایی دارد و با نشاکاری می توان چندین نوبت آبیاری صرفه جویی کرد. لذا تولید نشاهای ایده آل برای استقرار مطلوب در مزرعه از اهمیت خاصی برخوردار است، هدف از این مطالعه بررسی اثرات پرایمینگ و نوع بستر بر ویژگی های نشاء ذرت شیرین بود.

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۳ در گلخانه ی تحقیقاتی دانشکده ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل پیش تیمار بذر در سه سطح: بدون پرایمینگ (p_1)، هیدروپرایمینگ (p_2) و بیوپرایمینگ (p_3) و نوع بستر در هفت سطح: ورمی کمپوست (b_1)، پرلیت (b_2)، کوکوپیت (b_3)، ورمی کمپوست+پرلیت (b_4)، ورمی کمپوست+ کوکوپیت (b_5)، پرلیت+ کوکوپیت (b_6) و ورمی کمپوست+ کوکوپیت+پرلیت (b_7) بودند. بذر استفاده شده در این آزمایش ذرت شیرین رقم Chase از شرکت فلات ایران تهیه و آزمون جوانه زنی در آزمایشگاه به روش بین کاغذ^۱ در چهار تکرار ۲۵ تایی

انجام شد. برای اعمال پیش تیمار هیدروپرایمینگ بذر در آب مقطر و پیش تیمار بیوپرایمینگ بذر به مدت ۲۴ ساعت در محلول کود بیولوژیک بیوآمینوپاليس که حاوی میکروارگانيسم های ازتوباکتر و سودوموناس با میزان 10^7 (CFU/ml) بود، قرار داده شدند. بعد از آن بذر پیش تیمار شده به مدت ۴۸ ساعت در هوای آزاد قرار داده شدند تا به رطوبت اولیه برسند. سپس بذر در شرایط گلخانه در دمای متوسط ۲۲-۲۵ درجه گراد در داخل گلدان های پلاستیکی (یک کیلویی با ارتفاع ۱۵ و قطر ۱۰ سانتی متری) کشت شدند. خاک مورد استفاده از مزرعه ی تحقیقاتی دانشکده ی کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با بافت لومی سیلتی انتخاب و از الک ۲ میلی متری عبور داده شد. آبیاری نشاءها بر طبق نیاز آبی نشاءها و تا حد ظرفیت زراعی انجام شد، بعد از سه هفته نمونه برداری انجام و صفاتی از قبیل متوسط زمان سبز شدن، طول اندام هوایی نشاء، طول ریشه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه اندازه گیری شدند. متوسط زمان سبز شدن نیز از طریق فرمول زیر محاسبه شد (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2009).

$$\text{تعداد بذر سبز} = \frac{\sum f_i x_i}{\sum f_i} = (\text{MET})^2 \text{ (متوسط زمان سبز شدن (روز))}$$

f شده در هر روز

X: روز شمارش

$\sum f$: مجموع بذر سبز شده

نمونه ها پس از برداشت داخل پاکت کاغذی مخصوص قرارداد و به آزمایشگاه منتقل شدند. ابتدا طول اندام هوایی و ریشه با خط کش اندازه گیری شد و سپس توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ^۳، سطح برگ نمونه ها تعیین گردید. نمونه ها درون آون در دمای متوسط ۷۰°C به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفت و در نهایت وزن خشک اندام هوایی و ریشه اندازه گیری شدند. تجزیه و تحلیل داده ها از طریق نرم افزار Minitab و SAS و مقایسه میانگین ها از طریق آزمون LSD در سطح یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

متوسط زمان سبز شدن

بر طبق آزمایشات جوانه زنی در آزمایشگاه به روش بین کاغذ، درصد جوانه زنی ۹۴ و متوسط زمان جوانه زنی بذر ۳/۱ روز بود. رشد و طول شدن ساقه چه که منجر به خروج ساقه چه از خاک می شود، می باشد. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که میانگین زمان سبز شدن تحت تأثیر معنی دار تیمار پرایمینگ در سطح یک درصد قرار گرفت. ولی، نوع بستر و اثر متقابل بستر و پرایمینگ در میانگین زمان سبز شدن تأثیر معنی داری نداشتند (جدول ۱). بذر

2- Mean emergence time

3- Leaf Area Meter

1- Between paper

پیش تیمار نشده (P_1) در مقایسه با بذور پیش تیمار شده (P_2, P_3) بیشترین متوسط زمان سبز شدن را با ۳/۰۶ روز داشتند (جدول ۲). هرچه متوسط زمان سبز شدن کمتر باشد، بیانگر آن است که گیاه با سرعت بیشتری سبز شده و این ویژگی یک صفت مطلوب محسوب می شود. بررسی ها نشان داده است که باکتری های جنس *آزسپرلیوم*، *سودوموناس* و *ازتوباکتر* بر جوانه زنی، سبز شدن و رشد گیاهچه ی ذرت تأثیر معنی دار و مثبتی داشتند (Miedema *et al.*, 1987). به نظر می رسد طی عمل پیش تیمار پرایمینگ فرایندهای مهم متابولیکی در بذر انجام شده و مقدمات جوانه زنی و خروج ریشه چه انجام می شود این عمل باعث خروج سریع تر گیاهچه از خاک و کاهش متوسط زمان

سبز شدن می شود. تیمار کردن بذر باعث افزایش فعالیت آنزیم های آلفا آمیلاز و بتا آمیلاز می گردد (Michel and Kaufman, 1973). و نیز از طرفی باعث افزایش میزان آب جذب شده توسط بذر و در نهایت باعث افزایش درصد جوانه زنی و تسریع سرعت سبز شدن می گردد، در نتیجه می تواند باعث کاهش تعداد روز تا سبز شدن گردد (Chojnowski and Come, 1997). سید شریفی و خاوری (Sayed-Sharifi and Khavazi, 2011) گزارش کردند که سرعت جوانه زنی ذرت شیرین تحت تأثیر تیمارهای بیوپرایمینگ قرار گرفت و تیمار شاهد در مقایسه با سایر تیمارها کمترین سرعت جوانه زنی را داشت.

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف نشاء ذرت شیرین تحت تأثیر پرایمینگ و نوع بستر کاشت
Table 1- Analysis of variance different characteristics sweet corn transplant in priming and seedbed treatment

میانگین مربعات Mean Square						درجه آزادی Degree of freedom	منابع تغییرات Source of variance
وزن خشک ریشه Dry root mater	وزن خشک اندام هوایی Dry mater shoot	سطح برگ Leaf area	طول ریشه Length root	طول اندام هوایی Length shoot	میانگین زمان سبز شدن Mean Emergence Time		
19142 *	66191 **	980.8 *	145.3 **	42.55 **	6.81 **	2	پرایمینگ Priming
94464 **	348762 **	7144 **	78.2 **	147.7 **	0.21 ns	6	نوع بستر نشاء Seedbed treatment
7261 ns	28592 **	615 **	3.90 ns	11.3 *	0.23 ns	12	پرایمینگ×نوع بستر Priming× seedbed
4011	6760	209	3.62	5.27	0.16	42	خطا Error

ns, * and **: indicate statistically Non significant, significance at 5% and 1% probability levels, respectively

طول اندام هوایی

نتایج به دست آمده از این آزمایش حاکی از آن بود که نوع بستر و پیش تیمار بذر ذرت شیرین تأثیر معنی داری بر طول اندام هوایی نشاء در سطح احتمال یک درصد داشتند ولی اثرات متقابل این دو فاکتور بر روی طول اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی دار بود (جدول ۱). گیاهان بیوپرایمینگ شده با طول اندام هوایی ۱۷/۸۶ سانتی متر نسبت به گیاهان پرایم نشده برتر بود، در حالی که از لحاظ آماری تفاوت معنی داری با تیمارهای هیدروپرایم نشده نداشتند (جدول ۲). تلقیح بذر ذرت با باکتری ها منجر به افزایش معنی دار در رشد و طول اندام هوایی نشاء ها شد. (Sayed-Sharifi and Khavazi, 2011) نیز به نتایج مشابهی دست یافتند.

بستر کاشت نیز تأثیر معنی داری بر طول اندام هوایی نشاء ذرت شیرین داشت، به طوری که در بین بسترهای کشت، بستر

ورمی کمپوست+کوکوپیت و ورمی کمپوست به ترتیب با ۲۱ و ۲۰/۶۸ سانتی متر بهترین تیمارها و تیمارهای پرلیت+کوکوپیت و پرلیت با ۱۰/۹۸ و ۱۱/۰۸ سانتی متر کمترین طول اندام هوایی را داشتند (جدول ۲). Nik-razm *et al.*, 2011 نیز با بررسی تأثیر بسترهای مختلف در رشد رشد رویشی دو رقم گل سوسن (*Lilium hybrids*) بیان کردند که بسترهای حاوی ورمی کولیت و پرلیت از ارتفاع کمتری برخوردار بودند. همچنین در بین تیمارهای مختلف کشت تیمار P_3b_5 بیشترین طول اندام هوایی و تیمار P_1b_2 کمترین طول اندام هوایی را به ترتیب با ۲۴ و ۹/۹ سانتی متر داشتند (شکل ۱). در تیمار P_3b_5 به دلیل پیش تیمار کردن بذور با میکروارگانسیم هایی از قبیل *ازتوباکتر* و *سودوموناس* و همچنین وجود ورمی کمپوست، عناصر غذایی کافی در دسترس گیاه قرار گرفته که باعث افزایش ارتفاع نشاء ها شده است.

طول ریشه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس نشان داد که طول ریشه‌ی نشاء ذرت شیرین نیز تحت تأثیر پرایمینگ و نوع بستر قرار گرفت. ولی، اثر متقابل این دو عامل معنی دار نبود (جدول ۱). تیمار پرایم نشده با ۲۵/۲۰ سانتی متر کمترین و تیمار بیوپرایم شده با ۲۵/۱۷ سانتی متر

بیشترین طول ریشه را داشتند. درحالی که، تیمار هیدروپرایم شده با بیوپرایم شده اختلاف معنی داری نداشتند. به نظر می رسد پیش تیمار بذور با کود بیولوژیک بیوآمینوپالیز و همچنین تلقیح بذرها‌ی ذرت شیرین با باکتری‌های تحریک کننده‌ی رشد گیاه، موجب افزایش طول و وزن ریشه‌های گیاه شده است.

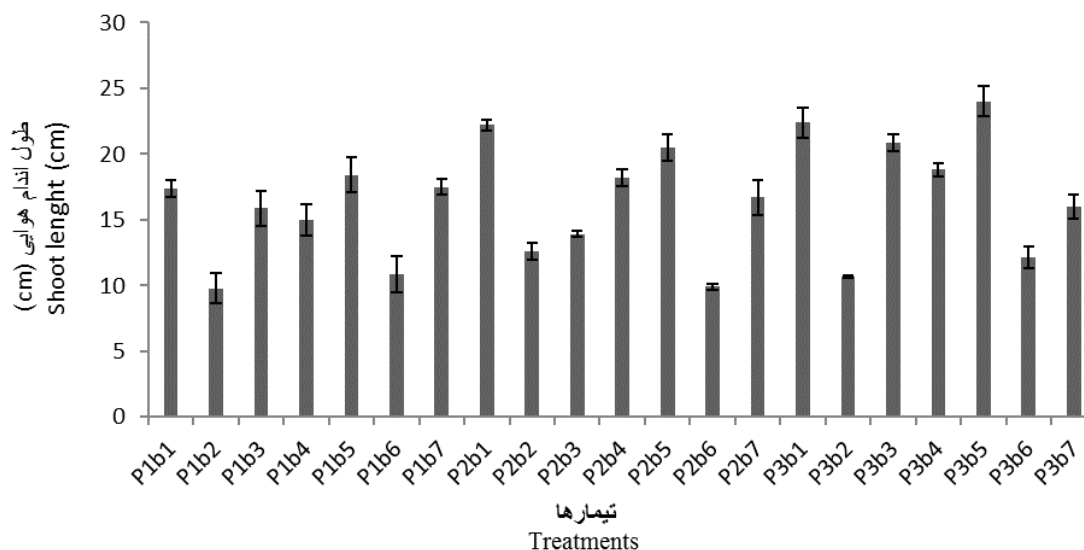
جدول ۲- مقایسه میانگین‌های اثرات اصلی تیمارهای پرایمینگ و نوع بستر کاشت بر روی صفات مختلف نشاهای ذرت شیرین
Table 2- Mean comparison of main effects of priming treatment and planting seedbed on characteristics of sweet corn transplants

وزن خشک ریشه root dry weights (mg)	وزن خشک اندام‌هوایی Shoot dry weights (mg)	سطح برگ Leaf area (cm ²)	طول ریشه Root length (cm)	طول اندام‌هوایی Shoot length (cm)	متوسط زمان سبز شدن Mean emergence time (day)	تیمارها Treatments
256.5 ^b	347.4 ^b	48.25 ^b	20.25 ^b	15.02 ^b	3.06 ^a	بدون پرایمینگ (P1) No priming (P1)
311.7 ^a	427.7 ^a	59.50 ^{ab}	24.33 ^a	16.30 ^{ab}	1.93 ^c	هیدروپرایمینگ (p2) Hydropriming (P2)
305.3 ^a	455.6 ^a	60.65 ^a	25.17 ^a	17.86 ^a	2.33 ^b	بیوپرایمینگ (p3) Biopriming (P3)
354 ^a	667.3 ^a	94.01 ^a	24.85 ^{ab}	20.68 ^{ab}	2.62 ^a	ورمی کمپوست (b1) Vermicompost (b1)
224.4 ^c	153.6 ^d	18.19 ^d	18.40 ^d	11.08 ^d	2.64 ^a	پرلیت (b2) Perlite (b2)
193.6 ^c	461.6 ^{bc}	62.22 ^{bc}	24.03 ^{ab}	16.91 ^c	2.4 ^a	کوکوپیت (b3) Cocopeat (b3)
334.3 ^{ab}	450.4 ^{bc}	61.94 ^c	22.72 ^{bc}	17.37 ^{bc}	2.31 ^a	ورمی کمپوست + پرلیت (b4) Vermicompost+perlite (b4)
332.4 ^b	570.1 ^{ab}	77.98 ^b	26.19 ^a	21 ^a	2.48 ^a	ورمی کمپوست + کوکوپیت (b5) Vermicompost+cocopeat (b5)
161.8 ^c	144.7 ^d	19.63 ^d	20.40 ^{cd}	10.98 ^d	2.38 ^a	پرلیت + کوکوپیت (b6) Perlite+cocopeat (b6)
337.8 ^{ab}	423.9 ^c	59.02 ^c	26.13 ^a	16.74 ^c	2.24 ^a	ورمی کمپوست + پرلیت + کوکوپیت (b7) Vermicompost+perlite+cocopeat (b7)

میانگین‌هایی که برای هر ستون برای هر فاکتور دارای حداقل یک حرف مشترک هستند براساس آزمون LSD در سطح پنج درصد از لحاظ آماری با هم تفاوتی ندارند
Means with the same letter in each column are not significantly different at the 0.05 level of probability using LSD

Nezami *et al*, 2013 با بررسی اثر هیدروپرایمینگ بذر و رشد گیاهچه‌ی ذرت در شرایط کنترل شده بیان کردند که هیبرید کرج ۷۰۰ هیدروپرایمینگ شده با ۱۲۷/۱ میلی متر طول و ۱۵/۸ میلی گرم وزن بیشترین طول و وزن خشک ریشه را نسبت به تیمارهای دیگر دارا بود. در بین بسترهای مختلف کشت بستر ورمی کمپوست + کوکوپیت با ۲۶/۱۹ سانتی متر بیشترین طول ریشه‌چه را دارا بود درحالی که تفاوت معنی داری با تیمارهای ورمی کمپوست + پرلیت + کوکوپیت (۲۶/۱۳) و ورمی کمپوست (۲۴/۸۵) نداشت (جدول ۲). در بسترهای حاوی

ورمی کمپوست و کوکوپیت و پرلیت به دلیل دارا بودن تخلخل کافی و حاصلخیزی بستر شرایط مطلوب برای رشد ریشه فراهم شده و باعث تولید ریشه‌های بلندتر و قوی‌تری نسبت به بقیه‌ی تیمارها شده است. در همین راستا Gharehbaghi *et al*, 2010 بیان کردند که در نشاءهای گیاه خیار (*Cucumis sativus*)؛ بیشترین طول، وزن تر و وزن خشک ریشه مربوط به تیمار ورمی کمپوست ۵۰ درصد + کوکوپیت ۵۰ درصد مشاهده شد.



شکل ۱- اثرات متقابل پرایمینگ و نوع بستر بر صفت طول اندام‌هوایی نشاء ذرت شیرین

ستون‌های دارای دامنه‌ی هم‌پوشانی نوارخطا مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد از لحاظ آماری باهم تفاوتی ندارند. P₁, P₂ و P₃ به ترتیب بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ و بیو پرایمینگ می‌باشد. b₁, b₂, b₃, b₄, b₅ و b₆ و b₇ به ترتیب بستر ورمی کمپوست، پرلیت، کوکوپیت، ورمی کمپوست+کوکوپیت، ورمی کمپوست+پرلیت، پرلیت+کوکوپیت و ورمی کمپوست+پرلیت+کوکوپیت می‌باشند.

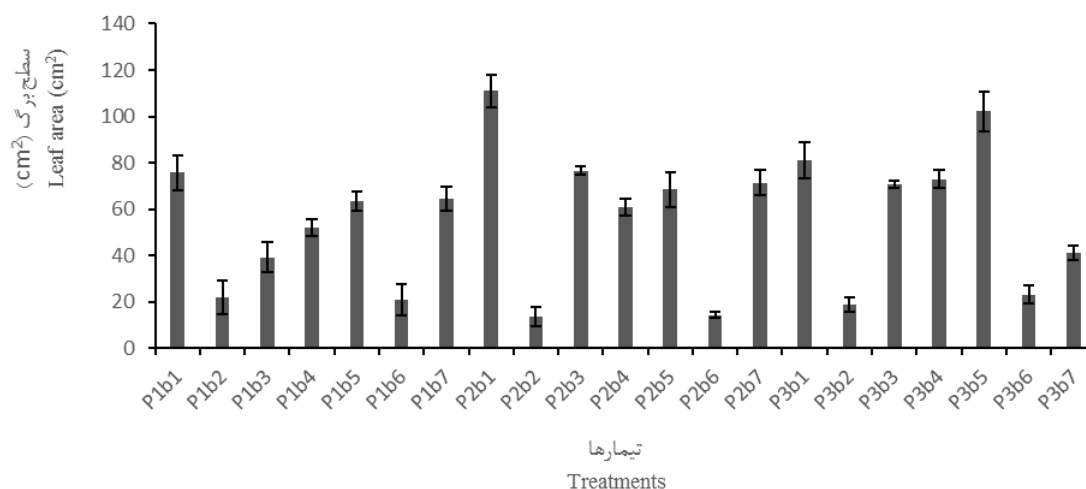
Figure 1- The interaction between priming and planting substrates on sweet corn seedling shoot length
P₁, P₂ and P₃, respectively, No priming, and bio-priming is hydropriming. b₁, b₂, b₃, b₄, b₅, b₆ and b₇ in the context of vermicompost, perlite, coco, vermicompost + cocopeat, vermicompost + perlite, coco peat and perlite + perlite + vermicompost + cocopeat are.

بیولوژیک روی شاخص سطح برگ اثر مثبت و معنی‌داری داشت. تیمارهای با بستر ورمی کمپوست با ۹۴/۰۱ سانتی‌مترمربع بیش‌ترین سطح برگ و تیمارهای با بستر پرلیت و پرلیت+کوکوپیت به ترتیب با ۱۸/۱۹ و ۱۹/۶۳ سانتی‌مترمربع کم‌ترین مقدار سطح برگ در بوته را داشتند (جدول ۲). هم‌چنین تیمارهای P₂b₁ و P₃b₅ به ترتیب با ۱۱۱/۳ و ۱۰۲/۱۷ سانتی‌مترمربع در بوته بیش‌ترین سطح برگ را داشتند و از لحاظ این صفت نسبت به تیمارهای دیگر برتر بودند (شکل ۲).

به‌طور کلی پرایمینگ و کودهای آلی (ورمی کمپوست و کوکوپیت) منجر به افزایش سطح برگ نشاء‌ها شده‌است. کودهای آلی و بیولوژیک غلظت عناصر غذایی مورد استفاده گیاهان زراعی را افزایش می‌دهند. در همین راستا طی آزمایشی که به منظور بررسی تأثیرات حجم و نوع بستر کاشت نشاء بر روی نشاء ذرت شیرین انجام شد، مشخص شد که تیمارهای حاوی ورمی کمپوست و کود گاوی از لحاظ سطح برگ نشاء نسبت به تیمارهای دیگر برتری داشتند (Manzari-Tavakkoli et al., 2014).

سطح برگ در بوته

نتایج به دست آمده در این آزمایش حاکی از تأثیر معنی‌دار پیش تیمار بذور ($P \leq 0.05$)، نوع بستر و اثرات متقابل این فاکتور ($P \leq 0.01$) بر سطح برگ گیاه‌چه‌ی ذرت شیرین بود (جدول ۱). سطح برگ در تیمار بیوپرایمینگ با ۶۵/۰۶ سانتی‌متر مربع نسبت به تیمارهای هیدروپرایمینگ و شاهد بیش تر بود. در حالی که، اختلاف معنی‌داری با تیمار هیدروپرایمینگ نداشت که می‌توان گفت در بذور بیوپرایمینگ شده بالا بودن فراهمی عناصر غذایی باعث افزایش سطح برگ گیاه می‌شود. پیش تیمار بذور با کود بیولوژیک بیوآمینوپالیس که حاوی باکتری‌های ازتوباکتر و سودوموناس می‌باشد، اثرات مستقیم و غیرمستقیمی بر رشد و همین‌طور افزایش سطح برگ گیاه دارد. در اثرات مستقیم، این باکتری‌ها رشد گیاه را با تولید ترکیبات مختلف، تسهیل جذب عناصر، تثبیت نیتروژن اتمسفری، تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین‌ها و جیبرلین‌ها که سبب افزایش رشد گیاه در مراحل مختلف رشدی می‌شوند و یا از طریق ساخت آنزیم‌های دخیل در رشد و نمو گیاه افزایش می‌دهند (Gray and Smith 2005; Lucy and Glick, 2004). در این راستا Zarandi, 2014 گزارش کرد که پرایمینگ بذور هندوانه (*Citrullus lunatus*) در حضور کود



شکل ۲- اثرات متقابل پرایمینگ و نوع بستر بر سطح برگ نشاء ذرت شیرین

ستون‌های دارای دامنه‌ی هم‌پوشانی نوارخطا مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد از لحاظ آماری باهم تفاوتی ندارند. P₁، P₂ و P₃ به ترتیب بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ و بیو پرایمینگ می‌باشد. b₁، b₂، b₃، b₄، b₅ و b₇ به ترتیب بستر ورمی کمپوست، پرلیت، کوکوپیت، ورمی کمپوست+ کوکوپیت، ورمی کمپوست+ پرلیت، پرلیت+ کوکوپیت و ورمی کمپوست+ پرلیت+ کوکوپیت می‌باشند.

Figure 2- The interaction between priming and planting substrates on sweet corn seedling Leaf area
P₁, P₂ and P₃, respectively, No priming, and bio-priming is hydropriming. b₁, b₂, b₃, b₄, b₅, b₆ and b₇ in the context of vermicompost, perlite, coco, vermicompost + cocopeat, vermicompost + perlite, coco peat and perlite + perlite + vermicompost + cocopeat are.

وزن خشک اندام‌هوایی (*Lycopersicon esculentum*) و فلفل (*Capsicum annuum* L.)

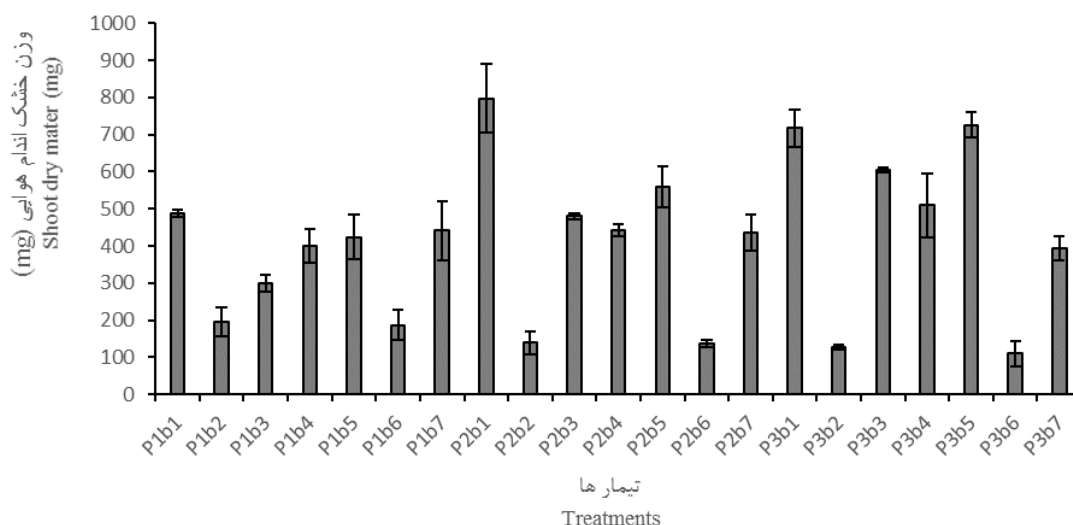
را بررسی کردند و گزارش نمودند، ورمی کمپوست باعث افزایش معنی‌داری در تولید اندام‌هوایی نشاء در گوجه‌فرنگی شد ولی در گیاه فلفل بی‌اثر بود.

وزن خشک ریشه

نتایج جدول تجزیه‌واریناس نشان داد که پرایمینگ بذور در سطح احتمال پنج درصد و نوع بستر کاشت نشاء در سطح یک درصد بر وزن خشک ریشه تأثیر معنی‌داری داشتند. درحالی که اثر متقابل این دو فاکتور بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). تیمارهای پرایم نشده وزن خشک ریشه‌ی کم‌تری (۲۵۶/۵ میلی گرم) در مقایسه با تیمارهای هیدروپرایم (۳۱۱/۷) و بیوپرایم (۳۰۵/۳) داشتند، این درحالی بود که بین تیمارهای هیدروپرایم و بیوپرایم شده تفاوت معنی‌داری از لحاظ آماری وجود نداشت. Hasan-Zadeh *et al.*, 2012 با بررسی اثرات پرایمینگ بر جوانه‌زنی ذرت شیرین در شرایط شوری دریافتند که پرایمینگ بذور باعث بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی ذرت شیرین می‌شود. همچنین Dileep *et al.*, 2001 نشان دادند که تلقیح بذور نخود با سودوموناس قبل از کشت باعث افزایش ارتفاع ساقه، طول ریشه، و وزن خشک گیاه نسبت به تیمارهای شاهد شد.

وزن خشک اندام‌هوایی

بر اساس نتایج به دست آمده از جدول تجزیه‌واریناس پیش تیمار بذور ذرت شیرین بر وزن خشک اندام‌هوایی، بستر کاشت و اثر متقابل پیش تیمار و نوع بستر کشت نشاء در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۱). تیمارهای بیوپرایم شده بیش‌ترین و بدون پرایمینگ کم‌ترین وزن خشک اندام‌هوایی را به ترتیب با ۴۵۵/۶ و ۳۴۷/۴ میلی گرم داشتند (جدول ۲). تیمارهای بدون پرایمینگ نسبت به تیمارهای پیش تیمار شده دیرتر جوانه زده و متوسط زمان سبز شدن آنها بیش‌تر بود. در تیمارهای پیش تیمار شده بذور مراحل اولیه‌ی جوانه‌زنی را سپری کرده، جوانه‌زنی و رشد آنها تسریع پیدا می‌کند. این عمل منجر به تولید گیاهچه‌های قوی‌تر و در نتیجه زیست‌توده بیش‌تر می‌گردد. بیوپرایمینگ باعث افزایش جوانه‌زنی، بهبود رشد و همچنین افزایش وزن اندام‌هوایی گیاهچه‌ی ذرت می‌شود (Gholami *et al.*, 2009). در بین بسترهای مختلف بسترهای حاوی ورمی کمپوست بیش‌ترین وزن خشک اندام‌هوایی را داشتند (جدول ۲). تیمارهای P₃b₁، P₃b₅ و P₂b₁ به ترتیب با ۷۹۸، ۷۲۶ و ۷۱۷ میلی گرم نسبت به بقیه‌ی تیمارها برتر بودند. و تیمار P₃b₆ با ۱۱۰ میلی گرم کم‌ترین وزن خشک اندام‌هوایی را داشت (شکل ۳). Bachman and Metzger, 2008 اثر ورمی کمپوست در تولید نشاء گوجه‌فرنگی



شکل ۳- اثرات متقابل پرایمینگ و نوع بستر بر وزن خشک اندام‌هوایی نشاء ذرت شیرین

ستون‌های دارای دامنه‌ی هم‌پوشانی Error bar مشترک بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد از لحاظ آماری باهم تفاوتی ندارند. P₁, P₂ و P₃ به ترتیب بدون پرایمینگ، هیدروپرایمینگ و بیو پرایمینگ می‌باشد. b₁, b₂, b₃, b₄, b₅ و b₇ به ترتیب بستر ورمی کمپوست، پرلیت، کوکوپیت، ورمی کمپوست+ کوکوپیت، ورمی کمپوست+ پرلیت، پرلیت+ کوکوپیت و ورمی کمپوست+ پرلیت+ کوکوپیت می‌باشند.

Figure ۳- The interaction between priming and planting substrates on sweet corn seedling shoot dry mater

P₁, P₂ and P₃, respectively, No priming, and bio-priming is hydropriming. b₁, b₂, b₃, b₄, b₅ and b₇ in the context of vermicompost, perlite, coco, vermicompost + cocopeat, vermicompost + perlite, coco peat and perlite + perlite + vermicompost + cocopeat are.

طول ریشه، سطح برگ، وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه هم‌بستگی بین صفات نشاء ذرت شیرین تحت تیمارهای پرایمینگ و نوع بستر کاشت در جدول (۳) ارائه شده‌است. بر اساس این جدول، متوسط زمان سبز شدن هم‌بستگی منفی با سایر صفات جوانه‌زنی داشت، که این هم‌بستگی منفی به‌جز با طول ریشه‌ی نشاء در دیگر صفات معنی‌دار نبود. که نشان‌دهنده‌ی مستقل بودن این صفت از صفات طول اندام‌هوایی، سطح برگ، وزن خشک اندام‌هوایی و ریشه نشاء ذرت شیرین می‌باشد. سطح برگ و وزن خشک اندام‌هوایی بیش‌ترین هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار را (۸۷ درصد) در بین صفات نسبت به‌هم داشتند. هم‌چنین بین طول اندام‌هوایی با وزن خشک اندام‌هوایی و سطح برگ به‌ترتیب (۸۲ درصد) و (۸۰ درصد) هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری وجود داشت، که بیان‌گر آن‌است که این صفات تأثیر مستقیمی بر هم دارند و با کاهش یا افزایش طول اندام‌هوایی، سطح برگ و وزن خشک اندام‌هوایی کاهش یا افزایش می‌یابد. کم‌ترین هم‌بستگی مثبت بین وزن خشک اندام‌هوایی با طول ریشه‌چه (۵۷ درصد) مشاهده‌شد (جدول ۳). Fathi-Amirkhiz et al, 2012) نیز در آزمایشات خود بر روی سیاه‌دانه (*Nigella sativa*) به نتایج مشابهی دست‌یافتند.

در بین بسترهای مختلف تیمارهای با بستر ورمی کمپوست با ۳۵۴ میلی گرم بیش‌ترین وزن خشک ریشه را داشت و تیمارهای با بستر پرلیت+ کوکوپیت با ۱۶۱/۸ میلی گرم کم‌ترین وزن خشک ریشه را داشتند (جدول ۲). Gholam-Negad, 2011 نیز با بررسی نسبت‌های مختلف کوکوپیت و ورمی کمپوست در نشاء فلفل شیرین (*Capsicum annuum* L.) دریافتند که تیمار ورمی کمپوست: کوکوپیت (۳:۱) با ۷/۳۹۸ گرم بیش‌ترین وزن خشک ریشه را داشت. به‌طور کلی بسترهای حاوی ورمی کمپوست نسبت به بقیه‌ی تیمارها وزن خشک ریشه‌چه‌ی بیش‌تری داشتند. طی فرایند ورمی کمپوست عناصر ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم و کلسیم موجود در ضایعات آلی به‌شکل قابل دسترس برای گیاه تبدیل می‌شوند (Ndegwa and Thompson, 2001) و گیاه به‌راحتی این عناصر را جذب می‌کند. هم‌چنین Mirabi et al, 2008 در آزمایشی بر روی نشاء خربزه (*Cucumis melo* var. *inodorus*) گزارش کردند که بسترهای پیت ۵۰ درصد+ کوکوپیت ۲۵ درصد+ ورمی کمپوست ۲۵ درصد و کوکوپیت ۵۰ درصد+ پیت ۲۵ درصد+ ورمی کمپوست ۲۵ درصد در کلیه‌ی صفات (سطح برگ، قطر ساقه‌ی نشاء، ارتفاع نشاء و وزن تر و خشک اندام‌هوایی و وزن تر و خشک ریشه) نسبت به بسترهای دیگر برتری داشته و این بسترها باعث بهبود کیفیت نشاء‌های تولیدی شدند. متوسط زمان سبز شدن، طول اندام‌هوایی،

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین صفات مختلف نشاء ذرت شیرین تحت تأثیر تیمارهای پرایمینگ و نوع بستر کاشت

Table 3- Correlation coefficient between different characteristics of sweet corn transplants in priming and seedbed transplant

وزن خشک ریشه Dry root mater	وزن خشک اندام‌هوایی Dry mater shoot	سطح برگ Leaf area	طول ریشه Length root	طول اندام‌هوایی Length shoot	میانگین زمان سبزشدن Mean Emergence Time	صفات مورد ارزیابی characteristics
					1	متوسط زمان سبزشدن Mean Emergence Time
				1	-0.12 ^{ns}	طول اندام‌هوایی Length shoot
			1	0.71 ^{**}	-0.40 ^{**}	طول ریشه Length root
		1	0.59 ^{**}	0.80 ^{**}	-0.002 ^{ns}	سطح برگ Leaf area
	1	0.78 ^{**}	0.47 ^{**}	0.82 ^{**}	-0.05 ^{ns}	وزن خشک اندام‌هوایی Dry mater shoot
1	0.76 ^{**}	0.67 ^{**}	0.49 ^{**}	0.63 ^{**}	-0.004 ^{ns}	وزن خشک ریشه Dry mater root

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد می‌باشد

ns, * and **: indicate statistically Non significant, significance at 5% and 1% probability levels respectively

پرایمینگ بذر و بستر ورمی کمپوست استفاده‌شود.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی پرایمینگ بذر باعث بهبود کیفیت نشاءهای تولیدی شد. در بین بسترهای کشت، نشاءهای تولیدی در بستر ورمی کمپوست و تیمارهایی که در آن‌ها ورمی کمپوست وجود داشت، نسبت به بقیه‌ی بسترهای کاشت برتری داشتند. باتوجه به کمبود منابع آبی در ایران و نظر به این که ذرت شیرین یک گیاه چهارکربنه می‌باشد و مصرف آب این گیاه نسبت به گیاهان دیگر زیاد می‌باشد، با نشاءکاری می‌توان دو تا سه دور آبیاری در هر سال صرفه‌جویی کرد. بنابراین باتوجه به نتایج این آزمایش توصیه می‌شود؛ جهت تولید نشاء مرغوب از روش

سپاس‌گزاری

با سپاس از معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد و دانشکده‌ی کشاورزی که بودجه‌ی اجرای این طرح را فراهم نموده‌است، هم‌چنین از شرکت فلات ایران به‌خاطر تهیه‌ی بذر ذرت شیرین تشکر می‌شود.

References

- 1- Afsharmanesh, G. 2007. Effects of sowing date on grain yield of corn cultivars in spring early sown in Jiroft. Pajouhesh and Sazandegi 75: 2-8. (In Persian with English Abstract).
- 2- Bachman, G. R., and Metzger, J. D. 2008. Growth of bedding plants in commercial potting substrate amended with vermicompost. Bioresource Technology 52: 3155-3161.
- 3- Chojnowski, F. C. D. Come. 1997. Physiological and biochemical changes induced in sunflower seed by osmopriming subsequent drying, storage aging. Seed Science Research 7: 323-331.
- 4- Dileep Kumar B. S. Berggren I. and Martensson A. M. 2001. Potential for improving pea production by co-noculation with fluorescent *Pseudomonas* and *Rhizobium*. Netherlands. Plant and Soil 229: 25-34.
- 5- Duncan W.G. and Hesketh J.D. 1968. Net photosynthetic rates, relative leaf growth rates and leaf numbers of 22 races of maize grown at eight temperatures. Crop Science 8: 670-674.
- 6- Emam Y. 2003 Cereals Production. (7th ed). Shiraz University. Shiraz. (In Persian).
- 7- Eskandari H. and Kazemi K. 2011. Effect of seed priming on germination properties and seedling establishment of cowpea (*Vigna sinensis*). Notulae Scientia Biologicae 3(4): 113-116
- 8- Fathi-Amirkhiz K., Omid H., Heshmati S. and Jafarzadeh L. 2012. Study of black Cumin (*Nigella sativa* L.) germination attributes and seed vigor under salinity stress by osmopriming accelerators pretreatment. Iranian Journal of Field Crops Research 10(2): 299-310 (In Persian).
- 9- Gharehbaghi A., Arouei H. and Nemati S.H. 2010. Evaluation of composition and volume (container size) of bed

- planting on productive traits of cucumber transplants. The 7th Iranian Horticultural Congress. 1215-1216. (In Persian with English Abstract).
- 10- Ghias-Abadi M., Khajeh-Hosseini M., Mohammad-Abadi A.A. 2014. Effects of transplanting date on growth and yield of forage maizen (*Zea Mays* L.) in Mashhad. Iranian Journal of Field Crops Research 12(1): 137-145. (In Persian with English Abstract).
 - 11- Gholami A., Shahsavani S. and Nezarat S. 2009. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on germination, seedling growth and yield of maize. Proceedings of World Academy of Science. Engineering and Technology 37: 2070-2740.
 - 12- Gholam-Negad-Nasir-Abadi S., Arouei H., and Nemati S.H. 2011. Effect of cocopeat and vermicompost substrates as a seed bed on emergence and some qualitative and quantitative characteristics of sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) transplants. Iranian Journal of Horticultural Sciences 25(4): 369-375. (In Persian).
 - 13- Gray, E.J., and Smith, D.L. 2005. Interacellular and extracellular PGPR: Commonalities and distinctions in the plant-bacterium signaling processes. Soil Biology and Biochemistry Journal 37: 395-412.
 - 14- Hasan-Zadeh-Kahl-Salafi S., Taheri G., and Mehrzad. J. 2012. The effects of priming on sweet corn (*Zea Mays* Cv Basin) germination under sodium chloride conditions. Journal of Seed Science and Technology 2(1): 62-70. (In Persian).
 - 15- Imran M., Asim M., Volker R. and Gunter N. 2013. Nutrient seed priming improves seedling development of maize exposed to low root zone temperatures during early growth. Europe. J. Agronomy, 49:141-148.
 - 16- Kaukis, K. and Davis D. W. 1986. Sweet Corn Breeding. in: Breeding Vegetable Crops. Ed. By M. j. Bassett. AVIPub. West Port.
 - 17- Khajeh-Hosseini M., Lomhololt A. and Matthews S. 2009. Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigor and field performance seeds lots of maize. Seed Science and Technology 37:446-456.
 - 18- Lucy, M. and Glick, B.R. 2004. Application of free living plant growth promoting rhizobacteria. Journal of Antonie van Leeuwenhoek 86: 1-25
 - 19- Manzari-Tavakkoli A., Khajeh-Hosseini M. and Mohammad-Abadi A.A. 2014. Evaluation of effects of volume size and seedbed in tray on transplant characteristics of sweet corn (*Zea mays*. L). First International & 13th Iranian Crop & Plant Breeding Sciences Congress and 3rd Seed Science and Technology Congress. Karaj. (In Persian with English Abstract).
 - 20- Michel, B. M. R. Kaufman. 1973. The osmotic potential of PEG 6000. Plant Physiology 51: 914-916.
 - 21- Miedema P., Post J. and Groot P.J. 1987. The Effects of Low Temperature on Seedling Growth of Maize Genotypes. Pudoc, Wageningen, the Netherlands.
 - 22- Miedema P., 1982. The effects of low temperature on *Zea mays*. Advances in Agronomy 35: 93-128.
 - 23- Mirabi E., Nemati S.H., and Mehrbakhsh M.M., and Ebrahimi, H. 2008. Effects of substrate and cultivar on the agronomic and physiological characteristics of melon transplant. Journal of Horticultural Science 27(4): 375-382. (In Persian).
 - 24- Muldoon D.K., Wheeler J.L. and Pearson C.J., 1984. Growth mineral composition and digestibility of maize sorghum and barnyard millets at different temperatures. Australian Journal of Agricultural Research 35: 367-378.
 - 25- Murungu F. S., Chiduza C., Nyamugafata P., Clark L. J., Whalley, W. R. and Finch-Savage W. E. 2004. Effect of on-farm seed priming on consecutive daily sowing occasion on the emergence and growth of maize in semi-arid Zimbabwe. Field Crops Research 89: 49-57.
 - 26- Murungu F.S., Nyamugafata P., Chiduza C., Clark L.J., and Whalley W.R. 2003. Effects of seed priming aggregate size and soil matric potential on emergence of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and maize (*Zea mays* L.). Soil and Till Research 74:161-168.
 - 27- Ndegwa P. M., and Thompson S. A. 2001. Integrating composting and vermicomposting in the treatment and bioconversion of biosolids. Bioresource Technology 76(2): 107-112.
 - 28- Nezami A., Khazaei H.R. Mirhashemi S.M., and Hasan-zade F. 2013. The effect of seed hydropriming on germination and seedling growth maize (*Zea Mays* L.) under controlled conditions. Iranian journal of seed science and technology 1: 39-54 (In Persian).
 - 29- Nik-razm, R., Alizade-ajirlo, S., Khalighi, A., and Tabatabayi, S. 2011. Effects of different seedbed on the growth of two *Lilium* cultivars in soilless culture. Journal of science and technology of greenhouse culture 6: 1-8. (In Persian).
 - 30- Sayyed-Sharifi, R., and Khavazi, K. 2011. Effect of plants growth stimulating bacteria on germination characteristics and corn (*Zea mays* L.) seedling growth. Journal of Agroecology 3(4): 506-513. (In Persian).
 - 31- Shaukat, K., Affrasayab, S., and Hasnain, S. 2006. Growth responses of *Helianthus annusto* plant growth promoting rhizobacteria used as a biofertilizer. Journal of Agriculture Research 1(6): 573-581.
 - 32- Zarandi M. 2014. The effect of seed priming, transplanting and biofertilizers on yield and yield components of watermelon (*Citrullus Lunatus*). Master's thesis, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).



Evaluation of the Effect of Seed Priming and Seedbed on Characteristic of Transplant Sweet Corn (*Zea Mays* L.)

A. Manzari-Tavakkoli¹ - M. Khajeh-Hosseini^{2*} - A. A. Mohammad Abadi³

Received: 13-08-2014

Accepted: 14-02-2015

Introduction

Corn (*Zea mays* L.) is one of the main cereals in the tropical and temperate regions of the world. Sweet corn obtained from a genetic mutation on chromosome 4 locus SU conventional maize resulting accumulation of sugars and polysaccharides which are soluble in seed endosperm. Unlike other types of corn, sweet corn endosperm contains a lot of sugar to starch, which is called Amylodextrin and it is soluble in water. Producing healthy and uniform plants is one of the requirements of modern agriculture. Considering the unsuitable climatic condition in Iran (arid and semiarid) transplantation is one of the requirements for sustainable agriculture particularly in sweet corn production with high water requirement where transplantation is able to save at least 2-3 times of irrigations. Therefore, producing high quality transplants is an important practice for successful seedling establishment. Hence, the objective of this study was to evaluate the effects of seed priming and substrate types on the characteristics of sweet corn transplants.

Materials and Methods

This experiment was conducted as factorial based on a completely randomized design with three replications. Treatments were three levels of seeds pretreatment: no priming (p_1), hydropriming (p_2) and biopriming (p_3), and another factor was seedbeds types in seven levels including: vermicompost (b_1), perlite (b_2), cocopeat (b_3), vermicompost+perlite (b_4), vermicompost+ cocopeat (b_5), perlite+ cocopeat (b_6) and vermicompost+ cocopeat +perlite (b_7). Biopriming using bioaminopalis biological fertilizer applied on the seeds for 24hours in a solution containing micro-organisms such azotobacter and Pseudomonas. Then the non-primed and the primed seeds were sown in the plastic pots and grown in a greenhouse with average temperature of 22-25° C. Samples were taken three weeks after planting.

Results and Discussion

Mean emergence time

Emergence is shoot elongation and growth leading the shoots out of the soil. Shorter mean emergence time indicates the plants emergence more quickly as a desirable characteristic. Results from analysis of variance showed that the mean emergence time was significantly influenced by seed priming treatments ($P \leq 0.01$). The type of seedbed and interaction of two factors, seedbed and priming had no significant effect on mean emergence time (Table 1). Non treated seeds (P_1) had the longest mean emergence time of 3.06 days compared with treated seeds (P_2 , P_3) (Table 2).

Shoot length

The results showed that the type of the seedbed and seed priming pretreatment had a significant effect on the shoot length on the sweet corn transplants. The interaction between these two factors on shoot length was also significant (Table 1). Bioprimed seeds produced transplants with 17.86 cm shoot length superior to the non-primed seeds, while it did not show statistically significant difference with the hydroprimed seeds. Sweet corn seeds inoculation with bacteria resulted a significant increase in the seedling shoot length. Sayed-Sharifi and Khavazi (2011) also found similar results. Seed bed also had a significant effect on sweet corn seedling shoot length. As the vermicompost + cocopeat and vermicompost seedbeds produced seedlings with shoot length of 21 and 20.68 cm respectively, while perlite+coco peat and perlite showed the lowest shoot length of 10.98 and

1- Former MSc Student in Agroecology, Department of Crop Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Department of Crop Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Department of Crop Science, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

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

11.08 respectively (table 2). Nicknam et al. (2012) also investigated the influence of different substrates on the growth of two cultivars of lily (*Lilium ledebourii*) and found that seedbeds containing vrmikvlayt and perlite produced transplants with a shorter shoot length. P3b5 treatment where the seeds primed with microorganisms such as pseudomonas and the seedlings grown in the vermicompost resulted in the highest (24 cm) shoot length possibly due to more availability of the nutrients while P1b2 treatments produced the shortest (9.9 cm) shoot length seedlings (Figure 1)

Leaf area

The seeds pretreatment ($P \leq 0.05$), the kind of seedbed and the interactions between these factors ($P \leq 0.01$) have significant effect on the sweet corn leaf area (Table 1). The seedlings of the bioprimered seeds produced a higher leaf area of 60.65 cm² compared with the control and hydropriming treatments possibly due to more availability of the nutrients. Seed pretreatment with biological fertilizer of bioaminopalis that contained bacteria, azotobacter and pseudomonas had direct and indirect effects on plant growth leading to expansion of the leaf area. The direct effects of these bacteria could be used in producing chemical components needed for plant growth, facilitating nutrients uptake, atmospheric nitrogen fixation and plant hormones production such as auxin and gibberellins, enhancing plant growth in various stages of development, or construction of enzymes involved in the plant growth.

Conclusions

Seed priming and vermicompost seedbed improved the quality of the produced transplants. This system was recommended for sweet corn production in Iran using transplants in order to save at least 2-3 times of the irrigation per year where the country is suffering from serious water crises.

Keywords: Biological biofertilizer, Hydropriming, Nursery, Seedling, Transplanting



ارزیابی روابط هورمون‌های اکسین و سیتوکینین بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت در شرایط تنش خشکی

علی ماهرخ^{۱*} - مجید نبی‌پور^۲ - حبیب‌الله روشنفکر دزفولی^۳ - رجب چوکان^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۱۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۷

چکیده

کاهش رشد گیاه در شرایط تنش خشکی نتیجه برهم خوردن تعادل هورمون‌ها می‌باشد، بنابراین کاربرد خارجی تنظیم‌کننده‌های رشد می‌تواند عاملی در جهت معکوس کردن تنش‌های غیرزنده باشد. این مطالعه به منظور ارزیابی کاربرد هورمون‌های سیتوکینین و اکسین بر عملکرد دانه و اجزای آن در ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی اجرا شد. آزمایش در سه محیط جداگانه، شامل محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی انجام شد. هورمون‌های سیتوکینین در سه سطح (شاهد، محلول پاشی در مرحله پنج تا شش برگی و هشت تا دوبرگی) و اکسین در سه سطح (شاهد، محلول پاشی در مرحله ظهور ابریشم و ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم) در هر محیط در سه تکرار به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در مزرعه مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج در سال زراعی ۱۳۹۲ اجرا شد. بیش‌ترین عملکرد دانه در محیط بدون تنش و مصرف هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم به ترتیب با میانگین ۱۲/۸۰ و ۱۲/۲۴ تن در هکتار حاصل شد. اختلاف عملکرد دانه در شرایط تنش زایشی و بدون تنش معنی‌دار بود، و ۴۹/۲۱ درصد نسبت به محیط بدون تنش افت کرد. محلول پاشی هورمون سیتوکینین باعث افزایش تعداد دانه و کاهش وزن دانه شد، ولی محلول پاشی هورمون اکسین باعث افزایش وزن دانه و عملکرد دانه گردید. بر اساس نتایج تجزیه مرکب حاصل از این آزمایش، در شرایط تنش خشکی، محلول پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین به ترتیب در مراحل هشت تا دوبرگی و ظهور ابریشم به دلیل برقراری تعادل هورمونی مختل شده، تا حدود ۲۰ درصد مانع از افت عملکرد دانه در شرایط تنش زایشی شدند و به عنوان مراحل حساس در واکنش به این هورمون‌ها در شرایط تنش خشکی توصیه می‌شوند.

واژه‌های کلیدی: تعادل هورمونی، تنش رویشی، تنش زایشی، تنظیم‌کننده رشد، محلول پاشی هورمون

مقدمه

طولانی‌تر شدن فاصله بین گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم (ASI) در این گیاه می‌شود که به شدت باعث کاهش تعداد دانه خواهد شد (Emeadeas *et al.*, 2000). در شرایط خشکی پیرشدن برگ تسریع و اندازه کانوپی کاهش می‌یابد که به شدت بر عملکرد محصول مؤثر است. تأخیر در پیری برگ تأثیرات مثبتی بر کاهش اثرات مضر خشکی بر عملکرد محصول دارد (Rivero *et al.*, 2007). تنش خشکی پس از گرده افشانی در ذرت باعث کاهش رشد دانه و اغلب عملکرد دانه می‌شود. دانه‌ها در منطقه انتهایی بلال بیش‌تر از دانه‌های پایینی تحت تأثیر قرار می‌گیرند. کمبود آب در طی مراحل اولیه نمو آندوسپرم ممکن است مانع از رشد دانه به وسیله کاهش تقسیم سلول‌های آندوسپرم شود و این پاسخ ممکن است به وسیله تغییر در سطح هورمون آبسزیک اسید (ABA) صورت گیرد (Ober *et al.*, 1991). تنش خشکی باعث کاهش تعداد هسته‌های آندوسپرم در طی دوره نمو آندوسپرم می‌شود و بیش‌ترین تأثیر نیز بر روی دانه‌های انتهایی بلال است (Ober *et al.*, 1991).

در حال حاضر تنش خشکی به علت کمبود جهانی منابع آبی، تبدیل به عامل اصلی محدودیت تولید گیاهان زراعی در عرصه جهانی شده است. هم‌چنین، خشکی مهم‌ترین عامل محدودیت تولید ذرت (*Zea mays*) است (Sallah *et al.*, 2002). تخمین زده شده است که خشکی باعث کاهش بیش‌تر از ۵۰ درصد از عملکرد ذرت در سراسر جهان می‌شود. در ذرت خشکی باعث کاهش سطح برگ، مقدار کلروفیل برگ، فتوسنتز و نهایتاً کاهش عملکرد دانه می‌شود (Athar and Ashraf, 2005). در زمان گل‌دهی، خشکی باعث

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه شهید چمران اهواز و

پژوهشگر مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

۲- استاد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۴- استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

(*) - نویسنده مسئول: (Email: ali_mahrok229@yahoo.com)

غیرمستقیم تحت تأثیر تنش‌ها و هورمون‌های گیاهی قرار می‌گیرند (Pospisilova, 2003). تنظیم‌کننده‌های رشد گیاه به‌طور گسترده‌ای به‌صورت طبیعی و سنتزی در محصولات کشاورزی به‌عنوان عاملی در جهت بهبود گیاهان زراعی استفاده می‌شوند (Pospisilova, 2003). هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های دخیل در پاسخ‌های گیاهی به‌اثرات نامطلوب شرایط محیطی شناخته شده هستند (Walker et al., 2009; Kaya et al., 1981). برخی مطالعات نشان می‌دهد که هورمون‌ها تنظیم‌کننده‌های ضروری برای انتقال و تسهیم فراورده‌های فتوسنتزی برای پُرشدن دانه در غلات هستند و بنابراین می‌توانند در تنظیم وزن دانه و عملکرد دخیل باشند (Ahmadi and Baker, 1999).

تنش خشکی باعث برهم خوردن تعادل هورمون‌ها شامل: افزایش ABA در برگ و یا کاهش مقدار سیتوکینین، اکسین و جیبرلین می‌شود. (Pospisilova, 2003). در آزمایشی در ذرت مقدار ۲۰ میکرومول از هورمون‌های IAA, GA₃, Kinetin و مخلوط آن‌ها استفاده شد. با محلول‌پاشی هورمون‌ها، عملکرد، سطح برگ و رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش قابل‌توجهی داشتند، که نشان از همبستگی کامل میان این سه فاکتور است. (Shaddad et al., 2011). قابل‌ذکر است که IAA تنها هورمونی بود که تا رطوبت در حد ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه توانست عملکرد قابل‌قبولی تولید کند، اگرچه سایر هورمون‌ها افزایش قابل‌ملاحظه‌ای در رشد گیاه در مرحله رشد رویشی داشتند. در این آزمایش در ۲ رقم حساس به‌خشکی در ذرت، محلول‌پاشی هورمون‌ها باعث افزایش عملکرد به‌میزان بیش‌تر از شاهد در شرایط کاهش رطوبت تا ۷۰ درصد ظرفیت مزرعه شد. همچنین، تولید عملکرد در استفاده از هورمون IAA در شرایط کاهش رطوبت تا ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه و شرایط آبیاری نرمال (رطوبت در حد ۹۰ درصد ظرفیت مزرعه) یکسان بود. نتایج پژوهشی نشان‌داد هنگامی که رطوبت خاک به ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه رسید، هیچ عملکردی حاصل نشد ولی در شرایط استفاده از هورمون‌ها در همین مقدار رطوبت خاک، مقدار ۲۵ درصد عملکرد شاهد حاصل شد (Shaddad et al., 2011).

در آزمایشی دیگر (Wang et al., 2008) گیاهچه‌های ذرت در روز دوم اعمال تنش خشکی شروع به‌پژمرده شدن کردند و روند افزایش ارتفاع گیاه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش یافت، درحالی‌که علائم پژمردگی در گیاهچه‌های ذرت که با هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین تیمار شده بودند تا روز پنجم اعمال تنش خشکی مشاهده نشد. پس از هفت‌روز تنش خشکی ارتفاع گیاهچه‌های ذرت ۱۶/۷۱ درصد نسبت به‌شاهد کاهش یافت، درحالی‌که گیاهچه‌های تیمار شده با جیبرلین و سیتوکینین به‌ترتیب فقط ۹/۶۶ درصد و ۷/۸۳ درصد در مقایسه با شاهد کاهش یافتند. از سوی دیگر، کاربرد سیتوکینین و

اگرچه، آب ناکافی یکی از اصلی‌ترین محدودیت‌های رشد گیاهان زراعی است، ولی تأثیرات کمبود آب در مراحل مختلف رشد گیاهان متفاوت است. در ذرت، اگر کمبود آب در مرحله گل‌دهی یا پُرشدن دانه رخ دهد، کاهش عملکرد دانه بسیار شدید خواهد بود (Claassen and Shaw, 1970). تنش خشکی در مرحله گل‌دهی اثر زیادی بر تعداد دانه دارد، درحالی‌که تنش خشکی پس از گرده‌افشانی به‌طور عمده بر اندازه دانه اثر دارد (Claassen and Shaw, 1970). در ۱۰ تا ۱۵ روز پس از گرده‌افشانی، ذرت از مرحله تقسیم سلولی آندوسپرم وارد مرحله تجمع مواد ذخیره‌ای می‌شود (Marks et al., 1985). در گیاهانی که حدود هفت تا ۱۵ روز پس از گرده‌افشانی به‌خوبی آبیاری شده‌اند فعالیت آنزیم‌ها در مسیر سنتز نشاسته افزایش می‌یابد اما در حدود ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به‌حداکثر خود می‌رسند (Ober et al., 1991). تعداد سلول‌های آندوسپرم همبستگی نزدیکی با اندازه نهایی دانه دارد. بنابراین تنش خشکی باعث کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم دانه ذرت در نتیجه باعث کاهش اندازه دانه و درنهایت باعث کاهش عملکرد دانه خواهد شد (Ober et al., 1991). برخی پژوهش‌گران (Doorenbos and Kassam, 1979) گزارش کردند که ذرت به‌کمبود آب در مرحله رویشی و رسیدگی متحمل است و بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود رطوبت در پروفیل خاک در طی دوره گل‌دهی رخ می‌دهد. در مطالعه آن‌ها، تنش رطوبتی در یک یا دو مرحله حساس (ظهور گل‌نر و تشکیل بلال) به‌طور جدی باعث کاهش عملکرد شد، و آبیاری در این دو مراحل باعث بالاترین عملکرد دانه شد.

گیاهان طوری تکامل یافته‌اند که توانایی سازگاری الگوی رشدشان را در پاسخ به‌محرك‌های محیطی داشته باشند. یک الگوی تعادل مناسب در ریشه و اندام‌های هوایی برای جذب مناسب مواد غذایی، نور و آب بسیار مهم است. تولید اندام و بافت در گیاهان به‌وسیله سلول‌های بنیادی گیاه (سلول‌های مرستمی) تداوم پیدایمی‌کند و به‌وسیله اثرات پیچیده بین هورمون‌های مختلف تنظیم می‌شود (Muraro et al., 2011). هورمون‌های گیاهی به‌عنوان عاملی در جهت سازگاری گیاهان به‌تنش‌های خشکی و نقش مهم آن‌ها در رشدونمو گیاهان شناخته شده هستند. تنش خشکی باعث تغییر سطح هورمون‌های گیاهی می‌شود (Kawai and Uchimiga, 2000). کاهش رشد در شرایط تنش در نتیجه تغییرات نفوذپذیری غشاء و جذب آب در اثر تغییرات سطح هورمون‌های داخلی رخ می‌دهد (Farooq et al., 2009; Karmoker and Van Steveninck, 1979). هنوز هم اطلاعات کمی درباره ارتباط مقدار هورمون‌های داخلی گیاه و آسیب سلول در شرایط تنش خشکی در ذرت وجود دارد (Wang et al., 2008).

تقریباً تمام فرایندهای زندگی گیاهان به‌طور مستقیم یا

بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه ذرت، هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در شرایط تنش خشکی طراحی شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، با ارتفاع ۱۳۲۱ متر از سطح دریا بین ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۱ درجه طول شرقی در سال زراعی ۱۳۹۲ به اجرا درآمد. میزان متوسط بارندگی سالیانه ۲۷۵ میلی متر بوده که با زمستان‌های سرد جزو مناطق سرد کم‌باران به‌شمار می‌رود. بافت خاک مزرعه رسی-شنی، با وزن مخصوص ظاهری حدود ۱/۳۶ گرم بر سانتی متر مکعب، pH حدود ۷/۵ و هدایت الکتریکی ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و ظرفیت زراعی حدود ۲۶ درصد وزنی می‌باشد. عملیات تهیه بستر شامل شخم برگردان، رتیواتور، دیسک و تسطیح بهاره بود. براساس آزمون خاک، قبل از کاشت، به ترتیب حدود ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و فسفات آمونیوم مصرف شد و در مرحله شش-هشت‌برگی نیز معادل ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره به‌صورت سرک توزیع شد. به دلیل کفایت میزان پتاسیم خاک این نوع کود استفاده نشد (جدول ۱).

جیبرلین نشت الکترولیت‌ها را در مواجهه با تنش خشکی کاهش داد. بنابراین، پیشنهاد شد که هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین می‌توانند در تخفیف آسیب‌سلولی در مواجهه با تنش خشکی در گیاهچه‌های ذرت مؤثر باشند. مطالعه حاضر نشان داد که کاربرد خارجی سیتوکینین و جیبرلین باعث کاهش آسیب‌سلولی و بهبود رشد گیاهچه‌های ذرت در شرایط تنش خشکی می‌شود. بنابراین، نتایج حاکی از آن است که هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین ممکن است به‌پایداری غشاء سلول و افزایش تحمل خشکی در گیاهچه‌های ذرت مفید باشند.

۱۰ روز پس از گرده‌افشانی ذرت تغییراتی در نسبت هورمون سیتوکینین به اکسین مشاهده می‌شود و این تغییرات هورمونی منجر به شروع تجمع نشاسته و ذخیره پروتئین در این مرحله می‌شود. این امکان وجود دارد که سیتوکینین و اکسین نقش مستقلی در این زمینه داشته باشند (Lur' and Setter, 1993). در آزمایشی (Yang, 2003) بیان شد که سیتوکینین و اکسین احتمالاً باعث تنظیم پُرسدن دانه در اوایل مراحل پُرسدن دانه در برنج (*Oryza sativa*) می‌شوند و این کار احتمالاً از طریق دست‌کاری تقسیم سلول‌های آندوسپرم و ایجاد قدرت کشش مقصد انجام می‌شود.

این آزمایش جهت تعیین رابطه هورمون‌های اکسین و سیتوکینین

جدول ۱- میزان موجودی NPK بر اساس آزمون خاک

Table 1- NPK values in soil test

سال آزمایش Year	درصد نیتروژن کل percent Total Nitrogen	فسفر قابل استفاده (ppm) Available Phosphorus	پتاسیم قابل استفاده (ppm) Available potassium
2013	0.11	8.72	231.1

بعد از آماده‌سازی بستر مناسب بذر سه‌آزمایش مستقل به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. در این آزمایش هیبرید KSC704 در سه محیط جداگانه، شامل محیط یک: شاهد یا بدون تنش خشکی (آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه)، محیط ۲: تنش خشکی در مرحله رشد رویشی (در مرحله V₄ تا ظهور گل‌تاجی، آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه صورت‌گرفت ولی از مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه صورت‌گرفت) و محیط سه: تنش خشکی در مرحله رشد زایشی (از مرحله V₄ تا ظهور گل‌تاجی آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد ظرفیت مزرعه صورت‌گرفت، ولی در مرحله گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک آبیاری پس از رسیدن رطوبت خاک به ۵۰ درصد ظرفیت مزرعه صورت‌گرفت) و هورمون اکسین (در سه‌زمان مصرف: شاهد یا عدم مصرف، ظهور ابریشم و ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم) و هورمون سیتوکینین (در سه‌زمان مصرف: شاهد یا عدم مصرف، تشکیل جوانه بلال یعنی مرحله

V₅-V₆ و مرحله V₈-V₁₀) به‌صورت فاکتوریل در هر محیط، به‌شکل تصادفی مورد ارزیابی قرار گرفت. کاشت به‌صورت جوی‌پشته، فاصله پشته‌ها از هم ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها پس از تنک‌کردن حدود ۱۸ سانتی‌متر (تراکم کاشت حدود ۷/۵ بوته در متر مربع)، هر کرت آزمایشی شامل پنج خط کاشت به‌طول شش‌متر بود. از ایندول بوتریک اسید (IBA) و بنزیل‌آدنین (BA) (تهیه‌شده از نمایندگی شرکت مرک آلمان) به‌ترتیب به‌عنوان هورمون‌های اکسین و سیتوکینین استفاده شد. غلظت مصرف هورمون‌های اکسین و سیتوکینین به‌ترتیب در کرت‌های مورد نظر به‌مقدار ۱۰ و ۵۰ میلی‌گرم در لیتر بود. به‌منظور جذب بیش‌تر هورمون از ماده سورفاکتانت توین ۲۰ (تهیه‌شده از نمایندگی شرکت مرک آلمان) استفاده شد و محلول‌پاشی در عصر پس از غروب خورشید انجام شد. هم‌چنین جهت افزایش حلالیت بیش‌تر هورمون در آب از اتانول ۷۰ درصد استفاده شد. برای از بین بردن اثرات آب و اتانول، در کرت‌های شاهد به‌طور هم‌زمان ترکیب آب و اتانول محلول‌پاشی شد. برای تعیین زمان آبیاری از

تأثیر تنش خشکی بر تعداد بلال در بوته، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در مترمربع، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود، اما تعداد دانه در ردیف معنی دار نبود (جدول ۲). محلول پاشی هورمون سیتوکینین بر تعداد بلال، تعداد ردیف دانه، تعداد دانه در مترمربع در سطح احتمال یک درصد و بر وزن هزاردانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود و بر تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه معنی دار نبود (جدول ۲). همچنین، محلول پاشی هورمون اکسین بر وزن هزاردانه و عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود و بر سایر اجزای عملکرد معنی دار نبود (جدول ۲).

تعداد بلال

بیشترین تعداد بلال در محیط بدون تنش خشکی با میانگین ۹۶/۰ بلال در هر بوته حاصل شد (جدول ۳). در شرایط تنش در مرحله زایشی تولید بلال در هر بوته افت کرد و به ۷۲/۰ بلال در هر بوته رسید، یعنی ۲۸ درصد بوته‌ها فاقد بلال بودند که این مقدار نیز با تولید بلال در شرایط تنش در مرحله رویشی معنی دار نبود (جدول ۳). به نظر می‌رسد عدم توانایی تولید بلال در شرایط تنش رویشی و زایشی به ترتیب به دلیل عدم تشکیل جوانه بلال در مرحله پنج تا ۱۰ برگی و عدم ظهور ابریشم به دنبال تنش خشکی باشد.

محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باعث افزایش ۱۰ درصدی تولید بلال نسبت به عدم محلول پاشی هورمون سیتوکینین شد. ولی مصرف این هورمون در مرحله پنج تا شش برگی بر تولید بلال معنی دار نبود (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش غلظت هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باعث افزایش تقسیم سلول‌های می‌ستمی مولد جوانه بلال شده و کاهش تقسیم سلولی در شرایط تنش خشکی را جبران کرده است. در همین راستا نیز برخی محققین گزارش کردند که سیتوکینین‌ها با هماهنگی یا تضاد با سایر هورمون‌های گیاهی باعث تقسیم سلولی و فرایندهای مرتبط با رشد گیاه می‌شوند (Zazimalova et al., 1999). در مرحله رشد رویشی از زمان پنج تا ۱۰ برگی چندین جوانه بلال تولید می‌شود ولی نهایتاً یک یا ۲ عدد از این جوانه‌ها شکل گرفته و به بلال تبدیل می‌شوند. احتمالاً جوانه تولیدی در مرحله پنج تا شش برگی سقط شده است و به همین دلیل مصرف هورمون سیتوکینین در این مرحله نتوانسته مانع از سقط جوانه بلال شود.

مصرف هورمون اکسین در هر ۲ مرحله ظهور ابریشم و ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم بر تولید بلال بی‌تأثیر بود (جدول ۳)، که باتوجه به زمان تشکیل جوانه بلال (مرحله رویشی) و زمان مصرف هورمون اکسین (مرحله زایشی) چنین واکنشی بدیهی به نظر می‌رسد.

تعداد ردیف دانه

بیشترین تعداد ردیف دانه با میانگین ۱۶/۳۸ ردیف در شرایط

اندازه‌گیری رطوبت وزنی خاک در هر محیط استفاده شد و تیمارهای مختلف تنش خشکی متناسب با هر محیط آزمایش و بر اساس مراحل فنولوژیکی گیاه اعمال شد. برای تعیین حجم آب مصرفی در هر آبیاری در هر محیط، قبل از آبیاری نمونه برداری از خاک محیط موردنظر تا عمق توسعه ریشه انجام شد و درصد رطوبت وزنی خاک تعیین شد. حجم آب آبیاری با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ در هر آبیاری تعیین گردید. مقدار آب مصرفی با استفاده از کنتور که در ابتدای فلکه اصلی قرار داده شده بود، کنترل گردید. آبیاری نیز به صورت جوی و پشته و با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم و دریچه‌هایی که در ابتدای خطوط کاشت تعبیه شده بود صورت گرفت.

$$H = \rho b(\theta_{F.C} - \theta_m).D \quad (1)$$

$$V = H \times A \quad (2)$$

در معادله‌های ۱ و ۲، H نشان‌دهنده ارتفاع آب داخل کرت، ρb جرم مخصوص ظاهری خاک، $\theta_{F.C}$ رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه، θ_m رطوبت جرمی کرت موردنظر در زمان آبیاری، D عمق توسعه ریشه، V حجم آب آبیاری در کرت و A مساحت کرت است. میزان مصرف آب در محیط بدون تنش خشکی، تنش در مرحله رشد رویشی و تنش در مرحله رشد زایشی به ترتیب ۱۰۶۴۲، ۸۴۲۵ و ۸۷۸۷ مترمکعب در هکتار بود.

برای مبارزه با علف‌های هرز قبل از کاشت از علف‌کش ارادیکان معادل شش لیتر در هکتار و پس از کاشت نیز، یک بار وجین دستی در مرحله چهار تا شش برگی صورت گرفت. برای مبارزه با آفات ذرت در همین مرحله از حشره‌کش سوین به میزان سه لیتر در هکتار استفاده شد. برداشت نهایی از سطحی معادل ۴/۵ متر مربع با رعایت حاشیه، در زمان رسیدگی زراعی برای تخمین عملکرد دانه (با رطوبت ۱۴ درصد) صورت گرفت. جهت تعیین اجزای عملکرد، تعداد ردیف دانه و تعداد دانه در هر ردیف بلال، تعداد ۱۰ بلال به طور تصادفی از بلال‌های برداشت شده از هر کرت انتخاب و تعداد دانه به صورت دستی بر روی بلال شمارش گردید، میزان رطوبت دانه نیز با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج دیجیتالی مدل DICKEY JOHN تخمین زده شد. شمارش دانه برای تخمین وزن هزاردانه با استفاده از دستگاه بذرشمار مدل دیجیتالی صورت گرفت و سپس هزاردانه شمارش شده با ترازوی حساس توزین و وزن هزاردانه بر حسب گرم محاسبه گردید. پس از انجام آزمون بار تلت، نتایج هر سه محیط به صورت مرکب تجزیه شدند. برای محاسبه تجزیه واریانس داده‌ها از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ استفاده گردید، و میانگین عوامل آزمایش با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

بدون تنش خشکی حاصل شد، که با تعداد ردیف دانه تولیدی در محیط تنش زایشی معنی دار نبود (جدول ۳).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر تنش خشکی و محلول پاشی هورمون ها بر تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد در ذرت دانه ای
Table 2- the results of variance analysis drought stress effect and spraying hormones on variation of yield and components in grain maize

میانگین مربعات Mean of square							
منابع تغییرات Source of variance	df	تعداد بلال در هر بوته ears per plant	تعداد ردیف دانه row/ear	تعداد دانه در ردیف Kernels row ⁻¹	تعداد دانه در متر مربع Kernels per m ²	وزن هزار دانه 1000 kernels weight	عملکرد دانه Grain yield
محیط Environmental	2	0.376**	40.48**	230.29 ^{ns}	14570986.78**	36143.59**	349.63**
بلوک (محیط) Block (environmental)	6	0.094	2.17	144.09	6500869.72	5358.27	74.27
سیتوکینین Cytokinin	2	0.099**	13.05**	52.26 ^{ns}	7552601.89**	16144.36*	1.24 ^{ns}
سیتوکینین × محیط Cytokinin × Environmental	4	0.009 ^{ns}	0.047 ^{ns}	12.49 ^{ns}	332113.06 ^{ns}	3255.95*	0.40 ^{ns}
اکسین Auxine	2	0.008 ^{ns}	0.07 ^{ns}	7.97*	227506.59 ^{ns}	9617.10**	50.73**
اکسین × محیط Auxine × Environmental	4	0.017 ^{ns}	0.11 ^{ns}	21.88 ^{ns}	883871.94 ^{ns}	577.08 ^{ns}	0.90 ^{ns}
سیتوکینین × اکسین Cytokinin × Auxine	4	0.008 ^{ns}	0.26 ^{ns}	10.49 ^{ns}	267425.43 ^{ns}	2165.97 ^{ns}	3.37 ^{ns}
سیتوکینین × اکسین × محیط Cytokinin × Auxine × Environmental	8	0.014 ^{ns}	1.53**	40.70*	1099430.85 ^{ns}	511.76 ^{ns}	3.98 ^{ns}
خطا Error	48	0.018	0.45	18.59	557382.2	1150.91	5.04

*, ** و ns به ترتیب نشان دهنده معنی دار بودن در سطح احتمال پنج، یک درصد و معنی دار نبودن اثر عوامل آزمایشی می باشند

*, **, Significant at the 5% and 1% levels respectively and ns: no significant

محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی حاصل شد (جدول ۳). به نظر می رسد افزایش تقسیم سلول های مریستمی جوانه بلال تشکیل شده در این مرحله باعث افزایش تعداد ردیف دانه شده است، ولی مصرف هورمون سیتوکینین در مرحله پنج تا شش برگی باعث افزایش تعداد ردیف دانه نشد (جدول ۳). احتمالاً جوانه بلال تشکیل شده در این مرحله سقط شده و بلال نهایی ایجاد شده در مراحل بعدی تشکیل شده و باعث شده که افزایش غلظت سیتوکینین در این مرحله بر تعداد ردیف دانه مؤثر نباشد (جدول ۳).

محلول پاشی هورمون اکسین باعث افزایش تعداد ردیف دانه نشد (جدول ۳)، که البته چنین واکنشی باتوجه به زمان مصرف این هورمون (مرحله گرده افشانی و ۱۵ روز پس از گرده افشانی) که پتانسیل تعداد ردیف دانه شکل گرفته است بدیهی به نظر می رسد.

در شرایط تنش رویشی میانگین تعداد ردیف دانه در بلال نسبت به محیط بدون تنش ۱۴/۵۲ درصد به طور معنی داری افت کرد. به نظر می رسد کاهش تقسیم سلول های مریستمی در زمان تشکیل جوانه بلال در مرحله رشد رویشی در شرایط تنش خشکی باعث کاهش تعداد ردیف دانه شود. دیگر پژوهش گران نیز گزارش کردند که تشکیل پتانسیل نهایی تعداد ردیف دانه در ذرت از مرحله پنج برگی شروع می شود و تا پایان تقسیم سلول های مریستمی در مرحله حدوداً ۱۰ تا ۱۲ برگی ادامه دارد، و ایجاد شرایط نامساعد در این مرحله باعث کاهش تعداد ردیف دانه خواهد شد (Choukan, 2012). هم چنین برخی دیگر از محققین (Emeadeas et al., 2000) نیز، کاهش تعداد ردیف دانه ذرت را به طولانی شدن فاصله بین گرده افشانی تا ظهور ابریشم و کاهش درصد لقاح نسبت دادند.

بیشترین تعداد ردیف دانه با میانگین ۱۶/۱۶ دانه در هر ردیف با

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های عملکرد و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای، تحت تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی هورمون‌ها در مراحل مختلف رشد

Table 3- means corporation yield and yield components grain maize affected drought stress and spraying hormones in growth different stages

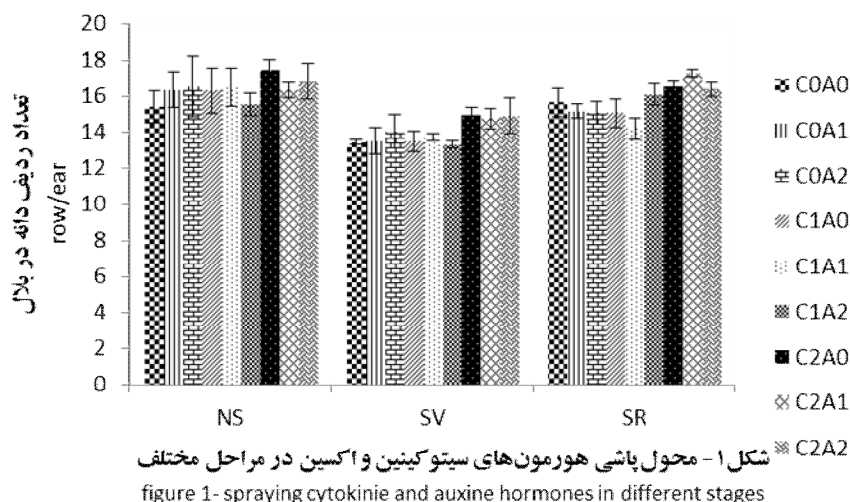
عوامل آزمایشی Experimental factors	تعداد بلال در هر بوته ears per plant	تعداد ردیف دانه row/ear	تعداد دانه در ردیف Kernels/row	تعداد دانه در متر مربع Kernels per m ²	وزن هزار دانه 1000 kernels weight (g)	عملکرد دانه grain yield (ton per hectare)
محیط Environmental						
بدون تنش خشکی Non drought stress	0.96 a	16.38 a	45.30 a	5048.9 a	308.54 a	12.80 a
تنش خشکی در مرحله رشد رویشی Drought stress in vegetative stage	0.86 ab	14.00 b	45.11 a	4018.3 b	317.64 a	12.67 a
تنش خشکی در مرحله رشد زایشی Drought stress in productive stage	0.72 b	15.71 a	40.15 a	3626.8 b	250.21 b	6.50 b
محلول‌پاشی سیتوکینین Cytokinin spraying						
شاهد Control	0.82 b	15.02 b	44.73 a	4004.5 b	306.03 a	10.90 a
مرحله پنج تا شش برگ V ₅ -V ₆ stage	0.80 b	14.91 b	43.84 a	3853.7 b	306.46 a	10.51 a
مرحله هشت تا ده برگ V ₈ -V ₁₀ stage	0.92 a	16.16 a	42.00 a	4835.8 a	263.90 b	10.56 a
محلول‌پاشی اکسین Auxine spraying						
شاهد Control	0.83 a	15.37 a	44.10 a	4230.7 a	279.98 b	9.92 b
مرحله ظهور ابریشم Silk emergence stage	0.83 a	15.31 a	43.01 a	4139.8 a	313.87 a	12.24 a
مرحله ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم 15 days after silk emergence stage	0.87 a	15.41 a	43.45 a	4323.4 a	282.53 b	9.81 b

میانگین‌هایی با حداقل یک حرف الفبای مشترک دارای اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نمی‌باشند

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

مصرف هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگ و مصرف هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم باعث افزایش تعداد ردیف دانه شد (نمودار ۱). به نظر می‌رسد این دو هورمون در این مراحل در برقراری تعادل هورمونی مختل شده در مرحله رشد زایشی در اثر تنش خشکی مؤثر هستند. برخی محققین نیز گزارش کردند که هورمون‌های گیاهی مانند اکسین و سیتوکینین به‌عنوان تنظیم‌کننده‌های دخیل در پاسخ‌های گیاهی به‌اثرات نامطلوب شرایط محیطی مانند تنش خشکی شناخته شده هستند (Kaya *et al.*, 2009; Walker and

در شرایط بدون تنش خشکی به‌دلیل وجود تعادل هورمونی، تفاوت معنی‌داری از لحاظ مصرف و عدم مصرف هورمون‌های سیتوکینین و اکسین وجود نداشت (نمودار ۳)، ولی به‌نظر می‌رسد، در شرایط تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و به‌دنبال آن اختلال در تعادل هورمونی در اثر تنش (Kawai and Uchimiga, 2000)، مصرف هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگ باعث افزایش تعداد ردیف دانه شد، ولی مصرف هورمون اکسین در این شرایط مؤثر واقع نشد (نمودار ۱)، هم‌چنین در شرایط تنش خشکی در مرحله زایشی



شرایط محیطی نامناسب باعث کاهش تقسیم سلول‌های مرستمی جوانه بلال و کاهش تعداد ردیف دانه و نهایتاً کاهش تعداد دانه در مترمربع خواهد شد (choukan, 2012). همچنین برخی محققین ایجاد شرایط تنش خشکی در دو هفته قبل از گرده‌افشانی (مرحله ۱۲ تا ۱۴ برگی) تا دو هفته پس از گرده‌افشانی را عامل اصلی کاهش تعداد دانه می‌دانند (Emeadeas et al., 2000).

همچنین در شرایط تنش زایشی نیز تعداد دانه در مترمربع نسبت به شرایط بدون تنش، ۲۸/۱۶ درصد کاهش یافت (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاهش تعداد بلال در هر بوته در شرایط تنش زایشی باعث کاهش تعداد دانه در مترمربع در مرحله زایشی شود (جدول ۳). همچنین در مرحله گرده‌افشانی، تنش خشکی باعث مرگ دانه‌های گرده و خشک شدن ابریشم‌های نوک بلال شده، در نتیجه درصد لقاح کاهش یافته و تعداد دانه تشکیل شده در هر بلال کاهش می‌یابد.

محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باعث افزایش تعداد دانه به میزان ۲۰/۷۵ درصد شد (جدول ۳). افزایش غلظت هورمون سیتوکینین در این مرحله با افزایش تعداد بلال و افزایش تعداد ردیف دانه در هر بلال باعث افزایش تعداد دانه در مترمربع شد (جدول ۳). محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله پنج تا شش برگی باعث افزایش تعداد دانه نشد (جدول ۳). به نظر می‌رسد جوانه بلال تشکیل شده در این مرحله سقط شده باشد و جوانه بلال تشکیل شده در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باقی مانده و نهایتاً حتی اگر تقسیم سلولی در مرحله چهار تا پنج برگی نیز در اثر مصرف سیتوکینین تحریک شده باشد در نهایت بی‌تأثیر باقی مانده است. محلول پاشی هورمون اکسین باعث افزایش تعداد دانه در مترمربع

شکل (۱) تأثیر تنش خشکی و محلول پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین را در مراحل مختلف بر تعداد ردیف دانه نشان می‌دهد. NS، SV و SR به ترتیب نشان‌دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی می‌باشد. C_0 ، C_1 و C_2 به ترتیب نشان‌دهنده عدم محلول پاشی و محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله پنج تا شش برگی و هشت تا ۱۰ برگی می‌باشد و A_0 ، A_1 و A_2 به ترتیب نشان‌دهنده عدم محلول پاشی و محلول پاشی هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم و ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم می‌باشد. میانگین‌ها و $\pm SD$ نمونه‌های سه تکرار می‌باشند.

تعداد دانه در ردیف بلال

بیشترین تعداد دانه در ردیف با میانگین ۴۵/۳۰ دانه در محیط بدون تنش خشکی حاصل شد که این مقدار با محیط تنش رویشی و زایشی معنی‌دار نبود (جدول ۳). همچنین محلول پاشی هورمون‌های سیتوکینین و اکسین تفاوت معنی‌داری بر تعداد دانه در ردیف در هر بلال ایجاد نکرد (جدول ۳).

تعداد دانه در مترمربع

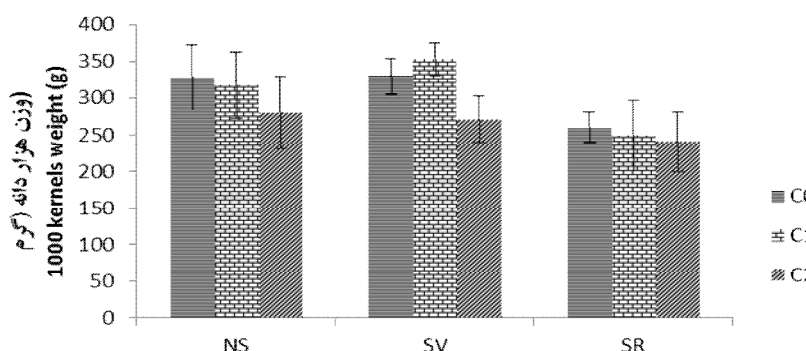
بیشترین تعداد دانه با میانگین ۵۰۴۸/۹ دانه در مترمربع در شرایط بدون تنش حاصل شد (جدول ۳). با ایجاد تنش خشکی در مرحله رویشی تعداد دانه ۲۰/۴۱ درصد کاهش یافت و به ۴۰۱۸/۳ رسید. به نظر می‌رسد پتانسیل تعداد دانه در مرحله رشد رویشی شکل می‌گیرد. برخی محققین گزارش کردند که در مرحله چهار تا ۱۰ برگی ایجاد

سیتوکینین در این مرحله و تقسیم‌شدن مواد فتوسنتزی مساوی در تعداد بیش‌تر دانه باعث این کاهش شده باشد.

بیش‌ترین وزن هزاردانه با میانگین ۳۱۳/۸۷ گرم از محلول‌پاشی هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم حاصل شد (جدول ۳) و مصرف این هورمون باعث افزایش ۱۲/۱۰ درصد وزن دانه نسبت به عدم مصرف هورمون شد. به نظر می‌رسد هورمون اکسین باعث افزایش قابلیت آنزیم SSS شود، و با تبدیل بیش‌تر ساکاروز به نشاسته باعث افزایش تداوم صادرات از مبدأ به مقصد شود که در این حالت افزایش وزن دانه قابل‌دسترس می‌شود. در آزمایش (Yang, 2003) بیان شد که اکسین احتمالاً از طریق دست‌کاری تقسیم سلول‌های آندوسپرم و ایجاد قدرت‌کشش مقصد باعث تنظیم پُرسدن دانه می‌شود.

محلول‌پاشی هورمون اکسین در ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم در افزایش وزن دانه بی‌تأثیر بود (جدول ۳). احتمالاً در این مرحله بافت و یا اندام موردنظر حساسیت خود را نسبت به هورمون اکسین از دست داده باشند و یا هورمون اکسین توانایی ایجاد حساسیت را نداشته و یا حتی سلول‌های مریستمی آندوسپرم توانایی کشش و تسلط مقصد را از دست داده‌اند. در آزمایشی در ذرت بیان شد که حدود هفت تا ۱۵ روز پس از گرده‌افشانی فعالیت آنزیم‌ها در مسیر سنتز نشاسته افزایش می‌یابد، اما در حدود ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به‌حداکثر خود می‌رسند و پس از آن کاهش می‌یابد (Ober et al., 1991).

محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین بر وزن هزار دانه در محیط بدون تنش و تنش‌زایی روند یکسانی داشت، ولی در محیط تنش‌زایی مصرف سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باعث کاهش وزن هزاردانه به دلیل افزایش تعداد دانه شد (نمودار ۲). بنابراین تأثیرگذاری هورمون سیتوکینین بر تعداد دانه در شرایط تنش‌زایی نسبت به محیط بدون تنش و تنش‌زایی معنی‌دار بود.



شکل ۲- محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین در مراحل مختلف در شرایط محیطی متفاوت
figure 2- spraying cytokinin hormone in different stages in different environmental

را در مراحل مختلف بر تعداد ردیف دانه نشان می‌دهد. NS، SV و SR

نشد. احتمالاً هورمون اکسین بر تعیین پتانسیل تعداد دانه بی‌تأثیر است و یا در شرایط این آزمایش پتانسیل تعداد دانه کاملاً در مرحله رشد رویشی تعیین شده است (زمانی که غلظت هورمون اکسین پایین بوده است).

وزن هزاردانه

بیش‌ترین وزن هزاردانه در شرایط تنش‌زایی با میانگین ۳۱۷/۶۴ گرم حاصل شد، که این مقدار با وزن هزاردانه در محیط بدون تنش معنی‌دار نبود (جدول ۳). احتمالاً بیش‌تر بودن وزن هزاردانه در محیط تنش‌زایی نسبت به محیط بدون تنش به علت بیش‌تر بودن تعداد دانه در محیط بدون تنش است که باعث می‌شود مواد فتوسنتزی مساوی بین تعداد بیش‌تری دانه تقسیم شود و سهم هر دانه از مواد فتوسنتزی به مقدار ناچیزی کاهش یافته است. در شرایط تنش‌زایی وزن هزاردانه به مقدار ۱۸/۹۰ درصد کاهش یافت و به ۲۵۰/۲۱ گرم رسید (جدول ۳). به نظر می‌رسد کاهش مقدار مواد پرورده در اثر وقوع تنش‌زایی باعث کاهش وزن دانه شد. باتوجه به این که تعداد دانه نیز در شرایط تنش‌زایی کاهش یافت ولی مواد فتوسنتزی موجود برای همین تعداد دانه نیز کافی نبود و وزن دانه کاهش یافت. ممکن است علاوه بر کاهش مواد فتوسنتزی در اثر تنش‌زایی، آنزیم SSS^۱ که باعث تبدیل ساکاروز به نشاسته در دانه می‌شود نیز تخریب شده باشد. در اثر تخریب این آنزیم تبدیل ساکاروز به نشاسته در آندوسپرم دانه کاهش می‌یابد و نهایتاً وزن دانه نیز کاهش می‌یابد (Nabipour, et al., 2011). حتی برخی گزارشات حاکی از این است که مسدودشدن پلاسمودسمات در شرایط تنش خشکی نیز باعث کاهش انتقال سلولی مواد فتوسنتزی و احتمالاً کاهش وزن دانه خواهد شد (Nabipour, et al., 2013). محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باعث کاهش وزن هزاردانه به مقدار ۱۳/۷۶ درصد شد (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در اثر مصرف هورمون

شکل (۲) تأثیر تنش خشکی و محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین

بیشترین عملکرد دانه در محیط بدون تنش با میانگین ۱۲/۸۰ تن در هکتار حاصل شد (جدول ۳)، که این مقدار با میانگین عملکرد دانه در شرایط تنش رویشی (۱۲/۶۷ تن در هکتار) تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۳). بیش تر بودن وزن هزار دانه در شرایط تنش رویشی نسبت به محیط بدون تنش توانست کاهش تعداد دانه در شرایط تنش رویشی را جبران نماید، و تفاوت عملکرد در هر دو محیط بدون تنش و تنش رویشی معنی دار نبود.

به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی می باشد. C_0 ، C_2 و C_1 به ترتیب نشان دهنده عدم محلول پاشی و محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله پنج تا شش برگ و هشت تا ۱۰ برگ می باشد. میانگین ها و $\pm SD$ نمونه های سه تکرار می باشند.

عملکرد دانه

جدول ۴- تأثیر محلول پاشی هورمون سیتوکینین و اکسین در مراحل مختلف و در شرایط محیطی متفاوت بر عملکرد دانه. NS، SV و SR به ترتیب نشان دهنده محیط بدون تنش خشکی، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی و تنش خشکی در مرحله رشد زایشی می باشد. C_0 ، C_1 و C_2 به ترتیب نشان دهنده عدم محلول پاشی و محلول پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله پنج تا شش برگ و هشت تا ۱۰ برگ و A_0 ، A_1 و A_2 به ترتیب نشان دهنده عدم محلول پاشی و محلول پاشی هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم و ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم می باشد. عملکرد دانه به صورت میانگین و $\pm SD$ سه تکرار نشان داده شده است

Table 4- Auxine and Cytokinin hormones effect on grain yield of maize in different stages and different environmental condition. NS: Non drought stress, SV: Drought stress in vegetative stage, SR: Drought stress in reproductive stage, C_0 : Control, C_1 : Cytokinin spraying in V_5 - V_6 stage, C_2 : Cytokinin spraying in V_8 - V_{10} stage, A_0 : Control, A_1 : Auxine spraying in Silk emergence stage and A_2 : Auxine spraying in 15 days after silk emergence stage. Grain yield has been shown as average and $\pm SD$ with three replications

محیط Enviromental	سیتوکینین Cytokinin	اکسین Auxine	عملکرد دانه Grain yield (ton ha ⁻¹)
NS	C_0	A_0	12.26 $\pm$ 3.49
VS	C_0	A_0	12.67 $\pm$ 0.47
RS	C_0	A_0	6.77 $\pm$ 2.72
NS	C_0	A_1	15.49 $\pm$ 4.60
VS	C_0	A_1	13.53 $\pm$ 2.54
RS	C_0	A_1	7.83 $\pm$ 2.61
NS	C_0	A_2	11.38 $\pm$ 3.33
VS	C_0	A_2	12.92 $\pm$ 1.64
RS	C_0	A_2	5.29 $\pm$ 3.00
NS	C_1	A_0	11.93 $\pm$ 6.63
VS	C_1	A_0	12.39 $\pm$ 0.46
RS	C_1	A_0	6.23 $\pm$ 2.89
NS	C_1	A_1	13.85 $\pm$ 4.40
VS	C_1	A_1	14.27 $\pm$ 3.31
RS	C_1	A_1	7.25 $\pm$ 3.42
NS	C_1	A_2	11.72 $\pm$ 3.27
VS	C_1	A_2	10.56 $\pm$ 1.80
RS	C_1	A_2	6.38 $\pm$ 2.90
NS	C_2	A_0	12.09 $\pm$ 4.14
VS	C_2	A_0	11.73 $\pm$ 0.87
RS	C_2	A_0	3.24 $\pm$ 0.42
NS	C_2	A_1	13.99 $\pm$ 5.62
VS	C_2	A_1	14.61 $\pm$ 3.39
RS	C_2	A_1	9.33 $\pm$ 3.01
NS	C_2	A_2	12.47 $\pm$ 4.72
VS	C_2	A_2	11.36 $\pm$ 2.75
RS	C_2	A_2	6.21 $\pm$ 4.71

کمبود رطوبت در پروفیل خاک در طی دوره گل دهی رخ می دهد. در شرایط تنش زایشی عملکرد دانه به مقدار ۴۹/۲۱ درصد به طور معنی داری کاهش یافت و به ۵۰/۶ تن در هکتار رسید (جدول ۳). در

برخی پژوهشگران (Doorenbos and kassam, 1979) نیز به نتایج مشابهی رسیدند و گزارش کردند که ذرت به کمبود آب در مرحله رویشی متحمل است و بیشترین کاهش عملکرد دانه در اثر

باتوجه به عدم معنی‌دار بودن عملکرد دانه در محیط بدون تنش و تنش خشکی در مرحله رویشی، می‌توان گیاه ذرت را در مرحله رویشی متحمل به خشکی دانست و یا این‌که اعلام کرد که این گیاه پس از طی دوران تنش خشکی در مرحله رویشی و با ایجاد شرایط مطلوب رطوبتی در مرحله زایشی تا رسیدگی فیزیولوژیکی قابلیت بازیابی مناسبی پیدا می‌کند و می‌تواند خود را به شرایط بهینه نزدیک کند. یا این احتمال نیز وجود دارد که اعمال تنش رویشی باعث گسترده شدن بیش‌تر ریشه نسبت به محیط بدون تنش شده و سپس قرار گرفتن در شرایط مطلوب رطوبتی پس از اعمال تنش رویشی باعث استفاده از آب با کارایی بالاتر در مرحله زایشی (که مرحله بسیار حساسی است) می‌شود. همچنین محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی باعث افزایش تعداد دانه و محلول‌پاشی هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم باعث افزایش وزن دانه شد. پس از اعمال تنش زایشی عملکرد دانه از ۱۲/۲۶ به ۶/۷۷ تن در هکتار رسید و نسبت به شاهد ۴۸/۰۴ درصد افت کرد، ولی با مصرف هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی و مصرف هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم عملکرد دانه به ۹/۳۳ تن در هکتار رسید، بنابراین مصرف این هورمون‌ها در این مراحل از افت حدود ۲۰ درصد عملکرد دانه نسبت به محیط بدون تنش و عدم مصرف هورمون‌ها جلوگیری کرده است. بنابراین این مراحل می‌توانند به عنوان مراحل حساس در مطالعات آتی درباره این هورمون‌ها و یا شناسایی ژن‌های مرتبط در این گیاه در آزمایشات مهندسی ژنتیک و بیوتکنولوژی مورد استفاده قرار گیرند. همچنین باتوجه به نمودار اثر متقابل، تأثیرگذاری هورمون‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به محیط بدون تنش به دلیل برقراری روابط هورمونی مختل شده پررنگ‌تر است.

شرایط تنش زایشی کاهش تعداد دانه به دلیل کاهش تعداد بالال و کاهش وزن دانه به دلیل کاهش مواد فتوسنتزی عملکرد دانه را به شدت کاهش داد.

محلول‌پاشی هورمون سیتوکینین تأثیری در عملکرد دانه نداشت (جدول ۳) و علت این امر نیز کاهش ۱۳/۷۶ درصدی وزن دانه در اثر افزایش ۲۰/۷۵ درصدی تعداد دانه در اثر مصرف هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی و در مجموع ایجاد تعادلی موزون با عدم مصرف هورمون گردید. بنابراین به نظر می‌رسد وزن دانه تأثیر بیش‌تری بر عملکرد نسبت به تعداد دانه داشته باشد.

مصرف هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم باعث افزایش عملکرد دانه به میزان ۲۳/۳۸ درصد شد (جدول ۳)، ولی مصرف این هورمون در ۱۵ روز پس از ظهور ابریشم تأثیری بر عملکرد دانه نداشت.

با وقوع تنش زایشی عملکرد دانه ۴۸/۰۴ درصد نسبت به محیط بدون تنش کاهش یافت و از ۱۲/۲۶ به ۶/۷۷ تن در هکتار رسید، ولی با مصرف هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم در شرایط تنش زایشی عملکرد دانه ۳۶/۱۳ درصد نسبت به محیط بدون تنش کاهش یافت و به ۷/۸۳ تن در هکتار رسید (جدول ۴). در نتیجه مصرف هورمون اکسین در این مرحله توانست ۱۱/۹۱ درصد از کاهش عملکرد دانه در شرایط تنش زایشی ممانعت کند و همچنین مصرف هورمون اکسین در مرحله ظهور ابریشم به همراه هورمون سیتوکینین در مرحله هشت تا ۱۰ برگی و در شرایط تنش زایشی عملکرد دانه ۲۴/۱۵ درصد از کاهش عملکرد ممانعت کند و عملکرد دانه به ۹/۳۳ تن در هکتار رسید، که این مقدار با عملکرد دانه در شرایط محیطی بدون تنش و عدم مصرف هورمون‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۴).

نتیجه‌گیری

References

- 1- Ahmadi, A., and Baker D. A. 1999. Effects of abscisic acid (ABA) on grain filling processes in wheat. *Plant Growth Regulation*. 28: 187–197. "The Role of Plant Hormones in Plants under Salinity Stress," Book Salinity and Water Stress 44:1. pp. 45-50.
- 2- Athar, H. R. and Ashraf, M. 2005. Photosynthesis under drought stress. In: Pessarakli, M. (ed.), *Handbook of Photosynthesis*, pp: 793–804. Taylor and Francis, New York.
- 3- Choukan, R. 2012. Maize and Maize properties. SPII, Iran (In Persian).
- 4- Claassen, M. M., and Shaw, R. H. 1970. Water deficit effects on corn. II. Grain components. *Agronomy Journal* 62: 652-655.
- 5- Doorenbos, J., Kassam, A.K., 1979. Yield response to water. *Irrigation and Drainage Paper* 33. FAO, United Nations, Rome, p. 176.
- 6- Emeadeas, G.O., Banziger, M. and Ribaut, T.M. 2000. Maize improvement for drought limited environments. In: *Physiological Basis for Maize Improvement*, pp: 75–111. Food Products Press, New York.
- 7- Farooq, M., Wahid, A. Kobayashi, N. Fujita, D. and Basra, S.M.A. 2009. Plant drought stress, effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185–212.
- 8- Karmoker, J.L. and Van Steveninck, F.M. 1979. The effect of abscisic acid on the uptake and distribution of ions in intact seedlings of *Phaseolus vulgaris* cv. Redland Pioneer. *Plant Physiology* 45: 453-459.

- 9- Kawai, M. and Uchimiga, H. 2000. Coleoptile senescence in rice (*Oryza sativa* L.). *Annals of Botany* 86:405-14.
- 10- Kowles, RV, Phillips RL. 1988. Endosperm development in maize. *International Review Cytology* 112: 97-136.
- 11- Lur', H. S. and Setter, T. 1993. Role of Auxin in Maize Endosperm Development' Timing of Nuclear DNA Endoreduplication, Zein Expression, and Cytokinin. *Plant Physiology* 103: 273-280.
- 12- Marks, MD, Lindell, JS, Larkins, B.A. 1985. Quantitative analysis of the accumulation of zein mRNA during maize endosperm development. *Journal of Biological Chemistry* 260: 16445-16450.
- 13- Muraro, D. Byrne, H., King, J., VoB, U., Kiber, J. and Bennett, M. 2011. The influence of cytokinin-auxin cross-regulation on cell-fate determination in *Arabidopsis thaliana* root development. *Journal of Theoretical Biology* 283:152-167.
- 14- Nabipour M., Khamady, N. Khamady F. Mahrokh A. Davani D., Nasiri M., Ahmadpour S.R., and sayahi N. 2013. Plasmodesmata. Vasef Lahiji Publications (In Persian).
- 15- Nabipour, M. Atlasi Pak, V. Abdeslahian, M. and Hasibi, P. 2011. Crop responses and adaptation to temperature stress. Ahwaz Shahid Chamran University Publication (In Persian).
- 16- Ober, E. S., Setter, T. L, Madison, J. T., Thompson, J. F., and Shapiro, P. S. 1991. Influence of Water Deficit on Maize Endosperm Development. *Plant Physiology* 97:154-164.
- 17- POSPISILOVA, J. 2003. Participation of phytohormones in the stomatal regulation of gas exchange during water stress. *Biologia plantarum* 46(4): 491-506.
- 18- Sallah, P.Y.K., Antwi K.O. and Ewool, M.B. 2002. Potential of elite maize composites for drought tolerance in stress and non-drought stress environments. *African Crop Science Journal* 10: 1-9.
- 19- Shaddad, M. A. K., Hamdia Abd El-Samad, M. and Mohammed, H. T. 2011. Interactive Effects of Drought Stress and Phytohormones or Polyamines on Growth and Yield of Two M (*Zea mays* L.) Genotypes. *American Journal of Plant Sciences* 2: 790-807.
- 20- Slovin, J.P., Bandurski, R.S., Cohen, J.D. 1999. Auxin. In: Hooykaas, P.J.J., Hall, M.A., Libbenga, K.R. (ed.): *Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones*. Pp. 115-140. Elsevier, Amsterdam.
- 21- Walker, M. A. and Dumbroff, B. 1981. "Effect of Salt Stress on Absciscic and Cytokinin Levels," *Zeitschrift für Pflanzen Physiologie*, Vol. 101, p. 661.
- 22- Wang R.Y., Yu Z.W. and Pan Q.M. 1999. Changes of endogenous plant hormone contents during grain development in wheat. *Acta Agronomica Sinica* 25(3): 227-231.
- 23- Wang, C. A. Yang, H. Yin and Zhang, J. 2008. Influence of Water Stress on Endogenous Hormone Contents and Cell Damage of Maize Seedlings. *Journal of Integrative Plant Biology* 50 (4): 427-434.
- 24- Yang, J., Zhang, J., Wang, Z. and Zhu, Q. 2003. Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelets in rice. *Plant Growth Regulation* 41: 185-195.
- 25- Zažímalová, E., Kamínek, M., Březinová, A., Motyka, V. 1999. Control of cytokinin biosynthesis and metabolism. - In: Hooykaas, P.J.J., Hall, M.A., Libbenga, K.R. (ed.): *Biochemistry and Molecular Biology of Plant Hormones*. Pp. 141-160. Elsevier, Amsterdam.



Evaluation of Relationship between Auxin and Cytokinin Hormones on Yield and Yield Components of Maize under Drought Stress Condition

A. Mahrokh^{1*} - M. Nabi Pour² - H. A. Roshanfekr Dezfuli³ - R. Choukan⁴

Received: 9-02-2014

Accepted: 4-06-2015

Introduction

Drought is one of the major environmental conditions that adversely affects plant growth and crop yield. In the face of a global scarcity of water resources, water stress has already become a primary factor in limiting crop production worldwide. Drought is the major restriction in maize production. The plant growth reduction under drought stress conditions could be an outcome of altered hormonal balance and hence the exogenous application of growth regulators under stress conditions could be the possible means for reversing the effects of abiotic stress. Phytohormones such as auxine and cytokinin are known to be involved in the regulation of plant response to the adverse effects of stress conditions. Previous studies have shown that endogenous hormones are essential regulators for translocation and partitioning of photoassimilates for grain filling in cereal crops, and therefore could be involved in the regulation of grain weight and yield.

Materials and Methods

The experiment was carried out in three separately environments included non-drought stress environment (irrigation after soil moisture reached to 75% field capacity), drought stress in vegetative stage (irrigation after soil moisture reached to 50% field capacity in V₄ to tasseling stage, but irrigation after soil moisture reached to 75% field capacity in pollination to physiological maturity stage) and drought stress in reproductive stage (irrigation after soil moisture reached to 75% field capacity in V₄ to tasseling stage and irrigation after soil moisture reached to 50% field capacity in pollination to physiological maturity stage). Cytokinin hormone in three levels (control, spraying in V₅ -V₆ and V₈-V₁₀ stages) and auxin hormone in three levels (control, spraying in silk emergence stage and 15 days after that) were laid out as a factorial design based on randomized complete block with three replications in each environment at Seed and Plant Improvement Institute (SPII), Karaj, Iran, in 2013. Indole-3-butyric acid and N₆-benzyladenin were used as auxin and cytokinin hormones, respectively. Concentration of auxine and cytokinin hormones were 10 and 50 mg per liter, respectively. Harvesting was done from 4.5 m² at field maturity stage with 14 % grain moisture for estimating grain yield and yield components. SAS software (version 9.1) was used for statistical analysis. Traits means were compared by Duncan's multiple range tests in 5% probably level.

Results and Discussion

Drought stress effect was significant ($P \leq 0.01$) for ear number per plant, row/ear, grain number per m², 1000 kernels weight and grain yield and it wasn't significant for kernels/row. Spraying cytokinin hormone was significant ($P \leq 0.01$) on ear number per plant, row/ear, grain number per m² and it was also ($P \leq 0.05$) significant for 1000 kernels weight but it wasn't significant for kernels/row and grain yield. Spraying auxine hormone was significant ($P \leq 0.01$) for 1000 kernels weight and grain yield and it wasn't significant for other yield components. The maximum yield was obtained 12.80 and 12.24 tons per hectare in non-stress environment and using auxin hormone in silk emergence stage, respectively. Grain yield was decreased 49.21% under reproductive drought stress and grain yield difference between non drought stress and vegetative drought stress was not significant. Spraying cytokinin hormone increased ear number by 10% in V₈-V₁₀ stage. The maximum row/ear was 16.16 kernels per row which was obtained by spraying cytokinin hormone in V₈-V₁₀ stage. Spraying cytokinin hormone increased grain number per m² up to 20.75% in V₈-V₁₀ stage but it decreased 1000 kernels weight up to 13.76% in the same stage. The maximum 1000 kernels weight was 313.87 gr that was obtained by spraying auxine hormone in silk emergence stage. Spraying auxine hormone increased grain yield up to 23.38% in silk emergence stage.

1- Ph.D student of crop physiology in Chamran university of Ahwaz and researcher in Seed and Plant Improvement Institute of Karaj

2, 3- Professor and associate professor respectively, College of Agriculture, Chamran University of Ahwaz

4- Professor, Seed and Plant Improvement Institute, Karaj

(*- Corresponding Author Email: ali_mahrokh229@yahoo.com)

Conclusions

Based on the results of this experiment, maize was tolerant to drought stress up to 50% field capacity in vegetative stage, but grain yield was decreased by 48.04% under drought stress condition in reproductive stage, and spraying cytokinin and auxine hormones in V_8 - V_{10} and silk emergence stages respectively, could prevent about 20% of decreasing of grain yield. Therefore, under drought stress condition, spraying cytokinin and auxin hormones in V_8 - V_{10} and silk emergence stage can be recommended as the best time for using these hormones respectively, because they can balance hormones rate disturbs under drought stress condition.

Keywords: Drought in reproductive stage, Drought in vegetative stage, Growth regulative, Hormonal balance, Spraying hormone



بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های خاک بر شاخص‌های رشدی، صفات مورفوفیزیولوژیک و محتوای پتاسیم توتون رقم بارلی

محمود رضا تدین^{۱*} - زینب رئیسی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۱/۱۵

چکیده

به منظور بررسی اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی گیاه توتون رقم بارلی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد انجام گرفت. تیمارها شامل کودشیمیایی، کمپوست، ۵۰ درصد کمپوست + ۵۰ درصد کودشیمیایی، ورمی کمپوست، ۵۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کودشیمیایی و تیمار شاهد بودند. صفات مورد بررسی شامل سطح ویژه برگ، نسبت وزن برگ، ارتفاع بوته، عملکرد لچه برگ، مجموع عملکرد برگ خشک و محتوای پتاسیم برگ توتون بودند. نتایج نشان داد که بیش‌ترین مقادیر سطح ویژه برگ و نسبت وزن برگ در کلیه تیمارها در مراحل ابتدایی رشد حاصل شد، و با گذشت زمان مقادیر آن‌ها کاهش یافت. همچنین کوددهی، سبب افزایش ارتفاع بوته، عملکرد لچه برگ و مجموع عملکرد برگ خشک توتون گردید. بیش‌ترین ارتفاع بوته با ۱۶۲ سانتی‌متر و عملکرد لچه برگ با ۲۱۶/۵ گرم بر مترمربع از تیمار کودشیمیایی به دست آمد که نسبت به تیمار شاهد، به ترتیب ۲/۱ و ۴/۸ برابر افزایش داشتند. بیش‌ترین عملکرد برگ خشک، به میزان ۳۵۰/۴ گرم بر مترمربع از تیمار کودشیمیایی به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کمپوست نداشت اما نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۲/۸ و ۲/۳ برابر افزایش داشت. بیش‌ترین میزان پتاسیم برگ، از تیمار تلفیقی کمپوست به دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کودشیمیایی نداشت. در مجموع، نتایج نشان‌دهنده برتری تیمار کودشیمیایی بر عملکرد برگ توتون می‌باشد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کمپوست نداشت، لذا در راستای تحقق اهداف کشاورزی پایدار و در صورت پذیرش اندکی کاهش در عملکرد برگ، به شرط افزایش کیفیت برگ‌ها، استفاده از کمپوست می‌تواند جایگزین مناسبی برای استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع توتون باشد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد برگ، کمپوست، کودشیمیایی، ورمی کمپوست

مقدمه

به حساب می‌آید (Zamani, 2010). علی‌رغم جایگاه مهم گیاه توتون در اقتصاد کشور لیکن، به دلیل اثرات مضر آن در سلامتی مصرف‌کنندگان کمتر مورد توجه پژوهش‌گران واقع می‌گردد و همین امر منجر به تولید محصولات دخانی، با کیفیت‌های بسیار پایین و یا همراه با مواد مضر و آلاینده گردیده است. بررسی پژوهش‌های انجام‌شده نشان می‌دهد که می‌توان با اعمال تیمارهای مناسب تغذیه‌ای کمیت تولید و کیفیت توتون را ارتقاء بخشید.

تغذیه گیاهی، یکی از عوامل مهم در بهبود کمی و کیفی گیاهان زراعی می‌باشد. در تغذیه صحیح گیاه، نه تنها باید هر عنصر به اندازه مورد نیاز در دسترس گیاه گذاشته شود، بلکه ایجاد تعادل و رقابت میان عناصر غذایی از اولویت برخوردار است، زیرا که در حالت عدم تعادل عملکرد و راندمان کود پایین خواهد بود (Farokh et al., 2010). علی‌رغم این که استفاده از کودهای شیمیایی، سریع‌ترین و مطمئن‌ترین راه برای تأمین حاصلخیزی خاک به‌شمار می‌رود، اما هزینه‌های بالا، آلودگی و تخریب محیط‌زیست و خاک در نتیجه

توتون با نام علمی *Nicotiana tabacum* L. یکی از گیاهان مهم زراعی، صنعتی و تجاری از خانواده بادنجانیان است که در اقتصاد کشورهای تولیدکننده و مصرف‌کننده نقش مهمی را دارد و درآمد حاصل از فرآورده‌های مختلف این گیاه، سهم مهمی از درآمد ملی کشورهای تولیدکننده را تشکیل می‌دهد (Rezvani Moghaddam et al., 2002). سطح زیر کشت توتون در کشور در سال ۱۳۹۱ حدود ۶۰۰ هکتار می‌باشد و تولیدی معادل ۱۰ هزار تن در سال به دست می‌آید که معادل یک سوم از مصرف داخلی کشور را تأمین می‌نماید. براساس اعلام سازمان جهانی خواربار و کشاورزی در سال ۱۳۸۹، سیگار و توتون از نظر ارزش، چهارمین محصول وارداتی ایران

۱- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آگرواکولوژی دانشگاه شهرکرد

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

سایر کودهای آلی و همچنین وجود عناصر میکرو مانند آهن، روی، مس و منگنز از دیگر مزایای کود ورمی کمپوست می باشد (Atiyeh *et al.*, 2000).

باتوجه به اثر عناصر غذایی نیتروژن، فسفر و پتاسیم و نقش مواد آلی مانند کمپوست و ورمی کمپوست بر صفات مورفوفیزیولوژیک، عملکرد و کیفیت گیاهان زراعی و همچنین به دلیل این که اکثر مطالعات انجام شده در مورد نیاز غذایی توتون بر مبنای مصرف کودهای شیمیایی بوده است و اطلاعات اندکی در مورد واکنش این گیاه به کودهای آلی وجود دارد، این پژوهش باهدف بررسی تأثیر منابع مختلف کودی بر صفات کمی و کیفی توتون انجام شد.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه اثر کودهای آلی و شیمیایی بر ویژگی های مورفوفیزیولوژیکی گیاه توتون رقم بارلی، آزمایشی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با شش تیمار و سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و با ارتفاع ۲۱۱۶ متر از سطح دریا در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل (۱) مصرف کمپوست بر اساس نیاز گیاه توتون به عناصر غذایی و نتایج آزمون خاک (۱۵ تن کمپوست در هکتار)، (۲) مصرف ورمی کمپوست بر اساس نیاز گیاه توتون به عناصر غذایی و نتایج آزمون خاک (۱۸ تن ورمی کمپوست در هکتار)، (۳) مصرف کود شیمیایی بر اساس نیاز گیاه توتون و نتایج آزمون خاک (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره، ۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، ۱۵ کیلوگرم در هکتار سولفات منگنز، ۲۰ کیلوگرم در هکتار سولفات آهن، ۱۰ کیلوگرم در هکتار سولفات مس)، (۴) کاربرد ۵۰ درصد کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی، (۵) کاربرد ۵۰ درصد ورمی کمپوست + ۵۰ درصد کود شیمیایی و (۶) تیمار شاهد (بدون کود) بودند. قبل از اجرای آزمایش نمونه مرکبی از خاک تهیه و ویژگی های فیزیکی و شیمیایی آن اندازه گیری شد. نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک، کمپوست و ورمی کمپوست در جدول های ۱ و ۲ ارائه شده است. کودهای مصرفی بر اساس توصیه کودی آزمایشگاه آزمون خاک مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان برای توتون و بر اساس نتایج آزمون خاک مصرف گردید.

پس از آماده سازی زمین اصلی نقشه طرح پیاده شد و به کرت های مختص هر تیمار، کودهای مورد نظر داده شد. ۲ سوم از کود نیتروژن در تیمار کود شیمیایی قبل از کاشت به صورت اوره و یک سوم باقی مانده، پنج هفته پس از انتقال نشاء به زمین داده شد. در تیمار کود شیمیایی، کل میزان فسفر و عناصر ریزمغذی و کودهای آلی و

مصرف بی رویه آن موجب ترغیب بخش کشاورزی به استفاده از کودهای آلی به همراه کاربرد مناسب مواد شیمیایی می گردد (Hosseini Arzafoni *et al.*, 2012).

در بررسی اثر کود نیتروژن و ازتوباکتر بر خصوصیات کمی و کیفی توتون گرمخانه ای گزارش شد که کاربرد کود نیتروژنه بر خصوصیات کمی (به جز تعداد برگ، عرض برگ و شاخص سطح برگ)، جذب نیتروژن و خصوصیات کیفی توتون اثر معنی دار داشته است. همچنین مصرف کود نیتروژن به طور معنی داری موجب افزایش وزن خشک توتون در مقایسه با تیمار شاهد شد (Sabeti Amirhandeh *et al.*, 2012).

در بررسی اثر تراکم های مختلف و مقادیر نیتروژن، گزارش شده است که با افزایش نیتروژن، تعداد برگ، ارتفاع گیاه، قطر ساقه و وزن سبز افزایش می یابد (Castelli *et al.*, 1990).

مصرف کمپوست از طریق رهاسازی مداوم عناصر غذایی و افزایش کارایی گیاه در استفاده از آب سبب افزایش رشد و عملکرد گیاهان می شود. باتوجه به این که کمپوست از میزان قابل توجهی مواد آلی و عناصر غذایی برخوردار است، امکان مصرف آن برای تولید هر نوع گیاه زراعی و باغی وجود دارد. گزارش شده است که گیاهانی که با استفاده از کمپوست تولید شده اند، از لحاظ کمیت و کیفیت بسیار قابل توجه می باشند (Kazemeini *et al.*, 2008). کمپوست زباله شهری، غنی شده با کودهای شیمیایی قابلیت دسترسی به عناصر پرمصرف را توسط گیاهان زراعی افزایش داده و موجب بالا بردن حاصل خیزی و قابلیت تولید خاک می شود (Ramadass and Palaniyandi, 2007; Moldes *et al.*, 2007).

ورمی کمپوست از جمله کودهای آلی به شمار می آید که دارای اثرات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیک ویژه ای بر خاک های زراعی می باشد. ورمی کمپوست از خلل و فرج زیاد، ظرفیت بالای تهویه، زه کشی مناسب و ظرفیت نگه داری آب زیادی برخوردار است (Atiyeh *et al.*, 2000). بررسی ها در خصوص مقایسه توان ورمی کمپوست و کمپوست معمولی در رشد و عملکرد گیاه گوجه فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) نشان می دهد که افزایش کود ورمی کمپوست در مقایسه با کمپوست معمولی و حتی افزودن کود دامی به گوجه فرنگی در شرایط گلخانه، شاخص های رشد و عملکرد گیاه را به طور قابل توجهی ارتقا داده است (Arancon *et al.*, 2004). ارزشمندترین خاصیت کود ورمی کمپوست، در عملکرد آنزیم ها، میکروارگانیسم ها و هورمون های مختلف موجود در آن است که حاوی آنزیم هایی چون پروتئاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز، کتیناز و حاوی میکروارگانیسم های هوازی مفید مانند ازوتوباکترها می باشد که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد لزوم ریشه گیاه و رشد گیاه نقش مؤثری را دارا می باشد. وجود عناصر غذایی نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم و منیزیم در مقایسه با

در این معادله LDW: وزن خشک برگ (گرم) و TDW: وزن خشک کل گیاه (گرم) می‌باشد.

برگ‌های توتون در زمان رسیدگی صنعتی (زمانی که پهنک برگ از طرف کناره‌ها از رنگ سبز به زرد تغییر رنگ داده و برگ‌ها به رنگ زرد لیمویی درآمدند) برداشت شده و به سالن توتون خشک‌کنی جهت عمل‌آوری، خشکانیدن و توزین انتقال یافت. در انبار، بوته‌های برداشت‌شده به‌طور سر و ته از سیم‌هایی آویزان‌شده و عمل‌آوری توتون در انبار شامل چهار مرحله پزمرده‌شدن، زردشدن، رنگ‌آوری و خشک‌شدن برگ‌های بوته‌ها انجام گرفت (شکل ۱). در طی مرحله خشک‌شدن، دما بر اساس هر کدام از مراحل عمل‌آوری بین ۲۵ تا ۳۲ درجه سانتی‌گراد و رطوبت انبار بین ۶۵ تا ۸۰ درصد کنترل شد.

صفات ارتفاع بوته، عملکرد لچه برگ (بالاترین برگ‌های هر بوته توتون) و مجموع عملکرد برگ خشک اندازه‌گیری شدند. مقدار پتاسیم برگ با استفاده از نمونه‌های ۱۰۰ گرمی برگ خشک از هر تیمار که به آزمایشگاه مرکز تحقیقات توتون تیرتاش فرستاده‌شد، با روش فلیم‌فوتومتر تعیین‌شد (Mahdavi et al., 2006). تجزیه‌واریناس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1) و مقایسه میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD^*) در سطح یک‌درصد انجام‌شد، و برای رسم نمودارها از برنامه Excel استفاده‌شد.

نتایج و بحث

سطح ویژه برگ (SLA)

روند تغییرات سطح ویژه برگ در تیمارهای کودی مختلف (شکل ۲) نشان می‌دهد که ضخامت برگ در دوره‌های اولیه رشد توتون کم بوده است، لذا سطح ویژه برگ در تمام تیمارهای کودی در مراحل اولیه رشد در بیش‌ترین مقدار خود می‌باشد. در مراحل اولیه رشد گیاهان در تیمار شاهد، دارای بیش‌ترین سطح ویژه برگ (0.32 مترمربع بر گرم) بوده‌اند و پس از آن، گیاهان در تیمارهای تلفیقی کمپوست، ورمی کمپوست و تلفیقی ورمی کمپوست (به‌ترتیب 0.27 ، 0.25 و 0.25 مترمربع بر گرم) دارای بیش‌ترین سطح ویژه برگ بودند. تیمارهای کمپوست و کودشیمیایی کم‌ترین سطح ویژه برگ را به‌میزان 0.24 مترمربع بر گرم دارا بودند (شکل ۲).

در تیمار شاهد به‌دلیل کم‌بود عناصر غذایی در خاک، رشد بوته‌ها کاهش یافته و ماده خشک کم‌تری در برگ‌ها ذخیره‌شده است، و از آنجا که سطح ویژه برگ، بیان‌گر نسبت سطح برگ به وزن خشک آن بوده و به‌عبارتی نشان‌دهنده میزان ظرافت نسبی برگ می‌باشد.

تلفیقی قبل از نشاءکاری به‌صورت نواری به زمین اصلی داده‌شدند. باتوجه به نتایج آزمون خاک و دردسترس‌بودن پتاسیم کافی در خاک برای گیاه (جدول ۱)، نیازی به‌استفاده از کودهای پتاسیم نبود. نشاءکاری توتون به‌صورت دستی در تاریخ اول خردادماه ۱۳۹۲ و در روی پشته‌هایی به فاصله 80 سانتی‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف 50 سانتی‌متر در کرت‌هایی به‌ابعاد 5×4 مترمربع و با تراکم 25000 بوته در هکتار انجام گرفت. هر واحد آزمایشی شامل یک کرت به‌طول پنج‌متر و عرض چهارمتر بود. در زمان نشاءکاری، آب به‌درون جوی‌های هر پشته هدایت‌شد و نشاءها در محل داغ آب (بالاترین ناحیه خیس‌شده خاک در هر پشته پس از آبیاری جوی‌ها) در پشته‌ها به‌صورت دستی کاشته شدند.

به‌منظور تأمین رطوبت کافی و اطمینان از استقرار نشاءها در خاک، سه‌روز پس از انتقال نشاء به زمین اصلی، اولین آبیاری (به‌صورت نشتی در ردیف‌های کاشت) و سپس آبیاری به‌فاصله هفت‌روز یک‌بار باتوجه به‌نیاز گیاه توتون و شرایط آب‌وهوایی منطقه تا پایان فصل‌رشد انجام گرفت. عمل وجین علف‌های هرز و سله‌شکنی در مرحله ۲ و ۵۰ روز پس از نشاءکاری و به‌صورت دستی انجام گرفت. به‌منظور ایجاد تعادل و پایداری بوته‌های توتون در مقابل خوابیدگی و هم‌چنین برای توسعه بهتر ریشه‌ها در خاک، عمل خاک‌دهی پای بوته‌ها، ۵۰ روز پس از نشاءکاری در مرحله ۱۰ برگی انجام‌شد. در زمانی که ۵۰ درصد بوته‌های مزرعه به مرحله گل‌دهی رسیدند عملیات سرزنی بوته‌های توتون به‌روش دستی انجام‌شد (Farokh et al., 2010) پس از عملیات سرزنی، به‌دلیل از بین‌رفتن مریستم انتهایی، جوانه‌های جانبی در محل اتصال دم‌برگ به ساقه شروع به‌رشد نمودند که به‌منظور حفظ کیفیت برگ‌ها کنترل دستی و حذف جوانه‌های جانبی صورت گرفت.

جهت اندازه‌گیری شاخص‌های سطح ویژه برگ و نسبت وزن برگ بوته‌های توتون در طول دوره رشد گیاه، نمونه‌برداری در زمان‌های ۴۵، ۶۵، ۹۵ و ۱۲۵ روز پس از نشاءکاری، با حذف ۲ ردیف کناری و 50 سانتی‌متر از بالا و پایین و از چهارردیف وسط هر کرت انجام گرفت. در هر مرحله نمونه‌برداری، سه بوته از هر کرت به‌طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. شاخص سطح ویژه برگ (SLA^1) با استفاده از معادله ۱ و نسبت وزن برگ (LWR^2) با استفاده از معادله ۲، بر اساس معادلات مربوط (۲۵) محاسبه گردیدند.

$$SLA = \frac{LA}{LDW} \quad \text{سطح ویژه برگ} \quad (1)$$

در این معادله LA: سطح برگ (مترمربع) و LDW: وزن خشک برگ (گرم) می‌باشد.

$$LWR = \frac{LDW}{TDW} \quad \text{نسبت وزن برگ} \quad (2)$$

1- Specific Leaf Area

2- Leaf Weight Ratio



شکل ۱- مراحل عمل‌آوری بوته‌های توتون در انبار
Figure 1- Processing steps of tobacco plants in store

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Soil physical and chemical characteristics

Texture	Depth (cm)	EC dS m ⁻¹	pH	O.C %	P ava. mg kg ⁻¹	K ava. mg kg ⁻¹	N %	Cu mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Cl mg kg ⁻¹	Mn. mg kg ⁻¹	Zn. mg kg ⁻¹
Loamy	0-30	0.56	7.58	0.97	15.4	317	0.092	0.91	5.01	0.41	8.39	0.61

جدول ۲- تجزیه شیمیایی کمپوست و ورمی کمپوست

Table 2- Chemical analysis of compost and vermicompost

کود Fertilizer	pH	EC dS m ⁻¹	N %	P %	K %	Na mg kg ⁻¹	Ca mg kg ⁻¹	Mg mg kg ⁻¹	Zn mg kg ⁻¹	Fe mg kg ⁻¹	Mn mg kg ⁻¹	Cu mg kg ⁻¹	O.C %
کمپوست Compost	8.62	9.84	1.244	0.330	1.52	3.17	896.6	217.14	30.41	257	88.91	18.65	26.01
ورمی کمپوست Vermicompost	7.82	6.18	1.020	0.386	1.428	0.76	2.61	0.86	14.96	248.11	56.91	3.28	14.08

گل‌دهی، تیمارهای تلفیقی کمپوست و تلفیقی ورمی کمپوست با ۰/۰۲۰ مترمربع بر گرم دارای بیش‌ترین سطح ویژه برگ بودند و تیمارهای کمپوست، ورمی کمپوست و کودشیمیایی تفاوت معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند (شکل ۲).

پس از گل‌دهی و سرزنی بوته‌های توتون به دلیل حذف تعدادی از مقاصد فیزیولوژیک در هر بوته، مواد غذایی بیش‌تری به برگ‌های باقیمانده منتقل شده است و سبب افزایش مساحت لچه‌برگ‌ها گردیده است (Zamani, 2010). هم‌چنین از آنجاکه سرزنی باعث افزایش فتوسنتز خالص در واحد سطح در برگ‌های باقیمانده می‌شود (Zamani, 2010) وزن خشک برگ‌ها نیز افزایش یافته، لذا سطح ویژه برگ به میزان کم‌تری کاهش یافته است.

(Shirani Raad, 2005) در نتیجه نسبت سطح برگ و سطح ویژه برگ در این تیمار افزایش یافته است (Gul et al., 2005). با ادامه رشد گیاه و تکمیل بافت‌های ساختمانی فتوسنتزی برگ و احتمالاً با تمرکز رنگیزه‌های کلروپلاستی بیش‌تر که با ضخامت قابل‌توجه برگ همراه بوده گیاه توانسته است سرعت جذب‌خالص خود را افزایش داده و بهبود بخشد (Zand et al., 2012)، در نتیجه وزن خشک برگ افزایش یافته و سطح ویژه برگ در تمامی تیمارهای کودی شروع به کاهش نموده است به‌طوری‌که در زمان گل‌دهی در تیمار شاهد به کم‌ترین میزان خود (۰/۰۱۵ متر مربع بر گرم) رسیده و نسبت به سایر تیمارهای کودی کم‌تر بوده است. درواقع زمانی‌که فراهمی نیتروژن کاهش می‌یابد، شاخص سطح برگ و سطح مخصوص برگ نیز کاهش می‌یابد (Kutuk et al., 2004) در زمان

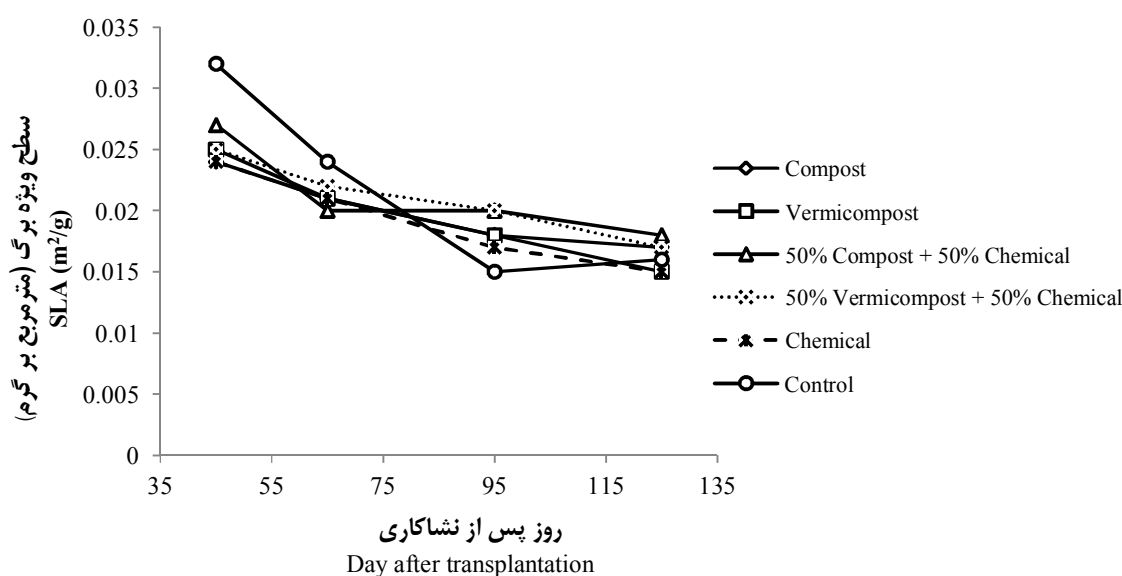
جدول ۳- نتایج تجزیه‌وارینانس (میانگین مربعات) صفات اندازه‌گیری‌شده توتون تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 3- Variance analysis (mean square) of traits of tobacco under different fertilizer treatments

منبع تغییرات Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		سطح ویژه برگ Specific Leaf Area	نسبت وزن برگ Leaf Weight Ratio	ارتفاع بوته Plant height	عملکرد لچه برگ Tips yield	مجموع عملکرد برگ خشک Total dry leaf yield	محتوای پتاسیم برگ Potassium content on leaf
بلوک Block	2	0.000004 ^{ns}	0.00082 ^{ns}	11.22 ^{ns}	703.05 ^{ns}	2439.04 ^{ns}	0.027 ^{ns}
تیمار Treatment	5	0.00001 ^{**}	0.0019 [*]	2636.48 ^{**}	10331.7 ^{**}	16310.77 ^{**}	0.78 ^{**}
خطا Error	10	0.000002	0.0005	20.60	277.9	920.35	0.008
ضریب تغییرات (%) Cv%		7.9	4.2	3.6	15.4	12.3	3.3

ns عدم معنی‌داری، * معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq 0.05$) و ** معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$)

ns: non significant *: significance (0.05 %) **: significance (0.01 %)



شکل ۲- روند تغییرات سطح ویژه برگ تحت تأثیر کودهای مختلف

Figure 2- Trend changes of Specific Leaf Area under different fertilizers

برگ‌های ضخیم‌تر نسبت به برگ‌های نازک‌تر از سرعت فتوسنتزی بیش‌تری برخوردارند (Zand *et al.*, 2012).

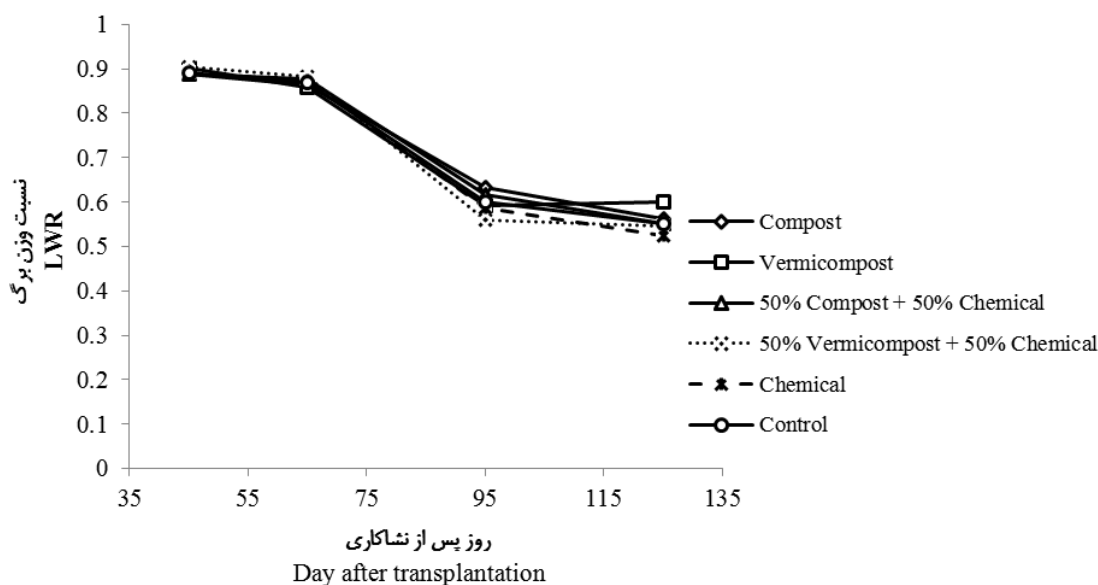
نسبت وزن برگ (LWR)

بررسی روند تغییرات نسبت وزن برگ در تیمارهای مختلف کودی (شکل ۳) نشان‌داد که نسبت وزن برگ در ابتدای دوره رشد در تمام تیمارهای کودی به‌دلیل اختصاص بخش زیادی از مواد فتوسنتزی

افزایش سطح ویژه برگ در تیمار شاهد پس از سرزنی احتمالاً به‌دلیل گسترش مساحت برگ‌های بالایی بوته و کاهش ضخامت برگ‌ها می‌باشد. کم‌تر بودن سطح ویژه برگ در مراحل انتهایی رشد گیاه در تیمارهای کودشیمیایی و ورمی‌کمپوست (۰/۰۱۵ مترمربع بر گرم) بدان مفهوم است که هر واحد سطح برگ در گیاهان تحت این تیمارها، از وزن خشک بیش‌تری برخوردار بوده است، این امر از نظر فیزیولوژیکی (فتوسنتز) دارای ارزش مثبت و مفیدی است، زیرا

تیمارهای کودی تفاوت معنی داری وجود نداشت. پس از گل دهی بوته های توتون و اجرای سرزنی بوته ها، به دلیل رشد بیش تر برگ ها به ویژه لچه برگ ها در گیاه (Zamani, 2010) نمودار نسبت وزن برگ تقریباً ثابت شد. در اواخر فصل رشد، بوته ها در تیمار ورمی کمپوست و پس از آن در تیمار کمپوست، نسبت وزن برگ بالاتری را (به ترتیب ۰/۶۰۰ و ۰/۵۶۲) دارا بودند و تیمار کودشیمیایی کمترین نسبت وزن برگ را (به میزان ۰/۵۲۴) داشت که احتمالاً به دلیل بیش تر بودن ارتفاع بوته (شکل ۴) در این تیمار می باشد. تیمارهای کودی کمپوست، تلفیقی کمپوست، تلفیقی ورمی کمپوست و شاهد نسبت وزن برگ مشابهی داشتند.

گیاه به برگ، بالاترین مقدار خود را داشت، و به دلیل این که، تنها ۲/۵ درصد رشد گیاه توتون در مراحل اولیه اتفاق می افتد (Sabokrow *et al.*, 2003) بین تیمارها تفاوت چندانی از نظر این شاخص وجود نداشت. با این وجود در مراحل اولیه رشد گیاهان تیمار تلفیقی ورمی کمپوست بیش ترین (۰/۹۰۵) و تیمار کمپوست کمترین (۰/۸۸۷) نسبت وزن برگ را دارا بودند (شکل ۳). در ادامه رشد، میزان نسبت وزن برگ به علت افزایش وزن سایر اندام ها مانند ساقه و همچنین چیدن پابرگ ها با شیب تندی کاهش یافت و در زمان گل دهی به کمترین میزان خود رسید به طوری که تیمار تلفیقی ورمی کمپوست کمترین نسبت وزن برگ (به میزان ۰/۵۶۰) و تیمار کمپوست بیش ترین نسبت وزن برگ (به میزان ۰/۶۳۳) را دارا بودند و بین سایر

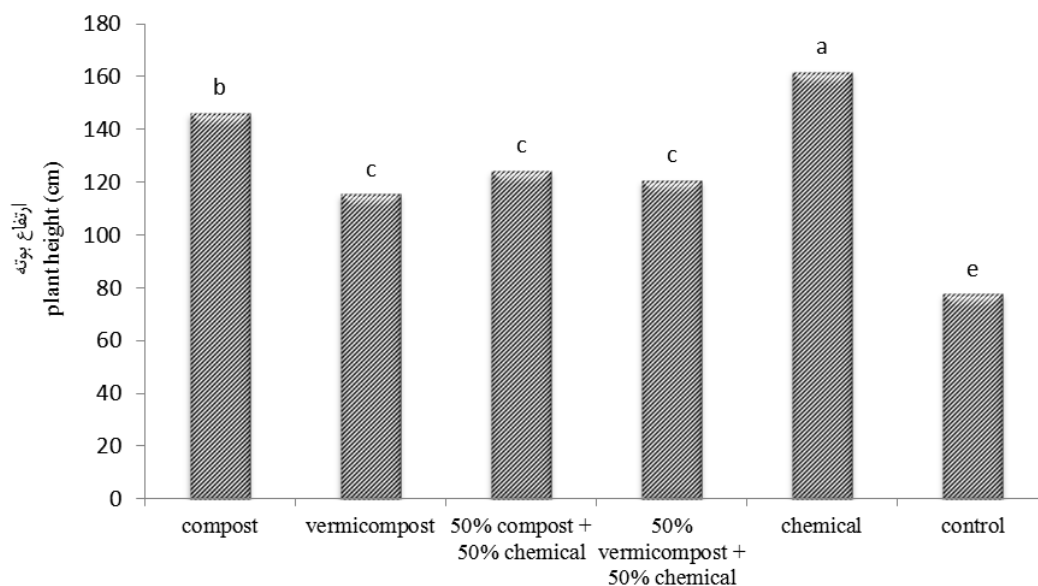


شکل ۳- روند تغییرات نسبت وزن برگ تحت تأثیر کودهای مختلف
Figure 3- Trend changes of Leaf Weight Ratio under different fertilizers

(Karaivazoglou *et al.*, 2005). از آن جایی که کمبود عناصر غذایی یکی از عوامل اصلی در تعیین اندازه ارتفاع گیاه است (Rezvani, 2010), به نظر می رسد که تیمار کودی شاهد به علت کمبود مواد غذایی از ارتفاع کمتری برخوردار بوده است. دسترسی گیاه به آب و عناصر غذایی کافی، مخصوصاً نیتروژن از طریق تأثیر بر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می باشد (Pouryousef *et al.*, 2010). محققان گزارش کردند که با افزایش کود نیتروژن افزایش قابل توجهی در ارتفاع بوته توتون پدید آمده است. (Castelli *et al.*, 1990; Cortez and Hameed, 2001; Detroja *et al.*, 1996; Patel *et al.*, 1991).

ارتفاع بوته

باتوجه به نتایج تجزیه واریانس داده ها ملاحظه شد که اثر کوددهی بر ارتفاع بوته توتون در سطح یک درصد معنی دار شده است (جدول ۳). مطابق شکل ۴، نتایج مقایسه میانگین ارتفاع بوته توتون نشان داد که کوددهی تأثیر معنی داری بر میانگین ارتفاع بوته داشته است. به طوری که تیمار کودشیمیایی بیش ترین ارتفاع بوته (۱۶۲ سانتی متر) و تیمار شاهد کمترین ارتفاع بوته (۷۸ سانتی متر) را داشتند. افزایش ارتفاع بوته در تیمار کودشیمیایی به دلیل فراهمی بیش تر عناصر غذایی به ویژه نیتروژن می باشد (Cortez and Hameed, 2001). نیتروژن به واسطه نقشی که در تولید و انتقال هورمون سیتوکنین از ریشه به اندام های هوایی دارد، موجب افزایش سرعت تقسیم سلولی و رشد و ارتفاع گیاه می شود



شکل ۴- تأثیر انواع کود بر ارتفاع بوته توتون
Figure 4- Effect of fertilizer types on plant height of tobacco

در اواسط و اواخر دوره رشد توتون دارد. لذا تفاوت در میزان عملکرد لچه‌برگ بین تیمارهای کود آلی و شیمیایی می‌تواند به دلیل تفاوت در میزان نیتروژن معدنی قابل دسترس این تیمارها برای گیاه باشد که سبب اختلاف در میزان رشد و در نتیجه عملکرد گردیده‌است (Mahdavi et al., 2006).

در این پژوهش به دلیل فراهمی نیتروژن کافی برای گیاه در تیمار کودشیمیایی و از آنجاکه نیتروژن سبب تأخیر در پیری برگ گیاه توتون می‌شود (Zamani, 2010)، فتوسنتز برگ‌ها افزایش یافته است. هم‌چنین عملیات سرزنی توتون باعث شده تا موادغذایی به جای انتقال به گل‌آذین توتون به برگ انتقال یابند (Zamani, 2010) لذا در تیمار کودشیمیایی موادغذایی بیش‌تری به لچه‌برگ‌ها انتقال یافته است و تجمع عناصرغذایی در لچه‌برگ‌ها باعث افزایش وزن، ضخامت و ابعاد برگ شده‌است.

مجموع عملکرد برگ خشک

تجزیه‌واریناس مشاهدات مربوط به مجموع عملکرد برگ خشک توتون نشان‌داد اثر کوددهی بر این صفت در سطح یک‌درصد معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳). مقایسات میانگین نشان‌داد بیش‌ترین عملکرد برگ خشک در تیمار کودشیمیایی (۳۵۰/۴ گرم بر مترمربع) به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار کمپوست (۲۸۶/۲ گرم بر مترمربع) نداشت و پس از آن تیمارهای کودی ورمی کمپوست، تلفیقی کمپوست و تلفیقی ورمی کمپوست (عملکرد به‌ترتیب ۲۴۶/۷، ۲۴۵/۳ و

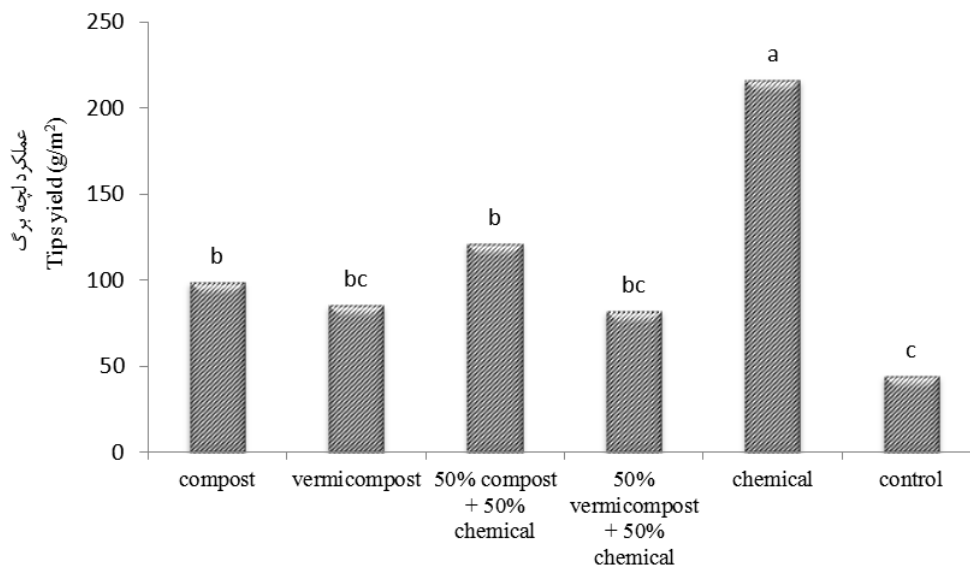
عملکرد لچه‌برگ

نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد عملکرد لچه‌برگ تحت‌تأثیر کوددهی قرارگرفت (جدول ۳). نتایج نشان‌داد تیمار کودشیمیایی بیش‌ترین عملکرد لچه‌برگ را به‌میزان ۲۱۶/۵ گرم بر مترمربع دارا بود و پس از آن، تیمارهای تلفیقی کمپوست و کمپوست بیش‌ترین عملکرد (به‌ترتیب ۱۲۱/۵ و ۹۹ گرم بر مترمربع) را دارا بودند. تیمارهای ورمی کمپوست و تلفیقی ورمی کمپوست دارای عملکرد مشابهی بودند و تیمار شاهد کم‌ترین عملکرد را به‌میزان ۴۴/۷ گرم بر مترمربع دارا بود (شکل ۵). افزایش رشد بوته همراه با پلاستوکرون‌های برگ‌گی و ارتفاع بوته، عامل تشکیل برگ‌های جدید و جوان در پوشش‌های گیاهی می‌باشند که از کارایی بالای فتوسنتزی نیز برخوردار هستند. این خصوصیت کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتزی قرار می‌دهد. به‌دلیل افزایش ارتفاع بوته در تیمار کودشیمیایی نسبت به سایر تیمارهای کودی و هم‌چنین به‌علت افزایش شاخص سطح برگ و توزیع مناسب‌تر آن در پوشش گیاهی این تیمار، عملکرد لچه برگ نیز افزایش یافته است (Wilson and Teare, 1972).

کمپوست‌ها در مقایسه با کودهای شیمیایی غالباً حاوی مقادیر نسبتاً کمی از عناصر معدنی می‌باشند. این امر در کنار سرعت پایین معدنی‌شدن آن‌ها، باعث می‌شود برای برطرف کردن نیاز گیاهان زراعی به نیتروژن و فسفر کمپوست زیادی مصرف شود (Sikora and Enkiri, 1999). گزارش شده‌است که عملکرد برگ توتون‌های گرمخانه‌ای، هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری با میزان نیتروژن به‌کاررفته

عملکرد برگ خشک را به میزان ۱۲۶/۲ گرم بر مترمربع دارا بود (شکل ۶).

۲۲۸/۴ گرم بر متر مربع می باشد) دارای بیشترین عملکرد بودند که از نظر آماری تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشتند. تیمار شاهد کمترین

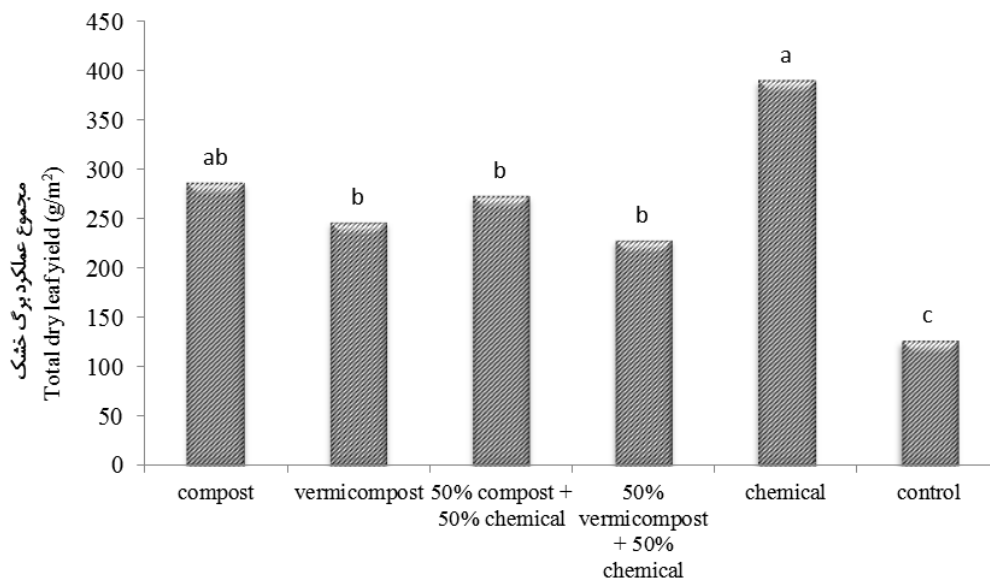


شکل ۵- تأثیر انواع کود بر عملکرد لجه برگ توتون

Figure 5- Effect of fertilizer types on tips yield of tobacco

برگ خشک در تیمار کودشیمیایی نسبت به سایر تیمارها احتمالاً به دلیل فراهمی بیش تر عناصر غذایی برای گیاهان در این تیمار می باشد.

نیتروژن و پتاسیم مهم ترین عناصر کودی جهت افزایش عملکرد گیاهان زراعی می باشند. کودهای شیمیایی از طریق تأمین سریع نیازهای غذایی گیاهان، باعث افزایش چشم گیر رشد و عملکرد می شوند (Sikora and Enkiri, 1999). لذا علت افزایش عملکرد



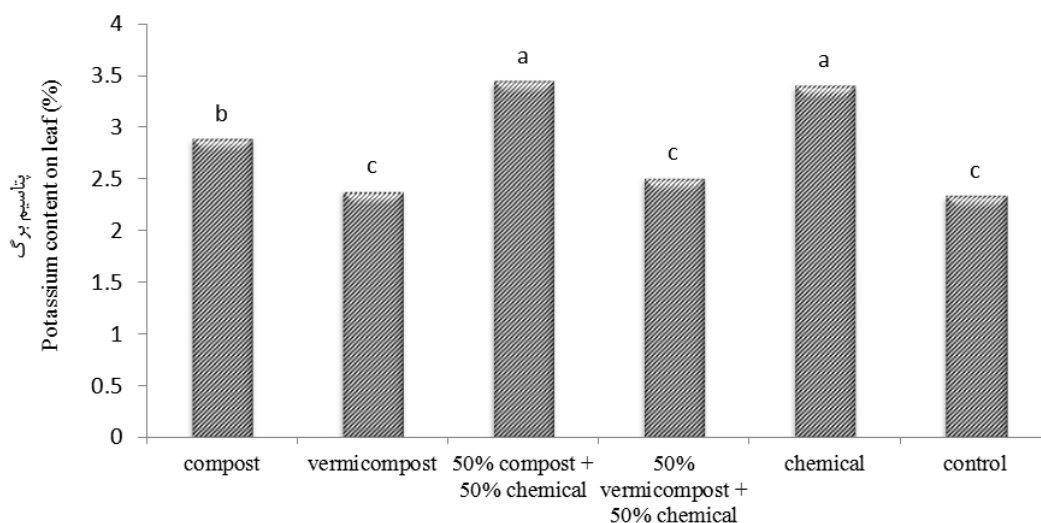
شکل ۶- تأثیر انواع کود بر مجموع عملکرد برگ خشک توتون

Figure 6- Effect of fertilizer types on total dry leaf yield of tobacco

محققان گزارش شده‌است (Farokh *et al.*, 2010; Karaivazoglou *et al.*, 2007; Sabeti Amirhandeh *et al.*, 2012; Sabokrow *et al.*, 2009).

محتوای پتاسیم برگ

همان‌طور که در جدول (۳) مشاهده می‌شود تیمارهای کودی اثر معنی‌داری بر میزان پتاسیم برگ داشتند. به‌طوری‌که تیمارهای تلفیقی کمپوست و کودشیمیایی به‌ترتیب با ۳/۴۵ و ۳/۴۱ درصد، بیش‌ترین و تیمارهای شاهد، ورمی کمپوست و تلفیقی ورمی کمپوست به‌ترتیب با ۲/۳۴، ۲/۳۸ و ۲/۵۱ درصد، کم‌ترین میزان پتاسیم برگ را داشتند (شکل ۷). به‌نظر می‌رسد سرعت رشد بالاتر در این تیمارها سبب افزایش جذب و تجمع پتاسیم در برگ شده‌است (Rezvani, Moghaddam *et al.*, 2002).



شکل ۷- تأثیر انواع کود بر محتوای پتاسیم برگ

Figure 7- Effect of fertilizer types on Potassium content on leaf

رشد بیش‌تر ساقه و در نهایت افزایش عملکرد برگ توتون می‌گردد، لیکن باید در نظر داشت که بالا بودن عملکرد در کشاورزی متداول همراه با استفاده بیش‌تر از این نهاده‌ها می‌باشد، که این نهاده‌ها باتوجه به نتایج سایر تحقیقات موجب افزایش هزینه تولید و از طرفی دیگر موجب تأثیرات منفی بر سلامت جامعه و محیط‌زیست می‌گردد. از طرف دیگر، نتایج این آزمایش، نشان‌داد که عملکرد برگ توتون پس از تیمار کود شیمیایی، در تیمار کمپوست بیش‌ترین مقدار را داشته‌است و کیفیت برگ توتون، در تیمار تلفیقی کمپوست بیشتر بوده است. در نتیجه، علی‌رغم عملکرد بیش‌تر توتون، در تیمارهای کودشیمیایی باتوجه به ملاحظات محیط‌زیستی و عوارض جانبی کودهای شیمیایی و در صورت امکان عدم مصرف کودهای شیمیایی

هم‌چنین، افزایش ارتفاع بوته توتون یک‌مزیت برای رقابت با سایر بوته‌ها در جامعه گیاهی محسوب می‌شود که یکی از نتایج آن، تشکیل برگ‌های جدید در بالای سایه‌انداز است. این خصوصیت کارآمدترین و جوان‌ترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر دریافت نور و فتوسنتز قرار می‌دهد. افزایش ارتفاع بوته احتمالاً می‌تواند به دلیل رشد میان‌گره‌های پایینی بوته باشد که در شرایط کم‌بود نور و افزایش هورمون‌ها اتفاق افتاده‌است (Ozoni *et al.*, 2007).

دلیل پایین‌تر بودن عملکرد برگ خشک توتون در تیمارهای دارای کود آلی نسبت به تیمار کودشیمیایی آن است که در کودهای آلی مقادیر اکثر عناصر غذایی به استثنای نیتروژن کم‌بوده و فرآیند معدنی‌شدن عناصر غذایی، در کودهای آلی طولانی‌مدت و به آهستگی می‌باشد که بر وزن برگ توتون در این تیمارها مؤثر بوده است. اثر مثبت کود نیتروژن بر افزایش عملکرد برگ خشک توتون، توسط

هم‌بستگی مثبت پتاسیم با عملکرد برگ خشک توتون رقم اسپایت‌جی ۲۸ گزارش شده‌است (Marwat and Gul, 1992). از آن‌جاکه عملکرد برگ خشک توتون در تیمار کودشیمیایی بیش‌تر بود احتمالاً بیش‌تر بودن میزان پتاسیم در این تیمار می‌تواند به این دلیل باشد. محققان گزارش کردند اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن بر روی درصد پتاسیم برگ توتون معنی‌دار نبود که دلیل این امر را تأمین پتاسیم در حد کافی (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) برای گیاه توتون بیان کردند (Mahdavi *et al.*, 2006).

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان‌داد که کاربرد کودهای شیمیایی سبب

مناسبی برای استفاده از کودهای شیمیایی در مزارع توتون باشد.

توسط کشاورزان و با پذیرش کاهشی اندک در عملکرد گیاه توتون به شرط افزایش کیفیت آن، استفاده از کمپوست می تواند جایگزین

References

- 1- Arancon, N. Q., Edwards, C. A. Biorman, P. Welch, C. and Metzger, J. D. 2004. Influences of vermicomposts on field tomatoes: effect on growth and yields. *Bioresource Technology* 93:145-153.
- 2- Atiyeh, R. M., Subler, S. Edwards, C. A. Bachman, G. Metzger, J. D. and Shuster, W. 2000. Effects of vermicomposts and compost on plant growth in horticultural container media and soil. *Pedobiologia* 44:579-590.
- 3- Castelli, F., Miceli, F. and Piro, F. 1990. Effect of harvesting and curing methods on tobacco burley at different nitrogen fertilizer rates and plant population densities. *Agronomia* 24(4):308-316.
- 4- Cortez, J., and Hameed, R. H. 2001. Simultaneous effects of plants and earthworms on mineralization of 15 N-labeled organic compounds adsorbed on to soil size fractions. *Biology and Fertility of Soils* 33:218-225.
- 5- Detroja, H. J., Sukhadia, N. M. Khanpara, V. D. Malavia, D. D. and Kaeria, B. B. 1996. Response of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum*) to nitrogen, phosphorus and potassium. *Agronomy* 41:179-180.
- 6- Farokh, A. R., Azizov, E. Esfahani, M. Rangbarchobeh, M. Razavipour Komeleh, T. Rezaei, M. and Kavosi, M. 2010. Effects of nitrogen and potassium fertilizers on some agronomical and morphologic features of flue cured tobacco. 5th Iranian Conference on New Ideas in Agriculture, 16-17 February 2011. Islamic Azad University Khorasgan Branch, Isfahan, Iran.
- 7- Gul, A., Eroglu, D. and Ongun, A.R. 2005. Comparison of the use of zeolit and perlite as substrate for crips-head lettuce. *Elsevier, Scientia Horticulturae* 106:464-471.
- 8- Hosseini Arzafoni, M. Farahmandfar, A. Pirdashti, H. and Bahmanyar, M. A. 2012. Evaluation of four years application of municipal solid waste compost and mineral fertilizers on yield and yield component of bush bean (*Phaseolus vulgaris* L.). 12th Iranian Crop Sciences Congress, 4-6 september 2012. Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.
- 9- Karaivazoglou, N. A., Papakosta, D. K. and Divanidis, S. 2005. Effect of chloride in irrigation water and form of nitrogen fertilizer on Virginia (flue-cured) tobacco. *Field Crops Research* 92:61-74.
- 10- Karaivazoglou, N. A., Tsotsolis, N. C. and Tsadilas, C. D. 2007. Influence of liming and form of nitrogen fertilizer on nutrient uptake, growth, yield, and quality of Virginia (flue-cured) tobacco. *Field Crops Research* 100:52-60.
- 11- Kazemeini, S., Ghadiri, H. Karimian, N. Kamgar Haghighi, A. Kheradnam, M. 2008. Interaction Effects of nitrogen and organic matters on growth and yield of dryland wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources* 12(45):461-472. (In Persian with English abstract)
- 12- Kutuk, C., Cayci, G. Heng, L. K. 2004. Effect of increasing salinity and 15N-labelled urea levels on growth N uptake, and water use efficiency of young tomato plants. *Soil Research* 32:345-351.
- 13- Mahdavi, A., Nematy, N. Sani, B. Ghouschi, F. Hosseinzadeh, N. and Zamani, P. 2006. Effect of different nitrogen fertilizer levels on agronomical and qualitative characteristics of several flue cured tobacco cultivars. *Iranian Journal of Dynamic Agriculture* 3(3):37-48. (In Persian with English abstract)
- 14- Marwat, G. F., and Gul, H. 1992. Effect of different doses of potassium fertilizer on growth, yield and quality of flue cured Virginia tobacco. *Pakistan Tobacco* 16:13-16.
- 15- Moldes, A., Cendon, Y. and Barrel, M. T. 2007. Evaluation of municipal solid waste compost as a plant growing media component, by applying mixture design. *Bioresource Technology* 98:3069-3075.
- 16- Ozoni, A., Esfahani, M. Sami Zadeh Lahiji, H. and Rabiee, M. 2007. Effect of planting pattern and plant density on grain yield and its components of apetalous and petalled rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9(1):60-76. (In Persian with English abstract)
- 17- Patel, B. A., Patel, R. H. Amin, A. U. and Patel, M. V. 1991. Response of Fenugreek to nitrogen, phosphorus and potash. *Agronomy* 36:389-391.
- 18- Pouryousef, M., Mazaheri, D. Chaiechi, M. R. Rahimi, A. and Tavakoli, A. 2010. Effect of different soil fertilizing treatments on some of agro morphological traits and mucilage of Isabgol (*Plantago ovata* Forsk). *Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources* 3(2):193-213. (In Persian with English abstract)
- 19- Ramadass, K., and Palaniyandi, S. 2007. Effect of enriched municipal solid waste compost application on soil available macronutrients in the rice field. *Agronomy and Soil Science* 53:497-506.
- 20- Rezvani Moghaddam, P., Mohammad Abadi, A. and Moradi, R. 2010. Effects of chemical and organic fertilizers on yield and components yield of sesame (*Sesamum indicum* L.) under different plant density. *Journal of Agroecology* 2(2):256-265.
- 21- Rezvani Moghaddam, P., Mohsenzadeh, R. and Ahifar, H. 2002. A survey of quality and chemical characteristics of six tobacco cultivars (*Nicotiana tabacum*). *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 8(4):85-96. (In Persian with English abstract)
- 22- Sabeti Amirhandeh, M. A., Fallah Nosratabad, A. R. Norouzi, M. Amiri, E. and Azarpour, E. 2012. Effect of

- nitrogen fertilizer and *Azotobacter* on some quantitative and qualitative characteristics of (flue-cured) tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). Water and Soil Science 22(2):135-149. (In Persian with English abstract)
- 23- Sabokrow, K., Beigloi, M. H. Barzegarkho, M. H. Daneshyan, J. Esemi, M. H. and Sabokrow, K. 2009. A Study of nitrogen and Furrow Irrigation interaction on quality and quantitative yield of fluecured tobacco (Cultivar Coker 347). Modern Findings of Agriculture 4(2):143-155. (In Persian)
- 24- Sarmadnia, GH. and Koochaki, A. 2003. Physiology of crop plants. Mashhad University Jahad, mashhad. (In Persian)
- 25- Shirani Raad, A. H. 2005. Physiology of crop plants. Tehran Dibagaran, Tehran. (In Persian)
- 26- Sikora, L. J., and Enkiri, N. K. 1999. Growth of tall fescue in compost/fertilizer blends. Soil Science 56:125-137
- 27- Varis, E., Pietila, L. and Koikkalainen, K. 1996. Comparison of conventional, integrated and organic potato production in field experiments in Finland. Plant Soil Science 46(1):41-48.
- 28- Wilson, V. E., and Teare, I. D. 1972. Effect of between and within row spacing on components of lentil yield. Crop science 12:557-585.
- 29- Zamani, P. 2010. Agronomy and curing of tobacco. Tehran Behandishan, Tehran. (In Persian)
- 30- Zand, N., Shakiba, M. R. Moghaddam, M. and Dabbagh Mohammadinasab, A. 2012. Effect of different nitrogen fertilizer levels on net assimilation rates and specific leaf area of grain sorghum. 12th Iranian Crop Sciences Congress, 4-6 september 2012. Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran.



Effects of Soil Fertilizers on Growth Indices, Morpho-Physiological Traits and Potassium content of Baurley Tobacco Cultivar

M. R. Tadayon^{1*} - Z. Reisi²

Received: 14-09-2014

Accepted: 04-04-2015

Introduction

Tobacco with scientific name of (*Nicotiana tabacum* L.) belongs to Solanaceae family is one of the important industrial crops in the world that plays a critical role in economy of producing countries and its income from various products had a major share of the national income. Tobacco is an annual, short day length and self pollinated crop that its chromosomal number is $2n=48$. The yield of plants depends upon several production factors. Among these proper, balanced nutrition plays a significant role. The main purpose of fertilization in tobacco plants not only the quantity but quality should be considered. Now tobacco farmers apply a large amount of fertilizer to improve yields, but these actions not only decrease tobacco leaf quality, but also cause fertilizer pollution. Organic and chemical fertilizers use has played a significant role in increase of crop yield. The use of compost and vermicompost in the soil, generally in order to maintain and increase aggregate stability and fertility of soils for farming and gardening in the past decade has been of particular importance. Increasing soil organic matter stocks and stability by addition of organic amendment offers a good way to substantially improve soil quality and therefore agricultural sustainability. The objective of this study was evaluate the effect of chemical and organic fertilizer on morpho-physiological and yield of tobacco in field conditions.

Materials and Methods

In order to study the effects of organic and chemical fertilizers on morpho-physiological traits of baurley tobacco cultivar, an experiment was conducted as based on a randomized complete block design with three replications during growing season of 2012-2013 at the research field of Shahrekord University located in 50° 49' E longitude and 32°21' N latitude with sea level of 2116 meter. Treatments included chemical fertilizers based on the tobacco needs and soil test results, compost based on the tobacco needs and soil test results, 50 percent compost + 50 percent chemical fertilizer, vermicompost based on the tobacco needs and soil test results, 50 percent vermicompost + 50 percent chemical fertilizer and control (no use of fertilizer). Sowing in nursery was done in March 2013 and transplanted to field May 2013. After plowing and disking and leveling by rotary, tobacco seedling were transplanted in main field. In current study the space between rows was 80 cm and between plants on rows was 50 cm. Number row planting in each plots were 6 rows. The area of every plot was $5 \times 4 \text{ m}^2$. Traits of specific leaf area, leaf weight ratio, plant height, tips yield, total dry leaf yield and potassium content on leaf of tobacco were evaluated. The data were analyzed by using version 9.1 SAS. Least Significant Difference test was used to compare the means at 1% of significant. Also, the figures were draw by Excel 2010 software.

Results and Discussion

The results showed the highest specific leaf area and leaf weight ratio in all treatments achieved in the early stages of plant growth, and after that, this values decreased. Maximum specific leaf area and leaf weight ratio in the lastly stages of plant growth, respectively, were obtained from 50 percent compost + 50 percent chemical fertilizer treatment and vermicompost treatment. Minimum specific leaf area in the lastly stages of plant growth was obtained from chemical fertilizer and vermicompost treatments. Minimum leaf weight ratio was obtained from chemical fertilizer treatment. Fertilization increased the plant height, tips yield, total dry leaf yield and potassium content on leaf of tobacco. The highest plant height with 162 cm and the tips yield with 216.5 g m^{-2} were obtained from chemical fertilizer treatment, which were 2.1 and 4.8 times higher compared to control, respectively. The highest total dry leaf yield with 350.4 g m^{-2} obtained from chemical fertilizer treatment and had not difference with compost treatment but showed significant increase with 2.8 and 2.3 times more with control. After that the highest total dry leaf yield, related to vermicompost, 50 percent compost + 50 percent chemical fertilizer and 50 percent vermicompost + 50 percent chemical fertilizer treatments. Minimum total dry leaf yield

1- Associate Professor of Agronomy Department, Shahrekord University

2- MSc Student of Agroecology, Shahrekord University

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

with 126.2 g m⁻² was obtained from control treatment. Maximum potassium content on leaf was obtained from 50 percent compost + 50 percent chemical fertilizer treatment and also chemical fertilizer treatment and control treatment with 2.34 percent had the lowest potassium content on leaf.

Conclusions

Therefore, in order to fulfill the objectives of sustainable agriculture and the adoption of a slight decrease in leaf yield, on condition of increasing the quality of the leaves, compost can be a good alternative to the use of chemical fertilizers in the tobacco fields.

Keywords: Chemical Fertilizer, Compost, Leaves Yield, Vermicompost



اثرات تنش خشکی بر مراحل رویشی و زایشی در هیبریدهای جدید ذرت دو منظوره

مریم حاجی بابائی^{۱*} - فرهاد عزیزی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۲۳

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر مراحل رویشی و زایشی بر ۱۴ هیبرید ذرت، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج طی سال ۱۳۸۸ اجرا گردید. عامل اصلی شامل سه سطح آبیاری نرمال، تنش ملایم و تنش شدید (به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر جمعی از تشتک تبخیر کلاس A) و عامل فرعی نیز شامل ۱۴ هیبرید ذرت شامل ۱۱ هیبرید جدید و سه هیبرید شاهد (KSC704, KSC720, KSC700) بود. در این آزمایش عملکرد دانه در هکتار، عملکرد علوفه خشک در هکتار، تعداد روز تا زمان گرده‌افشانی، تعداد روز تا ظهور تارهای ابریشمی، فاصله زمانی گرده‌افشانی تا ظهور کاکل، طول بلال، قطر بلال، تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال اندازه‌گیری و محاسبه شد. نتایج نشان داد که تفاوت هیبریدها از نظر تعداد روز تا گرده‌افشانی، تعداد روز تا ظهور تارهای ابریشمی و فاصله زمانی گرده‌افشانی تا ظهور کاکل، طول بلال و تعداد ردیف دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد و در تعداد ردیف دانه در بلال و عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بودند، در حالی که بین هیبریدهای مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد دانه، تعداد بلال در بوته و قطر بلال مشاهده نگردید. اثر متقابل هیبرید و رژیم‌های آبیاری به جز طول بلال برای هیچ‌یک از صفات دیگر معنی‌دار نبودند که بیان‌گر واکنش مشابه هیبریدهای مورد مطالعه نسبت به شرایط رژیم‌های آبیاری اعمال شده می‌باشد همچنین کلیه صفات مورد بررسی به جز تعداد بلال در بوته به تنش خشکی واکنش نشان داده و اختلاف آن‌ها در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. افزایش دور آبیاری از تیمار آبیاری نرمال به تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک به میزان ۳۲ درصد و ۴۴ درصد شد. هیبرید شماره ۴ (KSC700) با عملکرد دانه (۱۲۹۶۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد علوفه خشک (۱۵۵۶۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان بهترین هیبرید بود که می‌تواند بالا بودن عملکرد در این هیبرید را به طولانی‌تر بودن دوره رشد آن نسبت داد که زمان بیش‌تری را برای تولید و تجمع مواد در اختیار گیاه قرار می‌دهد.

واژه‌های کلیدی: تعداد روز تا گرده‌افشانی، رژیم‌های آبیاری، طول بلال، عملکرد دانه و علوفه

مقدمه

در ارتباط است (Desclaux and Roumet, 1996) زمان وقوع و شدت تنش به طور قابل ملاحظه‌ای از سالی به سال دیگر تغییر می‌کند، به طوری که گیاهانی که انعطاف‌پذیری بالاتری در برابر شرایط محیطی دارند، در سال‌های مرطوب‌تر دارای رشد رویشی بیش‌تری می‌شوند (Cattivelli et al., 2008). Song and Dai, 2000 اثر تنش خشکی بر رشد و توسعه ذرت را بررسی کردند و بیان داشتند که تنش خشکی مانع از رشد و توسعه گل‌آذین ماده در گیاه ذرت می‌گردد و کوتاه‌شدن طول، قطر، و وزن خشک و وزن تر بلال از اثرات کم‌بود آب روی بلال ذرت است. Cakir, 2004 گزارش کرد که تنش رطوبتی در طول مراحل مختلف رشد ذرت عملکرد آن را در درجات متفاوت کاهش می‌دهد، که شدت کاهش عملکرد نه تنها به شدت تنش بلکه به مرحله رشدی گیاه نیز وابسته است. Yazar and Gencel, 2002 و Andrade et al, 2002 گزارش کردند که تعداد دانه در بلال شدیداً به فراهم‌بودن رطوبت وابسته بوده و کاهش تعداد

تنش خشکی از عوامل اصلی محدودکننده تولید ذرت (*Zea mays*) در مناطق خشک و نیمه‌خشک به‌شمار می‌آید. ذرت یک گونه علوفه‌ای مهم است که برای مصرف به صورت سیلوئی کل گیاه برداشت می‌شود (Coors, 1995). این گیاه با وجود داشتن یک مرحله برداشت دارای عملکرد ماده خشک بالایی است، به آسانی سیلو می‌شود و یک علوفه خوش‌خوراک با کیفیت پایدار برای دام می‌باشد و انرژی بالاتری نسبت به سایر علوفه‌ها داراست (Curran and Posch, 2000). تأثیرات خشکی بر روی فنولوژی نه تنها به ویژگی‌های تنش (شدت و طول مدت) بستگی دارد، بلکه با زمان وقوع چرخه رشدی نیز

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین الملل، مشهد، ایران

۲- استادیار، موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج، ایران

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

جدول ۱- اسامی و شماره هیبریدهای دیبرس ذرت مورد آزمایش
Table 1- List of the new maize hybrids were used in this experiment

هیبرید	شماره
Hybrid	Number
K47/2-2-1-4-1-1-1×MO17	1
K3653/2×K19	2
K3653/2×MO17	3
KSC700	4
KSC704	5
KSC720	6
KLM76004/3-2-1-1-1-1-1×K3545/6	7
K74/2-2-1-2-1-1-1-1×K3545/6	8
K47/2-2-1-2-2-1-1-1×K3544/1	9
KL M76004/3-2-1-1-1-1-1×K3544/1	10
K47/2-2-1-2-1-1-1-1×K3544/1	11
K47/3-1-2-7-1-1-1×MO17	12
KLM77029/8-1-2-3-2-3×MO17	13
KLM76005/2-3-1-1-1-1×MO17	14

مزرعه آزمایش در بهار سال ۱۳۸۸ پس از گاوروشدن به وسیله گاوآهن برگردان دار شخم زده شد و برای خردکردن کلوخه‌ها و همچنین یک‌نواخت‌شدن خاک مزرعه از دیسک و ماله استفاده گردید. مزرعه با استفاده از دستگاه جوی وپشته‌ساز به صورت جوی وپشته درآمد. بذور هر هیبرید پس از ضدعفونی با قارچ‌کش ویتاواکس بر روی سه ردیف هفت‌متری با فاصله ۷۵ سانتی‌متر از یک‌دیگر و به صورت کپه‌ای کشت شدند و ۲ ردیف حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله کپه‌ها روی ردیف‌های کاشت ۱۸ سانتی‌متر (تراکم علوفه ۷۵ هزار بوته در هکتار) در نظر گرفته شد. به منظور ممانعت از اختلاط آبیاری در ابتدا و انتهای هر کرت اصلی ۲ ردیف کاشت به عنوان حاشیه و همچنین ۲ ردیف بدون کاشت لحاظ گردید. میزان کود مورد نیاز بر اساس آزمون خاک در اختیار گیاه قرار گرفت. نیتروژن مورد نیاز گیاه از منبع اوره به مقدار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار در ۲ نوبت نیمی قبل از کاشت و مابقی در مرحله شش-هفت برگی به عنوان سرک در اختیار گیاه قرار گرفت. برای مبارزه با علف‌های هرز پهن‌برگ و باریک‌برگ از علف‌کش آترازین به مقدار ۱/۵ لیتر در هکتار همراه با لاسو (الاکلر) در مرحله بعد از کاشت و قبل از اولین آبیاری استفاده شد و در مرحله پنج-شش برگی از علف‌کش 2,4-D به میزان ۱/۵ لیتر در هکتار بر علیه علف‌های هرز پهن‌برگ استفاده شد و یک مرحله وجین‌دستی در همین مرحله صورت گرفت. زمان آبیاری با استفاده از میزان تبخیر روزانه از تشتک تبخیر کلاس A مشخص شد. برای تعیین حجم آب مصرفی در هر آبیاری، قبل از آبیاری نمونه‌برداری از خاک کرت مورد نظر تا عمق توسعه ریشه انجام گردید. نمونه مذکور به مدت ۲۴ ساعت در آون در دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس درصد رطوبت وزنی خاک محاسبه شد و حجم آب آبیاری با استفاده از معادله‌های ۱ و ۲ در هر آبیاری تعیین گردید. مقدار آب مصرفی نیز با

دانه در بلال، اولین تأثیر کم‌بود آب روی عملکرد دانه می‌باشد. Ranjbar, 2005 با مطالعه‌ای به منظور تأثیر تنش خشکی در مرحله رشد رویشی، در مراحل مختلف رشد نشان داد که تنش شدید خشکی باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع ساقه، ارتفاع بلال از سطح خاک، تعداد برگ، گره و میان‌گره، وزن خشک پوشش بلال، طول بلال و کاهش عملکرد دانه به میزان هفت درصد گردید. Shoaie et al, 2008. آزمایشی جهت بررسی اثرات تنش خشکی بر عملکرد ذرت و صفات وابسته به آن گزارش کردند که بیش‌ترین اثر تنش بر روی عملکرد دانه بود که در اثر کاهش ارتفاع بلال، ارتفاع بوته، وزن ۳۰۰ دانه و تعداد دانه در ردیف ایجاد شد. Azari Nasrabadi, 1999 بیان می‌دارد که در شرایط آبیاری، صفات مربوط به خصوصیات فنولوژیکی، خصوصیات برگ بلال، قطر بیش‌تر ساقه، ارتفاع گیاه، همچنین تعداد بیش‌تر دانه در ردیف، می‌توانند شاخص مهمی برای گزینش هیبریدهای ذرت با عملکرد بالا به حساب آیند. Rashidi, 2005 اثر تنش خشکی را در مراحل مختلف رشد ذرت بررسی نموده و به این نتیجه رسید که تنش در مرحله رشد رویشی حداقل اثر را روی عملکرد دانه داشته درحالی‌که بیش‌ترین کاهش عملکرد دانه در اثر اعمال تنش در مرحله رشد زایشی بود. در این مطالعه نیز بررسی تأثیر تنش خشکی بر مراحل نموی رشد در هیبریدهای جدید ذرت دو منظوره مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش طی سال زراعی ۱۳۸۸ در مزرعه پژوهشی مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج اجرا شد. خاک محل آزمایش دارای بافت لومی-رسی با $pH = 7/5$ و هدایت الکتریکی $0/7$ دسی زیمنس بر متر بود. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام گردید. عامل‌های مورد مطالعه سه رژیم آبیاری به عنوان عامل اصلی شامل $S1 =$ آبیاری نرمال (آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر) بر اساس منحنی رطوبتی و بافت خاک میزان ۷۰ میلی‌متر تبخیر در دامنه رطوبتی آب سهل‌الوصول قرار می‌گیرد که در این دامنه گیاه با تنش مواجه نمی‌شود. که بر اساس آزمایشات فیزیک خاک با دستگاه pressure plate و تعیین نقاط حساس رطوبتی خاک مشخص شد، $S2 =$ تنش ملایم (آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر)، $S3 =$ تنش شدید (آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) و ۱۴ هیبرید دیبرس ذرت دو منظوره شامل ۱۱ هیبرید جدید و ۳ هیبرید شاهد ($KSC704$, $KSC720$, $KSC700$) به عنوان عامل فرعی بودند (جدول ۱).

استفاده از کنتور که در ابتدای فلکه اصلی قرار داده شده بود، کنترل شد. آبیاری مزرعه آزمایشی با استفاده از لوله‌های هیدروفلوم و دریچه‌هایی که در ابتدای خطوط کاشت تعبیه شده بود، صورت گرفت.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد مطالعه هیبریدهای ذرت تحت تأثیر سه تیمار رژیم آبیاری

Table 2- Analysis of variance for maize hybrids under 3 irrigation regimes

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	تعداد روز تا گرده افشانی Number of days until Pollination	تعداد روز تا ظهور سیلک Number of days until silk emergence cords	فاصله زمانی گرده افشانی تا ظهور کاکل Period of Pollination until silk emergence	طول بلال ear length	قطر بلال ear diameter	تعداد بلال در بوته number of ear in corn	تعداد ردیف در بال number of rows per ear	تعداد دانه در ردیف number of kernels per row	عملکرد دانه kernel yield	عملکرد علوفه Dry forage yield
تکرار Replication											
آبیاری Irrigation	2	6.268 ^{ns}	15/613 ^{**}	2.542 ^{ns}	5.436 [*]	9.532 ^{ns}	0.007 ^{ns}	2.158 ^{ns}	9.362 ^{ns}	7458916 ^{ns}	52928023 ^{**}
خطای a E(a)	4	3.917	7.110	1.878	12/848	21/452	0.012	1.101	80.429	39132382	36014993
هیبرید Hybrid	13	31/976 ^{**}	27/529 [*]	4.373 ^{**}	4.234 ^{**}	6.896 ^{ns}	0.005 ^{ns}	8.443 ^{**}	27/924 [*]	4921302 ^{ns}	17116088 [*]
هیبرید× آبیاری H*I	26	3.619 ^{ns}	2.484 ^{ns}	2.320 ^{ns}	3.621 ^{**}	4.511 ^{ns}	0.002 ^{ns}	8.827 ^{ns}	18/369 ^{ns}	3849417 ^{ns}	8764874 ^{ns}
خطای b E(b)	78	3.679	2.779	1/574	1.518	3.870	0.004	1.338	14/855	4337472	7733934
ضریب تغییرات CV (%)	-	2.839	2.330	31/454	6.504	4.305	6.872	7.146	11.301	18.4	19/350

ns: غیرمعنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد
ns, * and **: Non significant, significant at P<0.05 and P<0.01 respectively

با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

اثر رژیم‌های مختلف آبیاری برای کلیه صفات به جز تعداد بلال در بوته و تعداد ردیف دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). به نظر می‌رسد که تعداد بلال در بوته در هیبریدهای مورد مطالعه به میزان بیش‌تری تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار دارند تا عوامل محیطی. بنابراین رژیم‌های مختلف آبیاری نیز تأثیر معنی داری بر این صفت نداشته است. اثر هیبرید از نظر تعداد روز تا گرده افشانی، تعداد روز تا ظهور تاره‌های ابریشمی و فاصله زمانی گرده افشانی تا ظهور کاکل (ASI)، طول بلال و تعداد ردیف دانه در بلال در سطح احتمال یک درصد و در تعداد دانه در ردیف بلال و عملکرد علوفه خشک در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بودند، ولی اثر متقابل هیبرید و رژیم‌های مختلف آبیاری به جز طول بلال برای صفات دیگر غیرمعنی دار بود که بیان گر واکنش مشابه هیبریدهای دیررس

$$H = \rho b(\theta_{F.C} - \theta_m) D \quad (1)$$

$$V = H \times A \quad (2)$$

در معادله‌های ۱ و ۲، H نشان دهنده ارتفاع آب داخل کرت ρb ، جرم مخصوص ظاهری خاک، $\theta_{F.C}$ رطوبت در حد ظرفیت مزرعه، θ_m رطوبت جرمی کرت مورد نظر در زمان آبیاری، D عمق توسعه ریشه، V حجم آب آبیاری در کرت و A مساحت کرت است. از هر ردیف تعداد ۱۰ بوته به طور تصادفی انتخاب و صفات طول بلال، قطر بلال، تعداد بلال در بوته، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف دانه در بلال اندازه گیری شدند. هدف از آزمایش بررسی عملکرد علوفه و دانه بود، برای عملکرد علوفه تعداد پنج بوته در زمان شیری تا اوایل خمیری شدن دانه برداشت شد و برای عملکرد دانه تعداد پنج بوته در زمانی که رطوبت دانه حدود ۱۴ درصد برداشت انجام شد. جهت تعیین صفاتی از قبیل تعداد روز تا گرده افشانی، تعداد روز تا ظهور سیلک بر مبنای تاریخ سبز شدن، فاصله زمانی گرده افشانی تا ظهور کاکل، براساس حداقل ۵۰ درصد بروز صفت در کرت تعیین و ثبت شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹.۱، رسم شکل ها به وسیله نرم افزار Excel و مقایسه میانگین ها نیز

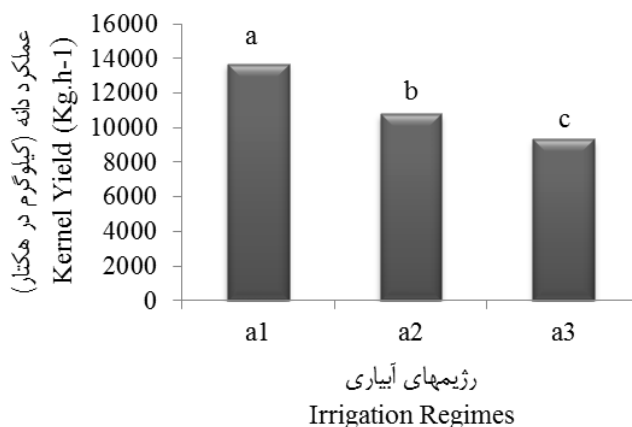
زیادی تحت تأثیر نسبت بلال در علوفه می باشد، افزایش می یابد. تنش خشکی و فقدان آب از طریق تأثیر بر فرایندهای متابولیکی و فیزیولوژیک هم چون کاهش پتانسیل آب برگ و هدایت روزنه ای موجب کاهش تثبیت CO_2 و فتوسنتز می گردد، که از این طریق رشد و همچنین عملکرد را متأثر می سازد. هر چه میزان شدت تنش وارد به خصوص در زمان تمایز اندام های زایشی و گرده افشانی بیش تر باشد، کاهش طول بلال و نیز عدم تلقیح تخمک ها بیش تر می گردد (Westgate and Boyer, 1986; Lauer, 2003). Mark *et al*, 1991 گزارش کرد که بین سطح برگ، میزان و سرعت فتوسنتز و میزان رشد بلال هم بستگی مثبت بالایی وجود دارد. هیبریدهای دیررس به دلیل سطح برگ بالاتر و در نتیجه توان بیش تر در رشد و افزایش تجمع ماده خشک نسبت به هیبریدهای متوسط تر دارای طول بلال بیش تری بوده اند (جدول ۴). به نظر می رسد کاهش قطر بلال در شرایط تنش های اعمال شده به دلیل کاهش در وزن هزارانه بوده و احتمالاً اندازه دانه ها کوچک تر شده است که با نتایج محققان دیگری مانند Karimi *et al*, 2009 و Shoaie Hosseini *et al*, 2008 هماهنگی دارد.

مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که هیبرید شماره ۸ بیش ترین (۴۷ میلی متر) و هیبرید شماره ۳ کم ترین (۴۳ میلی متر) قطر بلال را به خود اختصاص داد. کاهش تعداد دانه در ردیف در اثر افزایش فواصل بین آبیاری ها مشاهده شد (جدول ۳). کاهش تعداد دانه در بلال ممکن است بر اثر تأخیر در ظهور کاکل یا سقط جنین در اثر کم بودن هیدرات های کربن باشد (Herrero and Johnson, 1981; Prakob, 1996). کاهش تعداد دانه در ردیف در اثر تنش کم آبیاری توسط پژوهشگرانی نظیر Karimi *et al*, 2009; Hamidi, 2001; Nesmith, 2008; Grant *et al*, 1989; Shoaie Hosseini *et al*, 2008; Cakir, 2004 و Ritchie, 1992a نیز گزارش شده است. همچنین Yazar *et al*, 2002 گزارش کردند که تعداد دانه در بلال شدیداً به فراهم بودن رطوبت وابسته بوده و کاهش تعداد دانه در بلال، اولین تأثیر کم بودن آب بر عملکرد دانه می باشد. تنش کم آبی در مرحله گلدهی باعث تأخیر در ظهور کاکل ها می گردد، بنابراین کاکل ها وقتی ظاهر می شوند که گرده افشانی انجام گرفته و دیگر گرده زنده ای برای تلقیح گل های ماده وجود نداشته و یا به شدت کاهش یافته است، بدین ترتیب تخمک ها لقاح نیافته و در نتیجه دانه ای تشکیل نمی شود و این باعث می شود که در بلال تعداد دانه های کم تری تشکیل شود (Zinselmeier *et al*, 1995). مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که بیش ترین تعداد دانه در ردیف به هیبرید شماره ۷ با تعداد ۳۸ دانه و کم ترین تعداد دانه در ردیف به هیبریدهای شماره ۶، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۲، ۱۳ و ۱۴ اختصاص داشت.

مورد مطالعه نسبت به شرایط تنش اعمال شده می باشد. مقایسه میانگین رژیم های مختلف آبیاری در تعداد روز تا زمان گرده افشانی نشان داد که تنش کم آبیاری موجب تأخیر در گرده افشانی گردیده است به طوری که با افزایش تنش، گرده افشانی تأخیر افتاده است. Cakir, 2004 در آزمایشات خود اثر تنش خشکی بر تعداد روز تا گرده افشانی را در گیاه ذرت بررسی و نتایج مشابه را گزارش کردند. مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که هیبریدها از لحاظ تعداد روز تا گرده افشانی نسبت به یکدیگر تفاوت معنی داری داشتند. بدین ترتیب در این مطالعه هیبرید شماره ۴ و ۶ به ترتیب با ۷۰ روز بیش ترین و هیبریدهای شماره ۲ و ۱۰ با ۴۶ روز کم ترین تعداد روز تا گرده افشانی را داشتند.

مقایسه میانگین رژیم های آبیاری در تعداد روز تا ظهور تارهای ابریشمی نشان داد که تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر موجب تأخیر ظهور تارهای ابریشمی گردیده است، به طوری که در این تیمار، در هیبریدهای مورد مطالعه ابریشم ها در مدت ۷۳/۰۷ روز پس از زمان کاشت ظاهر شدند، در صورتی که در شرایط آبیاری پس از ۱۰۰ میلی متر تبخیر این مدت ۷۱/۰۸ روز بود. Traore, Lauer, 2003; Saeed *et al*, 2000; Budiarti, 1997; Stone *et al*, 2001; Westgate, 1994 در آزمایشات خود اثر تنش خشکی بر ظهور رشته های ابریشمی را در گیاه ذرت بررسی و تأخیر در ظهور ابریشم را مشاهده کردند. Westgate, 1994 نشان دادند هنگامی که گیاه در معرض کم آبی قرار گیرد، ابریشم ها دیرتر از زمان طبیعی ظاهر می شوند. مقایسه میانگین رژیم های آبیاری در ASI نشان داد که بین شرایط آبیاری پس از ۷۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر اختلاف معنی داری وجود داشته است. پایین بودن میزان آب خاک در زمانی که گیاه در مرحله گل دهی است، باعث تأخیر در ظهور ابریشم و اختلال در رشد آن ها گردیده، در نتیجه ASI در گیاهان تحت تنش رطوبتی به شدت افزایش یافته است. مهم ترین اثر اعمال تنش خشکی قبل از گل دهی به تأخیر افتادن ظهور گل آذین ماده و در نتیجه عدم هم زمانی گرده افشانی و کاکل دهی می باشد که باعث عدم گرده افشانی تخمک ها و در نتیجه کاهش عملکرد دانه می گردد. نتایج تحقیقات Bolanos and Edmedes, 1996; Martinaz, 1993; Abrecht and Carberry, 1991 در شرایط تنش خشکی را تأیید می کنند. مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد هیبرید شماره ۱۳ بیش ترین (۴ روز) و هیبرید شماره ۷ کم ترین (۲ روز) ASI را داشتند.

طول بلال در ذرت تحت تأثیر ژنوتیپ و عوامل محیطی مانند تغذیه و آب قرار دارد و از آنجایی که بلال حاوی دانه که جز مهمی از عملکرد دانه را تشکیل می دهد است، بنابراین هر اندازه طول بلال بیش تر باشد اصولاً به همان اندازه نیز تعداد دانه بیش تر شده و در نتیجه عملکرد دانه نیز بیش تر و به سبب آن کیفیت علوفه که به مقدار



شکل ۱- مقایسه میانگین رژیم‌های آبیاری برای عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)
(تنش شدید: a3 و تنش ملایم: a2 و آبیاری نرمال: a1)

Figure 1-comparison of irrigation regime for kernel yield (kg.ha⁻¹)
(a1: Normal Irrigation و a2: Mild Stress و a3: Tention Stress)

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه در رژیم‌های مختلف آبیاری
Table 3- Means comparison of different irrigation treatments

عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه kernel yield (kg ha ⁻¹)	تعداد دانه در ردیف number of kernels per row	تعداد ردیف در بلال number of rows of ear per ear	تعداد بلال در بوته number of ear in corn	قطر بلال ear diameter (mm)	طول بلال ear length (cm)	فاصله زمانی گرده افشانی تا ظهور کاکل Period of Pollination until silk emergence	تعداد روز تا ظهور سیلک Number of days until silk emergence cords	تعداد روز تا گرده افشانی Number of days until to Pollination	رژیم آبیاری Irrigation treatments
17871.8a	13699.4 ^a	38/524 ^a	16.136 ^a	0.937 ^a	47.583 ^a	20.366 ^a	3.762 ^b	73.071 ^a	66/826 ^c	۷۰ میلی متر تبخیر irrigation after 70 mm of evaporation ۱۰۰ میلی متر
15381.8b	10806.6 ^b	33.783 ^b	16.443 ^a	0.917 ^{ab}	45.439 ^b	18.987 ^b	3.524 ^b	71.083 ^b	67/559 ^b	تبخیر irrigation after 100 mm of evaporation ۱۳۰ میلی متر
9862.1c	9350.9 ^c	30.005 ^c	15.977 ^a	0.891 ^b	44.090 ^c	17.477 ^c	4.679 ^a	73.071 ^a	68/393 ^a	تبخیر irrigation after 130 mm of evaporation

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح پنج درصد می‌باشند
Means with the same letter in each column have no significant difference (P<0.05)

تعیین تعداد ردیف در هر بلال رقابت چندانی بین مقصدهای فیزیولوژیک برای مواد پرورده وجود نداشته‌است و تنش کم آبی باعث کاهش معنی‌دار وزن ۱۰۰۰ دانه بلال و تعداد دانه در هر بلال شده‌است (جدول ۳). این یافته‌ها با نتایج محققان دیگری مانند

معنی‌دار نبودن تأثیر رژیم‌های مختلف آبیاری بر تعداد ردیف در هر بلال نشان‌دهنده ثبات نسبی این جزء از عملکرد دانه است. از آنجاکه تعداد نهایی تعداد ردیف در هر بلال پیش از بقیه اجزای عملکرد دانه، بر ناحیه نموی بلال تعیین می‌گردد، احتمالاً در مرحله

ردیف دانه به هیبرید شماره ۳ به میزان ۱۴ ردیف اختصاص داشت (شکل ۲).
 Ranjbar, 2005 و Azari ki, 2002؛ Safarhamidi, 2005
 هماهنگی دارد. مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که بیشترین تعداد
 ردیف در بلال به هیبرید شماره ۱۱ به میزان ۱۸ ردیف و کمترین تعداد

جدول ۴- مقایسه میانگین هیبریدهای مورد مطالعه در رژیم‌های مختلف آبیاری برای طول بلال

Table 4- Means Comparison of various hybrids for Ear length

هیبرید	آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر	آبیاری پس از ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر	آبیاری پس از ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر
Hybrid	irrigation after 70 mm of evaporation	irrigation after 100 mm of evaporation	irrigation after 130 mm of evaporation
1	20.880	18.960	19/110
2	19.706	18.066	17/786
3	22.623	20.563	16/703
4	21.55	20.816	17.503
5	20.036	17.310	17.343
6	20.510	18.413	16.236
7	21.190	20.406	16.796
8	21.506	20.300	16.373
9	18/703	17.686	18.406
10	19.226	17.616	17.976
11	19/110	18/610	17.130
12	18/960	17.506	18/736
13	19/550	19.346	17/473
14	21.563	20.253	17/113

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون دانکن فاقد اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد می‌باشند

Means with the same letter in each column have no significant difference ($P < 0.05$)

اندام‌های هوایی و کاهش تولید موادفتوسنتزی در اثر محدودیت آب،
 توسط محققان دیگری نظیر Osborne, 2002 و Fatemi *et al*,
 2001 نیز گزارش شده است. باتوجه به مقایسه میانگین هیبریدها
 مشخص شد که هیبریدهای شماره ۱، ۳، ۴، ۶، ۷، ۸، ۱۲، ۱۳ و ۱۴
 دارای بیشترین وزن خشک کل بوته بوده‌اند که می‌توان بالابودن
 عملکرد علوفه خشک در این هیبریدها را به طولانی‌تر بودن دوره رشد
 آن‌ها نسبت داد که زمان بیش‌تری را برای تولید و تجمع مواد در اختیار
 گیاه قرار می‌دهند. هیبرید شماره ۱۰ نیز دارای کم‌ترین میزان وزن
 خشک کل بوته (۱۰۹۳۰ کیلوگرم در هکتار) بوده‌است.

هم‌بستگی بین عملکرد و صفات مورد بررسی

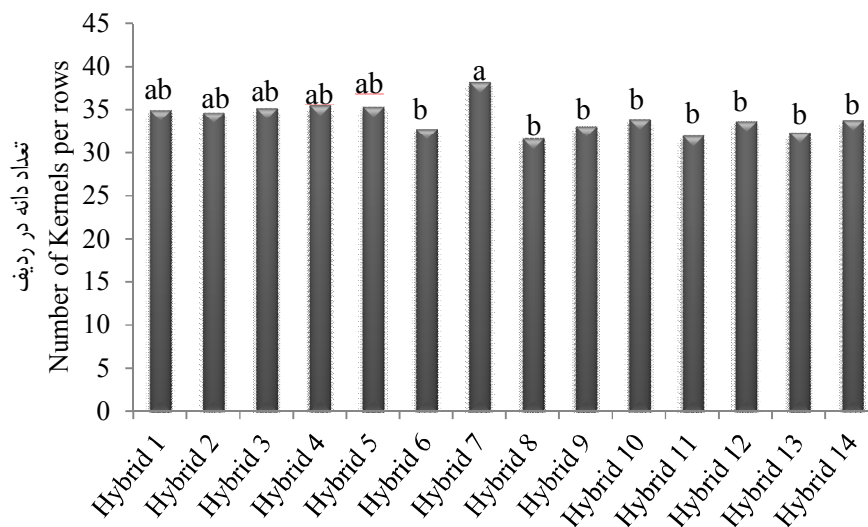
مطابق جدول هم‌بستگی صفات (جدول ۵) مشخص می‌شود که
 بین تعداد روز تا گرده‌افشانی با تعداد روز تا ظهور سیلک هم‌بستگی
 مثبت و بسیار معنی‌داری وجود داشت. بین تعداد روز تا گرده‌افشانی با
 فاصله زمانی گرده‌افشانی تا ظهور کاکل و قطر بلال و تعداد دانه در
 ردیف و عملکرد دانه هم‌بستگی منفی و بسیار معنی‌داری در سطح
 احتمال یک درصد وجود داشت. بین تعداد روز تا ظهور سیلک با فاصله
 زمانی گرده‌افشانی تا ظهور کاکل هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی‌داری
 وجود داشت. بین تعداد روز تا ظهور سیلک با طول بلال و قطر بلال
 و تعداد دانه در ردیف و عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک
 هم‌بستگی منفی و بسیار معنی‌داری وجود داشت. بین فاصله زمانی
 گرده‌افشانی تا ظهور کاکل با تعداد ردیف در بلال هم‌بستگی مثبت و
 معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد وجود داشت.

مقایسه میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین
 عملکرد دانه ۱۳۶۹۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری پس از
 ۷۰ میلی‌متر تبخیر بوده و در تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ و
 ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد دانه به ۱۰۸۰۶ و ۹۳۵۰ کیلوگرم در
 هکتار، به ترتیب ۱۲ درصد و ۳۲ درصد نسبت به تیمار آبیاری نرمال
 کاهش نشان دادند (جدول ۳ و شکل ۱). محققان دیگری نیز نظیر
 Stone *et al*, 2001 و Westgate, 1994 نشان داده‌اند که تنش
 خشکی باعث کاهش در عملکرد دانه می‌شود. کاهش معنی‌دار
 عملکرد دانه در شرایط تنش خشکی به علت کاهش تعداد کل دانه در
 بلال بود که این موضوع با نتایج Denmead and Show, 1960
 مطابقت دارد. مقایسه میانگین هیبریدها نشان داد که هیبرید شماره ۴
 دارای بیش‌ترین میزان عملکرد دانه (۱۲۹۶۱ کیلوگرم در هکتار) و
 هیبرید شماره ۹ دارای کم‌ترین میزان عملکرد دانه (۱۰۲۱۴ کیلوگرم
 در هکتار) بود.

مقایسه میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین
 عملکرد علوفه خشک با میانگین ۱۷۸۷۱ کیلوگرم در هکتار متعلق به
 تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر بوده و در تیمارهای آبیاری پس
 از ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی‌متر تبخیر، عملکرد علوفه خشک به ۱۵۳۸۱
 و ۹۸۶۲ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب ۱۴ درصد و ۵۴ درصد نسبت به
 تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر کاهش نشان دادند (جدول ۳). این
 اختلاف می‌تواند ناشی از کاهش توانایی هیبریدها در جذب
 عناصر غذایی و ساخت و انتقال موادپرورده در اثر کمبود آب باشد که
 باعث کاهش تجمع ماده خشک گیاه شده‌است. کاهش وزن خشک

بین قطر بلال و تعداد ردیف در بلال نیز هم‌بستگی مثبتی مشاهده شد به طوری که با افزایش قطر بلال، تعداد ردیف در بلال نیز افزایش یافت. بین قطر بلال با تعداد دانه در ردیف هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری وجود داشت. کم‌تر بودن مقدار عملکرد در تیمارهای مواجه شده با تنش خشکی نشان می‌دهد در صورتی که کم‌بود رطوبت خاک از یک‌حد معینی بگذرد باعث کاهش معنی داری در عملکرد دانه می‌گردد.

بین طول بلال با قطر بلال هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری وجود داشت. طول بلال با تعداد دانه در ردیف هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری وجود داشت، هم‌بستگی فوق مؤید این مطلب است که در افزایش طول بلال، افزایش تعداد دانه در ردیف نقش تعیین کننده‌ای دارد. بین طول بلال با تعداد ردیف در بلال، هم‌بستگی وجود نداشت. این امر نشان می‌دهد که طول بلال تحت تأثیر تعداد ردیف دانه قرار نداشته است.



شکل ۲- مقایسه میانگین هیبریدها تحت تأثیر رژیم های مختلف آبیاری برای تعداد دانه در ردیف
Figure 2- Comparison of hybrids under the different irrigation regimes for number of kernel per rows

کم آبی به علت کاهش تعداد کل دانه در بلال بود. با افزایش یافتن میزان تنش از تیمار آبیاری نرمال به تنش شدید عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک به میزان ۳۳ درصد و ۴۴ درصد کاهش یافت. مقایسه میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری در تعداد روز تا زمان گرده افشانی نشان داد که تنش کم آبیاری موجب تأخیر در گرده افشانی گردیده است به طوری که با افزایش تنش گرده افشانی تأخیر افتاده است. مقایسه میانگین رژیم‌های آبیاری در تعداد روز تا ظهور تارهای ابریشمی نشان داد که تیمار آبیاری پس از ۷۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر موجب تأخیر ظهور تارهای ابریشمی گردیده است. مقایسه میانگین رژیم‌های آبیاری در ASI نشان داد که بین شرایط آبیاری پس از ۷۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر اختلاف معنی داری وجود داشته است. مقایسه میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیشترین عملکرد دانه ۱۳۶۹۹ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر بوده و در تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر، عملکرد دانه به ۱۰۸۰۶ و ۹۳۵۰ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب ۱۲ درصد و ۳۲ درصد نسبت به تیمار آبیاری نرمال کاهش نشان دادند. مقایسه

تعداد ردیف در بلال با عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری داشت. تعداد دانه در ردیف با عملکرد دانه و عملکرد علوفه خشک هم‌بستگی مثبت و بسیار معنی داری در سطح احتمال یک درصد وجود داشت. باتوجه به جدول هم بستگی می‌توان نتیجه گرفت که صفات طول بلال، قطر بلال، تعداد دانه در ردیف و تعداد ردیف در بلال در تغییرات عملکرد دانه در شرایط کم‌بود رطوبت خاک می‌توانند تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته باشند. در نتیجه با اصلاح این صفات در هیبریدها می‌توان تا حدود زیادی از کاهش عملکرد در اثر تنش خشکی اجتناب نمود. در این آزمایش هیبرید شماره ۴ (KSC700) به دلیل تعداد روز تا گرده افشانی (۷۰ روز) و میانگین تعداد بلال در بوته بیش‌تر (۹۴/۰) و طول بلال بیش‌تر (۲۱/۵۵ سانتی متر) و عملکرد دانه بیش‌تر (۱۲۹۶۱ کیلوگرم در هکتار) و با عملکرد علوفه خشک (۱۵۵۶۵ کیلوگرم در هکتار) به عنوان بهترین هیبرید شناسایی گردید و هیبرید K3544/1×K47/2-2-1-2-2-1-1 دارای کم‌ترین میزان عملکرد دانه بود که کاهش معنی دار عملکرد دانه در شرایط تنش

میانگین رژیم‌های مختلف آبیاری نشان داد که بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک با میانگین ۱۷۸۷۱ کیلوگرم در هکتار متعلق به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر بوده و در تیمارهای آبیاری پس از ۱۰۰ و ۱۳۰ میلی متر تبخیر، عملکرد علوفه خشک به ۱۵۳۸۱ و ۹۸۶۲ کیلوگرم در هکتار، به ترتیب ۱۴ درصد و ۵۴ درصد نسبت به تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی متر کاهش نشان دادند.

جدول ۵- ضرایب هم‌بستگی بین عملکرد و صفات مورد بررسی

Table 5- Traits correlation coefficients

عملکرد دانه kernel yield	تعداد دانه در ردیف number of kernels per row	تعداد ردیف در بال number of rows per ear	تعداد بلال در بوته number of ear in corn	قطر بلال ear diameter	طول بال ear length	فاصله زمانی گرده‌افشانی تا ظهور کاکل Period of Pollination until silk emergence	تعداد روز تا ظهور سیلک Number of days until silk emergence cords	تعداد روز تا گرده‌افشانی Number of days until to Pollination
							۰.۸۴**	تعداد روز تا ظهور سیلک Number of days until silk emergence cords
							۰.۲۶**	فاصله زمانی گرده‌افشانی تا ظهور کاکل Period of Pollination until silk emergence
						- 0.13 ^{ns}	-0.35**	طول بلال ear length
					۰.۷۰**	- ^{ns} 0.09	-0.41**	قطر بلال ear diameter
				۰.۲۴**	۰.۴۴**	۰ ^{ns}	- ^{ns} 0.03	تعداد بلال در بوته number of ear in corn
			۰.۰۵ ^{ns}	۰.۴۹**	^{ns} 0.06	۰.۱۸*	۰ ^{ns}	تعداد ردیف در بلال number of rows per ear
		- 0.06 ^{ns}	۰.۲۹**	۰.۶۴**	۰.۸۳**	- ^{ns} 0.۱۶	-0.41**	تعداد دانه در ردیف number of kernels per row
	۰.۸۱**	۰.۲۳*	۰.۵۱**	۰.۷۶**	۰.۷۹**	- 0.۱۵ ^{ns}	-0.33**	عملکرد دانه kernel yield
۰.۶۷**	۰.۶۶**	۰.۱۷*	۰.۴۱**	۰.۵۸**	۰.۷۲**	-0.۲۱*	-0.۲۸**	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield

ns: غیرمعنی‌دار، * و ** به ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد

ns, * and **: Non significant, significant at P<0.05 and P<0.01 respectively

References

- 1- Abrecht, D. G., and Carberry. P. S. 1991. The influence of water deficit prior tassel initiation on maize growth. Field Crops Research 31: 55-69.
- 2- Andrade, F. H., Echarte, L., Rizzalli, R., Della Maggiora, A., and M. Casanovas. 2002. Kernel number predication in maize under nitrogen or water stress. Crop Science 42:1173-1179.
- 3- Azari ki, M. 2002. Effect of drought stress on yield and yield components of maize 3 varieties in Mogan. Master thesis. University of Tabriz.
- 4- Azari Nasrabadi, A. 1999. Diversity and relationships in agronomic traits and yield components in corn with the application of the factor. Master thesis, Faculty of agriculture, University of Tehran.
- 5- Bolanos, J., and Edemedes. G.O. 1996. The importance of the anthesis-silking interval inbreeding for drought. Tolerance in tropical maize. Field Crops. Research 48:65-80.
- 6- Bolanos, J. and Martinaz. L. 1993. Eight cycles of selection for drought tolerance in low land tropical maize. Responses in drought adaptive physiological and morphological trait. Field Crop Research 31: 269- 286.
- 7- Budiarti, S.G. 1997. Green house and field test of maize varieties for drought tolerance. Simposioun NASI onal dan Kongres. Green house and field test of maize varieties for drought tolerance. Simposioun NASI onal dan

- Kongres.PERIPI – Perhimpunan Ilmu Pemuliaan Indonesia (Indonesia) 24-25.
- 8- Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89:1-16.
- 9- Cattivelli, L., Rizza, F., Badeck, F.W., Mazzucotelli, E., Mastrangelo, A.M., Francia, E., Mare, C., Tondelli, A. and Stanca, A. M. 2008. Drought tolerance improvement in crop plants: An integrated view from breeding to genomics. *Field Crop Research* 105: 1-14
- 10- Coors, J.G. 1995. Grain yield and nutritional quality of corn silage.Final 4 year UW corn silage research consortium meeting Madison.WS unpublished.
- 11- Curran, B. and Posch. J. 2000. Agronomic management of silage for yield and quality:silage cutting height.*Crop Insights Vol:10(2)*. Pioneer Hi-bred International .INC.
- 12- Denmead, O.T. and Show. R.H. 1960. The effect of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agronomy Journal* 52: 272- 274.
- 13- Desclaux, D. and Roumet, P. 1996. Impact of drought stress on the phenology of two soybean (*Glycine max* L. Merr) cultivars. *Field Crop Research* 46: 61-70.
- 14- Fatemi, R. B. Khraryan, Ghanbari, O. and Valizadeh. M. 2001. Effects of different regimens and the need for irrigation water on corn yield and yield components Sngl 704, *Journal of Agricultural Sciences* 12(1): 140-133.
- 15- Grant, R.F., B.S. Jackson, Kiniry, J.R. and Arkian. G.F. 1989. Water deficit timing effects on yield componentsin in maize. *Agronomy Journal* 81:61-65.
- 16- Hamidi, S. 2001. Evaluation of delayed corn hybrids under drought stress conditions in grain filling stage of drought tolerance indices, and path analysis. Master's thesis, Faculty of agriculture, University of Mazandaran.
- 17- Herrero, M.P., and johnson. R.R. 1981. Drought stress and its effects on maize reproductive system. *Crop Science* 21: 105-110.
- 18- Karimi, M.M. Esfahani, M, Bigloei, B, and Gasemi, A. 2009. The impact of irrigation on Factors low-growth indicators morphologically and maize in the climatic conditions of Rasht. *Electronic journal of production of crop plants* 2(2): 109-91.
- 19- Kumar, A. and Singh, D.P. 1998. Use of physiological indices as a screening technique for drought tolerance in oilseed Brassica species. *Annals of Botany* 81: 413- 420.
- 20- Lauer, J. 2003. What happens with in the corn plant when drought occurs. *Wisconsin Crop Manager* 10(22): 153-155.
- 21- Mark, G. J., Boyle, S. Boyer. and Mogan, W. 1991. Stem infusion of liquid culture medium prevents reproductive failure of maize at low water potential. *Crop Science* 31: 1246-1252.
- 22- Nesmith, D.S. and Ritchie, J.T. 1992a. Maize (*Zea mays* L.) response to a severe soil water- deficit during grain filling. *Field Crops Research* 29: 23-35.
- 23- 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 corn. *Crop Science* 42:165-171.
- 24- Prakob, J.A. 1996. Effect of plant densities and planting dates on some agronomic characteristics and grain yield of field corn varieties. Thesis (M. S. in Agriculture) Bangkok, pp 129.
- 25- Rashidi, Sh. 2005. Effect of drought stress at different growth stages and different levels of nitrogen fertilizer on yield and yield components of maize TC647 in Khuzestan weather conditions. Master thesis Agriculture University of agricultural sciences and natural resources, Khuzestan.
- 26- Ranjbar, h. 2005. Effect of drought stress and thinning at different growth stages on yield and physiological, morphological characteristics, seed yield components of maize hybrid 704 Single. Master thesis, Faculty of agriculture, University of Shiraz.
- 27- Shoaie Hosseini, M.M. Parsi, and Khavari Khorasani. S. 2008. Effects of water deficit on yield and yield components in hybrid corn using path analysis. *Journal of Agricultural Science*. 92(1): 85-71.
- 28- Safarhamidi, H, 2005. Evaluation of maize under drought stress conditions delayed hybrids in grain filling stage of drought tolerance indices, and causality. Master thesis, University of Mazandaran.
- 29- Saeed, M; MT. Masood., M.B. Gill and Akhtar. M. 1997. Agromorphological response of maize to water stress. *Pakistan Journal of Botany* 29(3): 103- 111.
- 30- Song F.B., and Dai. Y.Y. 2000. Effect of drought stress on growth and development of female inflorescence and yield of maize. *Journal of Agricultural University* 22(1): 18-22.
- 31- Stone. P.J, D.R. Wilson and Reid. J.B, 2001. Water deficit effects on sweet corn. I. Water use, radiation use efficiency, growth, and yield. *Australian Journal of Agricultural Research* 52(1): 103- 113.
- 32- Traore, S.B., Carlson, R.E., Pilcher, C.D., and Rice, M.E. 2000. *Bt* and Non-*Bt* maize growth and development as affected by temperature and drought stress. *Agronomy Journal* 92: 1027-1035.
- 33- Westgate, M.E., and Boyer, J.S. 1986. Reproduction at low silk and water potential in maize. *Crop Science* 26: 951-956.
- 34- Westgate, M.E. 1994. Water status and development of the maize endosperm and embryo during drought. *Crop Science* 34:76-83.

- 35- Yazar, A., Sezen, S. and Gencel, B. 2002. Drip irrigation of corn in the Southeast Anatolia Project (SAP) area in Turkey. *Irrigation and Drainage* 51:293-300.
- 36- Zinselmeier, C., M.E. Westgate and R.J. Jones. 1995. Kernel set at low water potential does not vary with source / sink ratio in maize. *Crop Science* 35: 158-163.



Effects of Drought Stress on Vegetative and Reproductive Stages of Forage and Kernel Corn Hybrids

M. Hajibabaei^{1*} - F. Azizi²

Introduction

Maize is one of the most important cereals which its global production is severely affected by drought in many parts of the world. One of the best ways of water management on field is to choose the proper variety which could be chosen indirectly by the traits affecting the grain yield.

Materials and Methods

In order to study the effect of drought stress in vegetative and reproductive stages in 14 corn hybrids, an experiment was conducted at the experimental field of Seed and Plant Improvement Institute of Karaj, in 2009. The Research Station located in 50°, 55' eastern latitude and 35°, 47' northern longitude with 1254 height above mean sea level (AMSL). The soil texture of the location was loam-clay with pH= 7.5 and the Electrical Capacity (EC) = 0.7 dsm⁻¹. The experiment was carried out using split-plot in a randomized complete block design (RCBD) with three replications. The main plots consisted of three levels of irrigation regimes (irrigation after 70, 100 and 130 mm cumulative evaporation from evaporation pan class A) and sub-plots included 14 new corn hybrids. Includes eleven new hybrids such as (K47/2-2-1-4-1-1-1×MO17, K3653/2×K19, KLM76004/3-2-1-1-1-1-1×K3545/6, K3653/2×MO17, K74/2-2-1-2-1-1-1-1×K3545/6, K47/3-1-2-7-1-1-1×MO17, K47/2-2-1-2-2-1-1-1×K3544/1, KLM76004/3-2-1-1-1-1-1×K3544/1, K47/2-2-1-2-1-1-1×K3544/1, KLM77029/8-1-2-3-2-3×MO17 and KLM76005/2-3-1-1-1-1×MO17) and three hybrid control (KSC704, KSC720, KSC700). Irrigation time was determined using daily evaporation rate of standard class A evaporation pan. To determine the volume of water per irrigation, a sample of each plot from depth of root development was prepared before irrigation. The samples were kept in oven 80°C for 24 hours. The weight of soil moisture content was calculated and the volume of water per irrigation was calculated using equations 1 and 2.

$$1: H = \rho_b (\theta_{F.C} - \theta_m) D$$

$$2: V = H \times A$$

Where H is the water height in the plot, ρ_b is soil bulk density, $\theta_{F.C}$ is the moisture level at field capacity, θ_m is plot moisture mass desired at irrigation time, D is the root development depth, V is the volume of irrigation water in the plot, and A is the plot area. From each plot 10 plants were randomly selected to determine traits such as dry forage yield per hectare. In this experiment kernel yield per hectare, Dry forage yield per ha, Number of days until to pollination, number of days until silk emergence cords and period of pollination until silk emergence, ear length, ear diameter, number of ear in corn, number of kernels per row and number of rows per ear measured and calculated.

Results and Discussion

The results showed that hybrid differences in terms of number of days until the pollination, number of days until silk emergence cords, period of pollination until silk emergence and ear length was significant at 1% probability level. No significance differences were observed between hybrids for kernel yield, total number of kernels per ear, number of ear in corn and ear diameter. Hybrid and irrigation regimes interactions were not significant for any of the traits except for ear length that represent the same reaction of hybrids to the irrigation regimes. Evaluation of dry forage showed significant difference between years ($P < 0.01$). Means comparison of the years showed that dry forage yield was lower in the first year (Table 3). Interaction effect of irrigation regimes × year was significant and statistically caused non-significant difference for dry forage yield in the irrigation regimes. This difference could be due to low ability of hybrids in uptake, transport and food construction during water shortages that led to reduce dry matter accumulation. Dry weight loss and reduce of photosynthetic materials due to water limitation have also been reported by other researchers. There were no

1- Ph.D Student, Ferdowsi University of Mashhad, International Campus, Mashhad, Iran

2- Assistant Prof., Seed and Plant Improvement Institute, Karaj, Iran

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

significant difference among hybrids, but the highest amount of dry forage yield was in hybrid 8 and the lowest was in hybrids 3, 5, 10 and 11. Also, all the traits except number of ear per plant were affected by drought stress that caused significant difference ($P<0.01$) among hybrids. Changing irrigation regimes from normal to severe stress conditions decreased grain yield and dry forage yield by 32% and 44%, respectively.

Conclusions

Hybrid KSC700 determined as more tolerant (12961 and 15565 kg ha⁻¹ grain yield and dry forage yield, respectively). Higher yield of KSC700 can be attributed to its long growth stage; therefore, the hybrid had more time for production and accumulation of assimilates.

Keywords: Ear Length, Forage and Kernel Yield, Irrigation Regimes, Number of Days Until to Pollination

بررسی اثر حاصلخیزکننده‌های مختلف فسفر بر خصوصیات فیزیولوژیکی رنگدانه‌های فتوسنتزی و قندهای محلول در گلرنگ تحت شرایط کمبود آب

سیاوش حشمتی^۱ - مجید امینی‌دهقی^{۲*} - علیرضا رضازاده^۳ - کیوان فتحی امیرخیز^۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۶/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد حاصلخیزکننده‌های مختلف آلی و شیمیایی فسفر بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی رقم گلرنگ بهاره (IL111) در تنش خشکی آزمایشی به صورت اسپلیت-فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد، در سال زراعی ۱۳۹۰-۹۱ اجرا گردید. عامل اصلی تنش خشکی در سه سطح: آبیاری کامل یا بدون تنش (آبیاری بر اساس تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی)، تنش خشکی در مرحله رشد رویشی (آبیاری بر اساس تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و تنش در مرحله زایشی (آبیاری بر اساس تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) و عامل فرعی به صورت فاکتوریل شامل شش تیمار که سه سطح آن کود شیمیایی فسفر با مقادیر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات‌تریپل در هکتار) و کود زیستی فسفر بارور ۲-، در ۲ سطح (تلقیح و بدون تلقیح با بارور ۲) بود. بررسی صفات مورد مطالعه نشان داد که با اعمال تنش در مرحله رشد رویشی و زایشی، بیش‌ترین مقدار کلروفیل a، b و کلروفیل کل در تیمار به کارگیری کود زیستی فسفر بارور ۲ با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفر بود. در سطح تنش زایشی، مصرف بالای کود فسفر در تیمار عدم به کارگیری کود زیستی فسفر بارور ۲، بیش‌ترین تأثیر را در افزایش نسبت کلروفیل a به b داشت. اما در تیمار تلقیح کود زیستی، بیش‌ترین میزان نسبت کلروفیل a به b از کم‌ترین سطح کودی فسفر به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفر حاصل شد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین مقدار کاروتنوئیدها، fv/fm، آنتوسیانین، فلاونوئیدها و قندهای محلول در تیمار بدون کود زیستی فسفر بارور ۲ از مصرف ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار در شرایط تنش رویشی و زایشی بدست آمد. در سطح تنش در مرحله زایشی، تلقیح کود زیستی همراه با مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفر، میزان آنتوسیانین و قندهای محلول برگ را به طور معنی‌داری افزایش داد. در حالی که مقدار کاروتنوئید و فلاونوئیدها در تیمار به کارگیری کود زیستی بدون استفاده از کود فسفر افزایش داشت. در مجموع نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کود زیستی به همراه کود فسفر، نقش مؤثری در افزایش صفات مورد مطالعه گلرنگ در شرایط تنش خشکی داشته است.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، تنش خشکی، کارایی فتوسنتسم ۲، کلروفیل، کود زیستی فسفر بارور ۲

مقدمه

به حساب آید (Behra et al., 2002). به نظر می‌رسد که دلیل کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش آبی، تخریب این رنگیزه‌ها و یا کاهش ساخت آن‌ها و همچنین اختلال در فعالیت آنزیم‌های مسئول سنتز و رنگدانه‌های فتوسنتزی باشد (Voleti et al., 1998). یکی دیگر از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل، تخریب آن‌ها به وسیله انواع اکسیژن فعال می‌باشد (Navari-Izoo et al., 1990). کاهش در محتوای کلروفیل در گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) نیز تحت تنش خشکی گزارش شده است (Jaleel et al., 2008). همچنین نشان داده شده که محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی در ارقام گلرنگ تحت تنش آب کاهش یافت (Abdul Jaleel et al., 2007).

عمل هماهنگ آنتی‌اکسیدانت‌هایی با وزن مولکولی کم مانند آنتوسیانین‌ها، پلی‌فنل‌ها، فلاونوئیدها و کاروتنوئیدها می‌توانند به طور

غلظت کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang and Huang, 2001). حفظ غلظت کلروفیل تحت شرایط تنش به ثبات فتوسنتزی در این شرایط کمک می‌کند (Bishop and Bughee, 1998). کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی به عنوان یک عامل محدودکننده غیرروزنه‌ای

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه

شاهد، تهران

۲- دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

۳- استادیار گروه گیاهپزشکی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران

(Email: amini@shahed.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

۲۰۰۸). میکروارگانیسم‌های خاک در ایجاد تعادل و حفظ پایداری اکوسیستم نقش مهمی برعهده دارند. بنابراین استفاده از کودهای زیستی یکی از راه‌کارهای مؤثر در حفظ کیفیت مطلوب خاک محسوب می‌گردد که باعث افزایش واکنش‌های مفید بین گیاه و میکروارگانیسم‌ها در ریزوسفر شده و توان گیاه را برای جذب بیش‌تر عناصر غذایی افزایش می‌دهد (Kokalis-Buerelle et al., 2006). هم‌چنین تلقیح گیاهان با میکروارگانیسم‌های مفید بومی، ممکن است تحمل به خشکی گیاهان رشد یافته در مناطق خشک و نیمه‌خشک را افزایش دهد (Marulanda et al., 2007). به‌طوری‌که گزارش شده‌است که تلقیح گیاهان با باکتری سودوموناس می‌تواند اثرات خشکی را جبران کرده و نمو گیاه را به‌واسطه تولید پرولین، اسیدهای آمینه، قندهای محلول بهبود دهند، زیرا آن‌ها آب و مواد غذایی را از خاک بهتر جذب می‌کنند (Sandhya et al., 2010). کود زیستی فسفر بارور ۲ حاوی دو نوع باکتری حل‌کننده فسفات از گونه‌های باسیلوس لنتوس (سویه P5) و سودوموناس پوتیدا (سویه P13) می‌باشد که به‌ترتیب با استفاده از دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسیدفسفاتاز باعث تجزیه ترکیبات فسفره نامحلول و در نتیجه قابل جذب شدن آن برای گیاه می‌گردند (Malbubi, 2007). گزارشات مبنی بر این‌است که کود زیستی نیتروکسین، بیوسولفور و فسفات بارور ۲ از طریق کمک به جذب نیتروژن، فسفر و گوگرد و نقشی که این عناصر در تولید کلروفیل و تأمین آنزیم‌های مورد نیاز گیاه دارند، باعث افزایش میزان بافت‌های فتوسنتزی در گیاهان می‌شوند (Darzi, 2007). هم‌چنین تحقیقات نشان داده‌است که در اثر تلقیح باکتریایی بر گیاه آفتابگردان، میزان رنگدانه‌های کلروفیل a و b قبل و بعد از گلدهی افزایش یافته و در نتیجه تولید انرژی و در نهایت رشد آفتابگردان در تیمار کود زیستی نسبت به تیمار کنترل (عدم تلقیح) بیش‌تر بوده‌است (Marius et al., 2005). گلرنگ یکی از گیاهان روغنی و بومی کشور است. وجود انواع تیپ‌های وحشی که در سراسر کشور پراکنده‌اند، نشان از سازگاری خوب این گیاه با شرایط آب‌وهوایی ایران دارد، تحمل نسبی به شوری خاک و خشکی هوا و هم‌چنین دارا بودن روغنی با کیفیت بالا، از مشخصات بارز این گیاه است (Ahmadi and Omid, 1996). بنابراین هدف از این تحقیق، بررسی اثر کودهای شیمیایی و زیستی فسفر بر روی رنگدانه‌های فتوسنتزی و کارایی فتوسنتز تحت شرایط تنش خشکی بر روی گلرنگ بوده‌است تا با شناسایی سازوکارهای مؤثر در مقابله با تنش، بتوان اثرات سوء ناشی از تنش خشکی را در این گیاه دانه‌روغنی کاهش داد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شاهد

مؤثری خنثی‌کننده رادیکال‌های آزاد مضر باشند و بدین طریق سبب پایداری اکسیداسیون لیپیدها شوند (Basu et al., 2010). فلاونوئیدها و آنتوسیانین‌ها از مهم‌ترین ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی هستند، این ترکیبات نه تنها رادیکال‌های آزاد را از بین می‌برند، بلکه از تولید بیش‌تر آن‌ها در گیاه نیز جلوگیری می‌کنند (Nasibi and Kalantari, 2005). فلاونوئیدها به‌عنوان عامل آنتی‌اکسیدانت به‌واسطه تعدادی از گروه‌های هیدروکسیل که در حلقه‌های ساختاری خود دارند، انواع اکسیژن فعال را پاک‌سازی می‌کنند و توانایی آن‌ها به‌عنوان آنتی‌اکسیدانت بستگی به پتانسیل احیاء رادیکال‌ها و دستیابی به آن‌ها دارد (Rice-Evans, 2001). آنتوسیانین‌ها نیز هم از ساختارهای حساس مانند غشاهای حفاظت می‌کنند و هم از زوال کلروفیل جلوگیری می‌کنند (Leng et al., 2000). بنابراین گیاهانی که در بافت‌شان آنتوسیانین دارند، اغلب مقاوم به خشکی هستند (Paine et al., 1992). دسته دیگری از ترکیبات آنتی‌اکسیدانتی محلول در سلول‌های گیاهی کاروتنوئیدها می‌باشند، این ترکیبات نیز از مسیر غیرآنزیمی در جهت کاهش خسارت اکسیداتیو بر گیاه عمل می‌کنند، کاروتنوئیدها، تتراترپن‌های ۴۰ کربنه‌ای هستند که در کلروپلاست بافت‌های گیاهی حضور داشته و در تنش‌های محیطی محرک تنش اکسیداتیو در گیاه، حفاظت از بافت‌های فتوسنتزی به‌خصوص کلروفیل‌ها را برعهده دارند (Candan and Tarhan, 2003). خشکی علاوه بر کاهش در محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی، موجب آسیب و تغییرات در پارامترهای فلورسانس کلروفیل می‌شود (Mohsenzadeh et al., 2006). فلورسانس کلروفیل a می‌تواند معیاری از کارایی فتوسنتزی باشد و اطلاعاتی در مورد ارتباط بین ساختار مرکز واکنش در فتوسیستم II و هسته مرکزی فراهم‌کند (Papageorgiou and Govindjee, 2004). در مطالعه‌ای که بر روی گلرنگ انجام شده، نشان داده شده که تنش خشکی حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II را کاهش می‌دهد (Miladi Lari and Ehsanzadeh, 2010). افزایش تجمع محافظت‌کننده‌های اسمزی ممکن است از گیاهان در برابر آسیب‌ها حفاظت کنند و به‌حفظ ساختار پروتئین‌ها و یا به پاک‌سازی انواع اکسیژن فعال در کنار حفظ تعادل در پتانسیل اسمزی در سیتوزول کمک کنند (Parvanova et al., 2004). به‌طوری‌که سنتز قندهای محلول تحت شرایط خشکی افزایش می‌یابد (De Carvalho, 2005). این مواد می‌توانند به‌عنوان محافظت‌کننده‌های اسمزی واکنش دهند و منبعی از کربن برای حفظ بقای گیاهان در طی دوره‌های تنش آبی باشد (Chaves et al., 2003).

فسفر یکی از مهم‌ترین عناصر معدنی ضروری برای رشد گیاهان بعد از نیتروژن است. اگرچه قابلیت دسترسی به این ماده غذایی برای گیاهان توسط واکنش‌های شیمیایی مختلف، به‌ویژه در خاک‌های خشک و نیمه‌خشک محدود می‌شود (Mehrvarz and Chaichi, 2003).

دستگاه PSM (مدل بیومانتور AB ساخت کشور سوئد) قرائت شد. بدین منظور ابتدا در حدود نیم ساعت با استفاده از گیره‌های مخصوص دستگاه، سازگاری به تاریکی بر روی برگ‌ها انجام گرفت. اندازه‌گیری محتوی کلروفیل و کاروتنوئید با دستگاه اسپکتروفتومتر UV-1601PC مدل Shimadzu, Japan در طول موج‌های ۶۴۶/۸ و ۶۶۳/۲۰ نانومتر قرائت و غلظت رنگدانه‌ها بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر برگ محاسبه گردید (Lichtenthaler, 1987). سنجش فلاونوئیدها در سه طول موج ۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و برای محاسبه غلظت، از ضریب خاموشی $\epsilon = 3300 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ استفاده و به صورت جذب در میلی گرم وزن تر برگ بیان گردید (Krizek et al., 1993). هم‌چنین غلظت آنتوسیانین نیز براساس میزان جذب در ۵۵۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر خوانده شد و برای محاسبه غلظت آنتوسیانین، از ضریب خاموشی $\epsilon = 3300 \text{ mol}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ استفاده و به صورت میکرومول در گرم وزن تر برگ بیان گردید (Krizek et al., 1993). برای اندازه‌گیری قندهای محلول کل نمونه‌های منجمد به میزان ۲/۰ گرم در سه میلی لیتر آب مقطر عصاره‌گیری شده و سپس محلول همگن حاصل به کمک کاغذ صافی صاف شد. برای اندازه‌گیری قند نمونه، به ۵۰ میکرولیتر از همگن صاف‌شده ۰/۵ میلی لیتر فنل پنج درصد و ۲/۵ میلی لیتر اسیدسولفوریک ۹۸ درصد اضافه گردید. بلافاصله بعد از افزودن اسیدسولفوریک، یک واکنش گرمازا همراه با تولید رنگ نارنجی ایجاد می‌شود که تولید حرارت زیادی می‌کند. لذا ضروری است بعد از افزودن اسید، مخلوط واکنش ۱۰ دقیقه در دمای اتاق خنک شود. منحنی استاندارد با استفاده از غلظت‌های مختلف گلوکز، زایلوز و مانوز از ۰ تا ۲۰ میکروگرم در میلی لیتر ترسیم شد، جذب استانداردها به همراه جذب نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در سه طول موج ۴۸۰، ۴۸۵ و ۴۹۰ نانومتر برای سنجش گلوکز، زایلوز و مانوز اندازه‌گیری شد و مقدار قند نمونه، بر مبنای میکروگرم بر گرم وزن تازه برگ تعیین گردید (Dubois et al., 1956). به منظور انجام محاسبات آماری از نرم افزار آماری SAS 9.1 استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از روش برش‌دهی اثر متقابل (LSMEANS) توسط دستور PDIFF انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده سطوح کود شیمیایی فسفر و کود زیستی فسفر بارور ۲ و هم‌چنین برهم‌کنش سطوح آبیاری و کود شیمیایی فسفر، سطوح آبیاری و کود زیستی فسفر بارور ۲، کود شیمیایی فسفر و کود زیستی فسفر بارور ۲ و اثر سه‌جانبه تیمارهای آبیاری، کود شیمیایی فسفر و کود زیستی فسفر بارور ۲، بر تمامی صفات مورد اندازه‌گیری، معنی‌دار شد (جدول ۱).

در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی و ۵۱ درجه شرقی واقع در ابتدای آزاد راه تهران-قم در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام گرفت. میانگین بارندگی سالانه در این منطقه، ۲۳۸/۹ میلی متر، با میانگین درجه حرارت سالانه ۱۷/۷ درجه سانتی گراد است. بافت خاک در عمق ۳۰-۳۰ سانتی متری از نوع لومی و در عمق ۶۰-۳۰ سانتی متری از نوع لومی-رسی، میزان فسفر قابل جذب ۱۰ ppm، نیتروژن کل ۰/۰۸۹ درصد بود. آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت-فاکتوریل با عامل تنش خشکی در سه سطح: آبیاری کامل یا بدون تنش (آبیاری پس از تخلیه ۵۰ درصد رطوبت ظرفیت زراعی قطع آبیاری در مراحل رشد رویشی و زایشی) (آبیاری پس از تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی) در کرت اصلی است. عامل فرعی شامل شش تیمار که عبارت‌اند از کود شیمیایی فسفر در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار) و کود زیستی فسفر بارور ۲ در دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح بذر با کود زیستی فسفر بارور ۲) که به صورت فاکتوریل، عامل فرعی را تشکیل می‌دادند. کود زیستی مورد استفاده در این آزمایش، با نام تجاری فسفر بارور ۲، از شرکت زیست فناوری سبز تهیه گردید. هم‌چنین کاربرد کود زیستی فسفر بارور ۲ به صورت بذر مال، به میزان ۱۰ لیتر در هکتار استفاده شد. قبل از کاشت نیز بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک، کود نیتروژن از منبع اوره به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به خاک داده شد. بذر گل‌رنگ رقم IL-111 از موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کشور تهیه شد. عملکرد این رقم در شرایط بدون تنش ۸۰۴/۰۵ کیلوگرم در هکتار و در شرایط تنش خشکی، ۶۲۰/۷۸ کیلوگرم در هکتار گزارش گردیده است که دارای شاخص تحمل به تنش ($STI = 1/19$) و شاخص حساسیت به تنش ($SSI = 0/70$) می‌باشد (Zarghami et al., 2011). مراحل رشد از نظر زمان اعمال تیمارهای آبیاری، تعیین گردید (Allen et al., 1998). بر این اساس، در طول مرحله رویشی، ۷۰ تا ۸۰ روز از زمان کاشت (Vb) تا انتهای مرحله رویشی تأخیری (مرحله طبق‌دهی)، آبیاری کرت‌هایی که باید در این مرحله تحت شرایط تنش قرار می‌گرفت بر اساس تخلیه ۷۵ درصد رطوبت ظرفیت زراعی خاک انجام گرفت، از آن به بعد هم با شروع مرحله گل‌دهی تقریباً به میزان ۵۰ درصد (F) تا مرحله تشکیل عملکرد و پُرشدن دانه (Y) آبیاری در کرت‌های تنش خشکی، پس از اندازه‌گیری میزان رطوبت خاک و رسیدن رطوبت خاک به ۷۵ درصد تخلیه رطوبت ظرفیت زراعی انجام گرفت. اندازه‌گیری رطوبت خاک به روش وزنی انجام شد (Alizadeh, 2011). به منظور بررسی تأثیر تنش رطوبتی بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی، در انتهای مرحله گل‌دهی پس از اعمال تنش، از هر تیمار نمونه‌گیری از جوان‌ترین برگ توسعه یافته تهیه و در نیتروژن مایع قرار داده شدند. سپس تا زمان انجام آزمایش در فریزر ۸۰- درجه سانتی گراد نگهداری شدند. در همین مرحله، از دو برگ هم‌سان بر روی دو بوته، میزان کلورسانس کلروفیل با استفاده از

بیش‌تر باشد (Kulshreshtha *et al.*, 1987). همچنین گزارش شده که اعمال تنش خشکی غلظت کلروفیل a را به‌طور متوسط در حدود ۳۵ درصد و کلروفیل b را ۳۸ درصد کاهش داده‌است (Siosemardeh *et al.*, 2003). بنابراین باتوجه به یافته‌های این تحقیق به‌نظر می‌رسد که کاربرد بیش‌ترین سطوح کود شیمیایی فسفر همراه با تلقیح باکتری و همچنین بدون تلقیح توانسته‌است غلظت کلروفیل b را تحت‌شرایط تنش خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی به‌طور معنی‌داری افزایش دهد.

مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که در تیمارهای تنش در مرحله رویشی و عدم‌تلقیح با کود زیستی فسفر بارور ۲، تمامی تیمارهای کود فسفر موجب افزایش معنی‌دار مجموع کلروفیل شدند. مقایسه میانگین‌ها نشان‌داد که تحت‌شرایط کم‌آبی در مرحله رویشی، در تیمار تلقیح با کود زیستی، مجموع کلروفیل با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به‌طور چشم‌گیری افزایش یافت (جدول ۲). نتایج این آزمایش نشان‌داد در شرایط کم‌آبی در مرحله زایشی، با افزایش کود شیمیایی فسفر در هر دو تیمار کود زیستی فسفات، میزان کلروفیل کل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. کاهش مجموع کلروفیل در آفتابگردان تحت تنش آب گزارش شده‌است (Manirannan *et al.*, 2007). شواهدی در دست است مبنی بر آن که تنش آبی میزان کلروفیل برگ را کاهش می‌دهد.

پایداری کلروفیل به‌عنوان یک معیار مقاومت به خشکی برای ارقام پیشنهاد شده‌است (Siosemardeh *et al.*, 2003). به‌نظر می‌رسد افزایش مجموع کلروفیل در شرایط تنش خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی، تحت‌تأثیر کاربرد کود شیمیایی فسفر همراه با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات بارور ۲ و همچنین بدون تلقیح باکتری نمایان‌گر افزایش توانایی گیاه گلرنگ جهت تحمل به‌شرایط تنش خشکی باشد. همچنین بیان‌شده که محتوای کلروفیل در تمام تیمارهای تلقیح‌شده با سویه‌های باکتری‌های حل‌کننده فسفات^۱ (PGPR) در شرایط تنش شوری، به‌طور معنی‌داری افزایش داشته‌است (Han and Lee, 2005).

در این آزمایش، در سطح کودی ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار در تیمار بدون‌استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲ تحت شرایط تنش کم‌آبی در مرحله زایشی، بیش‌ترین نسبت کلروفیل a/b مشاهده‌شد. اما در تیمار کود زیستی فسفر بارور ۲، با کاهش ۵۰ کیلوگرم کود فسفر بیش‌ترین تأثیر را در افزایش نسبت کلروفیل a/b داشت. هرچند بین سطوح مختلف فسفر در تیمار کود زیستی فسفر بارور ۲ تفاوت معنی‌داری مشاهده‌نشد (جدول ۲). تنش خشکی در نسبت کلروفیل a به b و کاروتنوئیدها تغییراتی ایجاد می‌کند (Farooq *et al.*, 2009).

نتایج حاصل از آزمایش نشان‌داد در سطح تنش رویشی، در تیمار عدم کاربرد کود زیستی، بین تیمارهای کودی فسفر از نظر میزان کلروفیل a اختلاف معنی‌داری مشاهده‌نشد، اما مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار همراه با کود زیستی سبب افزایش مقدار کلروفیل a شد. همچنین مشاهدات نشان‌داد در هر دو سطح کود زیستی با افزایش کود فسفر، در شرایط تنش زایشی، میزان کلروفیل a در تیمار عدم به‌کارگیری کود زیستی ۸۴ درصد و در تیمار به‌کارگیری کود زیستی ۱۰۴/۸ در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود فسفر) افزایش داشت و کم‌ترین مقادیر کلروفیل a در سطح تنش زایشی، در سطح کود زیستی با عدم مصرف کود فسفر حاصل‌شد (جدول ۲). میزان کلروفیل در گیاهان زنده یکی از فاکتورهای مهم حفظ ظرفیت فتوسنتزی است (Jiang and Huang, 2001). همچنین بیان‌شده که دوام فتوسنتز و حفظ کلروفیل برگ تحت تنش از جمله شاخص‌های فیزیولوژیک مقاومت به تنش است (Pessarkli, 1999). به‌نظر می‌رسد که کاهش میزان کلروفیل a در اثر تنش خشکی به‌علت افزایش تولید رادیکال‌های اکسیژن باشد، که این رادیکال‌های آزاد باعث پراکسیداسیون کلروفیل (Wise and Naylor, 1989) و در نتیجه تجزیه این رنگیزه می‌گردد (Schutz and Fangmeir, 2001). بنابراین مصرف کود شیمیایی فسفر در شرایط تنش خشکی همراه با تلقیح باکتری‌های حل‌کننده فسفات (بارور ۲) و بدون آن موجب افزایش میزان کلروفیل a گردیده‌است. بنابراین حفظ غلظت کلروفیل تحت‌شرایط تنش به‌ثبات فتوسنتزی در این شرایط کمک می‌کند.

نتایج آزمایش نشان‌داد که در تیمار تنش در مرحله رویشی، بیش‌ترین غلظت کلروفیل b با ۲/۹۸ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ، در تیمار عدم تلقیح با کود زیستی فسفات بارور ۲ از تیمار ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار عدم مصرف کود فسفر نداشت و بیش‌ترین این صفت در تیمار کاربرد کود زیستی با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار با ۴/۲۱ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ حاصل‌شد که با تیمار شاهد، در یک‌گروه آماری قرار گرفتند و با افزایش میزان کود مصرفی فسفر از ۵۰ به ۱۰۰ کیلوگرم مقدار کلروفیل b حدود ۲۲۸ درصد افزایش یافت و در شرایط تنش زایشی و تیمار عدم به‌کارگیری کود زیستی فسفات، میزان کلروفیل b با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود شیمیایی فسفر نسبت به تیمار شاهد، ۳۳/۹ درصد افزایش نشان‌داد. نتایج آزمایش همچنین نشان‌داد که تحت شرایط تنش زایشی، در تیمار تلقیح‌شده با کود زیستی همراه با مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود فسفر) کلروفیل b را به‌میزان ۱۵/۴ درصد افزایش داد (جدول ۲). کم‌بود آب سبب آسیب به‌رنگدانه و پلاستیدها می‌گردد، کاهش محتوای کلروفیل تحت تنش گزارش شده‌است (Castrillo and Turujillo, 1994). به‌نظر می‌رسد که این کاهش در کلروفیل b

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر کود شیمیایی و زیستی فسفر بر رنگدانه‌های فتوسنتزی، کارایی فتوسنتسم II و قندهای محلول برگ گلرنگ، تحت شرایط کمبود آب
Table 1- Analysis of variance for effect of different phosphorus fertilizers on photosynthetic pigment, fv/fm and soluble sugars of safflower under water deficit condition

میانگین مربعات									
Mean squares									
S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کلروفیل a/b Chlorophyll a/b	کاروتنوئید Carotenoids	آنتوسیانین Anthocyanin	کارایی فتوسنتسم II fv/fm
Replication (R)	بلوک (R)	2	0.179	0.146	0.028	0.003	0.0069	0.058	0.11
Water Stress (A)	تنش (A)	2	0.628*	2.348**	5.156**	0.036*	1.0096**	1.78**	0.83*
Error a	خطای a	4	0.059	0.067	0.057	0.002	1.0027	0.020	0.076
Phosphorus (B)	فسفر شیمیایی (B)	2	1.365**	0.377*	3.204**	0.086**	0.452**	0.55**	1.59**
Barvar-2 (C)	بارور (C)	1	0.542**	0.596*	3.109**	0.056**	0.0700**	0.15**	1.61**
A*B	تنش × فسفر	4	4.640**	3.534**	17.326**	0.123**	1.269**	0.25**	1.88**
A*C	تنش × بارور	2	0.991**	0.680**	4.188**	0.010 ^{ns}	0.289**	0.25**	2.28**
B*C	فسفر × بارور	2	3.471**	5.760**	18.763**	0.094**	0.980**	0.15**	0.68**
A*B*C	تنش × فسفر × بارور	4	2.731**	2.362**	12.063**	0.029**	0.603**	0.39**	3.38**
Error bc	خطای bc	30	0.069	0.081	0.133	0.005	0.0061	0.011	0.062
C.V (%)	ضریب تغییرات (%)		11.4	10.3	7.1	9.2	9.2	3.9	4.6

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

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

جدول ۱- ادامه
Table 1- Continued

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات				گلوکز Glucose	زایلوز Xlose	مانوز Mannose
			فلاونوئید ۲۷۰ نانومتر Flavonoids 270 nm	فلاونوئید ۳۰۰ نانومتر Flavonoids 300 nm	فلاونوئید ۳۳۰ نانومتر Flavonoids 330 nm				
Replication (R)	بلوک (R)	2	83.661	3.062	36.867	0.138	0.126	0.107	
Water Stress (A)	تنش (A)	2	2522.951**	1390.394**	2386.750**	691.695**	232.782**	311.045**	
Error a	خطای a	4	11.982	3.867	3.166	1.005	0.130	0.116	
Phosphorus (B)	فسفر شیمیایی (B)	2	19451.667**	8029.94**	11696.35**	92.013**	2.085**	17.315**	
Barvar-2 (C)	بارور ۲ (C)	1	636.608**	2417.64**	339.553**	5021.052**	1624.854**	2446.503**	
A*B	تنش × فسفر	4	13796.595**	11156.95**	9665.59**	306.644**	126.787**	169.664**	
A*C	تنش × بارور ۲	2	15814.570**	3204.31**	9108.65**	406.600**	159.472**	173.619**	
B*C	فسفر × بارور ۲	2	25368.214**	4627.73**	15077.068**	544.890**	277.826**	436.478**	
A*B*C	تنش × فسفر × بارور ۲	4	8997.168**	13291.28**	4567.26**	1349.720**	525.787**	768.164**	
Error bc	خطای bc	30	32.507	5.271	6.660	1.873	0.119	0.138	
C.V(%)	ضریب تغییرات (%)		4.0	2.4	2.3	1.1	0.4	0.4	

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

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل بررسی اثر کود زیستی فسفر بارور ۲ بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و قندهای محلول گلرنگ، تحت شرایط کمبود آب

Table 2- Mean comparison of effect of different phosphorus fertilizers on photosynthetic pigment, fv/fm and soluble sugars of safflower under water deficit condition

آبیاری	کود زیستی بارور ۲	کود فسفر	محتوای کلروفیل a	محتوای کلروفیل b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کاروتنوئید Carotenoids	نسبت کلروفیل a به b Chlorophyll a/b	آنتوسیانین Anthocyanin
Irrigation	Barvar-2	Phosphorus (Kg ha ⁻¹)	Chlorophyll a	Chlorophyll b	Chlorophyll (mg g FW ⁻¹)			(μmol/g FW)
بدون قطع آبیاری Without irrigation withholding	عدم تلقیح without inoculation	0	2.04b	2.12b	4.22b	1.11b	0.98a	0.283a
		50	3.02a	3.38a	6.55a	0.70c	0.95a	0.246b
		100	1.55b	1.83b	3.40c	1.87a	0.84a	0.246b
	تلقیح inoculation	0	3.69a	3.28a	7.15a	0.82b	1.10a	0.290b
		50	1.01b	1.41b	2.45c	1.21a	0.71b	0.330a
		100	1.25b	2.02b	3.21b	0.99ab	0.64b	0.270b
تنش در مرحله رویشی Water stress in the vegetative stage	عدم تلقیح without inoculation	0	1.99a	2.80a	4.72a	0.70a	0.70b	0.240c
		50	2.06a	2.98a	5.10a	0.77a	0.68b	0.340a
		100	2.26a	2.12b	4.37a	0.23b	1.02a	0.320b
	تلقیح inoculation	0	3.38a	4.07a	7.63b	0.91b	0.81b	0.290b
		50	1.01b	1.28b	2.20c	1.30a	0.66c	0.310ab
		100	4.04a	4.21a	8.78a	0.21c	0.90a	0.313a
تنش در مرحله زایشی Water stress in the flowering stage	عدم تلقیح without inoculation	0	1.69c	2.36b	4.05c	0.66a	0.77b	0.230c
		50	2.07b	3.08ab	5.16b	0.49b	0.66b	0.240b
		100	3.11a	3.16a	6.28a	0.74a	1.06a	0.260a
	تلقیح inoculation	0	1.45b	1.88c	3.25b	1.94a	0.75a	0.190c
		50	2.80a	3.52b	6.53a	0.279b	0.76a	0.290a
		100	2.97a	4.05a	6.97a	0.274b	0.73a	0.230b

در هر ستون و هر سطح تیمار آبیاری، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون برش‌دهی اثر متقابل در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند
Means in each column and irrigation treatment, followed by similar letter are not significantly different at 5% probability levels, using LSMEANS Test

موجب پایداری فتوسنتز در طی دوره تنش گردد.

نتایج آزمایش نشان داد در شرایط تنش رویشی، کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود فسفرتریپل در هکتار در هر دو سطح کود زیستی، بیش‌ترین تأثیر را بر روی مقدار کاروتنوئیدهای محلول برگ داشته‌است. مقایسات میانگین اثرات سه‌گانه نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار کاروتنوئیدهای محلول برگ در تیمار تنش در مرحله زایشی و بدون استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات (بارور ۲)، به ترتیب از کاربرد ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار با ۰/۷۴ و ۰/۴۹ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ مشاهده شد.

به طوری که در آزمایشی تحت رژیم‌های رطوبتی، محتوای کلروفیل b در دو رقم برنج (اوکرا) افزایش داشت در صورتی که میزان کلروفیل a بدون تغییر ماند. اما نسبت کلروفیل a به b در هر دو رقم کاهش معنی‌داری نشان داد (Ashraf *et al.*, 1994). هم‌چنین گزارش شده که تنش آبی کوتاه‌مدت که باعث پژمردگی معمولی و توقف کامل فتوسنتز خالص در گندم می‌شود و اثری روی کلروفیل برگ نداشته ولی نسبت کلروفیل a به b را افزایش می‌دهد (Ahmdai and Baker, 2000). نتایج این آزمایش مشخص کرد که مصرف کود فسفر همراه با کود زیستی بارور ۲ تحت شرایط تنش رطوبتی در مراحل مختلف رشد گیاه گلرنگ می‌تواند با افزایش نسبت کلروفیل a به b

جدول ۲- ادامه

Table 2- Continued

آبیاری	کود زیستی بارور ۲	کود فسفر	فلاوونوئید ۲۷۰	فلاوونوئید ۳۰۰	فلاوونوئید ۳۳۰	fv/fm	گلوکز	زایلوز	مانوز
Irrigation	Barvar-2	Phosphorus	Flavonoids 270 nm	Flavonoids 300 nm	Flavonoids 330 nm		Glucose	Xlose	Mannose
		(kg ha ⁻¹)		(Abs/mg F.W.)			(µg/g F.W.)		
بدون قطع آبیاری Without irrigation withholding	عدم تلقیح without inoculation	0	130.47c	91.60c	94.23c	0.42b	103.84b	62.07b	72.93b
		50	196.30b	141.02b	154.72b	0.61a	119.63a	69.63a	79.80a
		100	227.80a	168.60a	185.53a	0.64a	101.84c	61.80b	74.06b
	تلقیح inoculation	0	112.62b	83.55c	89.43b	0.52b	114.99b	68.13c	82.75c
		50	128.66a	93.22a	100.52a	0.60a	127.46a	75.73b	88.89b
		100	115.22ab	86.22b	89.85b	0.52b	134.41a	79.86a	99.38a
تنش در مرحله رویشی Water stress in the vegetative stage	عدم تلقیح without inoculation	0	138.42b	99.22c	106.01b	0.59a	95.40c	56.34c	67.07c
		50	167.58a	113.52a	127.07a	0.62a	118.14b	69.68b	83.43b
		100	160.11c	110.78b	122.15c	0.53b	123.44a	73.59a	88.61a
	تلقیح inoculation	0	217.91a	156.95a	168.39a	0.54a	173.68a	105.08a	124.09a
		50	131.64b	98.56b	105.91b	0.46b	131.76b	74.00b	85.97b
		100	114.06c	89.28b	73.50c	0.41b	120.54c	72.50c	85.85b
تنش در مرحله زایشی Water stress in the flowering stage	عدم تلقیح without inoculation	0	123.47b	89.35b	92.27b	0.44c	106.01c	65.57b	77.69b
		50	216.77a	161.02a	174.66a	0.55a	108.78b	70.01a	83.57a
		100	96.28c	70.19c	75.05c	0.51b	116.41a	61.72c	73.02c
	تلقیح inoculation	0	267.38a	190.69a	204.23a	0.38c	111.82c	67.01c	79.63c
		50	78.16b	61.56b	74.86b	0.64a	130.73a	68.71b	81.75b
		100	69.63c	89.53c	57.70c	0.55b	121.67b	78.13a	93.03a

در هر ستون و هر سطح تیمار آبیاری، میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، بر اساس آزمون برش‌دهی اثر متقابل در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارند
Means in each column and irrigation treatment, followed by similar letter are not significantly different at 5% probability levels, using LSMEANS Test

آنتوسیانین با مصرف توأم کود شیمیایی (به مقدار ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار) داشت و کم‌ترین مقدار میزان آنتوسیانین در اثر عدم مصرف کود فسفر مشاهده شد، اما در اثر عدم به کارگیری کود زیستی فسفات بارور ۲، تحت شرایط تنش زایشی، بیش‌ترین مقدار این صفت از به کارگیری ۱۰۰ کیلوگرم فسفر در هکتار مشاهده شد، بنابراین تحت شرایط کم‌آبی به خصوص در مرحله زایشی، کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲ به همراه حداقل مصرف کود فسفر موجب افزایش میزان آنتوسیانین شده است. تمامی تیمارهای کودی فسفر در سطح کود زیستی فسفات بارور ۲، موجب افزایش میزان آنتوسیانین در شرایط تنش رویشی در مقایسه با شاهد (عدم مصرف کود فسفر) شدند. در سطح عدم به کارگیری کود زیستی فسفات بارور ۲، نیز بیش‌ترین مقدار آنتوسیانین با ۳۴/۰ میکرومول در گرم وزن تر برگ از تیمار مصرف ۵۰ کیلوگرم فسفر در هکتار به دست آمد و کم‌ترین مقدار هم با ۲۴/۰ میکرومول در گرم وزن تر برگ از تیمار عدم به کارگیری کود فسفر بود (جدول ۲). هم‌چنین گزارش شده که تنش خشکی به‌طور معنی‌داری محتوای آنتوسیانین‌ها را در برگ‌های گیاهچه‌های لوبیا

ولی مصرف کود فسفرتریپل در تیمار کاربرد کود زیستی فسفات، موجب کاهش میزان کاروتنوئیدهای محلول برگ شد به‌طوری‌که با افزایش مصرف کود شیمیایی فسفر از میزان کاروتنوئیدهای محلول برگ به شدت کاسته شد. بنابراین استفاده از باکتری‌های حل‌کننده فسفات (بارور ۲)، به تنهایی و بدون استفاده از کودهای شیمیایی فسفره توانست میزان کاروتنوئیدهای محلول برگ را تحت شرایط تنش کم‌بود آب در مرحله زایشی افزایش دهد. بدین ترتیب بر اساس این نتایج می‌توان بیان نمود که استفاده از کود زیستی فسفر بارور ۲ در شرایط کم‌بود آب در مرحله زایشی می‌تواند در کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیز تأثیرگذار باشد. از بررسی نتایج این آزمایش می‌توان نتیجه گرفت که استفاده از کود زیستی تحت شرایط تنش خشکی، در مرحله زایشی گل‌رنگ می‌تواند با افزایش غلظت رنگدانه‌هایی نظیر کاروتنوئیدهای محلول سبب کاهش خسارت اکسیداتیو شود.

نتایج این تحقیق نشان داد که کاربرد کود زیستی فسفات بارور ۲، تحت شرایط تنش در مرحله زایشی، تأثیر مثبتی بر روی میزان

چشم‌بلبلی افزایش داده‌است (Balakumar et al., 1993). آنتوسیانین‌ها پتانسیل از بین بردن انواع اکسیژن فعال را دارند (Pietrini et al., 2002). به نظر می‌رسد که کاربرد کود زیستی به همراه کود شیمیایی فسفر توانسته با افزایش غلظت آنتوسیانین، سطح تحمل گیاه به خشکی را افزایش داده‌باشد.

بررسی نتایج مقایسات میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد، در هنگام اعمال تنش خشکی در مراحل رشد رویشی و زایشی گل‌رنگ، کاربرد کود شیمیایی فسفره (به مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار) در تیمار عدم به کارگیری کود زیستی، در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود فسفر) تأثیر مثبت بر روی مقادیر رنگدانه‌های فلاونوئیدهای اندازه‌گیری شده در سه طول موج (۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر) داشت، اما فلاونوئیدهای اندازه‌گیری شده در سه طول موج (۲۷۰، ۳۰۰ و ۳۳۰ نانومتر)، در اثر به کارگیری کود زیستی، بدون مصرف کود شیمیایی فسفر افزایش معنی‌داری داشت و با افزایش کود شیمیایی فسفر از میزان آن‌ها به طور چشم‌گیری کاسته شد (جدول ۲). بدین ترتیب می‌توان بیان نمود که استفاده از کود زیستی، به تنهایی تحت شرایط تنش در مراحل رشد رویشی و زایشی گل‌رنگ، می‌تواند سبب افزایش فلاونوئیدها گردد.

مشاهده شده که مقادیر فلاونوئیدها در خوددفرنگی (*Pisum sativum*) در شرایط تنش شوری افزایش شدید ۴۵ درصدی داشته است (Noguees et al., 1998). همچنین گزارش شده‌است که فلاونوئیدها به عنوان عامل آنتی‌اکسیدانت در پاک‌سازی انواع اکسیژن فعال عمل می‌کنند (Rice-Evans et al., 2006). در این تحقیق افزایش این رنگدانه‌ها در اثر تلقیح کود زیستی و کود سوپرفسفات تریپل در شرایط تنش می‌تواند نقش مهمی در کاهش خسارت تنش اکسیداتیو داشته‌باشد.

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد در شرایط تنش در مرحله رویشی، بیش‌ترین مقدار حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II در زمان تنش خشکی، در تیمار بدون تلقیح با کود زیستی مربوط به مصرف ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار می‌باشد و با افزایش فسفر مصرفی میزان حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II، کاهش یافت. در تیمار تلقیح شده با کود زیستی بیش‌ترین مقدار عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II در زمان تنش خشکی مربوط به عدم به کارگیری کود فسفره بود. بنابراین کاربرد کود زیستی به تنهایی مقادیر حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II، در زمان تنش خشکی را افزایش داد. اما مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه نشان داد که در هر دو سطح کود زیستی، بیش‌ترین و کم‌ترین مقدار حداکثر عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II در زمان اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی، از تیمارهای ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار و عدم مصرف کود شیمیایی فسفر به دست آمد (جدول ۲). گزارش شده که کاهش نسبت fv/fm (عملکرد فلورسانس : نسبت فلورسانس متغییر به فلورسانس حداکثر)

در طول خشکی در تمام گونه‌ها به عنوان یک تنظیم فیزیولوژیکی انتقال الکترون توسط فرآیندهای ساطع‌کننده انرژی، گیرنده فتوسیستم II می‌تواند اتفاق افتد (Nogues and Baker, 2000). سوء عمل فتوسیستم II که باعث کاهش کارایی انتقال الکترون برای واکنش فتوسنتزی می‌شود می‌تواند نتیجه آن، تجمع مقدار زیاد انواع اکسیژن فعال باشد و از آنجایی که که کلروپلاست‌ها یکی از اصلی‌ترین مکان‌های تولیدکننده انواع اکسیژن فعال در سلول‌های گیاهی است (Garczarska et al., 2004)، لذا تجمع رادیکال‌های آزاد موجب کاهش بیش از حد مراکز واکنش در فتوسیستم II و محدود کردن فتوسنتز در گیاهان تحت تنش خشکی می‌گردد (Demmig-Adams and Adams, 1992). از این رو به نظر می‌رسد کاربرد کود زیستی فسفر بارور ۲ و کود فسفر در شرایط تنش خشکی موجب بهبود عملکرد کوآنتومی فتوسیستم II در گل‌رنگ شده‌باشد.

نتایج این آزمایش نشان داد که روند تغییرات قندهای محلول (گلوکز، زایلوز و مانوز) در سطح تنش زایشی در سطوح کود زیستی مشابه بود. به نحوی که کاربرد کود زیستی به همراه ۵۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار بیش‌ترین تأثیر را در افزایش قندهای محلول در شرایط تنش زایشی داشت. به طوری که مقادیر قندهای محلول (گلوکز، زایلوز و مانوز) نسبت به شاهد به ترتیب در حدود ۱۶/۹، ۱۶/۶ و ۱۶/۸ درصد افزایش داشت. اما بالاترین مقادیر قندهای محلول در این شرایط در تیمار عدم تلقیح کود زیستی مربوط به مصرف ۱۰۰ کیلوگرم کود فسفر در هکتار بود. نتایج نشان داد در هنگام اعمال تنش در مرحله رویشی، بالاترین مقادیر قندهای محلول (گلوکز، زایلوز و مانوز) در تیمار تلقیح شده با کود زیستی بدون استفاده از کود شیمیایی فسفر بود. بنابراین تلقیح کود زیستی تحت چنین شرایطی بدون مصرف کود فسفر موجب افزایش قندهای محلول شد. در حالی که در تیمار بدون تلقیح کود زیستی، بالاترین سطح کودهای شیمیایی فسفره اثر معنی‌داری بر میزان قندهای محلول داشت. تجمع قندها در پاسخ به تنش خشکی توسط سایر محققین نیز گزارش شده‌است (De Carvalho, 2005). هم‌چنین بیان شده که در شرایط خشکی، محتوای قندهای محلول کل در گیاهچه‌های ذرت که با باکتری‌های حل‌کننده فسفات تلقیح شده بودند، نسبت به گیاهچه‌های تلقیح نشده با باکتری افزایش داشت (Sandhya et al., 2010). این امر نشان می‌دهد که سودوموناس در بیوسنتز آن‌ها به وسیله تخریب محتوای نشاسته بیش‌تر برای تنظیم اسمزی به منظور کاهش اثر تنش کمک می‌کند.

نتیجه‌گیری

بنابراین باتوجه به نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که مصرف کودهای شیمیایی فسفره و هم‌چنین استفاده از کودهای زیستی

مانند کلروفیل‌های a و b می‌تواند سبب ثبات فتوسنتز در گیاه تحت شرایط کم‌آبی گردد، هم‌چنین افزایش رنگدانه‌هایی از قبیل آنتوسیانین‌ها، فلاونوئیدها و کاروتنوئیدهای محلول در برگ و قندهای محلول نیز می‌تواند مقاومت گیاه را به خشکی افزایش دهند. از این رو به‌نظر می‌رسد که کاربرد کود زیستی به‌تنهایی و همراه با کود شیمیایی فسفر نقش مؤثری در افزایش مقاومت گلرنگ در شرایط تنش خشکی دارد.

تحت شرایط تنش به‌ویژه در مرحله زایشی گلرنگ از طریق تجمع قندهای محلول، موجب کاهش خسارت ناشی از تنش شده‌باشد. در این آزمایش مشخص گردید که کاربرد کود زیستی فسفر بارور ۲ و کود شیمیایی سوپرفسفات‌تریپل در شرایط تنش خشکی در مراحل مختلف رشد گلرنگ توانست بر میزان کلروفیل a، b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a به b، کاروتنوئیدها، fv/fm، آنتوسیانین، فلاونوئیدها، قندهای محلول برگ تأثیر معنی‌داری داشته باشد. حفظ رنگیزه‌هایی

References

- 1- Abdul Jaleel, C., Manivannan, P., Lakshmanan, G. M., Gomathinayagam, M., and Panneerselvam, R. 2007. Alterations in morphological parameters and photosynthetic pigment responses of *Catharanthus roseus* under soil water deficits. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 61(2): 298-303.
- 2- Ahmadi, M. R. and Omid, A. H. 1996. Evaluation of seed yield and effect of harvesting time on oil content of spring and winter safflower. *Iranian Journal of Agriculture Science* 27(4): 29-36. (In Persian with English Abstract)
- 3- Ahmdai, A., and Baker, D. A. 2000. Stomata and nonstomatal of photosynthesis under water stress condition in wheat plant. *Iranian Journal of Agriculture Science* 31(4): 813-825. (In Persian with English Abstract)
- 4- Alizadeh, A. 2011. Soil, Water and Plant Relationship. Ferdowsi University of Mashhad, Iran.
- 5- Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., and Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). Irrigation and Drainage Paper 56. FAO, United Nations, Rome, Italy.
- 6- Ashraf, M. Y., Azmi, A. R., Khan, A. H., and Ala, S. A. 1994. Effect of water stress on total phenols, peroxidase activity and chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under soil water deficits. *Acta Physiologiae Plantarum* 16: 185-191.
- 7- Balakumar, T., Vincent, V. H. B. and Paliwal, K. 1993. On the interaction of UV-B radiation (280-315 nm) with water stress in crop plants. *Physiologia Plantarum* 87: 217-222.
- 8- Basu, S., Roychoudhury, A., Saha, P. P., and Sengupta, D. N. 2010. Differential antioxidative responses of indica rice cultivars to drought stress. *Plant Growth Regulation* 60:51-59.
- 9- Behra, R. K., Mishra, P. C., and Choudhury, N. K. 2002. High irradiance and water stress induce alterations in pigment composition and chloroplast activities of primary wheat leaves. *Journal of Plant Physiology* 159: 967-973.
- 10- Bishop, D. L., and Bughee, B. G. 1998. Photosynthetic capacity and dry mass partitioning in dwarf and semi – dwarf wheats. *Journal of Plant Physiology* 153: 558-565.
- 11- Candan, N., and Tarhan, L. 2003. Change in chlorophyll–carotenoid contents, antioxidant enzyme activities and lipid peroxidation levels in Zn–stressed *Mentha pulegium*. *Turkish Journal of Chemistry* 27: 21-30.
- 12- Castrillo, M., and Turujillo, I. 1994. Ribulose-1, 5-bisphosphate carboxylase activity and chlorophyll and protein contents in two cultivars of French bean plants under water stress and rewatering. *Photosynthetica* 30: 175-181.
- 13- Chaves, M. M., Maroco, J. P., and Pereira, J. S. 2003. Understanding plant responses to drought-from genes to the whole plant. *Functional Plant Biology* 30: 239-264.
- 14- Darzi, M. 2007. Evaluation the effects of bio-fertilizers on quantitative and qualitative performance of Fennel for receiving to sustainable agriculture system. Ph.D. thesis. University of Tarbiat Modares. 115 pp. (In Persian)
- 15- De Carvalho, I. M. M. S. 2005. Effects of water stress on the proximate composition and mineral contents of seeds of two Lupins (*Lupinus Albus* et *Lupinus Mutabilis*). *Journal of Food Quality* 28(4):325-332.
- 16- Demmig-Adams, B., and Adams, W. W. 1992. Photoprotection and other responses of plants to high light stress. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 43:599-626.
- 17- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry* 28: 350-356.
- 18- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. *Agronomy for Sustainable Development* 29: 185-212.
- 19- Garnczarska, M., Bednarski, W., and Morkunas, I. 2004. Re-aeration-induced oxidative stress and antioxidative defenses in hypoxically pretreated lupine roots. *Journal of Plant Physiology* 161: 415- 422.
- 20- Han, H. S., and Lee, K. D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 1(3): 210-215.
- 21- Jaleel, C. A., 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.

- 22- Jiang, Y., and Huang, B. 2001. Drought and heat injury to two cool-season turf grasses in relation to antioxidant metabolism and lipid peroxidation. *Crop Science* 41: 436-442.
- 23- Kokalis-Buerelle, N., Kloepper, J. W., and Reddy, M. S. 2006. Plant growth- promoting rhizobacteria as transplant amendments and their affects on indigenous rhizosphere microorganisms. *Applied Soil Ecology* 31: 91-100.
- 24- Krizek, D. T., Kramer, G. F., Upadhyaya, A., and Mirecki, R. M. 1993. UV-B Response of cucumber seedling grown under metal halide and high pressure sodium/deluxe lamps. *Plant Physiology* 88: 350-358.
- 25- Kulshreshtha, S., Mishra, D. P., and Gupta, R. K. 1987. Changes in contents of chlorophyll, proteins and lipids in whole chloroplast and chloroplast membrane fractions at different leaf water potentials in drought resistant and sensitive genotype of wheat. *Photosynthetica* 21: 65-70.
- 26- Leng, P., Itamura, H., Yamamura, H., and Deng, X. M. 2000. Anthocyanin accumulation in apple and peach shoots during cold acclimation. *Scientia Horticulturae* 83: 43-50.
- 27- Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. *Methods in Enzymology* 148: 350-382.
- 28- Malbubi, A. 2007. Characteristic of Barvar-2 phosphorus biofertilizer. Technical publication. Zist Fannavar Sabz Publications. Tehran, Iran. p.104.
- 29- Manirannan, P., Abdul Jaleel, C., Sankar, B., Kishore kumar, A., Soma sundaram, R., Lakshmanan, G. M., and Panneerselvam, R. 2007. Growth, biochemical modifications and proline metabolism in *Helianthus annuus L.* as induced by drought stress. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 59(2): 141-149.
- 30- Marius, S., Octavita, A., Eugen, U., and Vlad, A. 2005. Study of a microbial inoculation on several biochemical indices in sunflower (*Helianthus annuus L.*). *Pakistanian Journal of Biological Science* 6(6): 539-543.
- 31- Marulanda, A., Porcel, R., Barea, J. M., and Azcón, R. 2007. Drought tolerance and antioxidant activities in lavender plants colonized by native drought-tolerant or drought-sensitive *Glomus* species. *Microbial Ecology* 54:543-552.
- 32- Mehrvarz, S., and Chaichi, M. R. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on forage and grain quality of barely (*Hordeum vulgare L.*). *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences* 3(6): 855-860.
- 33- Miladi Lari, A., and Ehsanzadeh, P. 2010. The negative effect of drought on safflower grain yield through impact on photosynthetic surfaces and on efficiency. *Iranian Journal of Field Crop Science* 41 (2): 375-384. (in Persian with English abstract)
- 34- Mohsenzadeh, S., Malboobi, M. A., Razavi, K., and Farrahi-Aschtiani, S. 2006. Physiological and molecular responses of *Aeluropus lagopoides* (Poaceae) to water deficit. *Environmental and Experimental Botany* 56:314-322.
- 35- Nasibi, F., and M-Kalantari, K. H. 2005. The effects of UV-a, UV-b and UV-c on protein and ascorbate content, lipid peroxidation and biosynthesis of screening compounds in *Brassica Napus*. *Iranian Journal of Science and Technology* 29 (1):39-48.
- 36- Navari-Izoo, F., Quartacci, M. F., and Izzo, R. 1990. Water-stress induced changed changes in protein and free amino acids in field grown maize and sun flower. *Plant Physiology and Biochemistry* 28: 531-537.
- 37- Nogueés, S., Allen, D. J., Morison, J. I. L., and Baker, N. R. 1998. Ultraviolet-B radiation effects on water relations, leaf development, and photosynthesis in droughted pea plants. *Plant Physiology* 117:173-181.
- 38- Noguees, S., and Baker, N. R. 2000. Effects of drought on photosynthesis in Mediterranean plants grown under enhanced UV-B radiation. *Journal of Experimental Botany* 348: 1309-1317.
- 39- Paine, T. D., Hanlon, C. C., Pittenger, D. R., Ferrin, D. M., and Malinoski, M. K. 1992. Consequences of water and nitrogen management on growth and aesthetic quality of drought-tolerant woody landscape plants. *Journal of Environmental Horticulture* 10:94-99.
- 40- Papageorgiou, G. C., and Govindjee (Eds.). 2004. Chlorophyll *a* Fluorescence: A Signature of Photosynthesis. *Advances in Photosynthesis and Respiration*. 19. Springer, Dordrecht, The Netherlands.
- 41- Parvanova, D., Ivanov, S., Konstantinova, T., Karanov, E., Atanassov, A., Tsvetkov, T., Alexieva, V., and Djilianov, D. 2004. Transgenic tobacco plants accumulating osmolytes show reduced oxidative damage under freezing stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 42: 57-63.
- 42- Pessarkli, M. 1999. Hand book of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker Inc. 697 pages.
- 43- Pietrini, F., Iannelli, M. A., and Massacci, A. 2002. Anthocyanin accumulation in the illuminated surface of maize leaves enhances protection from photo-inhibitory risks at low temperature, without further limitation to photosynthesis. *Plant, Cell & Environment* 25:1251-1259.
- 44- Rice-Evans, C. 2001. Flavonoid antioxidants. *Current Medicinal Chemistry* 8:797-807.
- 45- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., and Paganga, G. 2006. Structure-antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acids. *Free Radical Biology and Medicine* 335: 166-180.
- 46- Sandhya, V., Ali, Sk Z., Grover, M., Reddy, G., and Venkateswarlu, B. 2010. Effect of plant growth promoting *Pseudomonas* spp. on compatible solutes, antioxidant status and plant growth of maize under drought stress.

- Plant Growth Regulation 62:21-30.
- 47- Schutz, M., and Fangmeir, E. 2001. Growth and yield responses of spring wheat (*Triticum aestivum* L. cv. Minaret) to elevated CO₂ and water limitation. Environmental Pollution 114: 187-194.
- 48- Siosemardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Ebrahimzadeh, H. 2003. Stomatal and nonstomatal limitations to photosynthesis and their relationship with drought resistance in wheat cultivars. Iranian Journal of Agriculture Science 35(1): 93-106. (in Persian with English abstract)
- 49- Voleti, S. R., Singh, V. P., and Uprety, P. C. 1998. Chlorophyll and proline as affected by moisture stress in young and mature leaf tissues of *Brassica carinata* hybrids and their plants. Journal of Agronomy and Crop Science 180(2): 123-126.
- 50- Wise, R. R., and Naylor, A. W. 1989. Chilling enhanced photo-oxidation, the peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultra structure. Plant Physiology 83: 278-282.
- 51- Zarghami, R., Zahravi, M., Aslanzadeh, A. and Abbasali, M. 2011. Evaluation of autumn sown genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius*) for tolerance to drought stress. Seed and Plant Improvement Journal 27(3): 339-355. (In Persian with English Abstract)



Study the Effect of Different Phosphorus Fertilizers on Physiological Characteristic of Photosynthetic Pigments and Soluble Sugars of Safflower under Water Deficit Condition

S. Heshmati¹ - M. Amini Dehaghi^{2*} - A. Rezazadeh³ – K. Fathi Amirkhiz¹

Received: 15-09-2014

Accepted: 09-08-2015

Introduction

Drought stress is one of the most important and effective factors in agricultural practices in arid and semi-arid regions of the world. The arid and semi-arid regions comprise more than 70% of the total area of Iran. Reduction in chlorophyll concentrations has been attributed to the increase in chlorophyll degradation in water deficit conditions and impairment in the enzymes activity responsible for the synthesis of photosynthetic pigments. Under drought stress, maintenance of photosynthetic capacities and leaf chlorophyll are physiological parameters which influence drought stress tolerant of crop. Phosphorus is one the most essential elements for plant growth after nitrogen. However, the availability of this nutrient for plants is limited by different chemical reactions especially in arid and semi-arid soils. Plant growth-promoting bacteria (PGPB) are soil and rhizosphere bacteria that can benefit plant growth by different mechanisms. Given the negative environmental impact of chemical fertilizers and their increasing costs, the use of PGPB as natural fertilizers is advantageous for the development of sustainable agriculture. Inoculation of plants with native beneficial microorganisms may increase drought tolerance of plants growing in arid or semi-arid areas.

Materials and Methods

In order to study the effect of biologic and chemical phosphorous fertilizer on photosynthetic pigments of safflower cultivar (IL111), under water deficit condition, an experiment was conducted in 2012 at the Research Field of the Faculty of Agriculture, Shahed University. The experimental design was split-factorial arrangement in randomized complete block design with three replicates. The main factors were the three levels of irrigation treatment: full irrigation (irrigation up to 50% soil moisture depletion relative to field capacity), water stress in the vegetative and flowering stages (irrigation up to 75% soil moisture depletion relative to field capacity). The sub-factors were the six treatments resulting from three levels of phosphate chemical fertilizer (0, 50, and 100 kg ha⁻¹ Triple Super Phosphate), each at two levels of Barvar-2 bio-fertilizer (with and without inoculation with Barvar-2). The applied biological fertilizer was in the type of the bacteria which release the phosphorus from soil components and neutralize the soil pH. The commercial name of the biologic fertilizer is Barvar-2. The effective gradients of the biological phosphorus fertilizer is comprised of two bacteria strains of p5 (*Bacillus lentus*) and p13 (*Pseudomonas putida*) with 108 cfu (colony forming units) which have been screened from soil bacteria populations. The bacteria strain p5 (*Bacillus lentus*) dissolves P from soil mineral compounds while p13 (*Pseudomonas putida*) separates P from soil organic compounds by exerting a variety of phosphatase enzymes.

Results and Discussion

The results showed that the highest amount of chlorophyll a, b and total chlorophyll obtained with application of chemical phosphorus by 100 kg ha⁻¹ Triple Super Phosphate followed by inoculation with Barvar-2 under water deficit condition at vegetation and flowering stages. At drought stress in flowering stage, use of high level of phosphorus without inoculation with Barvar-2, had highest effect in terms of increasing amount of chlorophyll a/b ratio, but at treatment of inoculation with Barvar-2, the highest amount of chlorophyll a/ b ratio obtained with low level of chemical phosphorus by 50 kg ha⁻¹ Triple Super Phosphate. The means comparison showed that highest amount of carotenoids, fv/fm, anthocyanin, flavonoids and soluble sugars obtained with application of chemical phosphorus by 50 kg ha⁻¹ Triple Super Phosphate without Barvar-2 under water stress condition at vegetation and flowering stages. The inoculation with Barvar-2 followed by chemical phosphorus by 50 kg ha⁻¹ Triple Super Phosphate significantly increased the amount of anthocyanin and soluble sugars of leaf

1- Former MSc Student, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

2- Associate Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

3- Assitant Professor, Department of Plant Protection, Faculty of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

(* - Corresponding Author Email: amini@shahed.ac.ir)

under drought stress at flowering stage, while the amount of carotenoids and flavonoids, increased with Barvar-2 without using of chemical phosphorus.

Conclusions

Our experiment showed that application of chemical phosphorus fertilizer followed by inoculation with Barvar-2 had huge effect on chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll, chlorophyll a/ b, carotenoids, fv/fm, anthocyanin, flavonoids and soluble sugars under water stress condition at vegetation and flowering stages. The highest amount of photosynthetic pigment such as anthocyanin, flavonoids, carotenoids and soluble sugars could increases stress tolerance of safflower under water deficit condition. In general, the results of this experiment showed that application of Barvar-2 followed by chemical phosphorus had effective role in improve of qualitative traits of safflower under drought stress condition.

Keywords: Anthocyanin, Barvar-2, Chlorophyll, Drought stress, fv/fm



ارزیابی صفات کمی و کیفی ۱۸ کلون سیب زمینی

احمد رضا بلندی^{۱*} - حسن حمیدی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۸

چکیده

معرفی ارقام جدید سیب زمینی با عملکرد بالا، زودرس و با کیفیت مطلوب نقش مهمی در امنیت غذایی، کاهش نوسانات قیمت و هزینه های انبارداری و دسترسی به محصول تازه در تمام فصول سال دارد. در این تحقیق، ۱۸ کلون سیب زمینی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی جلگه رخ استان خراسان رضوی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی در سه تکرار با سه رقم شاهد آگریا، مارفونا و لیدی رزتا، در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ از نظر صفات کمی و کیفی مقایسه گردید. نتایج نشان داد که بین ارقام و کلون های مورد مطالعه اختلاف معنی داری از نظر عملکرد کل، عملکرد قابل فروش، درصد ماده خشک، متوسط تعداد و وزن غده در بوته و متوسط وزن تک غده وجود داشت. کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ و رقم مارفونا بیشترین وزن غده در بوته و کلون ۹-۳۹۷۰۹۷ دارای کمترین وزن غده در هر بوته بودند. کلون ۶۹ داخلی و ۱۰-۳۹۷۰۴۵ به ترتیب بیشترین و کمترین تعداد غده در بوته را دارا بودند. در بین کلون های مورد بررسی، بیشترین درصد ماده خشک مربوط به کلون ۶۹ داخلی بود، که برای تولید چیپس مناسب می باشد. به طور کلی نتایج نشان داد که کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ از نظر وزن غده در بوته و عملکرد کل نسبت به سایر کلون ها برتری داشت.

واژه های کلیدی: تعداد چشم، تعداد غده، درصد ماده خشک، عملکرد قابل فروش، عملکرد کل

(2008).

مقدمه

یک رقم زراعی وقتی حداقل از نظر یک صفت زراعی مهم، بهتر از شاهد باشد و از نظر سایر صفات به طور معنی داری ضعیف نباشد، رقم برتر در نظر گرفته می شود. از شاخص های مهمی که در انتخاب ارقام سیب زمینی در نظر گرفته می شود، عملکرد غده می باشد. توانایی محصول دهی در محیط های مختلف یک پیش شرط لازم برای یک رقم جدید است (Arshi, 2000). فقط تعداد معدودی از صفات در شرایط اقلیمی مختلف ثابت می مانند و بسیاری از آن ها به شدت به شرایط محیطی واکنش نشان می دهند، بنابراین لازم است خصوصیات ارقام در مناطق و سال های مختلف بررسی شود (Beukema and Vander Zaag, 1990).

به کارگیری ارقام پرمحصول و جدید در واقع یکی از مهم ترین راه های افزایش عملکرد در واحد سطح است که ضمن توجه به شاخص های پایداری عملکرد، امکان بهره وری مطلوب تر از منابع محدود نظیر آب را فراهم می نماید. گزارشات مختلف نشان می دهد که هر یک از ارقام سیب زمینی از الگوی رشد ویژه ای پیروی می کنند (Love et al., 2003) و از نیازهای متفاوتی نیز برخوردار بوده و به همین دلیل در مناطق مختلف ارقام متفاوتی معرفی شده اند. عملکرد غده قابل فروش نسبت به عملکرد غده کل اهمیت

سیب زمینی (*Solanum tuberosum* L.) یکی از گیاهان مهم زراعی در جهان می باشد و با تولید ۳۶۵ میلیون تن غده پس از ذرت، گندم و برنج از نظر عملکرد در رتبه چهارم قرار دارد. سطح زیرکشت این محصول در ایران ۱۸۰۰۰۰ هکتار و تولید سالانه آن ۵۴۰۰۰۰۰ تن می باشد که از این نظر در رتبه دوازدهم جهان قرار دارد (FAOSTAT, 2012).

برای اصلاح گیاه سیب زمینی، قبل از شروع هر اقدامی، لازم است مواد ژنتیکی از نظر ارزش اصلاحی برای صفات مهم مورد شناسایی و سپس گروه بندی شوند تا اصلاح گر بتواند با مراجعه به اطلاعات به دست آمده، والدین مورد نظر را برای تلاقی انتخاب نماید. پس از این مرحله اصلاح گر با توجه به هدف یا اهداف مورد نظر، تنوع ژنتیکی لازم را با استفاده از روش های مختلف ایجاد نموده و سپس عمل گزینش ژنوتیپ های مطلوب را انجام می دهد (Hassanabadi, ۱- عضو هیأت علمی و دکتری بیولوژی سلولی مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر (*- نویسنده مسئول: Email: Ar_bolandi@yahoo.com

۲- کارشناس ارشد زراعت مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر

فرآوری نیز ارقام اکیرا^{۱۱}، بورت^{۱۲} و فتورا^{۱۳} پیشنهاد شده است (Mousapour Gorji, 2008)

Hassanpanah et al., 2006 ارقام پیکاسو^{۱۴}، رومانو^{۱۵}، کوزیما^{۱۶}، دراگا^{۱۷} و ایلونا^{۱۸} را برای صنعت کنسروی، ارقام آگریا^{۱۹}، آتولا^{۲۰}، هرتا^{۲۱}، آتوزوینا^{۲۲} و سانتا^{۲۳} را برای تولید چیپس، خلال و گرانول و ارقام الس^{۲۴} و کوراس^{۲۵} را برای صنعت نشاسته معرفی کردند.

در تحقیقی تعداد ۹ کلون سیبزمینی حاصل از رقم کنیک^{۲۶} با چهار منشاء مختلف در سه منطقه و در ۲ فصل مورد مقایسه قرار گرفتند. اگرچه وضعیت ظاهری تمام کلون‌ها از نظر شاخ‌وبرگ شبیه هم بودند، ولی از نظر صفاتی نظیر عملکرد غده، اندازه و نسبت اندازه غده‌ها بین آن‌ها اختلاف معنی‌داری مشاهده شد، به‌طوری‌که تعدادی از کلون‌ها با یکدیگر شباهت بیش‌تر و بین تعداد دیگر اختلاف گزارش گردید. این پژوهش‌گران نقش برجسته انتخاب را تلاش برای حفظ خصوصیات مطلوب ارقام و حذف جهش‌ها با خصوصیات نامطلوب ذکر کردند (Strange and Blackmore, 1989).

در تحقیقی صفات کمی و کیفی ۱۸ کلون امیدبخش سیبزمینی در منطقه اردبیل مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که کلون‌های ۷-۳۹۷۰۰۳، ۲۷-۳۹۶۱۵۱، ۱۰۰-۳۹۷۰۴۵ و رقم ساوالان (شاهد) دارای عملکرد غده کل و قابل فروش، تعداد و وزن غده در بوته، ارتفاع بوته، تعداد ساقه اصلی در بوته، متوسط اندازه غده و پایداری عملکرد بیش‌تری بودند (Hassanpanah and Hassanabadi, 2011).

Hassanpanah and Hassanabadi, 2011 با بررسی صفات کمی و کیفی کلون‌های پیشرفته سیبزمینی در منطقه اردبیل، کلون‌های ۱۰-۳۹۷۰۸۲، ۲-۳۹۷۰۹۷، ۲-۳۹۷۰۸۲ و ۶-۳۹۶۱۵۶ را به‌عنوان ارقام مناسب برای این منطقه پیشنهاد کردند.

Hassanabadi, 2007 با مطالعه سازگاری و مقایسه عملکرد کلون‌ها و ارقام مختلف سیبزمینی در مناطق کشت بهاره، بر اساس

بیش‌تری دارد. وابسته‌های مختلف از لحاظ عملکرد تفاوت‌های زیادی با هم‌دیگر دارند. وزن و تعداد غده نیز از شاخص‌هایی است که باید مورد توجه قرار گیرد (Hassanabadi, 2008). درصد ماده خشک مهم‌ترین عامل در تعیین نوع مصرف سیبزمینی می‌باشد. بالابودن میزان ماده خشک (بیش از ۱۹ درصد) در فرآوری سیبزمینی اهمیت ویژه‌ای دارد، زیرا با افزایش ماده خشک فرآوری بیش‌تر، زمان پخت کوتاه‌تر، بافت سیبزمینی بهتر و در صورت استفاده برای چیپس و فرنیج‌فرایز روغن کم‌تری مصرف می‌شود (Salazar, 1996). در مورد ساختار ژنتیکی ماده خشک اطلاعات زیادی وجود ندارد ولی آنچه مسلم است این صفت وراثت‌پذیر بوده ولی به‌میزان زیادی تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد (Haverkort et al., 2002). هر یک از صفات کمی و کیفی سیبزمینی خود تحت تأثیر عوامل دیگری نظیر رقم مورد کشت، شرایط و ویژگی‌های منطقه کاشت، چگونگی مدیریت مزرعه از لحاظ تأمین آب و مواد غذایی و سایر نهاده‌های مورد نیاز محصول قرار می‌گیرد (Liu et al., 2007).

بعضی از محققان با ویروس‌زدایی ارقام موجود و تکثیر آن‌ها از طریق کشت درون‌شیشه‌ای کلون‌هایی تولید نمودند که از نظر صفات مرتبط با یکدیگر اختلاف معنی‌داری داشتند که این امر نشان‌دهنده تغییرات ژنتیکی در داخل ارقام رایج در طول زمان می‌باشد (Nielsen Rosenberg et al., 2002; et al., 2007). ۲۰۰۷ تعداد ۱۶ کلون از رقم آگری دزلتنی^۱ و ۱۰ کلون از رقم جوکا^۲ را که از کشت مریستم این ارقام پس از ویروس‌زدایی تولید شده بود، به‌صورت جداگانه در طی سه سال با یکدیگر مقایسه نمودند. این پژوهش‌گران اختلاف معنی‌داری در داخل کلون‌های هر دو گروه مشاهده نمودند، به‌طوری‌که از ۱۶ کلون حاصل از رقم آگری دزلتنی تعداد یک کلون در هر سه سال دارای عملکرد غده بیش‌تر و معنی‌دار و یک کلون دیگر دارای عملکرد کم‌تر و معنی‌داری نسبت به میانگین کلون‌ها تولید نمود. این اختلاف بین کلون‌های حاصل از رقم جوکا کم‌تر بود به گونه‌ای که فقط یکی از کلون‌ها عملکرد کم‌تری از میانگین عملکرد کل کلون‌ها در طی سه سال داشت.

در تحقیقی بر روی ۳۳ رقم جدید سیبزمینی و در شش منطقه ارقام جلی^۳، مارلا^۴، کلمبوس^۵، آگریا^۶ و اسپونتا^۷ برای فرنیج‌فرایز و ارقام ارقام اسپیریت^۸ و سانتا^۹ برای چیپس معرفی شده است. جهت مصارف

- 10 - Akira
- 11 - Burren
- 12 - Futura
- 13 - Milva
- 14 - Picasso
- 15 - Romano
- 16 - Kuzima
- 17 - Draga
- 18 - Ilona
- 19 - Aula
- 20- Hertha
- 21 - Ausoina
- 22 - Elles
- 23 - Kuras
- 24 -Kennebec

- 1 - Agrie dzeltenie
- 2 - Juka
- 3 - Jelly
- 4 - Marella
- 5 - Columbus
- 6 - Agria
- 7 - Spunta
- 8 - Espirit
- 9 - Sante

صفات رنگ سرخ کرده محصول، عملکرد قابل فروش، شکل غده و درصد ماده خشک رقم آتلانتیک^۱ را برای تولید چیپس و رقم کنبک را برای تولید فرنچ فرایز معرفی نمود.

مطالعه صفات کمی و کیفی ارقام مختلف سیب زمینی در دو منطقه گرگان و جیرفت در کشت زمستانه نشان داده است که بین ارقام از نظر عملکرد غده قابل فروش در هر دو منطقه اختلاف معنی داری در سطح یک درصد وجود دارد. هم چنین باتوجه به نتایج مقایسه میانگین ارقام در هر دو منطقه، ارقام ملودی^۲ و سایکلون^۳ به ترتیب جهت کشت زمستانه در مناطق جیرفت و گرگان توصیه گردید (Mousapour Gorji, 2008).

باتوجه به اهمیت و نیاز کشور به شناسایی ارقام سیب زمینی و معرفی ارقام پرمحصول و سازگار به شرایط آب و هوای هر منطقه، لازم است کلون های مختلف سیب زمینی در مناطق کشت بهاره و به ویژه استان خراسان رضوی از نظر خصوصیات کمی و کیفی مورد ارزیابی قرار گرفته و بهترین رقم معرفی شود. لذا در این تحقیق خصوصیات کمی و کیفی ارقام و کلون های مختلف سیب زمینی در منطقه جلگه رخ در استان خراسان رضوی مورد ارزیابی قرار گرفت.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی جلگه رخ در استان خراسان رضوی اجرا شد. ارتفاع این ایستگاه از سطح دریا ۱۷۲۱ متر، طول جغرافیایی آن ۵۹ درجه شرقی و عرض جغرافیایی آن ۳۵ درجه و ۵۰ دقیقه شمالی می باشد. میانگین بارندگی سالانه ۲۲۵ میلی متر، حداکثر دمای مطلق ۳۶/۵، حداقل مطلق ۲۳- و متوسط سالیانه ۱۰/۷ درجه سانتی گراد می باشد. دارای زمستان های سرد و طولانی و به طور متوسط ۱۲۳ روز یخبندان در سال بوده که این واقعیت سبب گردیده است که به عنوان یکی از ایستگاه های مناطق سرد کشور در نظر گرفته شود. هم چنین بهار خنک و تابستان های معتدل از مشخصه های بارز این ایستگاه می باشد.

در این تحقیق، ۱۸ کلون پیشرفته حاصل از بخش های مختلف برنامه اصلاحی و پس از انجام آزمایشات مقدماتی، به همراه سه رقم شاهد به نام های اگر یا، مارفونا و لیدی رزتا که به ترتیب برای فرنچ فرایز، آب پز و چیپس مناسب می باشند، از نظر صفات کمی و کیفی مورد مطالعه قرار گرفتند. لازم به ذکر است که ژرم پلاسما مورد استفاده برای انتخاب کلون های مورد مطالعه در این تحقیق، به صورت جمعیت های بذر حقیقی سیب زمینی از مرکز بین المللی سیب زمینی

(CIP) در کشور پرو دریافت و بررسی های اصلاحی در داخل کشور طی ۹ سال گذشته در زمینه انتخاب ژنوتیپ های مطلوب در بین آنها انجام شده است. کلون های مورد بررسی شامل ۸-۳۹۶۱۵۱، ۴-۳۹۷۰۴۵، ۱۰-۳۹۷۰۴۵، ۱۳-TP12، ۲۹-TP21، ۸-TP12، ۱۶-۳۹۷۰۰۷، ۱۷-۳۹۷۰۰۷، ۶-۳۹۶۱۴۰، ۸-۳۹۷۰۰۹، ۱۴-۳۹۷۰۱۵، ۷-۳۹۷۰۰۳، ۲۷-۳۹۶۱۵۱، ۱۰۰-۳۹۷۰۴۵، ۹-۳۹۷۰۹۷، ۲۰-۳۹۶۱۵۱ و ۷-۳۹۷۰۴۵ و ۶۹ داخلی بودند.

این آزمایش در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۲۱ تیمار و سه تکرار اجرا شد. هر واحد آزمایشی شامل ۲ خط شش متری با فاصله ۷۵ سانتی متر بود، به طوری که غده های بذری (۵۵-۳۵ میلی متر) با فاصله ۲۵ سانتی متر روی خطوط کشت شدند.

عملیات مختلف داشت از قبیل آبیاری، وجین، سله شکنی و کوددهی در طی مراحل مختلف بر اساس نیاز گیاه انجام شد. لازم به ذکر است که آبیاری به صورت نشتی و با استفاده از سیفون و به صورت منظم هر هفت روز یکبار انجام شد. پس از سپری شدن دوره رشد و رسیدگی فیزیولوژیکی محصول، نسبت به سرزنی و سپس برداشت آنها اقدام و اندازه گیری های صفات مورد مطالعه در آزمایشگاه انجام شد. در این تحقیق صفاتی از قبیل عملکرد کل، عملکرد قابل فروش، تعداد چشم، درصد ماده خشک، متوسط تعداد غده در بوته، متوسط وزن غده در هر بوته و متوسط وزن تک غده اندازه گیری شد.

به منظور تسهیل در مقایسه بین آزمایش ها، داده های عملکرد بر اساس دستورالعمل CIP (Hassanpanah et al., 2006) به صورت تن در هکتار محاسبه گردید. عملکرد قابل فروش هر تیمار پس از کسر غده های کوچک تر از ۳۰ میلی متر و غده های آفت زده و سبز و غده های دارای پوسیدگی نرم و تغییر حالت شدید به دست می آید. جهت تعیین درصد ماده خشک، ابتدا چهار غده متوسط (۸۰-۴۰ میلی متر) از هر تیمار به صورت جداگانه با استفاده از ترازوی حساس با دقت ۰/۰۱ گرم وزن گردید، پس از تهیه برش های نازک از آنها، نسبت به انتقال آنها به داخل آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد اقدام گردید. پس از توزین غده های خشک شده، درصد ماده خشک از طریق فرمول زیر اندازه گیری شد:

= درصد ماده خشک

وزن غده اولیه ÷ (۱۰۰ × وزن غده پس از خشک شدن)

پس از نمونه برداری و ثبت اطلاعات در برنامه Excel نسبت به تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS 9.1 اقدام گردید. برای مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. رسم نمودارها نیز با استفاده از نرم افزار Excel انجام گردید.

- 1 - Atlantic
- 2 - Melody
- 3 - Syclone

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه در جدول شماره ۱ نشان داده شده است. در این تحقیق از نظر کلیه صفات به استثنای تعداد چشم، اثرات ارقام و کلون‌های مختلف سیب‌زمینی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

در این آزمایش، بیش‌ترین مقدار وزن غده در بوته از رقم شاهد مارفونا به دست آمد، به طوری که نسبت به دو رقم شاهد آگریا و لیدی رزتا به ترتیب ۲۱/۳ و ۲۷/۰ درصد برتری داشت. کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ در بین کلون‌های مورد مطالعه از نظر وزن غده در هر بوته دارای بیش‌ترین مقدار بود و با رقم شاهد مارفونا تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان نداد. مقایسه مقادیر به دست آمده توسط دو شاهد آگریا و لیدی رزتا با کلون‌ها نشان داد که هشت درصد کلون‌ها نسبت به رقم آگریا و ۴۴/۴ درصد کلون‌ها نسبت به رقم لیدی رزتا دارای میانگین وزن غده بیش‌تری در هر بوته هستند. کلون ۹-۳۹۷۰۹۷ کم‌ترین وزن غده در هر بوته را دارا بود به طوری که نسبت به رقم شاهد مارفونا ۶۴/۷۲ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲).

از نظر تعداد غده در هر بوته بیش‌ترین تعداد به ترتیب از کلون‌های داخلی ۶۹، ۲۰-۳۹۶۱۵۱ و ۷-۳۹۷۰۴۵ به دست آمد، به طوری که عملکرد کلون داخلی ۶۹ نسبت به بهترین شاهد (مارفونا) ۱۳/۷ درصد برتری نشان داد. برای این صفت ۲۲/۲ درصد کلون‌ها دارای عملکردی کم‌تر از شاهد بودند. کلون ۱۰-۳۹۷۰۴۵ نیز کم‌ترین تعداد غده در هر بوته را دارا بود. لازم به ذکر است که رقم ۶۹ داخلی از نظر این صفت با ارقام شاهد (آگریا، مارفونا و لیدی رزتا) تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نداشت (جدول ۲). اگر چه تعداد غده در

هر بوته به عنوان یکی از اجزاء عملکرد بوده و عامل تعیین‌کننده در برتری یک رقم می‌باشد معیذاً باتوجه به این که استفاده از غده به عنوان منبع بذری در مراحل بعدی بایستی از نظر اندازه در محدوده استاندارد قرار داشته باشد. لذا سنجش هم‌زمان این صفت با میانگین وزن تک‌غده به منظور انتخاب کلون مناسب ضروری می‌باشد.

در این آزمایش، کلون ۸-TP12 دارای بیش‌ترین و کلون ۶۹ داخلی دارای کم‌ترین وزن تک‌غده بود. به طوری که کلون ۸-TP12 نسبت به رقم شاهد مارفونا ۳۵/۵ درصد برتری نشان داد. لازم به ذکر است که کلون ۸-TP12 از نظر این صفت با ارقام شاهد (آگریا، مارفونا و لیدی رزتا) تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان داد (جدول ۲).

در این تحقیق، بین رقم مارفونا و سایر ارقام و کلون‌های مورد مطالعه به استثنای کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد از نظر عملکرد کل غده وجود داشت. رقم مارفونا دارای بیش‌ترین عملکرد کل غده بود و پس از آن به ترتیب کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷، کلون ۱۰۰-۳۹۷۰۴۵، رقم آگریا، کلون ۸-۳۹۶۱۵۱ و ۲۹-TP21 دارای بیش‌ترین عملکرد کل غده بودند. لازم به ذکر است که در بین کلون‌های مورد مطالعه، کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ دارای بیش‌ترین عملکرد کل غده بود و نسبت به رقم شاهد مارفونا تفاوت معنی‌داری در سطح پنج درصد نشان نداد. کم‌ترین میزان عملکرد کل نیز در کلون ۹-۳۹۷۰۹۷ مشاهده گردید به طوری که نسبت به رقم شاهد مارفونا ۵۸/۱ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲).

جدول ۱- تجزیه واریانس بررسی خصوصیات کمی کلون‌ها و ارقام مورد مطالعه سیب‌زمینی

Table 1-Analysis of variance of the investigation of quantitative characteristics of studied potato clones and cultivars

میانگین مربعات Means of squares								
منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	وزن غده در بوته Tuber weight per plant	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	وزن تک‌غده Mean of tuber weight	عملکرد غده کل Total yield	عملکرد غده قابل فروش Marketable yield	درصد ماده خشک Dry matter percentage	تعداد چشم Eye number
Block بلوک	2	10092 ^{ns}	2.26 ^{ns}	821 ^{ns}	28.8 ^{ns}	19.9 ^{ns}	10.4 ^{ns}	4.59 ^{ns}
تیمار Treatment	20	19423 ^{**}	10.4 ^{**}	1483 ^{**}	55.2 ^{**}	44.3 ^{**}	16.8 ^{**}	2.50 ^{ns}
خطای آزمایشی Error	40	4960	3.87	358	14.1	9.7	4.6	1.43
ضریب تغییرات (درصد) C.V. (%)		14.5	28.8	24.2	14.5	15.0	12.1	21.8

** : معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و ns : غیر معنی‌دار در ۱٪ احتمال

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی در کلون ها و ارقام مورد مطالعه سیب زمینی
Table 2- Mean comparison for evaluated traits in studied potato clones and cultivars

نام کلون و رقم Clone and cultivar name	وزن غده در بوته Tuber weight per plant (g)	تعداد غده در بوته Tuber number per plant	وزن تک غده Mean of tuber weight (g)	عملکرد غده کل Total yield (ton ha ⁻¹)	عملکرد غده قابل فروش Marketable yield (ton ha ⁻¹)	درصد ماده خشک Dry matter percentage	تعداد چشم Eye number
396151-8	527 ^{b-d}	6.39 ^{a-g}	86.1 ^{c-f}	28.1 ^{b-d}	20.1 ^{c-f}	19.2 ^{b-f}	5.18 ^{b-e}
397045-4	462 ^{cd}	7.72 ^{a-c}	63.6 ^{c-g}	24.7 ^{cd}	21.2 ^{c-f}	17.7 ^{c-g}	5.42 ^{b-e}
397045-10	426 ^{de}	3.49 ^g	123.2 ^{ab}	22.7 ^{de}	19.9 ^{c-f}	15.0 ^{gh}	5.82 ^{b-e}
TP12-13	495 ^{b-d}	4.80 ^{c-g}	104.8 ^{a-c}	26.4 ^{b-d}	20.4 ^{c-f}	20.3 ^{a-d}	4.68 ^{b-e}
TP21-29	515 ^{b-d}	5.30 ^{b-g}	97.1 ^{b-d}	27.5 ^{b-d}	16.6 ^{c-g}	16.9 ^{c-h}	6.50 ^{ab}
TP12-8	514 ^{b-d}	4.20 ^{c-g}	131.9 ^a	27.4 ^{b-d}	17.4 ^{d-g}	17.3 ^{c-h}	4.82 ^{b-e}
397007-16	599 ^{ab}	7.17 ^{a-e}	83.9 ^{c-f}	31.9 ^{ab}	23.6 ^{a-c}	19.4 ^{b-f}	5.18 ^{b-e}
397007-17	344 ^{ef}	3.73 ^{fg}	92.7 ^{b-e}	18.4 ^{ef}	14.5 ^g	17.6 ^{c-g}	6.31 ^{a-c}
396140-6	458 ^{c-e}	7.37 ^{a-e}	63.6 ^{c-g}	24.4 ^{c-e}	17.7 ^{d-g}	17.2 ^{c-h}	4.95 ^{b-e}
397009-8	478 ^{cd}	7.84 ^{a-c}	60.1 ^{fg}	25.3 ^{cd}	20.6 ^{c-f}	16.6 ^{c-h}	4.38 ^{c-e}
397015-14	495 ^{b-d}	6.86 ^{a-f}	75.6 ^{c-g}	26.4 ^{b-d}	21.7 ^{c-e}	20.5 ^{a-c}	5.12 ^{b-e}
397003-7	490 ^{b-d}	8.14 ^{ab}	62.3 ^{c-g}	26.2 ^{b-d}	22.0 ^{b-d}	14.1 ^h	5.71 ^{b-e}
396151-27	484 ^{b-d}	7.59 ^{a-c}	68.7 ^{d-g}	25.8 ^{b-d}	23.7 ^{a-c}	13.9 ^h	3.93 ^e
397045-100	548 ^{bc}	7.47 ^{a-d}	73.2 ^{d-g}	29.2 ^{bc}	27.1 ^{ab}	16.0 ^{c-h}	5.70 ^{b-e}
397097-9	284 ^f	4.27 ^{d-g}	7.50 ^{c-g}	15.1 ^f	12.8 ^g	19.5 ^{b-e}	4.08 ^{de}
396151-20	490 ^{b-d}	9.49 ^a	58.3 ^{fg}	26.1 ^{b-d}	22.2 ^{b-d}	15.8 ^{f-h}	5.18 ^{b-e}
397045-7	418 ^{de}	8.90 ^a	49.4 ^g	22.3 ^{de}	16.3 ^{fg}	16.8 ^{d-h}	5.83 ^{b-e}
69 indigenous	469 ^{cd}	9.61 ^a	48.7 ^g	25.0 ^{cd}	21.9 ^{cd}	21.4 ^{ab}	6.32 ^{a-c}
آگریا (شاهد) Agria (control)	533 ^{b-d}	6.67 ^{a-g}	81.6 ^{c-f}	28.4 ^{b-d}	23.7 ^{a-c}	17.1 ^{c-h}	6.30 ^{a-c}
مارفونا (شاهد) Marfona (control)	677 ^a	8.28 ^{ab}	85.1 ^{c-f}	36.1 ^a	28.6 ^a	18.4 ^{b-g}	5.97 ^{a-d}
لیدی رزتا (شاهد) Lady Rosetta (control)	494 ^{b-d}	8.29 ^{ab}	60.5 ^{fg}	26.3 ^{b-d}	21.6 ^{c-e}	23.3 ^a	7.87 ^a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی باشند، آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد

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

برتر (مارفونا) به ترتیب ۵۵/۰، ۴۴/۸ و ۳۳/۲ درصد برتری نشان داد. در بین کلون ها و ارقام شاهد مورد مطالعه بیشترین مقدار عملکرد به رقم مارفونا تعلق داشت، پس از آن کلون شماره ۱۶-۳۹۷۰۰۷ با ۱۳/۴ درصد کاهش نسبت به مارفونا در رتبه بعدی قرار داشت. از بین ۱۸ کلون مورد مطالعه فقط دو کلون به طور معنی داری نسبت به دو شاهد آگریا و لیدی رزتا عملکرد کمتری داشتند اما رقم مارفونا نسبت به ۹۴/۵ درصد کلون ها برتری معنی داری نشان داد (جدول ۲).

در کشور فرانسه عملکرد ارقام آزمایشی به جای رتبه بندی به صورت درصد نسبت به شاهد مربوطه، نشان داده می شود. بدین صورت که عملکرد شاهد را ۱۰۰ فرض کرده و عملکرد بقیه مواد آزمایشی تحت عنوان شاخص عملکرد^۲ نسبت به آن سنجیده می شود (Corrigan and Valengin, 2001). همان گونه که در جدول شماره ۲ مشاهده می گردد، عملکرد غده تمام کلون های مورد مطالعه از بهترین رقم شاهد (مارفونا) کمتر بود؛ به طوری که حتی کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ که دارای عملکرد غده بیشتری نسبت به سایر کلون ها بود،

بر اساس روش استاندارد که توسط مرکز بین المللی سیب زمینی^۱ (CIP) تدوین شده است، در ارزیابی کلون های پیشرفته سیب زمینی، تولید تعداد غده زیاد با اندازه کوچک به عنوان یک صفت منفی در ارزیابی کلون ها مدنظر می باشد. بر اساس طبقه بندی این مرکز غده های با وزن ۸۰ تا ۳۰۰ گرم به عنوان غده اقتصادی مورد استفاده قرار می گیرند که در داخل این گروه غده های با وزن ۸۰ تا ۲۰۰ گرم به عنوان بذری استفاده می شوند. در پژوهش حاضر از بین ۱۸ کلون مورد مطالعه، تعداد هفت کلون غده هایی با میانگین وزنی بالاتر از حداقل تعیین شده (بالاتر از ۸۰ گرم) به منظور استفاده بذری تولید نمودند. از سه شاهد مورد استفاده در این آزمایش، دو رقم آگریا و مارفونا اگرچه به طور معنی داری میانگین عملکرد غده آن ها پایین تر از بعضی کلون های مورد مطالعه بود، اما غده های تولیدی آن ها در محدوده استاندارد بذری (۲۰۰-۸۰ گرم) قرار داشت. برای این صفت بهترین پاسخ از سه کلون TP12-8، ۱۰-۳۹۷۰۴۵ و TP12-13 به دست آمد که مقادیر به دست آمده توسط این کلون ها نسبت به شاهد

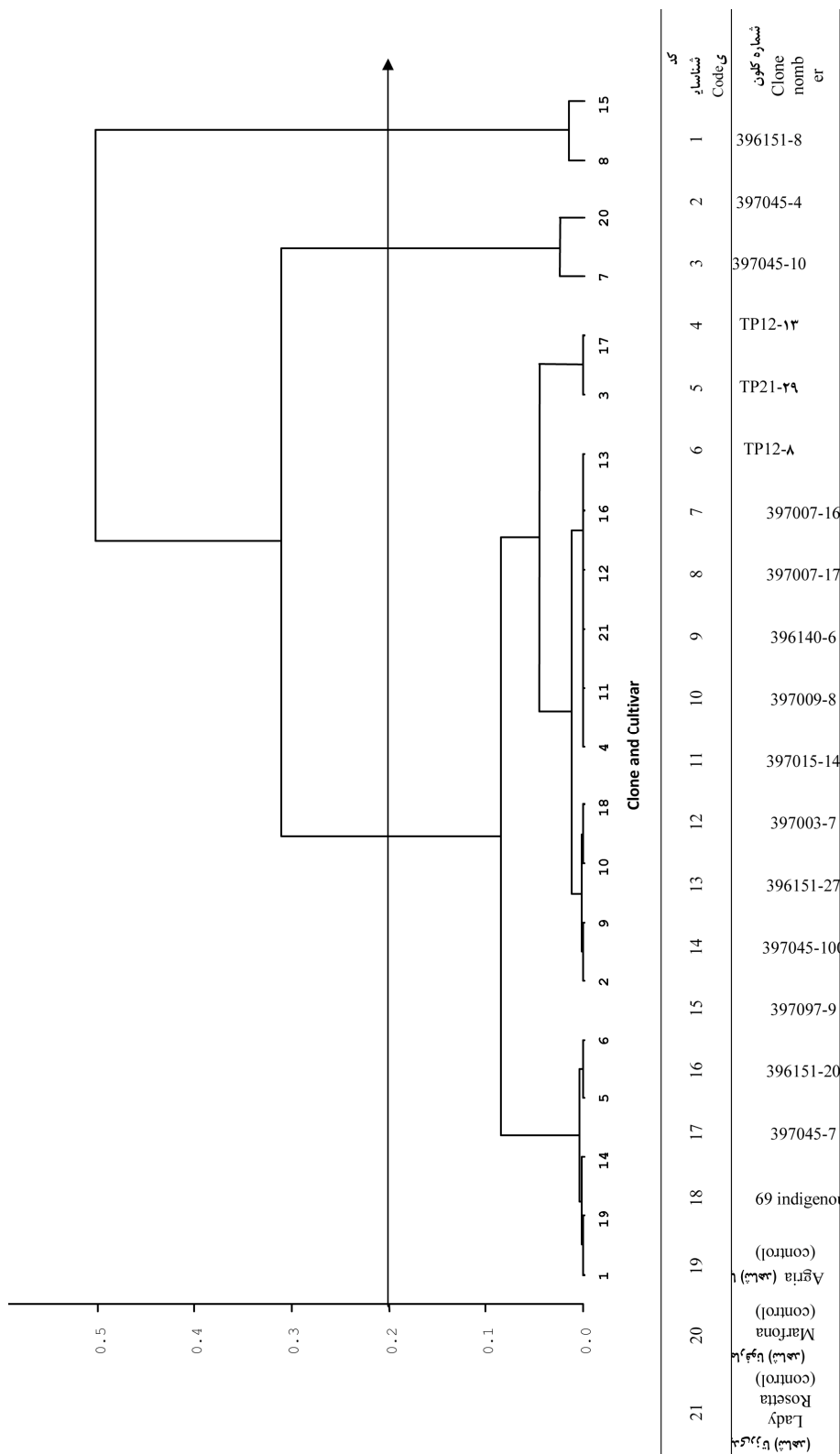
مشاهده شد، به طوری که نسبت به رقم شاهد مارفونا ۵۵/۳ درصد کاهش نشان داد (جدول ۳). در این تحقیق، بین رقم لیدی رزتا، کلون ۱۴-۳۹۷۰۱۵، ۶۹ داخلی و TP12-13 اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد از نظر درصد ماده خشک مشاهده نشد. در حالی که در بین رقم لیدی رزتا و سایر ارقام و کلون های مورد مطالعه از نظر این صفت تفاوت معنی داری در سطح پنج درصد وجود داشت. در بین ارقام و کلون های مورد مطالعه بیشترین مقدار ماده خشک (۲۳/۳ درصد) به رقم شاهد لیدی رزتا تعلق داشت. از بین ۱۸ کلون مورد مطالعه، بالاترین مقادیر برای این صفت به ترتیب از کلون های ۶۹ داخلی، ۱۴-۳۹۷۰۱۵ و TP12-13 به دست آمد، که اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد با شاهد برتر نداشتند.

۱۱/۵ درصد عملکرد کمتری نسبت به این شاهد نشان داد. بر اساس داده های این جدول ۱۶/۷ درصد کلون ها نسبت به رقم آگریا و ۳۸/۹ درصد نسبت به رقم لیدی رزتا برتری نشان دادند. در این آزمایش، بین رقم مارفونا و لیدی رزتا از نظر عملکرد قابل فروش اختلاف معنی داری وجود داشت. به طوری که از نظر این صفت، رقم لیدی رزتا نسبت به رقم مارفونا ۲۴/۶ درصد کاهش نشان داد. در حالی که بین رقم مارفونا و آگریا تفاوت معنی داری از نظر این صفت مشاهده نشد. لازم به ذکر است که بیشترین عملکرد قابل فروش در رقم مارفونا وجود داشت. پس از آن به ترتیب کلون های ۱۰۰-۳۹۷۰۴۵، ۲۷-۳۹۶۱۵۱، رقم آگریا، کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ و کلون ۲۰-۳۹۶۱۵۱ دارای بیشترین عملکرد قابل فروش بودند. کمترین میزان عملکرد غده قابل فروش در کلون ۹-۳۹۷۰۹۷

جدول ۳- مقایسه درصد عملکرد و ماده خشک کلون ها و ارقام مورد مطالعه نسبت به شاهد (مارفونا و لیدی رزتا) و عملکرد ماده خشک آن ها
Table 3- Comparison of yield percentage and dry matter of studied clones and cultivars (Agria and Lady Rosetta) and their dry matter yield

نام کلون و رقم Clone and cultivar name	عملکرد نسبت به مارفونا Yield than Marfona (%)	درصد ماده خشک نسبت به لیدی رزتا	
		Dry matter percentage than Lady Rosetta (%)	عملکرد ماده خشک Dry matter yield (ton ha ⁻¹)
396151-8	77.8b-d	82.3b-f	5.40a-d
397045-4	68.2cd	75.9c-g	4.36d-g
397045-10	63.0de	64.5de	3.42e-g
TP12-13	73.1b-d	87.1a-d	5.36a-d
TP21-29	76.1b-d	72.6c-h	4.65d-f
TP12-8	75.9b-d	74.1c-h	4.74c-f
397007-16	88.5ab	83.1b-f	6.19a-c
397007-17	50.9ef	75.6c-g	3.24fg
396140-6	67.7c-e	73.8c-h	4.20d-g
397009-8	70.0cd	71.1e-h	4.19d-g
397015-14	73.1b-d	87.8a-c	5.40a-d
397003-7	72.5b-d	60.3h	3.68e-g
396151-27	71.6b-d	59.8h	3.60e-g
397045-100	80.9bc	68.8e-h	4.69d-f
397097-9	41.9f	83.7b-e	2.95g
396151-20	72.5b-d	67.9f-h	4.14d-g
397045-7	61.8de	71.9d-h	3.74e-g
69 indigenous	69.3cd	91.7ab	5.35a-d
آگریا (شاهد) Agria (control)	78.7b-d	73.2c-h	4.85b-e
مارفونا (شاهد) Marfona (control)	100a	79.0b-f	6.65a
لیدی رزتا (شاهد) Lady Rosetta (control)	73.0b-d	100a	6.14ab

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی دار ($P < 0.05$) نمی باشند، آزمون LSD در سطح آماری پنج درصد
Numbers followed by the same letter are not significantly different ($P < 0.05$), LSD test (95% confidence level)



شکل ۱- گروه‌بندی کلون‌ها و ارقام سیب‌زمینی مورد مطالعه بر اساس عملکرد کل غده به روش Ward
Figure 1- Clustering of studied potato clones and cultivars based on total tuber yield by ward method

مورد مطالعه که دارای عملکرد غده متوسطی می باشند، در گروه سوم قرار گرفتند.

مطالعات انجام شده روی ۹ کلون حاصل از رقم کنبک نشان داد، بین کلون ها از نظر نسبت غده های خارج از اندازه اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد وجود دارد، به طوری که این نسبت از ۵/۷۰ تا ۰/۸۰ درصد متفاوت بود. در این تحقیق میانگین تعداد غده تولید شده در هر بوته از ۶/۸۰ تا ۴/۵۰ براساس کلون متفاوت بود (Strange and Blackmore, 1989). همچنین این محققان نشان دادند که بین کلون های یک رقم از نظر عملکرد، اندازه و تعداد غده اختلاف وجود دارد. این محققان گزارش کردند که از گزینش می توان برای حفظ خصوصیات مطلوب ارقام و حذف جهش یافته با خصوصیات نامطلوب استفاده کرد (Strange and Blackmore, 1989).

نتایج تحقیق حاضر با تحقیقات Behjati et al., 2013 که اختلاف معنی داری در سطح یک درصد را برای صفات میانگین تعداد غده، میانگین وزن تک غده، عملکرد کل و عملکرد قابل فروش بین ۱۱ کلون امیدبخش سیب زمینی گزارش کردند، مطابقت دارد. نتایج این محققان نشان داد که برای صفت میانگین وزن تک غده در هر گیاه، ۸۰ درصد کلون ها دارای عملکردی بیش تر از میانگین عملکرد بالاترین رقم شاهد (آگریا) برای این صفت بودند. این محققان نسبت کلون های برتر را نسبت به شاهد برتر (آگریا) برای صفات عملکرد کل و عملکرد قابل فروش ۷۰ درصد گزارش نمودند.

Hassanabadi, 2009 نیز با بررسی سازگاری و مقایسه عملکرد کلون های امیدبخش سیب زمینی در مناطق کشت بهاره در سال های ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ نشان داد که کلون های ۳-۳۹۷۰۰۹، ۲-۳۹۶۱۵۱، ۳۱-۳۹۷۰۳۱ و ۹-۳۹۷۰۰۷ و ۹-۳۹۷۰۰۹ دارای عملکرد قابل فروش و پایداری بیش تر و از نظر صفات کیفی بالاتر و یا در حد شاهد های مربوطه می باشند.

نتیجه گیری

به طور کلی نتایج نشان داد که کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ در منطقه جلگه رخ در استان خراسان رضوی نسبت به سایر کلون های مورد مطالعه از نظر عملکرد کل و وزن غده در بوته برتری داشته و به عبارتی به شرایط آب و هوایی منطقه سازگاری دارد. لذا جهت کشت در این منطقه توصیه می گردد. علاوه بر این در بین کلون های مورد بررسی، کلون ۶۹ داخلی دارای بیش ترین درصد ماده خشک بوده و برای مصارف فرآوری (چیپس) مناسب می باشد.

کلون های ۲۷-۳۹۶۱۵۱، ۷-۳۹۷۰۰۳ و ۱۰-۳۹۷۰۴۵ کم ترین ماده خشک را تولید نمودند، به گونه ای که مقادیر به دست آمده توسط این کلون ها نسبت به رقم لیدی رزتا به ترتیب ۴۰/۲، ۳۹/۷ و ۳۵/۵ درصد کمتر بود. در بین کلون های مورد مطالعه، مقدار ماده خشک ۳۳/۳ درصد از آن ها کمتر از رقم مارفونا و ۲۲/۲ درصد کمتر از رقم آگریا بود (جدول ۲).

میزان ماده خشک غده ها در ارقام مختلف سیب زمینی یکی از صفات مهم در تعیین کیفیت غده ها به ویژه در صنایع فرآوری و تهیه چیپس، خلال و پوره می باشد. با توجه به این که ارقام دارای ماده خشک بالا در هنگام سرخ کردن میزان جذب روغن آن ها کمتر می باشد، از نظر بهداشت تغذیه نیز بهتر است. لذا با در نظر گرفتن این موضوع، کلون ۶۹ داخلی در بین سایر کلون های مورد مطالعه برای مصارف فرآوری (چیپس) قابل توصیه می باشد. راندمان تولید چیپس در سیب زمینی های با ماده خشک بالا، روغن کم و طعم زیاد بهتر زیاد است (Talbur, 1987). رقم لیدی رزتا که به عنوان رقم مناسب چیپس توصیه شده است، به دلیل عملکرد نسبتاً پایین از سوی زارعین مورد استقبال قرار نگرفته است (Hassanpanah, 2010).

در این آزمایش، بالاترین میانگین تعداد چشم در هر غده مربوط به شاهد لیدی رزتا بود. اگرچه اختلاف معنی داری در سطح پنج درصد بین مقادیر به دست آمده توسط این شاهد با دو شاهد دیگر مشاهده نگردید. در بین کلون های مورد مطالعه، دو کلون ۶۹ داخلی و ۲۱-TP29 بالاترین و کلون ۲۷-۳۹۶۱۵۱ کم ترین مقادیر را برای این صفت نشان دادند (جدول ۲).

همان طور که در جدول شماره ۳ ملاحظه می شود، کلون های ۱۶-۳۹۷۰۰۷ و ۹-۳۹۷۰۹۷ به ترتیب دارای بالاترین (۸۸/۵) و پایین ترین (۴۱/۹) درصد عملکرد نسبت به رقم مارفونا (شاهد) بودند. بنابراین هیچ یک از کلون ها و ارقام مورد بررسی نسبت به شاهد در منطقه مورد مطالعه از نظر عملکرد غده برتری نشان ندادند. بیش ترین و کم ترین درصد ماده خشک نسبت به رقم لیدی رزتا (شاهد) نیز به ترتیب در کلون های ۲۷-۳۹۶۱۵۱ و ۶۹ داخلی مشاهده شد. علاوه بر این بیش ترین و کم ترین عملکرد ماده خشک نیز به ترتیب در رقم مارفونا و کلون ۹-۳۹۷۰۹۷ وجود داشت (جدول ۳).

نمودار ندان های حاصل از تجزیه کلاستر (شکل ۱) نشان داد که کلون ها و ارقام مورد مطالعه سیب زمینی از نظر عملکرد کل غده در سه گروه عمده قرار گرفتند. در گروه اول که دارای بالاترین عملکرد غده کل می باشند، کلون ۱۶-۳۹۷۰۰۷ و رقم مارفونا قرار داشتند. گروه دوم نیز شامل کلون های ۱۷-۳۹۷۰۰۷ و ۹-۳۹۷۰۹۷ دارای پایین ترین عملکرد غده کل می باشند. سایر ارقام و کلون های

References

- 1- Arshi, Y. 2000. Genetic improvement of vegetable crops. Publications University Jihad Mashhad. 725p. (In Persian).
- 2- Behjati, S., Choukan, R., Hassanabadi, H., and Delkhosh, B. 2013. The evaluation of yield and effective characteristics on yield of promising potato clones. *Annals of Biological Research* 4(7): 81-84.
- 3- Beukema, H. P., and Vander Zaag, D. E. 1990. Introduction to potato production, Pudoc, the Netherlands. ISBN. 90-220-0963-7.
- 4- CIP. 2007. Procedures for standard evaluation trials of advanced potato clones. www.cipotato.org. Press run: 500.
- 5- Corrigan, G., and Valengin, B. 2001. French catalog of potato varieties.
- 6- FAOSTAT. 2012. Home page on internet. Available on the: [WWW.http//. faostat.FAO.org/](http://WWW.http//.faostat.FAO.org/)
- 7- Hassanabadi, H. 2007. Evaluation of adaptation and yield comparison of potato promising clones in spring cultivation. Final Report of Project. Seed and Plant Improvement Institute. (In Persian with English Abstract).
- 8- Hassanabadi, H. 2008. Breeding and improve processes of potato in Iran. Potato, Future Food Congress. Payam Noor University, Sarvelayat Branch, Neishaboor (In Persian with English Abstract).
- 9- Hassanabadi, H. 2009. Evaluation of adaptation and yield comparison of potato promising clones in spring cultivation. Final Report of Project. Seed and Plant Improvement Institute (In Persian with English Abstract).
- 10- Hassanpanah, D. 2010. Evaluation of cooking quality characteristics of promising clones 397009-3, 397082-2 and 396156-6 versus Agria, Marfona and Savalan. Final Report of Project. Seed and Plant Improvement Institute (In Persian with English Abstract).
- 11- Hassanpanah, D., and Hassanabadi, H. 2011. Evaluation of quantitative and qualitative characteristics of promising potato clones in Ardabil region, Iran. *Modern Science of Sustainable Agriculture Journal* 7(1): 37-48. (In Persian with English Abstract).
- 12- Hassanpanah, D., and Hassanabadi, H. 2011. Evaluation of quantitative, qualitative and tuber yield stability of 18 promising potato clones in Ardabil region. *Journal of Crop Ecophysiology* 6(2): 219-234. (In Persian with English Abstract).
- 13- Hassanpanah, D., Shahriari, R., and Khorshidi, M. B. 2006. Evaluation of qualitative characteristics of potato cultivars suitable for processing. *Acta Horticulturae* 699(1): 213-218.
- 14- Haverkort, A. J., Van Loon, C. D., Van Eijck, P., Scheer, F. P., Schijvens, E. P. H. M., Uitslag, H., Baarveld, H. R., Campobello, E. W. A., Liefink, S. R., and Peeten, H. M. G. 2002. On the road to potato processing. NIVAA, The Netherlands Consultative Potato Institute.
- 15- Liu, Q., Tarn, R., Lynch, D., and Skjoldt, N. M. 2007. Physicochemical properties of dry matter and starch from potatoes grown in Canada. *Food Chemistry* 105: 897-907.
- 16- Love, S., Stark, J., and King, B. 2003. Irrigation tips for new varieties. Idaho Potato Conference.
- 17- Mousapour Gorji, A. 2008. Evaluation of qualitative and quantitative characters of advanced potato cultivars in spring culture. Final Report of Project. Seed and Plant Improvement Institute (In Persian with English Abstract).
- 18- Mousapour Gorji, A. 2008. Investigation of quantitative and qualitative characteristics of new potato cultivars in winter culture. Final Report of Project. Seed and Plant Improvement Institute (In Persian with English Abstract).
- 19- Nielsen, S.I., Bang, H., Kotkas, K., Kristensen, K., and Palouhta, J. P. 2002. Stability of potato meristem clones. Nordic Council of Ministers. Copenhagen, 40.
- 20- Rosenberg, V., Särekanno, M., Kotkas, K., and Ojarand, A. 2007. Variation of agronomic traits of potato somaclones produced by meristem culture. *South African Journal of Plant and Soil* 24(2): 95-99.
- 21- Salazar, L. F. 1996. Potato viruses and their control.
- 22- Strange, P. C., and Blackmore, K. W. 1989. Comparison of 10 clones of the potato cultivar, Kennebec. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 29(4): 597 – 600.
- 23- Talburt, W.F. 1987. Potato processing. USA, AVI Pub. Co. 19-37.



Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of 18 Potato Clones

A. R. Bolandi^{1*} - H. Hamidi²

Received: 23-09-2014

Accepted: 07-02-2015

Introduction

Introducing potato cultivars with high yield, early maturing and desirable quality have a key role in food security, decreasing the fluctuation of the price and the store costs and also providing fresh crops throughout the year. Potato (*Solanum tuberosum* L.) plant is one of leading agricultural products in the world with 365 million ton glands in year stands in fourth place after wheat, rice and corn.

The main objective of the breeding program is yield. Increase in plant yield in the past due to the gradual elimination of defects visible by experts and today the new criteria for selection are based on principles of morphological and functional characteristics associated with the plant. Variety is one of the effective factors on plant growth and development on potato that yields components of potato is heavily dependent on it. Yield increasing in each variety affect the genetic and natural structure of variety.

Nine clones of *Solanum tuberosum* L. cv. Kennebec from sources in Victoria, South Australia and Tasmania, and the commercially grown clone, clone 1, which was imported from Vancouver, were multiplied from pathogen-tested seed and compared in 3 Victorian potato districts during 2 seasons. The results showed that differences exist in total and size grade yield and tuber number and appearance between clones of a cultivar. They further highlight the importance of selection work to maintain desirable characteristics of established cultivars and to remove mutants with undesirable characteristics.

The results of the study, Hassanpanah and Hassanabadi (2012) showed that the clones 397003-7, 396151-27, 397045-100 and Savalan (check) produced higher total and marketable tuber yield, tuber number and weight per plant, plant height, main stem number per plant, tuber size average and stable tuber yield. These clones produced high and mid-uniform tuber, tuber inner crack and tuber inner ring, mid-late maturity and mid and high dry in comparison to those of check. Based on results of this experiment, the clones 397003-7, 396151-27 and 397045-100 could be selected for Ardebil region.

The objective of this research was to evaluate the quantitative and qualitative traits of cultivars and advanced potato clones in spring cultivation (Jolge-e-Rokh region).

Materials and Methods

In this research, 18 potato clones for the quantitative and qualitative traits were compared with three check cultivars including: Agria (suitable for French-fries), Marfona (suitable for boiled eating) and Lady Rosetta (suitable for chips) in Jolge-Rokh Agriculture Research Station, the location 35°, 50° north latitude and 59° east longitude and 1721 m above sea level, in crop year 2011. Experimental design was Randomized Complete Block Design (RCBD) with three replications. Treatment consisted of 18 advanced potato clones: 396151-8, 397045-4, 397045-10, TP12-13, TP21-29, TP12-8, 397007-16, 397007-17, 396140-6, 397009-8, 397015-14, 397003-7, 396151-27, 397045-100, 397097-9, 396151-20, 397045-7 and 69 indigenous with three control cultivars (Agria, Marfona and Lady Rosetta). Tubers were planted on two rows with 6 meters length. Distance between row and plants on the row were 75 and 25 cm, respectively. Area of each plot was 9 square meter. The evaluated characters were total yield, marketable yield, eye number, dry matter percentage, tuber number per plant, tuber weight per plant and mean of tuber weight. In order to measure total yield, after maturity, and remove the aerial organs, all of the tubers were harvested and the fresh weight was obtained. After removal of the tumor in bad shape, with soft rot and smaller than 30 mm that cannot be sold as part of the marketable yield, rest of them were used to measure marketable yield. Tuber dry matter percentage (TDM%) was determined from the relationship between fresh and dry weights of sub-sample of 8-10 thinly sliced tubers dried for 48 h at 80° C. Data were analyzed using SAS 9.1 software. The analysis of variance on test data and comparison to the middle of the LSD

1- Faculty member and Ph.D, Cellular biology, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Mashhad, Iran

2- MSc, Agronomy, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Mashhad, Iran

(* - Correspondent Author Email: Ar_bolandi@yahoo.com)

test was performed at the 5% level.

Results and Discussion

The results showed that differences were significant among cultivars and clones in total yield, marketable yield, dry matter percentage, tuber number and weight per plant and mean of tuber weight. Based on the results of the analysis of variance of total tuber yield were observed among the clones, there was significant difference at 1% level. The maximum total yield of tubers related to the 397007-16 clone among the clones and the lowest total yield of tubers, related to the 397097-9 clone. The 397007-16 clone and Marfona cultivar had the highest tuber weight and the 397097-9 clone had the lowest tuber weight. The indigenous 69 and the 397045-10 clones had the highest and lowest number of tuber per plant, respectively. The 69 indigenous clone had the highest amount of dry matter percentage compared to other clones meaning that this clone is suitable for chips production.

Behjati *et al* (2013) in their research in order to the evaluation of yield and effective characteristics on yield of promising potato clones, showed a treatment effect on number of tubers per plant, average weight of single tuber per plant, total yield of tubers and marketable tubers yield was significant at 1% level.

Conclusions

In general, present results showed that 397007-16 clone was better in tuber weight per plant and total yield compared to other clones.

Keywords: Dry matter percentage, Eye number, Marketable yield, Total yield, Tuber number



مدل سازی کینتیکی فرایند کاهندگی غیرفتوشیمیایی فتوستنز در پاسخ به تغییر شرایط نوری در گیاه آرابیدوپسیس از دیدگاه زیست شناسی سیستمی

سمیه حیدری^۱ - سیدحسن مرعشی^{۲*} - سعید ملک زاده شفاوردی^۳ - مصطفی قادری زفره ای^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۱

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

کارایی فتوستنز به میزان زیادی به شرایط محیط زندگی گیاه بستگی دارد. گیاهان در شرایط طبیعی، به سرعت در معرض تغییر شرایط نوری می باشند، برای مقابله با چنین نوساناتی و بهره برداری مؤثر از انرژی نورانی در دسترس و به طور هم زمان به حداقل رساندن خسارات ناشی از شدت نور بالا به دستگاه فتوستنزی، مکانیسم های سازگاری در آن ها گسترش یافته است. کاهندگی غیرفتوشیمیایی یک مکانیسم مهم است که انرژی اضافی را به صورت حرارت از گیاه خارج می کند. در این مقاله، مدل ریاضی بسیار ساده ای توسعه داده شده است که توصیف دقیق تری از این فرایند ارائه نموده و قادر به پیش بینی اجزای مختلف و پارامترهای مربوط به آن می باشد. مقایسه نتایج شبیه سازی با داده های تجربی نشان داد که کمپلکس برداشت نوری پروتونه شده و زآزانتین به طور هم زمان در القا و خاموشی فرایند NPQ عمل می کنند. نتایج حاصل می تواند به عنوان پایه تئوری مناسبی برای توسعه مدل های دقیق تر و مطالعه مکانیسم های مولکولی فرایند سازگاری دستگاه فتوستنز به تغییر شرایط نوری، مورد استفاده قرار گیرد.

واژه های کلیدی: آرابیدوپسیس، فتوستنز، کاهندگی غیر فتوشیمیایی، مدل سازی

اختصارات: کاهندگی غیرفتوشیمیایی: Non-Photochemical Quenching (NPQ)، مراکز واکنش: Reaction Centers (RCs)، کمپلکس برداشت نور: Light Harvesting Complex Photosystems II (LHCII)

مقدمه

با تقاضای رو به رشد برای تولید غذا، افزایش راندمان تبدیل انرژی فتوستنز هم چنان به عنوان یک راه حل اساسی، جهت افزایش قابل توجه تولید محصولات کشاورزی است. کارایی فتوستنز به میزان زیادی به شرایط محیط زندگی گیاه بستگی دارد. نور یکی از مهم ترین عوامل محیطی برای موجودات فتوستنز کننده است که تحت شرایط محیط طبیعی و در طی زمان متغیر می باشد (Dietzel *et al.*, 2008). دستگاه فتوستنزی می بایست به سرعت با این نوسانات سازگار شود تا بتواند مانع از تهییج بیش از حد و ایجاد خسارات جدی در مراکز واکنش خود گردد (Murchie *et al.*, 2009). عمده ترین روش

گیاهان برای سازگار شدن با شدت های نوری بالا، روش کاهندگی غیرفتوشیمیایی (NPQ) می باشد که طی آن انرژی نورانی به صورت گرما به هدر می رود (Barber and Andersson, 1992; Horton *et al.*, 2007; Niyogi 2000; Ruban *et al.*, 2007). این فرایند از سه جزء تشکیل شده است، که شامل کاهندگی وابسته به انرژی (qE)، کاهندگی تغییر وضعیت (qT) و کاهندگی بازدارندگی نوری (qI) می باشد. qE اصلی ترین بخش NPQ می باشد که توسط شیب پروتون (ΔpH) در غشاء تیلاکوئیدی القا می شود و با قطع نور و آغاز تاریکی، در طی چند ثانیه تا چند دقیقه خاموش می شود (Muller and Niyogi, 2001). تغییر "وضعیت جمع آوری نور" در مراکز واکنش به "وضعیت کاهندگی"، توسط تغییر کنفورماسیونی در کمپلکس جمع کننده نور (LHCII) در فتوسیستم II و هم چنین زانتوفیل ها و پروتئین PsbS در طی چند ثانیه صورت می گیرد (Demmig-Adams, 1990; Johnson *et al.*, 2008; Niyogi, 1999). میزان پایین pH در سمت لومن تیلاکوئید موجب فعال شدن چرخه زانتوفیل و تولید زآزانتین از ویولا زانتین از طریق فرایند داپوکسیداسیون

۱- دکتری بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲- استاد گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانشیار گروه بیوتکنولوژی کشاورزی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه علوم دامی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

(Email: marashi@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

می‌گردد. با کاهش شدت نور و در نتیجه کاهش شیب پروتون (ΔpH) عکس این فرایند یعنی تبدیل زآزانتین به ویولا زانتین طی فرایند اپوکسیداسیون، اما با سرعتی کم‌تر از داپوکسیداسیون، انجام می‌گیرد (Kalituhu *et al.*, 2007).

بخش عمده‌ای از دانش ما در مورد فتوسنتز از طریق رویکرد جزئی‌نگر به‌دست آمده‌است، که در آن هر جزء از سیستم جدا و به‌طور مستقل مورد مطالعه قرار گرفته است. از طریق این روش، اطلاعات دقیق بیوفیزیکی و بیوشیمیایی در مورد اجزای مختلف فتوسنتز به‌دست آمده‌است. هم‌زمان، بیوتکنولوژی مدرن ما را قادر می‌سازد تا به‌آسانی بیان تقریباً هر ژن دخیل در فتوسنتز را کاهش یا افزایش دهیم. حتی با تمام این ظرفیت‌ها و دانشی که داریم، ما هنوز تا مهندسی دقیق دستگاه فتوسنتز برای افزایش سرعت فتوسنتز فاصله زیادی داریم، چراکه کارایی تبدیل انرژی فتوسنتزی یک‌ویژگی سیستمی محسوب می‌شود و حاصل تعامل بین اجزای مختلف سیستم است و توسط هر یک از اجزای منحصر به‌فرد این سیستم تعیین نمی‌شود. ترکیبی از مدل‌های سیستمی با یک الگوریتم تکاملی، یک مکانیسم کارآمد و عملی برای شناسایی رویکردهای جدید جهت مهندسی فتوسنتز با کارایی بالاتر فراهم می‌کند (Zhu, 2008). توصیف فرآیندهای زیستی توسط سیستم‌های معادلات دیفرانسیل دارای سابقه طولانی‌مدت است. معادلات دیفرانسیل سرعت تغییرات اجزای متغیر در یک سیستم را تعریف می‌کنند. مدل‌های متعدد ریاضی مبتنی بر معادلات دیفرانسیل برای شبیه‌سازی مسیرهای متابولیک، چرخه تنظیم‌کننده ژن و آبشار پیام‌رسانی توسعه یافته‌اند. هدف اصلی این‌دسته از مدل‌ها بررسی و تأیید فرضیه‌های موجود و انجام پیش‌بینی‌های کمی جدید است. انطباق نتایج مدل با آزمایشات، موجب اعتماد بیش‌تر به دانش موجود و عدم انطباق آن‌ها منجر به ارائه فرضیه‌هایی می‌شود که بازخورد دوباره آن‌ها منجر به بهبود توصیف مدل می‌گردد (Pfau *et al.*, 2011). اغلب ساده‌ترین مدل‌ها درک اساسی تری نسبت به مکانیسم‌های زیربنایی یک حالت یا رفتار مشاهده‌شده را ارائه می‌دهند (Rapoport *et al.*, 1976).

سنجش فلورسانس کلروفیل $a(FI_a)$ به‌طور گسترده‌ای برای مطالعه فتوسنتز به‌کار می‌رود. کینتیک فلورسانس منعکس‌کننده عملکرد سراسری فتوسیستم II و NPQ است که به‌آسانی اندازه‌گیری می‌شود. مدل‌های متعددی از کینتیک فلورسانس کلروفیل، لومن، تیلاکوئید (Belyaeva *et al.*, 2008; Kuvykin *et al.*, 2009; vanKooten, 2008; et al., 1986; Zhu, 2008) و NPQ وابسته به زآزانتین (Ebenhöh, *et al.*, 2011) و qE (Zaks, *et al.*, 2012) وجود دارد. Zhu *et al.*, 2005 مدلی را ارائه کردند که شامل تمام مراحل انتقال الکترون در داخل و اطراف فتوسیستم II است. این مدل توانست با موفقیت کینتیک‌های مشاهده‌شده در جریان سنجش فلورسانس را محاسبه کند. Laisk *et al.*, 2006 هم‌چنین یک مدل کامپیوتری را

توسعه‌دادند که شامل واکنش‌های نوری، انتقال پروتون-الکترون، واکنش‌های آنزیمی و عملکردهای تنظیمی فتوسنتز گیاهان C3 می‌باشد که به‌صورت یک سیستم حاوی معادلات دیفرانسیل برای مدل کردن فلورسانس کلروفیل می‌باشد. این مدل توانست حالت پایدار فتوسنتز و فلورسانس کلروفیل تحت شرایط نوری متغیر و هم‌چنین غلظت‌های متفاوت CO_2 و O_2 را به‌خوبی شبیه‌سازی کند. اما هنوز برای شبیه‌سازی فرآیندهایی مانند کینتیک NPQ، کنترل فتوسنتزی اکسیداسیون پلاستوکوئینون و جریان چرخه‌ای الکترون در فتوسیستم I کافی نیست.

بسیاری از مدل‌هایی که تاکنون ارائه‌شده، ما را قادر می‌سازد تا به یک‌درک کلی از فرایند فتوسنتز دست پیداکنیم. اخیراً در مطالعه Ebenhoh *et al.*, 2011 مدلی ارائه گردیده که به‌طور اختصاصی بر روی فرایند NPQ متمرکز شده است. در این مطالعه، یک مدل ساده از مکانیسم سازگاری کوتاه‌مدت به‌شدت نور بالا ارائه و زآزانتین را به‌عنوان عامل اصلی در طی فرایند NPQ در نظر گرفته‌شده است. به‌طور خلاصه مدل ساده‌شده Ebenhoh *et al.*, 2011، توضیح تئوریک مفیدی از فتوسیستم II ارائه می‌کند که به‌همراه آن می‌توان ویژگی‌های دینامیک واکنش‌های نوری فتوسنتز و سازگاری دستگاه فتوسنتزی به‌نور بالا را مورد مطالعه قرارداد. این مدل می‌تواند به جنبه‌های بیش‌تری از فرایند NPQ بسط پیدا کند و یک پایه تئوری برای روش‌های آزمایشگاهی مطالعه اساس مولکولی NPQ باشد. بنابراین در مطالعه حاضر، مدل ریاضی Ebenhoh *et al.*, 2011 از طریق اضافه‌نمودن مکانیسم بازآرایی مولکول‌های آنتن، علاوه‌بر چرخه زانتوفیل در گیاهان و با استفاده از برنامه‌نویسی در محیط MATLAB ارتقا یافت. هم‌چنین نتایج پیش‌بینی این مدل برای تیمارهای مختلف نوری با نتایج آزمایشات تجربی مورد مقایسه قرار گرفته است.

مواد و روش‌ها

مدل

فرایند NPQ با فتوسیستم II درگیر و همراه است. بنابراین فقط فرآیندهای نسبتاً سریع دخیل در فتوسیستم II از جمله تفکیک بار و تجزیه اکسیژن توسط یک وضعیت تقریبی نیمه‌پایدار مورد توجه قرار گرفت. مدل تا حد امکان ساده نگه داشته‌شد و اساس آن مشابه مدل Ebenhoh *et al.*, 2011 است و تغییراتی در بخش کاهنده مدل اعمال گردید (شکل ۱). در این مطالعه فرض بر مبنای افزایشی بودن اثر زآزانتین و کمپلکس برداشت نوری پروتونه‌شده، به‌عنوان عوامل کاهنده در مدل جدید، می‌باشد. بدین ترتیب که علاوه‌بر زآزانتین که نقش مستقیم در فرایند کاهندگی غیرفتوشیمیایی دارد، کمپلکس برداشت نوری پروتونه‌شده (Lp) نیز نقشی مستقیم در این فرایند بازی

می کند. سپس معادلات دیفرانسیل جدید به معادلات اولیه اضافه شد. بنابراین در این مدل غلظت کمپلکس برداشت نوری پروتونه شده نیز در کنار زآزانتین به عنوان یک کاهنده در نظر گرفته شد و به عنوان متغیرهای جدید به مدل اضافه گردید. علاوه بر این اجزای qE که شامل $qELp$ و $qEza$ است، نیز در مدل به صورت رابطه (۱) و (۲) تعریف گردید.

$$qELp = \alpha \times Lp \quad (۱)$$

$$qEZ = \beta \times \frac{Z}{Z + K_z} \quad (۲)$$

مقدار کاهندگی وابسته به انرژی (qE) در هر تیمار خاص نوری مساوی مجموع دو متغیر $qELp$ و $qEza$ می باشد. در نهایت با هدف به دست آوردن مقدار کاهندگی کل (NPQ_{Tot}) از مقدار "کاهندگی انتقال وضعیت" (qT) که در اغلب گیاهان دارای مقدار ناچیزی می باشد، صرف نظر شد و طبق رابطه (۳) به دست آمد:

$$NPQ_{Tot} = qE + qI \quad (۳)$$

در این مدل، وضعیت $A3$ می تواند تهییج شده و منجر به انتشار فلورسانس شود و بنابراین، در محاسبه سیگنال فلورسانس مورد استفاده قرار می گیرد. فعالیت عوامل کاهندگی غیرفتوشیمیایی کسری از انرژی تهییج ساطع شده به صورت گرما را تعیین می کنند، در حالی که بخش غیر کاهنده، ($1 - qE$)، به صورت فلورسانس ساطع می شود.

$$F = (1 - qE) \times A3 + (1 - qE) \times (1 - k_1) \times A1 \quad (۴)$$

که در آن k_1 برابر با حداکثر بخش نسبی انرژی تهییج است که به سمت تفکیک بار می رود و برابر با 0.86 است. یعنی از موقعیت $A1$ به سمت موقعیت $A2$ پیش می رود. بالاترین سیگنال اندازه گیری فلورسانس (F_m) را مساوی یک در نظر گرفته و داده های PAM با توجه به آن نرمال شدند. از آنجا که سیگنال فلورسانس توسط معادله ۶ تعریف شده است و قادر به بازتاب حداقل فلورسانس کلروفیل (F_0) در تاریکی نیست. از این رو پایین ترین مقدار اندازه گیری (F_0) نیز نسبت به صفر نرمال شد. این نکته قابل ذکر است که قطعاً F_0 در واقعیت مساوی با صفر نیست. برای مقایسه شبیه سازی با داده های تجربی، نرمال سازی مشابهی برای سیگنال فلورسانس محاسبه شده انجام شد (رابطه ۵).

$$Fst = F / \max(F) \quad (۵)$$

در نهایت این نکته قابل ذکر است که برای توسعه مدل و انجام شبیه سازی از نرم افزار MATLAB 2010b استفاده گردید.

آزمایش

در این مطالعه از گیاه آرابیدوپسیس (*Arabidopsis thaliana*) رقم کلمیا استفاده شد. بذور آرابیدوپسیس در شرایط اطاقک رشد 22 ± 3 درجه سانتی گراد با ۱۶ ساعت روشنایی ($200 \mu E \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$) و رطوبت ۷۰ درصد در شرایط بستر سبک (پیت، ماسه و پرلیت)

کشت شد. آزمایشات اندازه گیری فلورسانس کلروفیل بر روی برگ های جدا شده از بوته سه هفته ای که به مدت حداقل پنج ساعت به تاریکی سازگار شده بودند، انجام گرفت. اندازه گیری ها توسط دستگاه فلورومتر (PAM-2000 Fluorometer، شرکت والتر آلمان) به همراه نرم افزار PamWin v.2 انجام شد. شدت نور ویژه اندازه گیری کمتر از $1 \mu E \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ بود که در اولین ثانیه آغاز اندازه گیری روشن و مقدار F_m را مشخص نمود. سپس پالس اشباع نوری با شدت $2650 \mu E \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ و طول 0.8 ثانیه و هر 30 ثانیه یک بار اعمال شد. در تیمارهای مختلف آزمایشی طول مدت اندازه گیری فلورسانس 10 دقیقه بود که شامل پنج دقیقه روشنایی و پنج دقیقه تاریکی بود. در زمان روشنایی از نور اکتینیک لامپ هالوژن خارجی به همراه یک فیلتر "راتن" برای محدود نمودن نور در طول موج 520 نانومتر، استفاده گردید. فلورسانس کلروفیل در فاصله طول موج $697 - 750$ نانومتر ثبت گردید (۱۳). پارامترهای مربوط به فلورسانس کلروفیل توسط نرم افزار PamWin و روابط جدول (۱) محاسبه و ثبت گردید. تیمارهای مختلف اعمال شده شامل به کارگیری شدت های نوری مختلف ($1 \mu E \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ، 300 و 900) و همچنین مدت زمان های مختلف تابش نوری در سه تکرار تصادفی بودند.

نتایج و بحث

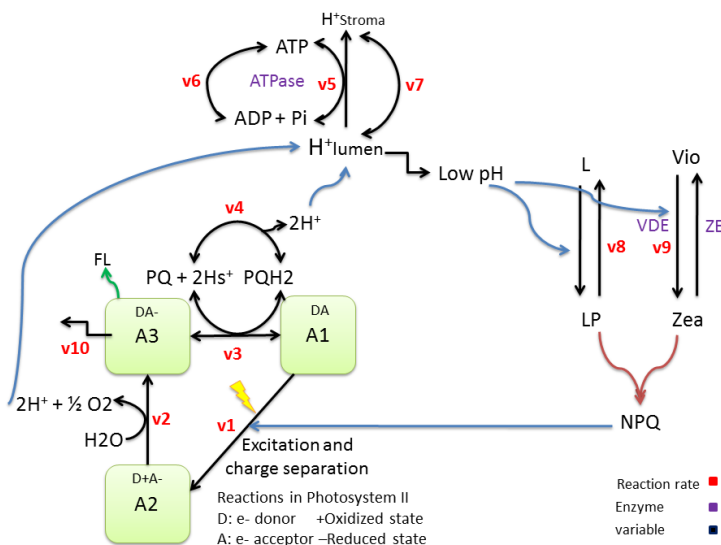
مدل های ریاضی موجود برای درک مکانیسم های دخیل در فتوسنتز II که موجب ایجاد سیگنال فلورسانس در مقیاس زمانی میکروثانیه می شوند، بسیار مؤثر بوده اند. در مطالعه حاضر، بر روی فرایند NPQ تمرکز شد و اجزای آن به طور ویژه مورد بررسی قرار گرفت. بدین منظور، فواصل زمانی به صورت ثانیه تا دقیقه و وضعیت مراکز واکنش (RCS) به صورت تقریباً ثابت و پایدار در نظر گرفته شد. در این پژوهش رویکرد ساده سازی در توصیف فرایند فتوسنتز دنبال، و مدل ساده شده Ebenhoh *et al.*, 2011 که قادر به تولید خواص بیولوژیکی کلیدی فرایند NPQ است، توسعه داده شد. در واقع از طریق توسعه مدل Ebenhoh *et al.*, 2011 که فرض آن وجود زآزانتین به عنوان تنها عامل کاهندگی می باشد، در این مطالعه مدل افزایشی بررسی و داده های تجربی مشابه با این فرضیه تولید و با داده های شبیه سازی مقایسه گردید.

پیش بینی اثر مدت زمان تابش نور بر فلورسانس کلروفیل

از آنجا که فلورسانس کلروفیل یک متغیر سیستم نیست، می توان آن را به صورت خروجی یک فرایند شبیه سازی محاسبه نمود. اگر یک مولکول کلروفیل با یک مرکز واکنش در ارتباط باشد، تهییج می شود. این انرژی می تواند یا برای تفکیک بار (فقط در مراکز واکنش باز)، منتشر شده به صورت نور، استفاده شود که منجر به فلورسانس

نور در فاز اول (از یک دقیقه به ۳۰ دقیقه)، مقدار F_m در فاز تاریکی از حدود ۰/۸۵ به ۰/۶ کاهش می‌یابد (شکل ۲). این روند در نمودار حاصل از مدل ریاضی توسعه‌یافته نیز قابل پیش‌بینی است (شکل ۳). این تطابق میان نتیجه شبیه‌سازی مدل و آزمایش تجربی نشان‌دهنده صحیح بودن فرضیات موجود در مدل افزایشی می‌باشد.

می‌گردد، و یا به صورت گرما هدر می‌رود. نتایج مقایسه مدت‌زمان‌های مختلف تابش نوری نشان‌داد که اندازه حداکثر فلورسانس کلروفیل (F_m) در فاز تاریکی با مدت‌زمان تابش نور در فاز اول مرتبط است. همان‌طور که مشاهده می‌شود (شکل ۲)، بعد از مدت‌زمان‌های متفاوت تابش نور، ۱۵ دقیقه تاریکی همراه با پالس‌های اشباع نوری اعمال‌شده و تفاوت میزان فلورسانس در هر کدام از تیمارها قابل مشاهده است. بدین ترتیب که با افزایش مدت‌زمان تابش

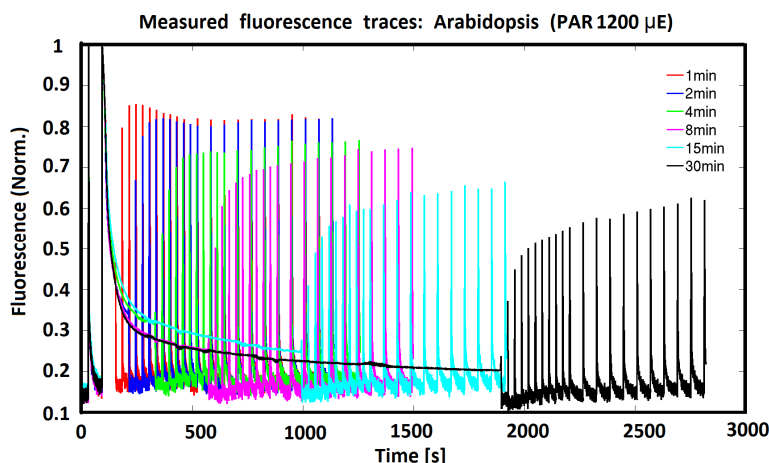


شکل ۱- تصویر شماتیک مدل. نور توسط کمپلکس برداشت‌نور (LHCs) جذب می‌شود. انرژی تهییج به مراکز واکنش باز (A1) منتقل، و به سمت وضعیت تفکیک بار (A2) هدایت می‌شود. این فرایند توسط کاهندگی غیر فوتوشیمیایی (NPQ) بازداشته می‌شود. کمپلکس تجزیه اکسیژن (OEC) موجب احیای مجدد مرکز واکنش می‌گردد و در نتیجه وضعیت A3 ایجاد و پروتون‌ها توسط تجزیه آب آزاد می‌شوند. طرف‌پذیرنده مجدداً توسط پلاستوکوئینون که پروتون‌ها را از استروما دریافت می‌کند، اکسید می‌گردد. پلاستوکوئینون توسط سیتوکروم b_6f ، که در مرز خارجی مدل در نظر گرفته شده است و در شکل نشان‌داده نشده است، مجدداً اکسید می‌گردد. این اکسیدشدن مجدد شامل آزادشدن پروتون به داخل لومن می‌باشد. غلظت بالای پروتون در لومن یا به عبارت دیگر کاهش میزان pH از یک‌طرف موجب تولید زآزانترین (تبدیل وایولا زانتین (Vio) به زآزانترین (Zea) در چرخه زانتوفیل) و از طرف دیگر موجب پروتونه شدن کمپلکس برداشت‌نوری (Lp) می‌گردد که این هر دو عامل القاشدن فرایند کاهندگی غیرفوتوشیمیایی (NPQ) می‌باشد. وجود اختلاف pH بین دو سمت غشای تیلاکوئیدی موجب تولید ATP از ADP و فسفات غیرآلی می‌گردد. ATP توسط فرایندهای دیگر در خارج از مدل مصرف می‌شود. وضعیت A3 می‌تواند تهییج شود اما از انرژی تهییج برای تفکیک بار استفاده کند. بخش کاهیده‌نشده این انرژی تهییج به صورت فلورسانس از سیستم خارج می‌شود (فلش سبز).

Figure 1- Schematic illustration of the model. Light absorbed by light harvesting complexes (LHCs). Excitation energy is transmitted to the reaction center (A1), and then to the state of charge separation (A2) driven. The process can be prevented by lowering non-photochemical (NPQ). Oxygen evolving complex (OEC) cause reduction of reaction center and thus make the A3 and protons are released by the decomposition of water. Acceptor side oxidizes by Plastokoinon. Plastokoinon oxidised by cytochrome b_6f , the outer boundary of the considered model is not shown in the figure. The oxidation of the re-release of protons into the lumen is included. High concentration of protons in the lumen or in other words, reducing the pH of the resulting Zeaxanthin production (conversion Violaxanthin (Vio) to Zeaxanthin (Zea) The xanthophyll cycle), and leads to protonation of light harvesting complex (Lp). Both factors induce the lowering process non-photochemical quenching (NPQ). PH differences between the two sides of the membrane leads to the production of ATP from ADP and inorganic phosphate. ATP is consumed by other processes outside of the model. A3 status can be exciting and use this energy to for the charge separation. The other energy sector has been used to fluorescence (green arrows).

جدول ۱ - پارامترهای فلورسانس کلروفیل
Table1- Chlorophyll fluorescence parameters

پارامتر	توضیحات
F0	حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی، زمانی که مراکز واکنش باز هستند.
F0□	حداقل فلورسانس از برگ سازگار شده با نور، زمانی که مراکز واکنش بسته هستند.
Fm	حداکثر فلورسانس از برگ سازگار شده با تاریکی، زمانی که مراکز واکنش باز هستند.
Fm□	حداکثر فلورسانس از برگ سازگار شده با نور، زمانی که مراکز واکنش باز هستند.
$NPQ = (Fm - Fm\Box)/Fm\Box$	کاهندگی غیرفتوشیمیایی (Non-photochemical quenching)
$qI = \frac{K_{PSII\Box} - F_{PSII\Box}}{K_{PSII\Box}}$	کاهندگی بازدارندگی نوری
$qE = \alpha \times LHCIIp + \beta \times \frac{Zea}{Zea + k_z}$	کاهندگی وابسته به انرژی
$qELp = \alpha \times Lp$	کاهندگی مربوط به حضور کمپلکس برداشت نوری پروتونه شده
$qEZea = \beta \times \frac{Zea}{Zea + k_z}$	کاهندگی مربوط به حضور زآزانتین



شکل ۲- آزمایش تجربی تفاوت میزان فلورسانس بعد از مدت زمان های مختلف تابش نور. بعد از مدت زمان ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵ و ۳۰ دقیقه تابش نور (با شدت $1200 \mu E m^{-2} s^{-1}$) میزان فلورسانس ساطع شده در تاریکی در لحظه تابش پالس قوی (در پنج دقیقه اول هر ۳۰ ثانیه یک پالس و در ۱۰ دقیقه بعدی هر ۶۰ ثانیه یک پالس)

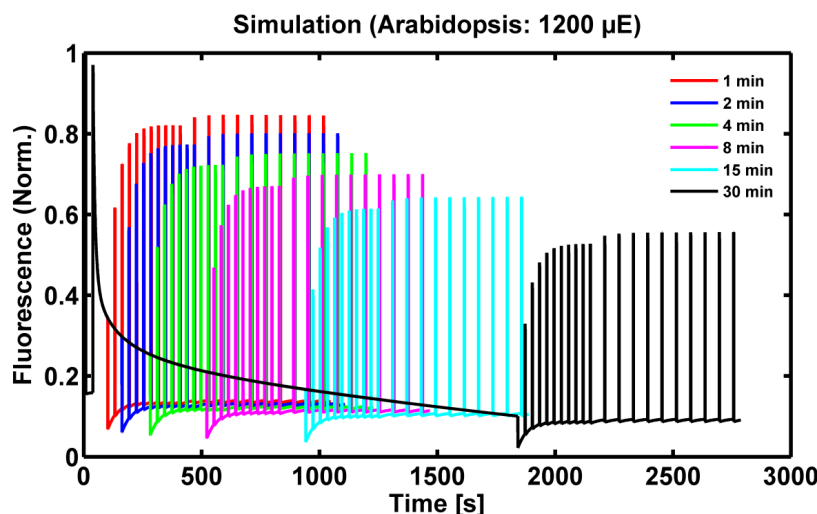
Figure 2- Experimental test of the difference in fluorescence after the time of exposure. After a period of 1, 2, 4, 8, 15 and 30 minutes of light (intensity $\mu E m^{-2} s^{-1} 1200$) the amount of fluorescence emitted radiation in the dark at the moment of strong pulses (one pulse every 30 seconds in the first five minutes of the 10 minutes later a pulse every 60 seconds)

با میزان qE کل برابر است، چراکه تنها تفاوت آن ها وجود qI در داخل فرایند NPQ می باشد. نکته قابل توجه دیگر، افت سریع میزان Lp و به دنبال آن افت سریع $qELp$ است (شکل ۴ الف، ج، و) که نشان دهنده واکنش سریع آن به روشنایی و تاریکی ایجاد شده در محیط می باشد.

اما در مقابل آن تولید و تجزیه زآزانتین و به دنبال آن القا و خاموشی $qEZea$ به آرامی انجام می گیرد (Johnson et al., 2008). در نتیجه احتمالاً با تابش دوباره نور، زآزانتین موجود در کلروپلاست که به کندی در حال تجزیه و تبدیل شدن به ویولانتین است می تواند موجب افزایش سرعت القا فرایند کاهندگی کل در فازهای بعدی

شبیه سازی دوره های زمانی تاریکی و روشنایی

با افزایش میزان زآزانتین، کاهندگی مرتبط با آن ($qEZea$) نیز افزایش می یابد. از طرفی کاهندگی کل (NPQ) نیز که تاحد زیادی به حضور زآزانتین وابسته است و زمانی به حداکثر مقدار خود می رسند که میزان زآزانتین بالا باشد (Horton et al., 1996). مدل سازی نیز نتایج مشابهی نشان داد و پیش بینی مناسبی از اجزاء مختلف فرایند کاهندگی غیرفتوشیمیایی (qE ، qI و NPQ کل) و هم چنین اجزاء فرایند qE در شدت های نوری مختلف، ارائه داد (شکل ۴). در شکل ۴ همان طور که مشاهده می شود، میزان qI (خط آبی) به خصوص در شدت نورهای کم بسیار ناچیز است و بنابراین مقدار NPQ کل، تقریباً



شکل ۳- شبیه‌سازی تفاوت میزان فلورسانس بعد از مدت‌زمان‌های مختلف تابش نور. بعد از مدت‌زمان ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۵ و ۳۰ دقیقه تابش نور (با شدت $1200 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) میزان فلورسانس ساطع‌شده در تاریکی در لحظه تابش پالس قوی (در پنج دقیقه اول هر ۳۰ ثانیه یک پالس و در ۱۰ دقیقه بعدی هر ۶۰ ثانیه یک پالس)

Figure 3- Simulation of the difference in fluorescence after the time of exposure. After a period of 1, 2, 4, 8, 15 and 30 minutes of light (intensity $\mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1} 1200$) the amount of fluorescence emitted radiation in the dark at the moment of strong pulses (one pulse every 30 seconds in the first five minutes of the 10 minutes later a pulse every 60 seconds).

عوامل کاهندگی (عامل زآزانتین به‌طور دقیق‌تر و همچنین عامل کمپلکس برداشت‌نوری پروتونه‌شده)، فرایند القا و خاموشی NPQ را به‌طور دقیق‌تری نسبت به مدل Ebenhoh *et al*, 2011 پیش‌بینی می‌نماید.

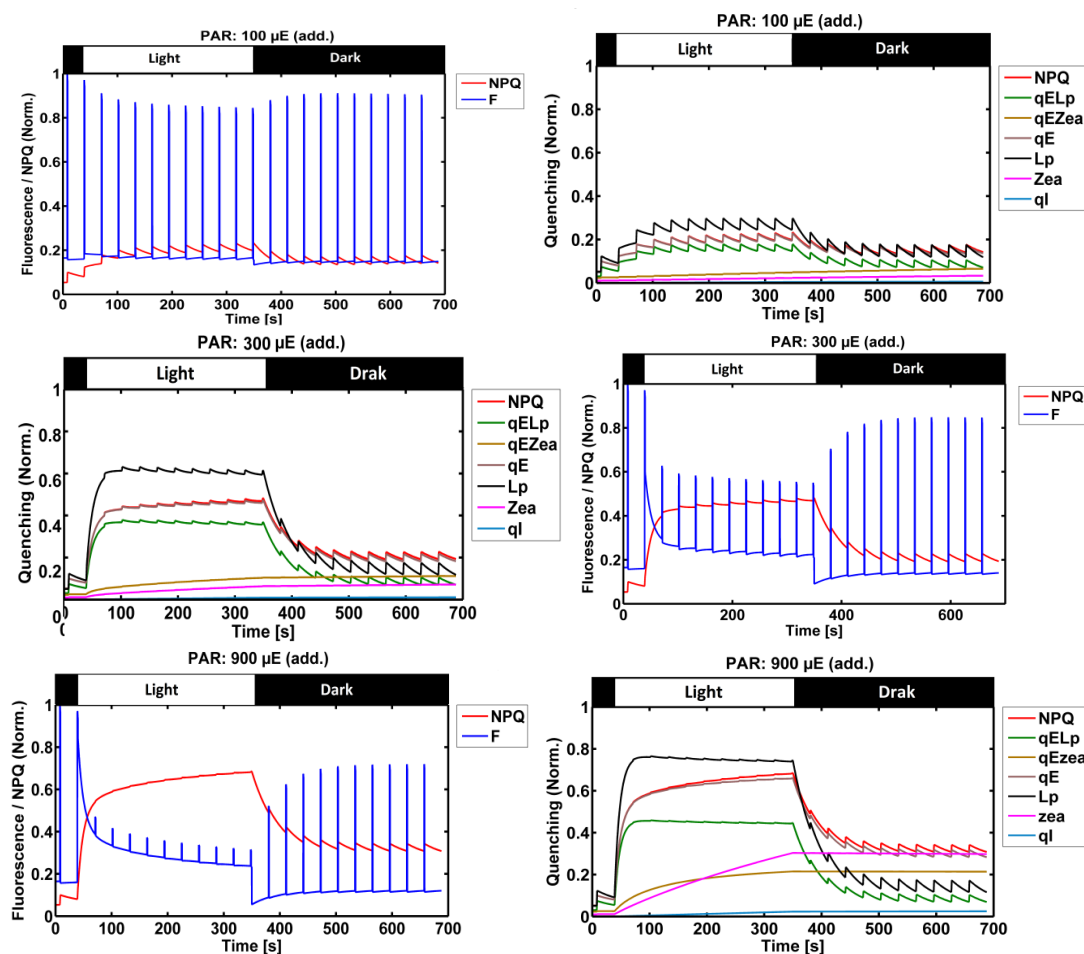
شبیه‌سازی تغییرات سطوح pH و ATP در شرایط نوری مختلف

در شرایط نور ثابت، سرعت فتوسنتز به وضعیت ثابتی می‌رسد که توسط ورود جریان متوازنی از پروتون به لومن و خروج از طریق ATP سنتاز و نشت پروتون تعیین می‌گردد. در شرایط حالت پایدار، معادلات مدل را می‌توان به‌صورت یک معادله ساده‌نمود که تنها به یک متغیر وابسته است (غلظت پروتون آزاد در لومن، H)، که می‌تواند به‌صورت عددی حل شود. در این مدل، pH به تجمع پروتون ناشی از فعالیت مراکز واکنش فتوسیستم II، سنتز ATP، مصرف خارجی ATP و فعالیت‌های کاهندگی باثبات بستگی دارد. بر اساس وابستگی داپوکسیداسیون و ایولازانتین و فعالیت ثابت اپوکسیداز به pH و فعالیت مستمر اپوکسیداز (Gilmore *et al.*, 1994)، القای فرایند کاهندگی توسط pH لومن انجام می‌گیرد. این امر منجر به این خواهد شد که در انتقال از تاریکی به روشنایی، با آغاز تابش نوری و کاهش شدید pH، تولید زآزانتین از وایولازانتین و همچنین پروتونه‌شدن کمپلکس

نتایج آزمایشات فلورومتری و فرایند شبیه‌سازی برای سه‌شدت نوری (100 ، 300 و $900 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) نشان داد که مدل قادر به بازتولید نسبتاً خوبی از داده‌های تجربی، حداقل از لحاظ کیفی، بوده است (شکل ۵). برای شدت نور متوسط و بالا، فرایند سازگاری نور شبیه‌سازی‌شده، مشاهدات تجربی را با دقت بالا پیش‌بینی نموده است. اما در شدت نور کم ($100 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$) در چندثانیه ابتدای فاز روشنایی، یک افزایش موقتی در میزان NPQ مشاهده شد و بعد از حدود ۶۰ ثانیه در یک سطح پایین‌تر به حالت ثابت و پایدار قرار گرفت. Kalituho *et al*, 2007 و Finazzi *et al*, 2004 نیز موارد مشابهی را در جو (*Hordeum vulgare*) و آرابیدوپسیس گزارش و این‌طور استنباط نموده‌اند که در شدت نور کم و در اولین دقایق تابش نور، میزان ΔpH به‌شدت افزایش می‌یابد و بنابراین فرایند کاهندگی سریعاً القا و یک افزایش ناگهانی را تجربه می‌کند، اما پس از آن با شروع به کار چرخه کالوین، پروتون‌های موجود مصرف و ΔpH و در نتیجه فرایند کاهندگی کاهش می‌یابد. مدل حاصل قادر به پیش‌بینی و بازتولید این افزایش موقتی که گاهی در شدت نوری $300 \mu\text{E m}^{-2} \text{s}^{-1}$ هم مشاهده می‌شود، نمی‌باشد. باتوجه به اینکه مدل حاضر مصرف پروتون توسط چرخه کالوین را شامل نمی‌شود، علت عدم پیش‌بینی افزایش موقتی NPQ در نتایج مدل قابل انتظار است. مدل توسعه‌یافته فرایند سازگاری فتوسنتز به تغییر شرایط نوری به علت معرفی دقیق‌تر

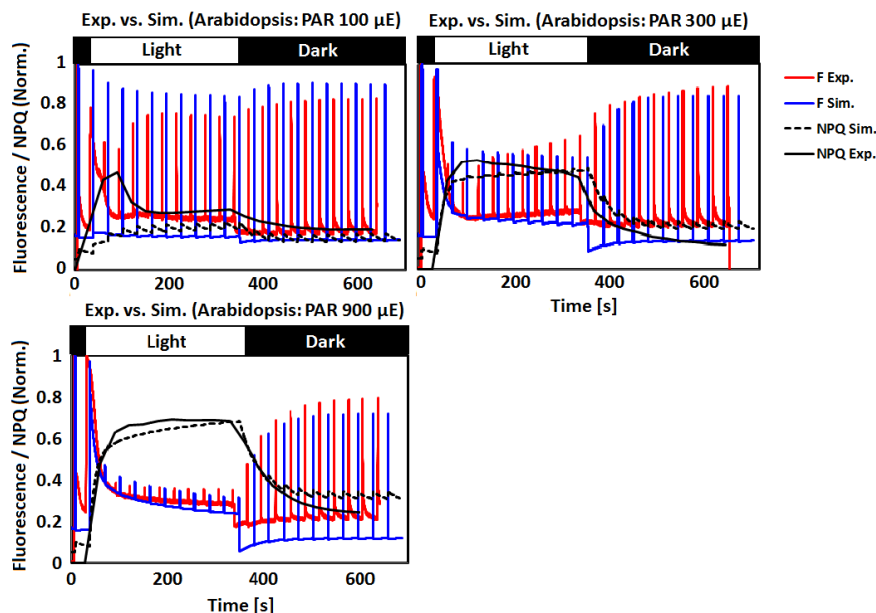
پیش‌بینی مدل در برخورد هر پالس نوری اشباع به گیاه میزان pH نیز کاهش می‌یابد (شکل ۴).

برداشت نوری فتوسیستم II القاشده و بدین ترتیب فرایند NPQ آغاز می‌گردد. با افزایش شدت نور میزان pH کاهش می‌یابد و طبق



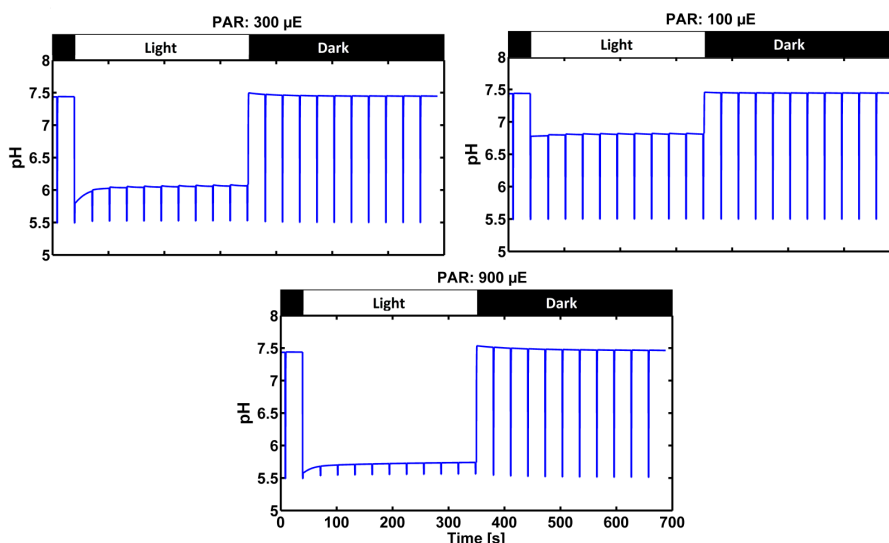
شکل ۴ - نمودار شبیه‌سازی شده از فلورسانس کلروفیل و فرایند کاهندگی (NPQ) و اجزای آن در شدت‌های نوری مختلف با استفاده از مدل افزایشی (additive). در شکل‌های سمت راست نمودار NPQ با خط قرمز و فلورسانس کلروفیل با خط آبی نشان داده شده است. در نمودارهای سمت چپ نیز NPQ کل با رنگ قرمز، کاهندگی وابسته به انرژی (qE) با رنگ خاکستری، کاهندگی بازدارنده نوری (qI) با رنگ آبی، کاهندگی مرتبط با کمپلکس برداشت نوری پروتونه (qELp) با رنگ سبز و کاهندگی مرتبط با زآزانتین (qEZea) با رنگ خردلی نمایش داده شده است. همچنین میزان تغییرات کمپلکس برداشت نوری (Lp) با رنگ سیاه و زآزانتین (Zea) با رنگ صورتی نشان داده شده است.

Figure 4- t simulated of chlorophyll fluorescence and non-photochemical quenching (NPQ) and its components at different light intensities by using an additive model. NPQ chart with a red line on the right and chlorophyll fluorescence is shown by the blue line. In the diagram to the left of the NPQ in red, energy-dependent lowering (qE) with gray, lowering the optical inhibitor (qI) blue light-harvesting complexes associated with lowering protonated (qELp) with green and lowering associated with Zeaxanthin (qEZea) with Mustard color is displayed. The rate of change of the light harvesting complex (Lp) with black and zeaxanthin (Zea) is shown in pink.



شکل ۵ - مقایسه نمودار شبیه‌سازی فلورسانس (F) و کاهندگی (NPQ) با آزمایشات تجربی مشابه در آراییدوپسیس در سه شدت نوری ۱۰۰، ۳۰۰ و ۹۰۰ $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$. در این شکل، نمودار فلورسانس آزمایش تجربی (F Exp. رنگ قرمز)، فلورسانس شبیه‌سازی شده (F Sim. رنگ آبی)، کاهندگی آزمایش تجربی (NPQ Exp. خط سیاه رنگ)، کاهندگی شبیه‌سازی شده (NPQ Sim. خط چین سیاه رنگ) می‌باشد

Figure 5- Comparison Chart of simulate fluorescence (F) and non-photochemical quenching (NPQ) with similar experiments in Arabidopsis in light intensity of 100, 300 and 900 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$. In this figure, the graph of fluorescence experiment (F Exp. red), simulated fluorescence (F Sim. blue), NPQ experiment (NPQ Exp. black line), NPQ simulated (NPQ Sim. black dashed line) is



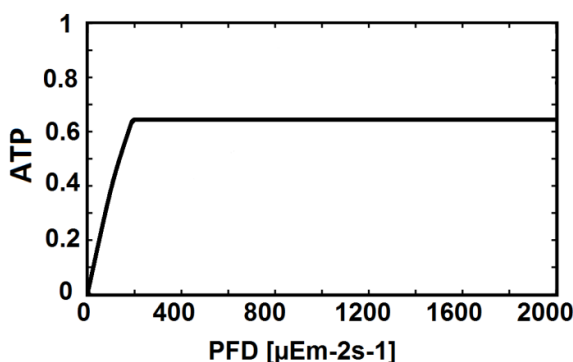
شکل ۶ - پیش‌بینی مدل از تغییرات pH در سه شدت نوری ۱۰۰، ۳۰۰ و ۹۰۰ $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ گذار از فاز تاریکی به روشنایی و بالعکس

Figure 6- prediction model of pH changes in light intensity of 100, 300 and 900 $\mu\text{Em}^{-2}\text{s}^{-1}$ transition from darkness phase to light and vice versa

این روند کاهشی با شیب ملایم‌تری اتفاق می‌افتد که نسبت به پیش‌بینی مدل Ebenhoh *et al.*, 2011 و بر طبق آزمایشات

همچنین نتایج نشان‌داد که افت pH در انتقال از تاریکی به روشنایی و با بالا رفتن شدت نور افزایش می‌یابد. برای شدت نور کم

کاهندگی سریع تر انجام می گیرد. این امر منجر به کاهش بازخورد تجمع پروتون شده و جریان پروتون طی چندثانیه متعادل می گردد (Ebenhoh *et al.*, 2011). بنابراین در شدت های نوری بالا میزان ATP ثابت و پایدار می ماند که در مدل جدید بیش تر با واقعیت منطبق است (شکل ۷ سمت چپ).



شکل ۷ - نمودار شبیه سازی تغییرات pH و ATP نسبت به تغییر شدت نور
Figure 7- graphs simulating the pH and ATP to changes in light intensity

کاهندگی قابل قبول می باشد. این امر نشان دهنده آن است که مفروضات ما برای عوامل دخیل در فرایند کاهندگی درست می باشد.

نتیجه گیری

به طور خلاصه، مدل توسعه یافته در این مطالعه قادر است توصیف نظری دقیق تری از فرایند سازگاری فتوسیستم II به تغییر شرایط نوری ارائه دهد که می توان با آن خواص دینامیکی واکنش های نوری فتوسنتز و سازگاری دستگاه فتوسنتز به نور اضافی را مورد مطالعه قرار داد. این مدل شامل اجزاء بیش تری از فرایند کاهندگی یعنی qE که خود شامل qELp و qEZea است و همچنین qI می باشد و قادر است تمام این فرایندها را به خوبی پیش بینی کند. در نتیجه می تواند به عنوان پایه نظری به همراه روش تجربی به بررسی اساس مولکولی NPQ کمک کند.

Ruban *et al.*, 2001، واقع گرایانه تر است (شکل ۷ سمت راست). در شرایط نور کم، تجمع پروتون به راحتی می تواند توسط فعالیت ATP سنتاز متعادل شود. با این حال، قرار گرفتن در معرض شدت نور بالای ناگهانی منجر به وضعیتی می شود که در آن تجمع پروتون می تواند از طریق مصرف توسط ATP سنتاز متعادل شود و القاء فرایند

در مطالعه حاضر، مدل بسیار ساده ای که در مطالعه Ebenhoh *et al.*, 2011 ارائه شده بود، به منظور دست یافتن به اهدافی چون (الف) بررسی فرضیه دخالت مستقیم زآزانتین و کمپلکس جمع کننده نور به همراه یک دیگر، (ب) تجزیه و تحلیل دینامیک NPQ و فلورسانس ناشی از فتوسیستم II در تغییر شرایط نوری (شدت و مدت تابش)، (ج) شبیه سازی تغییرات pH و ATP که بیش تر با واقعیت تطبیق داشته باشند و (د) بررسی میزان انطباق داده های شبیه سازی شده با داده های تجربی به دست آمده از اندازه گیری فلورسانس با دستگاه فلورومتر، توسعه داده شد. ساختار ساده مدل و نتایج حاصل از آن، معادلات و روابط ریاضی در نظر گرفته شده بین پارامترها و متغیرهای به کار گرفته شده را تأیید نمود و به طور کلی رفتار مدل تا حدود زیادی به واقعیت نزدیک است. آنچه که در حالت پایدار شبیه سازی شد در دامنه واقعی قرار دارد و ویژگی های اصلی روند دینامیک فرایند

پیوست

متغیرهای وضعیت به جز ویولازانتین و کمپلکس جمع آوری نور

- A1 = x(1); (DA⁺) مراکز واکنش باز در فتوسیستم ۲
- A2 = x(2); (D+A⁻) وضعیت بار تفکیک شده در فتوسیستم ۲
- PQH2 = x(3); PQ = PQ_{Tot} - PQH2 پلاستو کوئینون احیا شده
- H_{lumen} = x(4); [mmol/mol Chl] غلظت پروتون در لومن
- ATP = x(5); ADP = APT - ATP آدنوزین تری فسفات
- LHCII = x(6); LHCII تراimer

$V_{io} = x(7)$; ویولانتین

$PSII_{Tot} = x(8)$; غلظت فتوسیستم ۲

خزانه‌ها

$A_3 = A_{Tot} - A_1 - A_2$; مراکز واکنش بسته در فتوسیستم ۲ (D-A-)

$PQ = PQ_{Tot} - PQH_2$; پلاستوکوئینون اکسیدشده

$ADP = ATP_{Tot} - ATP$; آدنوزین دی فسفات

$P_i = P_{Tot} - ATP$; فسفر غیرآلی

$L_p = (LHCII_{Tot} - LHCII)$; کمپلکس برداشت نوری پروتونه شده

$Zea = X_{an_{Tot}} - V_{io}$; غلظت زآزانتین

معادلات دیفرانسیل

$$dxdt(1) = -v_1 + v_3;$$

$$dxdt(2) = +v_1 - v_2;$$

$$dxdt(3) = +v_3 - v_4;$$

$$dxdt(4) = (+v_2 + v_4) - ((\frac{14}{3}) \times v_5 + v_7);$$

$$dxdt(5) = +v_5 - v_6;$$

$$dxdt(6) = -v_8;$$

$$dxdt(7) = -v_9;$$

$$dxdt(8) = -v_{10};$$

سرعت‌های واکنش

فتوسیستم II

$$v_1 = k_1 \times A_1;$$

$$k_1 = k_{ER} \times k_{la} \times (1 - qE)$$

$$k_{ER} = cPFD \times PFD(time); \text{ cPFD: ضریب تبدیل برای تهییج}$$

ER: (Excitation Rate) نرخ تهییج

$$v_2 = k_2 \times A_2;$$

$$v_3 = (k_3 \times PQ \times A_3) - (k_{3m} \times PQH_2 \times A_1)$$

چرخه پلاستوکوئینون

$$v_4 = (k_4 \times PQH_2) - (k_{4m} \times PQ \times Hf^2)$$

سنتز ATP

دمای استاندارد ۲۵ درجه; ثابت گاز; $R=8.3 \times 10^{-3}$; $T=298$

$$k_{eq} = e^{(-\frac{\Delta G^0}{RT}) - \log(10) \times \Delta pH \times (\frac{14}{9})}$$

$$v_5 = k_5 \times \frac{(\frac{ADP}{K_{ADP}} \times \frac{P_i}{K_{P_i}} - \frac{ATP}{(k_{eq} \times K_{ATP})})}{(1 + \frac{ADP}{K_{ADP}} + \frac{P_i}{K_{P_i}} + \frac{ATP}{K_{ATP}} + \frac{ADP}{K_{ADP}} \times \frac{P_i}{K_{P_i}})}$$

$$k_{eq} = [P_i] \times e^{-(\Delta G^0 / RT)} \times ([H^+]_{stoma} / H)^{(14/3)}$$

$$v_5 = k_5 \times \left(ATP_{Tot} - ATP \times \left(1 + \frac{1}{k_{eq}} \right) \right)$$

مصرف ATP

$$v_6 = k_6 \times ATP;$$

تراوش و نشت پروتون

$$v_7 = k_7 \times (10^{(-pH_{lumen})} - 10^{(-pH_{stoma})}) \times 4 \times 10^3;$$

پروتونه شدن کمپلکس جمع کننده نور

$$v_8 = (k_8 \times H_f \times \text{LHCII}) - (k_{8m} \times \text{LHCIIp});$$

دایوکسیداسیون وایولازانتین به زآزانتین

$$v_9 = v_{9d} - v_{9r}$$

$$v_{9d} = k_{9d} \times V_{io}$$

$$k_{9d} = k_{9d} \times \left(\frac{H_f h_{\Phi}}{(H_f h_{\Phi} + k_{h_{\Phi}} h_{\Phi})} \right)$$

$$v_{9r} = k_{9r} \times \text{Zea};$$

$$v_{10} = (k_{10} \times \text{cPFD} \times \text{PFD}(\text{time}) \times \text{PSII}_{\text{Tot}}) - (k_{10m} \times (\text{PSII}_{\text{Tot}} - \text{PSII}_{\text{Tot}}))$$

References

- 1- Barber, J., and Andersson, B. 1992. Too much of a good thing: light can be bad for photosynthesis. Trends in Biochemical Sciences, 17(2), 61–66. Retrieved from <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/16083413>.
- 2- Belyaeva, N. E., Schmitt, F., Steffen, R. V. Paschenko, Z., Riznichenko, G. Yu., Chemeris, Yu. K., Renger, G., Rubin, A. B., et al. 2008. PS II model-based simulations of single turnover flash- induced transients of fluorescence yield monitored within the time domain of 100 ns–10 s on dark-adapted *Chlorella pyrenoidosa* cells. Photosynth Research 98:105–119.
- 3- Cruz, J. A., Sacksteder, C. A., Kanazawa, A., and Kramer, D. M. 2001. Contribution of electric field (Delta psi) to steady-state transthylakoid proton motive force (pmf) in vitro and in vivo control of pmf parsing into Delta psi and Delta pH by ionic strength. Biochemistry 40:1226–1237.
- 4- Demmig-Adams, B. 1990. Carotenoids and photoprotection in plants: a role for the xanthophyll zeaxanthin. Biochimistry Biophysics Acta 1020: 1–24
- 5- Dietzel, L., Brautigam, K., Pfannschmidt, Th. 2008. Photosynthetic acclimation: State transitions and adjustment of photosystem stoichiometry – functional relationships between short-term and long-term light quality acclimation in plants. FEBS Journal 275: 1080–1088.
- 6- Ebenhoh, O., Houwaart, T., Lokstein, H., Schlede, S. and Tirok, K. 2011. A minimal mathematical model of nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence. Biosystems 103(2): 196-204.
- 7- Finazzi, G., Johnson, G. N., Dalosto, L., Joliot, P., Osto, L. D., and Bassi, R. 2004. A zeaxanthin-independent nonphotochemical quenching mechanism localized in the photosystem II core complex. proceedings of the national academy of sciences of america 17:101(33): 12375-80.
- 8- Gilmore, A.M., Mohanty, N., Yamamoto, H.Y., 1994. Epoxidation of zeaxanthin and antheraxanthin reverses non-photochemical quenching of photosystem II chlorophyll a fluorescence in the presence of trans-thylakoid delta pH. FEBS Letters 350: 271–274.
- 9- Horton, P., Ruban, A. V., and Walters, R. G. 1996. Regulation of Light Harvesting in Green Plants. Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology 47: 655–684.
- 10- Jahns, P., and Holzwarth, A. R. 2012. The role of the xanthophyll cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. Biochimica et Biophysica Acta 1817(1): 182–93.
- 11- Johnson, M.P., Davison, P.A., Ruban, A.V., and Horton, P. 2008. The xanthophyll cycle pool size controls the kinetics of non-photochemical quenching in *Arabidopsis thaliana*. FEBS Letter 582: 262–266.
- 12- Kalituhu, L., Beran, K. C., and Jahns, P. 2007. The Transiently Generated Nonphotochemical Quenching of Excitation Energy in *Arabidopsis* Leaves Is Modulated by Zeaxanthin. Plant Physiology 143(4): 1861–1870.
- 13- Kuvykin, I.V., Vershubskii, A.V., Priklonskii, V.I., Tikhonov, A.N. 2009. Computer simulation study of pH-dependent regulation of electron transport in chloroplasts. Biophysics 54:455–464.
- 14- Laisk, A., Eichelmann H., Oja V. 2006. C3 photosynthesis in silico. Photosynthesis Research, 90: 45–66.
- 15- Muller, P., Li X., and Niyogi, K. K. 2001. Non-Photochemical Quenching . A Response to Excess Light Energy Plant Physiology 125(4): 1558-1566.
- 16- Murchie, E. H., Pinto, M., and Horton, P. 2009. Agriculture and the new challenges for photosynthesis research. New Phytologist 181: 532–552.
- 17- Niyogi, K.K. 1999. Photoprotection revisited: genetic and molecular approaches. Annual Revolution of Plant Physiology Plant Molecular Biology 50: 333–359.
- 18- Niyogi, K. K. 2000. Safety valves for photosynthesis. Current Opinion in Plant Biology, 3:455–460.
- 19- Pfau, T., Christian, N., and Ebenhoh, O. 2011. Systems approaches to modelling pathways and networks. Briefings in Functional Genomics 10(5): 266–79.
- 20- Pfündel, E.E., Dilley, R.A. 1993. The pH dependence of violaxanthin deepoxidation in isolated pea chloroplasts.

- Plant Physiology 101: 65–71.
- 21- Rapoport, T.A., Heinrich, R., Rapoport, S.M. 1976. The regulatory principles of glycolysis in erythrocytes in vivo and in vitro. *Biochemistry Journal* 154(2):449–69.
- 22- Ruban, A.V., Wentworth, M., Horton, P. 2001. Kinetic analysis of nonphotochemical quenching of chlorophyll fluorescence. 1. Isolated chloroplasts. *Biochemistry* 40: 9896–9901.
- 23- Ruban, A. V., Berera, R., Iliaia, C., van Stokkum, I. H. M., Kennis, J. T. M., Pascal, A. A, van Grondelle, R. 2007. Identification of a mechanism of photoprotective energy dissipation in higher plants. *Nature* 450(7169): 575–8.
- 24- Pfau, T., Christian, N. and Ebenhoeh, O. 2011. Systems approaches to modeling pathways and networks. *Briefings In Functional Genomics* 10 (5): 266-279.
- 25- Jahns, P., Holzwarth, A.R. 2012. The role of the xanthophylls cycle and of lutein in photoprotection of photosystem II. *Biochimica et Biophysica Acta* 1817: 182–193.
- 26- vanKooten, O., Snel, J., Vredenberg, W.J. 1986 Photosynthetic free energy transduction related to the electric potential changes across the thylakoid membrane. *Photosynthesis Research* 9:211–227.
- 27- Zhu, X.G, et al. 2005. Chlorophyll a fluorescence induction kinetics in leaves predicted from a model describing each discrete step of excitation energy and electron transfer associated with Photosystem II. *Planta* 223:114–133.
- 28- Zhu, X.G., Govindjee Baker, N.R., deSturler, E., Ort, D.O., Long, S.P. 2005. Chlorophyll a fluorescence induction kinetics in leaves predicted from a model describing each discrete step of excitation energy and electron transfer associated with photosystem II. *Planta* 223: 114–133.
- 29- Zhu, X. G. 2008. Systems biology of photosynthesis, www.photobiology.info
- 30- Zaks, J., Amarnath, K., Kramer, D. M., Niyogi, K. K., and Fleming, G. R. 2012. A kinetic model of rapidly reversible nonphotochemical quenching. *Proc Natl Acad Sci USA* 109(39): 15757-15762



Mathematical Modeling of Acclimation Processes of the Photosynthetic Chain

S. Heidari¹ - H. Marashi^{2*} - S. Malekzadeh Shafaroudi³ - M. Ghaderi-Zefrehei⁴

Received: 23-09-2014

Accepted: 08-03-2015

Introduction

Photosynthetic energy conversion efficiency is characteristic of a system which is determined by interactions between various components of the system. The complex process of photosynthesis has been studied as a whole system which enables in silico examination of a large number of candidate genes for genetic engineering for a higher photosynthetic energy conversion efficiency. One of the most important environmental factors which influence the photosynthesis efficiency is light regime which can cause producing ROS components. To acclimate to such fluctuations, plants have evolved adaptive mechanisms to minimize damage of the photosynthetic apparatus excess light. A fast compatibility response to high light stresses is non-photochemical quenching process (NPQ), dissipating excessive energy to heat. Light harvested state switches into a quenched state by a conformational change of light harvesting complex (LHCII) that regulated by xanthophylls and the PsbS protein within seconds. Low lumen pH activates xanthophyll synthesis via a xanthophyll cycle which consists of the de-epoxidation of violaxanthin to zeaxanthin by violaxanthin de-epoxidase in high light and inversely by zeaxanthin epoxidase in low light which occurs more slowly.

Materials and Methods

Thale cress (*Arabidopsis thaliana*) (Chlombia-0) were grown on soil at 25/22 °C day/night temperature, with a 16/8 h photoperiod, and 40-70% (depend of plant species) relative humidity. The light intensity was 150–200 $\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$ white light. Intensity of chlorophyll fluorescence was measured with PAM-2000 fluorometer (Heinz Walz, Germany) and the manufacturer's software (PamWin v.2).

Results and Discussion

In the present study, a dynamic kinetics amplified mathematical model was developed based on differential equations in order to predict short-term changes in NPQ in the process of adaptation to different light conditions. We investigated the stationary and dynamic behavior of the model and systematically analyze the dependence of system key characteristic such as rate constant and pool size. For medium and high light intensity, experimental evidence has been predicted with high accuracy by simulation. In low light intensity ($100\mu\text{E m}^{-2}\text{s}^{-1}$) in a few seconds the light phase, a temporary increase in the rate of NPQ was observed after about 60 seconds it reaches to a steady state level. Model simulation of the induction of NPQ relaxation is more accurate than previous predictions, due to the introduction of more stringent quenching agents (xanthophylls cycle and also the light-harvesting complex protonations). The results showed that the pH drop in the transition from darkness to light and high light intensity increases. For low light intensity quenching process occurs with a more gentle slope to the prediction model based on previous experiments is more realistic. In low light conditions, the proton concentration can easily be balanced by ATP synthase activity. This leads to a reduction in current proton-proton feedback gathered during few seconds is balanced. Thus, at high light intensities ATP levels remained stable in the new model is more consistent with reality.

1- PhD, Biotechnology and Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

2- Hassan Marashi, Professor and Biotechnology and Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

3- Saeid Malekzadeh Shafaroudi, Associate Professor, Biotechnology and Plant Breeding Department, Agriculture Faculty, Ferdowsi University of Mashhad

4- Mostafa Ghaderi-Zefrehei, Assistant Professor, Animal Science Department, Agriculture Faculty, Yasouj University

(* - Corresponding Author Email; h.marashi@um.ac.ir)

Conclusions

A simple mathematical model which has been developed in this paper provides a more detailed description of this process and be able to predict the various components and parameters associated with it. Comparison of simulation results with experimental data revealed that protonated light harvesting complex and Zeaxanthin simultaneously induce NPQ quenching processes. The results can be seen as theoretical basis for developing more accurate models to study molecular mechanisms of acclimation processes of the photosynthetic chain.

Keywords: Modeling, Non-photochemical Quenching, Photosynthesis

تأثیر سایکوسل بر صفات مورفولوژیک، درصد ازت و پتاسیم در شرایط تنش خشکی گیاه ریحان

عباس رضائی استخروئیه^{۱*} - بهاره بابایی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۰۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۰/۱۳

چکیده

تحقیق حاضر به منظور بررسی اثر سایکوسل بر صفات مورفولوژیک، درصد ازت و پتاسیم گیاه ریحان در شرایط تنش خشکی انجام شد. طرح در سال زراعی ۹۰-۱۳۸۹ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان، به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت اصلی، رژیم آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر) بود. نتایج نشان داد سایکوسل باعث کاهش ارتفاع گیاه شد. کمترین ارتفاع (یا ۵۵/۵۵ درصد کاهش نسبت به تیمار شاهد) به تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل تعلق داشت. با افزایش سایکوسل، درصد نیتروژن افزایش یافت. بیشترین درصد نیتروژن (۴۸/۴۸ درصد)، در گیاهان تحت تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی در ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل مشاهده شد. بیشترین درصد پتاسیم (۲/۲۶ درصد) مربوط به گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل بود. با زیاد شدن غلظت سایکوسل شاخص سطح برگ گیاه کاهش یافت. کمترین شاخص سطح برگ مربوط به تنش ۵۰ درصد خشکی همراه با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل بود. در تمام گیاهان تحت تنش، محلول پاشی، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی را افزایش داد. باتوجه به نتایج این طرح می‌توان گفت، استفاده از گندکندگان رشد به مصرف بهینه آب کمک کرده و می‌توان در مواجهه با بحران کمبود آب در بخش کشاورزی از آن‌ها کمک گرفت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ریحان، سایکوسل، صفات مورفولوژیک، مواد معدنی

مقدمه

سایکوسل (کلرمکوات کلراید) یکی از مشتقات کولین، از واکنش تریمتیل‌آمین و یک آلفاتیک هالید به نام ۲-دی‌کلرواتان تولید می‌گردد. ماده کریستال شکل تولید شده در آب قابل حل بوده و از آن به عنوان تنظیم کننده رشد استفاده می‌شود (Tolbert, 1960). سایکوسل موجب کاهش معنی دار ارتفاع بوته گیاه جو (*Hordeum vulgare*) (رقم والفجر) گردید. همچنین محتوای آب نسبی برگ، تعداد پنجه‌ها، وزن خشک ریشه و شاخساره گیاه، تحت تأثیر سایکوسل در شرایط خشکی افزایش یافت (Sharif et al., 2007). سایکوسل در گیاه شمع‌دانی عطری (*Pelargonium graveolens*) باعث کاهش ارتفاع گیاه و افزایش بازده اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد پیکره رویشی، درصد ماده خشک و نسبت برگ به ساقه، نسبت به گیاهان شاهد شد (Rabbi Angourani et al., 2013). ۲ هزار میلی گرم در لیتر سایکوسل به طور معنی داری کلروفیل برگ، دوره گلدهی و قطر ریشه کوب کوهی (*Rudbeckia fulgida*) را افزایش داد (Hojjati et al., 2010). در گیاه گلدانی بنت‌القنسل (*Euphorbia pulcherrima* willd.) سایکوسل باعث کاهش معنی دار ارتفاع، وزن

ریحان با نام علمی *Ocimum basilicum* از تیره نعنائیان Lamiaceae، گیاهی است یک ساله و معطر، که برگ و سرشاخه‌های آن به مصرف تغذیه انسان می‌رسد. ریحان در کشورهای مختلف جهان کشت می‌شود (Omidbaigi, 2005). تنش خشکی شدید (آبیاری بر اساس ۳۰ درصد ظرفیت مزرعه) بر سه توده بومی ریحان (اصفهان، کرج و شوشتر) تأثیر گذاشته و وزن خشک محصول را به طور معنی داری کاهش داد (Asadollahi et al., 2013). با افزایش تنش خشکی، مقادیر وزن خشک محصول، وزن خشک تک بوته، ارتفاع و تعداد شاخه‌های فرعی گیاه کاهش می‌یابد (Forouzandeh et al., 2012).

۱- استادیار، گروه مهندسی آب، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید باهنر کرمان، کرمان، ایران

۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زابل، زابل، ایران

(Email: rezaei@mail.uk.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول

تنظیم‌کننده‌های رشد، موادی هستند که در زمان ایجاد تنش خشکی برای گیاه، بر صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک آن تأثیر گذاشته و آن را در مواجهه با تنش خشکی کمک می‌کنند. این تحقیق با هدف بررسی اثرات یکی از تنظیم‌کننده‌های رشد (سایکوسل یا کلرومکوات کلراید) بر صفات مورفولوژیک، درصد ازت و پتاسیم گیاه دارویی ریحان در شرایط تنش خشکی انجام شد.

مواد و روش‌ها

پژوهش در سال زراعی ۱۳۸۹-۹۰ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید باهنر کرمان با ۵۶ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی، ۳۰ درجه و ۱۵ دقیقه عرض شمالی و ۱۷۵۳/۸ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا گردید. بر اساس اطلاعات اقلیمی سال‌های ۱۳۳۱ تا ۱۳۸۴ میانگین دما در منطقه ۱۷/۱ درجه سانتی‌گراد، میانگین بارندگی ۱۵۴/۱ میلی‌متر، میانگین رطوبت نسبی سالانه ۳۲ درصد و اقلیم منطقه بر اساس روش دومارتن، نیمه‌خشک تعیین شده است (Bakhtiari et al., 2010). برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک منطقه در جدول ۱ آمده است (Rezaei Estakhroei, 2012).

تر و خشک برگ گیاه شد (Moshrefi araghi et al., 2014). در تحقیقی تأثیر تنش خشکی و سایکوسل بر رشد نهال‌های دو رقم زیتون (*Olea europaea*) (روغنی و شنگه) بررسی شد. نتایج نشان داد در رقم شنگه کاربرد غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بر آثار سوء تنش خشکی غلبه کرد. کاربرد سایکوسل با غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر در دور آبیاری شش هفته در هر دو رقم نهال موجب افزایش معنی‌دار مقدار کلروفیل برگ گردید. در هر دو رقم زیتون، بهترین نتایج کاهش آثار تنش خشکی در غلظت ۵۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل و دور آبیاری شش هفته به دست آمد (Memari et al., 2011). سایکوسل آسیب‌های ناشی از تنش خشکی در کتان روغنی (*Linum usitatissimum*) را نیز تا حدودی جبران کرد (Movahhedi Dehnavi et al., 2011).

با افزایش شدت خشکی، از تعداد برگ، ساقه جانبی، وزن خشک اندام هوایی، محتوای رطوبت نسبی برگ ریحان کاسته شد، اگرچه محلول پاشی توانست تا حدی آسیب ناشی از تنش خشکی را جبران نماید (Ramroudi and Khamr, 2013). با توجه به کمبود آب، به خصوص در بخش کشاورزی، طبیعتاً بسیاری از گیاهان زراعی و باغی در دوره رشد خود با کمبود آب روبرو خواهند شد.

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1- Physico- chemical characteristics of cultivated soil

عمق خاک Depth of soil (cm)	EC (ds m ⁻¹)	pH	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	بافت خاک Soil texture	چگالی ظاهری Apparent density (g cm ⁻³)	چگالی حقیقی Actual density (g cm ⁻³)	تخلخل Porosity (%)
0-30	4.64	9.11	18	33.6	48.4	لوم Loam	1.45	2.65	45.3
30-60	8.75	8.7	18	45.6	36.4	لوم Loam	1.4	2.65	47.2
60-90	5.27	8.1	19	18.6	62.4	لوم شنی Sandy loam	1.4	2.65	47.2
90-120	4.83	8.43	18	29.6	53.4	لوم شنی Sandy loam	1.35	2.65	49.1

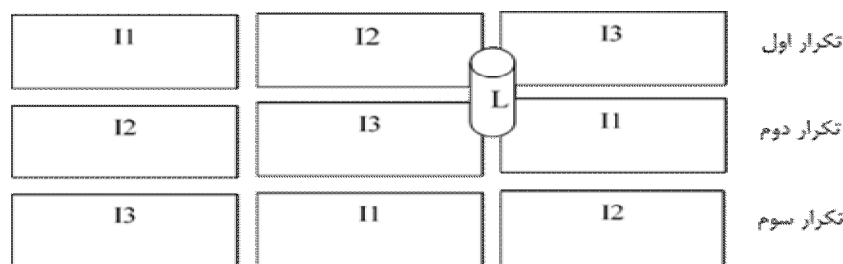
احتساب سه ردیف گیاه برای هر تیمار سایکوسل، ابعاد کرت‌های اصلی سه متر در هشت متر و فاصله بین کرت‌های اصلی نیم متر انتخاب شد. در زمان کاشت، فاصله بین بوته‌ها تقریباً پنج سانتی‌متر در نظر گرفته شد تا در مرحله سه تا چهاربرگی، به وسیله تنک کردن دستی فاصله روی ردیف‌ها به ۱۰ سانتی‌متر افزایش یابد.

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. کرت اصلی تنش خشکی در سه سطح، شامل آبیاری با ۱۰۰ درصد آب مورد نیاز گیاه (شاهد) (I₁)، آبیاری با ۷۵ درصد آب مورد نیاز گیاه (تنش ملایم) (I₂) و آبیاری با ۵۰ درصد آب مورد نیاز گیاه (تنش شدید) (I₃) و کرت فرعی

عناصر غذایی مورد نیاز ریحان، ۴۰ کیلوگرم نیتروژن، ۶۰ کیلوگرم اکسید فسفر و ۷۰ کیلوگرم در هکتار اکسید پتاس می‌باشد (Omidbaigi, 2005). برای تامین مقادیر فوق، ۲۰ تن کود دامی، ۱۰۰ کیلوگرم اوره و ۲۰۰ کیلوگرم کود فسفره در هکتار قبل از کاشت به عنوان کود پایه، به صورت یکسان برای همه کرت‌ها، در سطح زمین پخش و با خاک مزرعه مخلوط شد. کوددهی دوم (سرک) در مرحله چهار تا شش برگی (قبل از محلول پاشی) با دادن ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره برای همه کرت‌ها اعمال شد. در اوایل فروردین ماه بذر ریحان سبز به صورت ردیفی در کرت‌های اصلی کشت شد. طول ردیف‌ها سه متر و فاصله بین آن‌ها ۵۰ سانتی‌متر انتخاب گردید. با

شروع شد. تا مرحله برداشت گیاه، دور آبیاری هفتگی و مقدار آب مورد نیاز گیاه با استفاده از لایسیمتر بیلان آبی موجود در مزرعه برآورد و بر اساس طرح به کرت‌ها داده می‌شد. جانمایی طرح در شکل ۱ آمده است.

محلول پاشی سایکوسل در پنج سطح شامل صفر (شاهد)، ۵۰۰، ۱۰۰۰، ۱۵۰۰، ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر بود. آبیاری تا زمان چهار تا شش برگی گیاه، هفتگی و به طور یک نواخت انجام گردید. در این مرحله محلول پاشی برگی سایکوسل بر اساس طرح انجام و تیمارهای آبیاری



شکل ۱- جانمایی طرح I₁, I₂, I₃ کرت‌های اصلی (به ترتیب آبیاری با ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)

L: لایسیمتر بیلان آبی

Figure 1- Layout plan I₁, I₂ and I₃ main plots (levels of irrigation respectively including 100, 75 and 50 percent of crop water requirement)

L: Lysimeter water balance

برای تعیین نیتروژن برگ، مقدار ۲/۰ گرم نمونه آسیاب شده به همراه ۱۰ میلی گرم سولفوریک اسید و قرص مخلوط کاتالیزور، در دستگاه هضم تا ۴۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده، سپس با دستگاه کجلدال مقدار نیتروژن آن تعیین گردید (Kjeldal, 1998). جهت تعیین مقدار پتاسیم موجود در برگ، نمونه‌های برگ به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی گراد خشک و سپس با آسیاب خرد شدند. نیم گرم از نمونه به بوته‌های چینی منتقل و در کوره الکتریکی به تدریج به دمای ۵۵۰ درجه سانتی گراد رسیده، چهار الی ۱۲ ساعت در این حرارت سوزانده و به خاکستر تبدیل شدند. خاکستر حاصل در ۲/۵ میلی-لیتر کلریدریک اسید دو نرمال حل و به حجم ۵۰ میلی لیتر رسیدند. بعد از صاف کردن محللول با کاغذ صافی، توسط دستگاه فلاایم فتومتر مقدار پتاسیم تعیین گردید. تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها، با نرم افزارهای MSTAT-C و SAS (v.9.1) و رسم نمودارها در محیط Excele انجام شد. مقایسات میانگین، در سطح احتمال پنج درصد به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام گردید.

نتایج و بحث

ارتفاع گیاه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان می‌دهد سطوح مختلف آبیاری، سایکوسل و اثر متقابل آبیاری و سایکوسل در سطح یک درصد بر ارتفاع گیاه معنی دار شد. با ایجاد تنش و افزایش سایکوسل، ارتفاع گیاه کاهش یافت (شکل ۲). کاهش ارتفاع گیاه اثر تنش آبی با نتایج تحقیقات گلدانی (Goldani, 2012)؛ حسنی و همکاران (Hassani et al., 2003) در ریحان مطابقت دارد.

در اواخر خردادماه از هر تیمار، تعداد پنج بوته برداشت شد. در این پژوهش ارتفاع بوته، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، درصد نیتروژن و پتاسیم، محتوای آب نسبی برگ و شاخص سطح برگ اندازه گیری شد. برای اندازه گیری ارتفاع بوته‌ها از خط کش استفاده شد. بعد از برداشت، اندام‌های هوایی گیاه وزن شده و برای چند ساعت در محیط آزاد و سایه (دمای طبیعی ۲۵ درجه سانتی گراد) پهن شده تا رطوبت آن‌ها گرفته شود. برای خشک کردن، نمونه‌ها ۲۴ ساعت در آون با ۷۰ درجه سانتی گراد دما حرارت داده و مجدداً توزین شدند. وزن‌های به دست آمده به عنوان وزن تر و خشک نمونه‌ها ثبت شد.

برای تعیین محتوای آب نسبی برگ، از پنج برگ بالغ استفاده شد. بعد از جدانمودن برگ‌ها از گیاه، توسط پنج نمونه‌های دیسکی شکل و هم اندازه از برگ‌ها جدا شد. نمونه‌ها در آزمایشگاه توسط ترازو توزین (وزن تر) سپس چهار ساعت در آب مقطر، با دمای تقریبی ۲۲ درجه سانتی گراد، قرار داده شدند. بعد از اشباع شدن نمونه‌ها، دوباره توزین انجام گرفت (وزن اشباع). نمونه‌های اشباع شده به مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد نگهداری و مجدداً توزین شدند (وزن خشک). رطوبت نسبی برگ از رابطه ۱ محاسبه گردید (Ritchie and Nguyen, 1990).

$$RWC = \frac{(F_w - D_w)}{(S_w - D_w)} * 100 \quad (1)$$

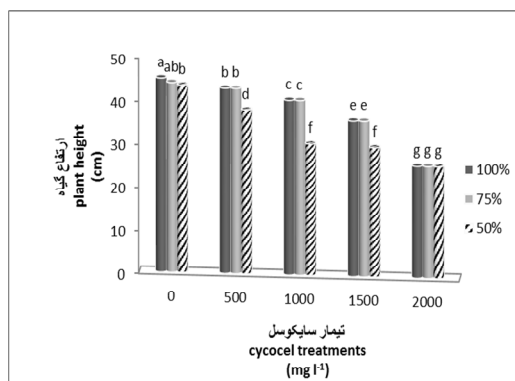
در این معادله:

RWC: رطوبت نسبی برگ، F_w وزن تر نمونه برگ، D_w : وزن خشک نمونه و S_w : وزن اشباع نمونه می‌باشد.

وزن تر و خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که تأثیر تیمارهای مختلف آبیاری و غلظت متفاوت سایکوسل بر وزن تر و خشک اندام هوایی در بوته، به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی دار بود. برهم کنش آبیاری و سایکوسل بر وزن تر و خشک اندام هوایی معنی دار نبود.

بیشترین ارتفاع گیاه مربوط به گیاهان تحت تیمار شاهد و کمترین آن (با ۵۸/۵۵ درصد کاهش) به تیمار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل تعلق داشت (شکل ۲). محلول پاشی به مقدار ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر تأثیر تنش خشکی را جبران کرد. سایکوسل ارتفاع گیاه جو رقم والفجر (Sharif *et al.*, 2007) و گندم (*Triticum*) رقم کراس آزادی (Mirzaei Abdolyousefi *et al.*, 2011) را نیز کاهش داد که همگی با نتایج این طرح هماهنگی دارند.



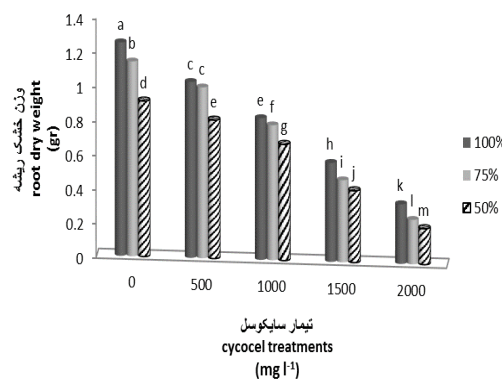
شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف بر ارتفاع گیاه

Figure 2- Effects of different treatments on plant height

برهم کنش آبیاری و محلول پاشی با احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک ریشه معنی دار می باشد. خشکی و سایکوسل هر دو سبب کاهش وزن تر و خشک ریشه در بوته می شوند که برهم کنش این دو اثری تشدیدکننده دارد (شکل ۳).

وزن تر و خشک ریشه

وزن تر و خشک ریشه تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری قرار گرفتند (جدول ۲). آبیاری با احتمال پنج درصد بر وزن تر ریشه و با احتمال یک درصد بر وزن خشک ریشه تأثیر دارد. محلول پاشی سایکوسل با احتمال یک درصد بر وزن تر و خشک ریشه مؤثر است. تأثیر



شکل ۳- تأثیر تیمارهای مختلف بر وزن خشک ریشه هر گیاه

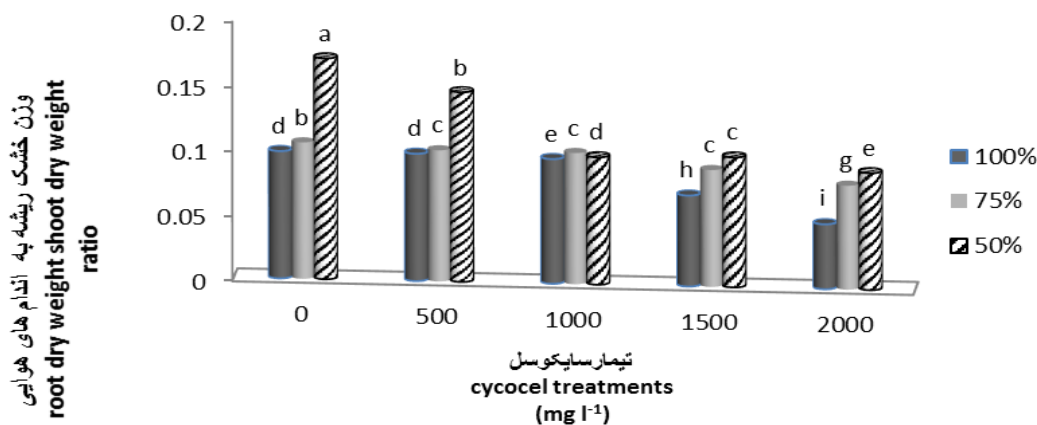
Figure 3- Effects of different treatments on root dry weight

نتایج تجزیه واریانس نشان داد، رژیم آبیاری، سایکوسل و برهمکنش آبیاری و سایکوسل بر درصد نیتروژن در حد یک درصد معنی دار گردید. شکل ۵ کاهش ۶۰ درصدی میزان نیتروژن در گیاهان تحت تیمار شاهد نسبت به گیاهان تحت تیمار ۵۰ درصد تنش آبی در شرایط عدم محلول پاشی را نشان می دهد. افزایش نیتروژن یک نوع مکانیزم مقاومت در برابر تنش خشکی می باشد (Riccardi et al., 1998). با افزایش غلظت سایکوسل درصد نیتروژن افزایش یافت. بیشترین درصد نیتروژن (۰/۴۸ درصد)، در گیاهان تحت تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل و کمترین آن (۰/۱۹ درصد) در گیاهان تحت تیمار شاهد مشاهده شد (شکل ۵).

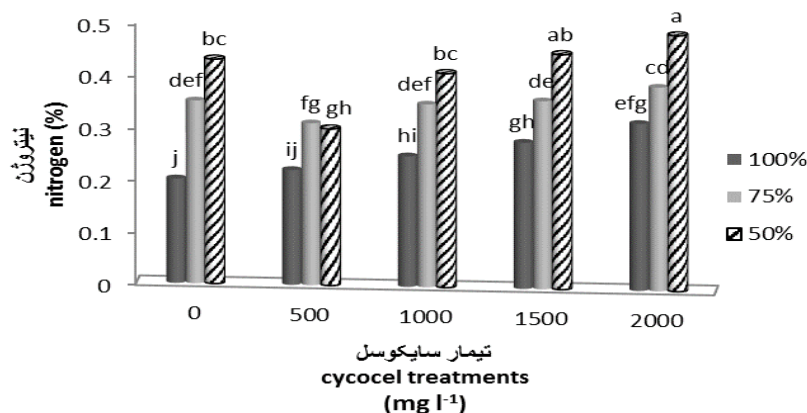
نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی

نتایج تجزیه واریانس نشان نشان داد، رژیم آبیاری بر نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی معنی دار نشد. تیمار سایکوسل بر نسبت وزن خشک ریشه به اندام هوایی در سطح پنج درصد معنی دار شد. برهمکنش آبیاری و سایکوسل نیز با احتمال یک درصد بر نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی گیاه ریحان تأثیر معنی داری دارد (جدول ۲). بیشترین نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی در گیاهان تحت تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی در شرایط عدم محلول پاشی و کمترین آن در گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و غلظت ۲۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل به دست آمده (شکل ۴).

درصد نیتروژن



شکل ۴- تأثیر تیمارهای مختلف بر نسبت وزن خشک ریشه به اندام های هوایی
Figure 4- Effects of different treatments on root dry weight shoot dry weight ratio



شکل ۵- تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد نیتروژن
Figure 5- Effects of different treatments on nitrogen

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات اندازه گیری شده تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و غلظت سایکوسل

Table 2- Analyses of variance Measured traits in different treatments

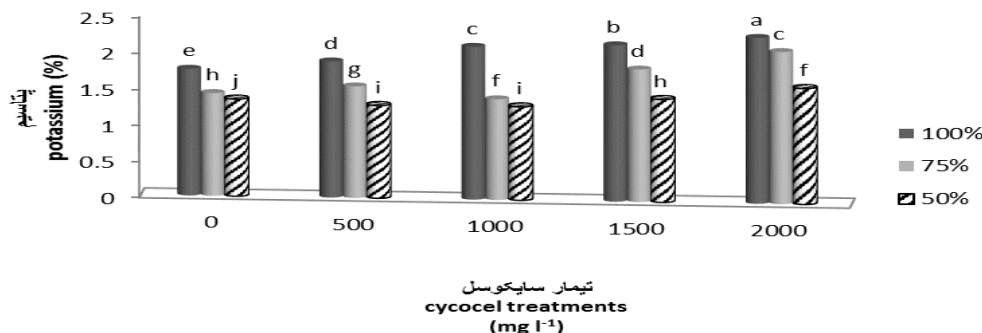
منابع تغییر Source of variation	درجه آزادی Degrees of freedom	شاخص سطح برگ LAI	محتوی آب LRWC	پتاسیم potassium	نیتروژن nitrogen	وزن خشک ریشه اندام هوایی root dry weight, shoot dry weight ratio	وزن خشک اندام هوایی shoot dry weight	وزن خشک ریشه root dry weight	وزن تر اندام هوایی shoot fresh weight	وزن تر ریشه root fresh weight	ارتفاع گیاه plant height
تکرار Repeat	2	0.02	5.78	0.01	0.005	0.0006	3.7	0.03	23.85	0.08	1.57
دزیم آبیاری Irrigation	2	1.16**	2396.5**	1.49**	0.09**	0.001 ^{ns}	1322.69**	0.16**	1015.89**	2.87*	194.7**
خطای Main Error	4	0.003	31.9	0.0005	0.002	0.001	2.67	0.04	14.6	0.32	6.24
سایکوسل Cycocel	4	0.73**	107.75**	0.43**	0.001**	0.002*	24.22*	0.71**	27.98*	6.98**	372.12**
A*B Int*Cycocel	8	0.02**	26.19 ^{ns}	0.02*	0.002**	0.004**	7.87 ^{ns}	2.06**	26.61 ^{ns}	2.26**	100.37**
خطای Minor Error	24	0.004	33.16	0.007	0.003	0.007	6.68	0.16	19.58	0.19	11.2
ضریب تغییرات Cv		3.5	9.15	5.27	17.36	27.44	10.18	16.5	10.45	23.8	11.2

^{ns}: عدم معنی داری، * معنی داری در سطح احتمال پنج درصد ($P \leq 0.05$) و ** معنی داری در سطح احتمال یک درصد ($P \leq 0.01$)

^{ns}: non significant, *: significance (0.05 %), **: significance (0.01 %)

پنج درصد معنی دار شد. بیشترین درصد پتاسیم (۲/۲۶ درصد) مربوط به گیاهان تحت تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی و غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل و کمترین آن مربوط به برهم کنش تیمار ۵۰ درصد نیاز آبی با غلظت های صفر، ۵۰۰ و ۱۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل بود (شکل ۶).

۶- درصد پتاسیم: میزان پتاسیم تحت تأثیر رژیم آبیاری و سایکوسل در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. افزایش تنش خشکی باعث کاهش میزان پتاسیم می شود. با افزایش غلظت سایکوسل مقدار عنصر پتاسیم در گیاه افزایش یافت، که این افزایش را می توان به تأثیر مستقیم سایکوسل بر افزایش رشد طولی و قطری ریشه نسبت داد. برهم کنش بین تیمار آبیاری با سایکوسل در سطح



شکل ۶- تأثیر تیمارهای مختلف بر درصد پتاسیم
Figure 6- Effects of different treatments on potassium

عدم استفاده از هورمون سایکوسل و غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل در یک گروه آماری قرار دارند (شکل ۷). در گزارشی بیشترین شاخص سطح برگ گیاه ریحان برابر با ۳/۹۶ و کمترین آن برابر با ۲/۱۴ گزارش شد (Tahami Zarandi *et al.*, 2014) که هر دو مقدار نسبت به اعداد حاصل از این طرح بیش ترند.

نتیجه گیری

باتوجه به نتایج به دست آمده، می توان گفت که، ارتفاع بوته ریحان، وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک اندام هوایی، شاخص سطح برگ، محتوی آب نسبی برگ با افزایش تنش خشکی کاهش می یابد. در تمام گیاهان تحت تیمار محلول پاشی، با اعمال تنش، نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی افزایش یافت. این مطلب نشان دهنده عکس العمل گیاه در مواجهه با تنش خشکی است که، برای جذب بیش تر آب بر مقدار ریشه خود افزوده است. افزایش نیتروژن نیز مکانیزم دیگری است که گیاهان در مقابله با خشکی از آن بهره می برند. در این طرح نیز با اعمال تنش خشکی بر مقدار نیتروژن افزوده شده است. محلول پاشی سایکوسل در این مکانیسم به گیاه کمک کرده است، به نحوی که با افزایش غلظت سایکوسل مقدار نیتروژن نیز افزایش یافت. تیمار سایکوسل سبب کاهش ارتفاع گیاه، وزن تر و خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و

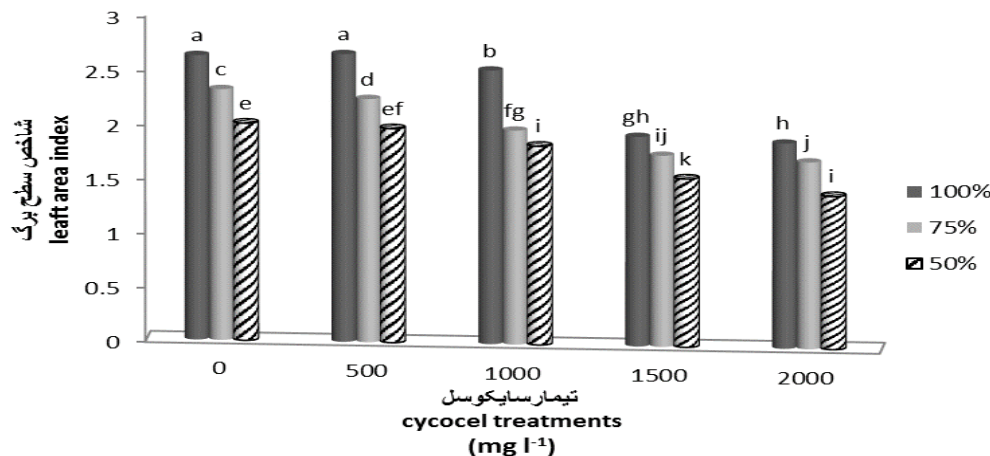
محتوی آب نسبی برگ

رژیم آبیاری و محلول پاشی بر میزان رطوبت نسبی برگ در سطح یک درصد تأثیر معنی داری داشت. کاهش محتوی آب نسبی برگ لوبیا نیز در اثر خشکی گزارش شده است (Costa Franca, 2000). کاهش رطوبت خاک موجب کاهش معنی دار محتوی آب نسبی برگ و پتانسیل آب برگ در گیاه ریحان گردید (Hassani *et al.*, 2003). کاربرد سایکوسل موجب افزایش محتوی آب نسبی برگ، تحت شرایط تنش رطوبتی در گیاه ذرت (*Zea mays*) و بادمجان (*Solanum melongena*) شد (Prakash and Ramachandran, 2000). در این طرح برهم کنش بین تیمارهای رژیم آبیاری با سایکوسل بر میزان رطوبت نسبی برگ معنی دار نشد (جدول ۲).

شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ به طور معنی داری (در سطح احتمال یک درصد) تحت تأثیر رژیم رطوبتی، محلول پاشی و برهم کنش این دو قرار گرفت (جدول ۲). با زیاد شدن غلظت محلول سایکوسل سطح برگ کاهش پیدا کرد. از نظر آماری شرایط عدم استفاده از هورمون و غلظت ۵۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل در یک گروه قرار دارند (شکل ۷). بیشترین سطح برگ به گیاهان تحت تیمار شاهد و کمترین آن مربوط به تنش ۵۰ درصد خشکی همراه با غلظت ۲۰۰۰ میلی گرم در لیتر سایکوسل بود. تیمارهای بدون تنش آبی همراه با شرایط

شاخص سطح برگ می‌شود.



شکل ۷- تأثیر تیمارهای مختلف بر شاخص سطح برگ

Figure 7- Effects of different treatments on leaf area index

از بازدارندگان رشد به مصرف بهینه آب کمک کرده و می‌توان در مواجهه با بحران کمبود آب در بخش کشاورزی از آن‌ها کمک گرفت. اگر چه برای ارائه نظر قطعی نیاز به تحقیقات بیش‌تری می‌باشد.

وزن تر اندام‌هوایی، محتوی آب‌نسبی برگ با افزایش غلظت سایکوسل زیاد شد. غلظت‌های ۲۰۰۰ میلی‌گرم در لیتر سایکوسل بیش‌ترین تأثیر را در برهم‌کنش رژیم آبیاری در صفات موردبررسی داشته‌است. باتوجه به نتایج حاصل در این طرح می‌توان گفت، استفاده

Reference

- Asadollahi, A., Mirza, M., Abbaszadeh, B., Azizpour, S., and A. Keshavarzi. 2013. Comparison of Essential oil from Leaves and Inflorescence of three Basil (*Ocimum basilicum* L.) Populations under Drought Stress. International Journal of Agronomy and Plant Production 4(10):1764-1767.
- Bakhtiari, B., Liaghat, A., KHalili, A., and Kjanjani, M. J. 2010. Evaluation of Two Hourly Combination Models for Estimation of Grass Reference Evapotranspiration (Case study: Climate of Kerman). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 13(50):13-26. (In Persian with English abstract).
- Costa Franca, M. G. 2000. Differences in growth and water relations among *Phaseolus vulgaris* cultivars in response to induced drought stress. Environmental and Experimental Botany 43:227-237.
- Forouzandeh, M., Fanoudi, M., Arazmjou, E. and H. Tbiei. 2012. Effect of drought stress and types of fertilizers on the quantity and quality of medicinal plant Basil (*Ocimum basilicum* L.). Indian Journal of Innovations and Developments 1(10):734-737.
- Goldani, M. 2012. Effect of Irrigation Intervals on Some Morphophysiological Traits of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Ecotypes. Journal of Iranian Field Crop Research 10(2):412-420. (In Persian with English abstract)
- Hassani, A., Omidbaiji, R. and H. Heidari Sharifabad. 2003. Effect of different soil moisture levels on growth, yield and accumulation of compatible solutes in Basil (*Ocimum basilicum*). Iranian Journal of Soil and Waters Sciences, 17(2):219-229. (In Persian with English abstract).
- Hojjati, M., Etemadi, N., B. Baninasab. 2010. Effect of Paclobutrazol and Cycocel on Vegetative Growth and flowering of rudbeckia. Journal of Horticultural Sciences 24(2): 122-127. (In Persian with English abstract).
- Kjeldal, S. E. 1998. An investigation of several psychological factors impinging on the Perception of fresh fruits and vegetables. Unpublished PhD Thesis. University of New England, Australia. 448 p.
- Memari, H. R., Tafazoli, E., Kamgar-Haghighi, A., Hassanpour, A. and N. Yarami. 2011. Effects of Water Stress and Cycocel as a Growth Retardant on Growth of Two Olive Cultivars. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 15(55):1-11. (In Persian with English abstract).
- Mirzaii Abdolyosefi, A. A., Jafari Haghighi, B. and Y. Emam. 2011. Effect of planting density and chlormequat chloride on growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* v. Cross Azadi). Journal of Plant Ecophysiology, 3(8):1-15. (In Persian with English abstract).

- 11- Moshrefi araghi, A., naderi, R., babalar, M. and M. Taheri. 2014. Effect of different spraying levels of cycocle on vegetative growth and flowering of poinsettia pot plant (*Euphorbia pulcherrima Willd.*). Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture 5(17):73-84. (In Persian with English abstract).
- 12- Movahhedi Dehnavi, M., Ranjbar, M., Yadavi, A. R. And B. Kavusi. 2011. Effect of cycocel on proline, soluble sugars, protein, oil and fatty acids of flax (*Limum usitatissimum M.*) plants under drought stress in a pot trial. Environmental Stresses in Crop Sciences 3(2):129-138. (In Persian with English abstract).
- 13- Omidbaigi, R. 2005. Approaches to the production and processing of medicinal plants. Behnashr Publications, Mashhad. 1:347. (In Persian with English abstract).
- 14- Prakash, M. and K. Ramachandran. 2000. Effects of chemical ameliorants on stomata frequency and water relations in Brinjal (*Solanum melongena L.*) under moisture stress conditions. Journal of Agronomy and Crop Science 185(4):237-239.
- 15- Rabbi Angourani, H., Mortazavi, S. N., Rabiei, V. and E. Zangahani. 2013. Effect of Cycosel and Naphthalene Acetic Acid on some Vegetative Characteristics and on Essential Oil Yield in Rose - Scented Geranium (*Pelargonium graveolens L.cv Bourbon*). Iranian Journal of Horticultural Sciences (Iranian Journal of Agricultural Sciences) 44(2):209-216. (In Persian with English abstract).
- 16- Ramroudi, M. and A. R. Khamr. 2013. Interaction effects of salicylic acid spraying and different irrigation levels on some quantity and quality traits, and osmoregulators in basil (*Ocimum basilicum*). Journal of applied Research of Plant Ecophysiology 1(1):19-31. (In Persian with English abstract).
- 17- Rezaei Estakhroei, A. 2012. Effect of deficit irrigation and partial rootzone drying on the yield, yield components and water use efficiency of corn. PhD Thesis. University of Shahid Chamran, Ahvaz, Iran. 173 p. (In Persian with English abstract).
- 18- Riccardi, F., Gazeau, D. and M. Vienne. 1998. Protein changes in response to progressive water deficit in maize plant Physio 117:1253-1263.
- 19- Ritchie, S. W., and H. T. Nguyen. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
- 20- Sharif, S., Saffari, M. and Y. Emam. 2007. The Effect of Drought Stress and Cycocel on Barley Yield (Cv. Valfajr). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 10 (4):281-291. (In Persian with English abstract).
- 21- Tahami Zarandi, S. M. K., Rezvani Moghaddam, P. and M. Jahan. 2014. Effects of various organic and chemical fertilizers on growth indices of Basil (*Ocimum basilicum*). Agroecology 5(4):363-372. (In Persian with English abstract).
- 22- Tolbert, N. E. 1960. (2-Chloroethyl) trimethyl-ammonium chloride and related compounds as plant growth substances. 1. Chemical structure and bioassay. Jour. Boil. Chem 235:475-479.



Effects of Cycocel on Morphological Traits, Nitrogen and Potassium Content of Basil Plants under Water Stress Conditions

A. Rezaei Estakhroei^{1*} - B. Babaei²

Received: 29-09-2014

Accepted: 03-01-2015

Introduction

Basil (*Ocimum basilicum*) is an annual plant which belongs to the Lamiaceae family. It used as a drug, spice and fresh vegetable. Drought stress is one of the important limiting factors of plant growth. Water stress has significant effects on morphological and biochemical characteristics of purple Basil. As the soil water content decreases, the plant height, stem diameter, number and area of leaves, leaf area index (LAI), herb yield and leaf chlorophyll contents (a,b and total chlorophyll) decrease, as well. However, the amounts of anthocyanin and proline increase. Cycocel (CCC) which chemically called chlormequat chloride is an alkylating agent and a quaternary ammonium salt. Cycocel is used as plant growth regulator. Application of Cycocel increases the number of siliques/ plant, seed yield and dry matter produced of oilseed rape. Cycocel application decreases the plant height and increases the yield level and protein percentage of seed in faba bean. This research was performed to investigate the effect of Cycocel on morphological characteristics, the percentage of nitrogen and potassium of basil plants under drought stress conditions

Materials and Methods

This research has been conducted in the research station of Shahid Bahonar University of Kerman with 56° 58' E longitude, 30° 15' N latitude, and 1753.8 altitudes. According to the regional information from 1952 to 2005, the average temperature was 17.1 ° C, the average rainfall was 154.1 mm, the average annual relative humidity is 32%, and the climate of Kerman according to De Martonne method is semiarid. A split plot experiment based on RCBD with three replications was employed. Three levels of irrigation, including 50 (severe stress) (I3), 75 (mild stress) (I2) and 100 (full irrigation) (I1) percent of crop water requirement were assigned to the main plots while five levels of Cycocel application (zero (control), 500, 1000, 1500, 2000 milligrams per litre) were assigned to the sub-plots. Cultivation was carried out in March and harvested in late June. In this study the plant height, fresh and dry weight of root and shoot, root to shoot dry weight ratio, percentage of nitrogen and potassium, leaf relative water content and leaf area index were measured. For its statistical calculation, SAS (v. 9.1) software and for the comparison of the averages the Duncan's test was used. The level of possibility used in the analysis was five percent.

Results and Discussion

The result of the analysis of variance of measured traits has shown in Table 1. Data analysis of variance (Table 1) shows different levels of irrigation, Cycocel and irrigation with Cycocel interaction were significant at the level of one percent on plant height. Effects of different irrigation treatments and Cycocel concentration on fresh and dry weight of shoot were significant at one and five percent, respectively. However, the effect of irrigation and Cycocel interaction on shoot dry weight was not significant. Root fresh and dry weight were influenced by irrigation levels (Table 1). The effect of irrigation and Cycocel interaction on root dry weight, percent of nitrogen and dry weight of root to shoot ratio was significant at one percent. The effect of irrigation on root to shoot dry weight ratio was not significant. Moreover, the effects of Cycocel treatments on root to shoot dry weight ratio were significant at the five percent level. The effect of irrigation, Cycocel on percent of nitrogen and potassium was significant and potassium decreased with the increasing of water stress.

The highest percentage of potassium (2.26%) belonged to the full irrigation and the concentration of 2000

1- Assistant Professor, Department of Water Engineering, Faculty of Agriculture, Shahid Bahonar University of Kerman, Kerman, Iran

2- Former MSc Student in Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Zabol, Zabol, Iran

(*- Corresponding Author Email: abbasrezaei2@gmail.com)

milligrams per litre Cycocel and the lowest belonged to the interaction of severe stress and zero, 500 and 1000 milligrams per litre Cycocel. Irrigation and Cycocel had a significant influence on leaf relative water content at the level of one percent.

Conclusions

According to the results which obtained through this study, in basil plant, root fresh and dry weight, shoot fresh and dry weight, leaf area index, leaf relative water content and plant height reduced by increasing drought stress. Root-shoot dry weight ratio increased in response to increasing stress in all the plants which treated by Cycocel. Cycocel treatments reduced plant height, root fresh and dry weight, shoot dry weight and LAI. Leaf relative water content and shoot fresh weight increase with increasing the concentrations of Cycocel. The interaction of 2000 milligram Cycocel per litre with irrigation has the greatest effect on the traits.

Keywords: Basil, Cycocel, Drought stress, Minerals, Morphological traits



بررسی روابط آلومتریک بین سطح برگ و تعدادی از صفات رویشی در ذرت رقم سینگل کراس

۷۰۴

ابراهیم زینلی^۱ - افشین سلطانی^۲ - محمد خادم پیر^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۷/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۰۴

چکیده

این مطالعه با هدف یافتن روابط آلومتریک بین سطح برگ بوته با تعدادی از صفات رویشی در گیاه ذرت (*Zea mays* L.) رقم سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. بدین منظور، در سال ۱۳۹۱ آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش و سطوح آن‌ها شامل تراکم بوته (۴، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در مترمربع) و تاریخ کاشت (۹ خرداد و ۹ تیر) بودند. نتایج نشان داد که برای توصیف رابطه تعداد برگ در ساقه با واحد دمایی تجمعی، سطح برگ در بوته با وزن خشک برگ در بوته و سطح برگ در بوته با وزن خشک بوته در همه تاریخ‌های کاشت و تراکم‌ها می‌توان از مدل رگرسیون غیرخطی دو تکه‌ای به ترتیب با ضرایب تبیین ۰/۹۴، ۰/۹۸ و ۰/۹۵ استفاده کرد. همچنین، یافته‌های این مطالعه حاکی از آن بود که برای توصیف رابطه سطح برگ در بوته با تعداد برگ (گره) در ساقه در تمام تراکم‌ها می‌توان مدل‌های توانی $Y=X^{0.736}$ (برای تاریخ کاشت ۹ خرداد) و $Y=X^{0.726}$ (برای تاریخ کاشت ۹ تیر) با ضرایب تبیین ۰/۹۹، و برای توصیف رابطه شاخص سطح برگ با ارتفاع بوته در تمام تاریخ‌های کاشت و تراکم‌ها مدل توانی $Y=X^{0.14}$ با ضرایب تبیین ۰/۹۹ را به کار گرفت. با توجه به دقت بالای توابع به دست آمده برای توصیف روابط بین صفات یادشده با سطح برگ، از این توابع می‌توان در مدل‌های شبیه‌سازی ذرت و همچنین برای محاسبه سطح برگ استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: ارتفاع بوته، ذرت، روابط آلومتریک، سطح برگ، وزن خشک برگ

مقدمه

ساده‌تر، سریع‌تر و ارزان‌تر بوده و نیاز به دستگاه‌های گران‌قیمت نیز ندارد، انجام شده‌است تا با استفاده از این روابط، سطح برگ گیاه بدون اندازه‌گیری با دقتی قابل قبول برآورد شود. از صفاتی که به‌طور معمول هم‌بستگی بسیار خوبی با سطح برگ دارند و می‌توان با استفاده از آن‌ها سطح برگ را برآورد کرد، می‌توان به تعداد برگ یا گره در ساقه اصلی، ارتفاع بوته، وزن خشک برگ و وزن خشک اجزای رویشی بوته اشاره کرد (Bakhshande et al., 2011; Rahemi et al., 2006).

مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی، بیان ریاضی مراحل و فرآیندهای رشد گیاه تحت تأثیر عوامل مختلف محیطی، ژنتیکی و مدیریتی می‌باشند. شاخص سطح برگ یک متغیر ضروری در مدل‌های مبتنی بر مکانیسم رشد گیاهان زراعی به‌منظور پیش‌بینی تولید بیوماس و عملکرد می‌باشد (Soltani and Torabi, 2009). (Poorreza et al., 2007; Kumudini et al., 2001) Cicer et al., 2007 طی تحقیقی در زمینه نخود خشک ایرانی (Cicer arietinum L.) بیان کردند که بین تعداد زیادی از متغیرها از جمله ارتفاع بوته، تعداد گره در ساقه اصلی، وزن خشک ساقه و وزن خشک اجزای رویشی روابط آلومتریک قوی وجود دارد که از این روابط می‌توان در تفسیر و تجزیه و تحلیل رفتارهای رشد گیاه یا در مدل‌های شبیه‌سازی برای پیش‌بینی ارتفاع بوته (ضروری در شبیه‌سازی رقابت) استفاده کرد.

از آنجایی که برگ‌ها منبع اصلی تولید مواد فتوسنتزی در گیاهان هستند، پتانسیل تولید ماده خشک و عملکرد گیاهان زراعی تا حد زیادی به سطح برگ وابسته‌است. بسیاری از تغییرات محیطی از طریق تغییر سطح برگ بر رشد و عملکرد تأثیر می‌گذارند. از این رو، به‌تقریب در تمام مطالعات فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی، برای درک سازوکار تغییر عملکرد، سطح برگ سبز در بوته اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ محاسبه می‌شود (Robertson et al., 2002; Payne et al., 1991; Akramghaderi et al., 2004). با این حال، اندازه‌گیری سطح برگ در مقایسه با اندازه‌گیری صفات دیگر مانند ارتفاع بوته و وزن خشک اندام‌ها یا کل بوته، کاری بسیار مشکل و وقت‌گیر بوده و به‌دستگاه‌های دقیق و صرف هزینه بیش‌تر نیاز دارد. به‌همین دلیل، با توجه به وجود روابط آلومتریک در گیاهان، مطالعات گسترده‌ای برای یافتن روابط بین سطح برگ با صفات دیگر گیاه که اندازه‌گیری آن‌ها

۱- دانشیار، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۲- استاد، گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۳- دانشجوی دکترای رشته فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: m.khadempir87@yahoo.com)

مواد و روش‌ها

این مطالعه در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۹۰-۹۱ واقع در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۵۱ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا انجام شد. میانگین بارندگی سالانه محل انجام آزمایش ۵۵۴ میلی‌متر می‌باشد. بافت خاک مزرعه لوم رُسی سیلتی (۱۰ درصد شن، ۵۲ درصد سیلت و ۳۸ درصد رُس) و هدایت الکتریکی ۰/۶ دسی‌زیمنس بر متر و اسیدیته ۶/۸ است. این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. آزمایش دارای دو فاکتور اصلی شامل تراکم بوته (۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در مترمربع) و تاریخ کاشت (۹ خرداد و ۹ تیرماه) بود. هر بلوک شامل ۱۰ کرت و هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول شش متر و به فاصله ۷۶ سانتی‌متر بود. در این مطالعه از هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ استفاده شد که کاشت آن در کشور و منطقه متداول است (Akramghaderi et al., 2004). کاشت به صورت دستی و سایر عملیات زراعی مطابق روال متداول در منطقه انجام گرفت. برای اطمینان از دستیابی به تراکم موردنظر، در داخل شیار در هر محل ۲ بذر کاشته شد. به منظور تنظیم تراکم بوته، پس از استقرار کامل بوته‌ها، بوته‌های اضافی در مراحل اولیه رشد رویشی حذف شدند به طوری که تراکم بوته به تراکم موردنظر (۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در مترمربع) رسید. در طول فصل رشد برای مبارزه با کرم طوقه‌بُر در مرحله جوانه‌زنی از سم سوین استفاده شد (Rahemi et al., 2006). برای مبارزه با حشرات در مراحل شش‌برگی و ظهور تاسل از سموم دیازینون و مالاتیون استفاده شد. در طول فصل رشد در مواقع لازم وجین علف‌های هرز به طور دستی انجام شد. در طول فصل رشد هر هفت الی ۱۰ روز یک‌بار بر اساس وضعیت رطوبتی خاک، آبیاری صورت گرفت. در این آزمایش نمونه‌گیری به منظور اندازه‌گیری وزن خشک برگ، سطح برگ و تعداد برگ (یا گره) در ساقه اصلی (گره قابل شمارش؛ گره‌ای که لیگول مربوط به برگ آن دیده شود)، از ۱۵ روز پس از کاشت تا زمان رسیدگی فیزیولوژیک هر ۱۰ روز یک بار انجام شد. پس از شمارش تعداد گره (یا برگ) در ساقه اصلی در بوته‌های نمونه‌گیری شده، و تفکیک برگ‌ها و اندازه‌گیری سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح‌برگ‌سنج، نمونه‌ها به تفکیک اندام در آون با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک شده و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. واحد دمایی برای گیاه ذرت در طی فصل رشد با استفاده از برنامه GDD Calc محاسبه شد. در این برنامه واکنش سرعت نسبی نمو در ذرت به میانگین دمای روزانه با استفاده از یک تابع دندان‌مانند توصیف شده است. پارامترهای لازم برای اجرای این برنامه به ترتیب شامل حداقل و حداکثر دمای روزانه،

یافته‌های مطالعه Bakhshande et al, 2011 نشان داد که در گیاه گندم (*Triticum aestivum* L.) سطح برگ بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز، وزن خشک کل اجزای رویشی (برگ و ساقه) و ارتفاع بوته تا مرحله گرده‌افشانی روابط آلومتریک بسیار قوی (به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۲، ۰/۹۶، ۰/۹۵ و ۰/۹۱) دارد. همچنین، مشخص شد که شرایط محیطی گرگان این روابط در ارقام گندم ثابت و پایدار بوده و تحت تأثیر رقم و شرایط کشت (دیم و آبی) قرار نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، از توابع به دست آمده می‌توان برای کلیه ارقام در هر دو شرایط آبی در مدل‌های شبیه‌سازی گندم و همچنین برآورد سریع و آسان سطح برگ در مواقعی که دستگاه‌های اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیستند، استفاده کرد. Zainali et al, 2013 با بررسی روابط آلومتریک بین سطح برگ و صفات رویشی در باقلا (*Vicia faba* L.) گزارش کردند که بین سطح برگ با وزن خشک برگ سبز، وزن خشک اجزای رویشی گیاه و ارتفاع بوته در دوره توسعه مؤثر سطح برگ روابط آلومتریک بسیار قوی (به ترتیب با ضریب تبیین ۰/۹۶، ۰/۹۶ و ۰/۹۴) وجود دارد. ایشان با توجه به این که رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ سبز در بوته دارای ضریب تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات کوچک‌تری نسبت به ارتفاع بوته بود، پیشنهاد کردند در مدل‌های شبیه‌سازی باقلا و همچنین برای برآورد سریع و آسان سطح برگ از رابطه بین سطح و وزن خشک برگ استفاده شود. از روابط آلومتریک به طور موفقیت‌آمیزی برای محاسبه سطح برگ در گیاهان مختلف مانند پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) (Akramghaderi et al, 2004)، گندم (Bakhshande et al, 2011)، نخود خشک ایرانی (Poorreza et al., 2007)، باقلا (Zainai et al, 2013)، سویا (*Glycine max* L. Merr) (Nehbandani et al., 2013) و سورگوم شیرین (*Sorghum* bilcolour L. Moench) (Sharrett and Baker, 1985) استفاده شده است.

هدف از این مطالعه به دست آوردن روابط آلومتریک سطح برگ سبز (سانتی‌متر مربع در بوته) با تعداد برگ در ساقه اصلی، وزن خشک برگ سبز (گرم در بوته)، وزن خشک کل اجزای رویشی (ساقه و برگ) و بررسی تأثیر دو فاکتور تاریخ کاشت و تراکم بر این روابط در گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ برای استفاده در مدل شبیه‌سازی رشد ذرت SSM^۱ و همچنین برآورد سریع سطح برگ با استفاده از صفات رویشی یاد شده و بدون نیاز به اندازه‌گیری سطح برگ بود.

۱- مدل SSM (Simple Simulation Models) توسط Soltani and Sinclair (2012) برای شبیه‌سازی گیاهان زراعی مختلف تهیه شده است. با کمک این مدل می‌توان تولید گیاهان زراعی و محدودیت‌های ژنتیکی، محیطی و مدیریتی در تولید آن‌ها را تجزیه و تحلیل کرد. این مدل دارای کد باز بوده و چون دارای ساختار ساده است، برای اهداف آموزشی نیز قابل استفاده است.

حداکثر مقدار خود رسید، مورد استفاده قرار گرفتند، ج) به منظور محاسبه روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت از معادله لجستیک پیک زیر استفاده شد (۷):

معادله (۳)

$$LAI = ((a * \exp((-a) * (x - b)) * c) / (1 + \exp((-a) * (x - b)))) ** 2$$

که در آن ضرایب a ، b و c به ترتیب، سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ می باشند، d برای توصیف رابطه بین شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ (گرم در مترمربع) از معادله ۲ تکه ای زیر استفاده شد:

$$y = (b_1 * x_0) + b_2 * (x - x_0) \quad (4)$$

که در آن y شاخص سطح برگ، x وزن خشک برگ (گرم در مترمربع)، x_0 نقطه چرخش بین دو مرحله تخصیص ماده خشک، b_1 ضریب تخصیص در طول مرحله یک و b_2 ضریب تخصیص ماده خشک در مرحله ۲ می باشد، h مدل ۲ تکه ای: مدل های مختلفی به داده های سطح برگ در مقابل وزن خشک اجزای رویشی برآزش داده شد، و در نهایت مدل ۲ تکه ای به عنوان بهترین مدل انتخاب شد (رابطه ۵).

$$y = (b_1 * x_0) + b_2 * (x - x_0) \quad (5)$$

که در آن y شاخص سطح برگ، x وزن خشک اجزای رویشی گیاه (گرم در مترمربع)، x_0 نقطه چرخش بین دو مرحله تخصیص ماده خشک، b_1 ضریب تخصیص در طول مرحله یک و b_2 ضریب تخصیص ماده خشک در مرحله ۲ می باشد. و) به منظور توصیف رابطه بین سطح برگ در بوته (سانتی متر مربع در بوته، y) و ارتفاع بوته (سانتی متر، x) از رابطه (۶) استفاده شد که در آن b ضریب معادله است.

$$y = x^b \quad (6)$$

تجزیه های آماری با استفاده از نرم افزار SAS (Soltani and Maddah, 2010) و رسم نمودارها با استفاده از نرم افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

رابطه واحد دمایی تجمعی با تعداد گره در ساقه

به منظور بررسی سرعت ظهور برگ در تیمارهای مختلف، مدل رگرسیون غیرخطی ۲ تکه ای بر داده های تعداد گره (یا برگ) در ساقه اصلی در برابر واحد دمایی تجمعی برآزش داده شد. در ابتدا برآزش معادله ۱ برای هر یک از تراکم ها در هر یک از دو تاریخ کاشت به صورت جداگانه انجام شد، اما از آنجایی که بررسی حدود اطمینان در سطح ۹۵ درصد نشان داد که ضرایب معادله در بین تراکم ها در هر تاریخ کاشت و بین تاریخ کاشت ها اختلاف معنی داری با یکدیگر ندارند (نتایج نشان داده نشده است)، یک معادله به کل داده های تعداد

دمای پایه، دمای مطلوب و دمای سقف می باشد. در این مطالعه دماهای پایه، مطلوب تحتانی و فوقانی و سقف برای ذرت به ترتیب ۸، ۳۰، ۳۷ و ۴۵ درجه سانتی گراد در نظر گرفته شد (Soltani and Sinclair, 2012). آمار هواشناسی از ایستگاه هواشناسی هاشم آباد گرگان واقع در پنج کیلومتری محل آزمایش تهیه گردید.

در این تحقیق، توابع ریاضی مختلف برای به دست آوردن روابط آلومتریک به داده ها برآزش داده شد. برآزش معادله و بررسی آن در سه حالت: ۱) هر تراکم در هر یک از تاریخ های کاشت، ۲) ترکیب تراکم ها برای هر تاریخ کاشت، ۳) ترکیب تمام تراکم ها برای هر دو تاریخ کاشت انجام شد. در هر حالت، با بررسی حدود اطمینان ضرایب به دست آمده اگر اختلاف معنی دار نبودند، از حالت بعدی استفاده شد. برای مقایسه دقت معادلات از ضریب تبیین (R^2)، جذر میانگین مربعات

$$\text{خطا (RMSE)} = \sqrt{\frac{\sum (p - o)^2}{n - 1}}$$

که در آن p و o به ترتیب مقدار پیش بینی شده با استفاده از مدل و مقدار مشاهده شده و n تعداد مشاهدات می باشد، و ضریب تغییرات (CV) استفاده شد. ضریب تبیین بالاتر و ضریب تغییرات و جذر میانگین مربعات خطای پایین تر نشان دهنده دقت بالاتر معادله در توصیف روابط آلومتریک است. یادآور می شود که در این مقاله از RMSE بر حسب درصد استفاده شد که اگر کم تر از ۱۰ باشد، شبیه سازی عالی، بین ۱۰ تا ۲۰ خوب، بین ۲۰ تا ۳۰ متوسط و بالاتر از ۳۰ مدل ضعیف ارزیابی می شود. مدل های به کاررفته در این تحقیق عبارتند از: الف) مدل ۲ تکه ای به منظور بررسی رابطه واحد دمایی تجمعی با تعداد گره (یا برگ) در ساقه: مدل ۲ تکه ای؛ متشکل از ۲ خط راست متقاطع است که شیب خط در تکه اول نشان دهنده افزایش در تعداد گره و خط افقی نشان دهنده حداکثر تعداد گره بر روی ساقه می باشد (شکل ۱).

$$y = a + bx \quad \text{اگر } x < x_0 \quad (1)$$

$$y = a + bx_0 \quad \text{اگر } x \geq x_0$$

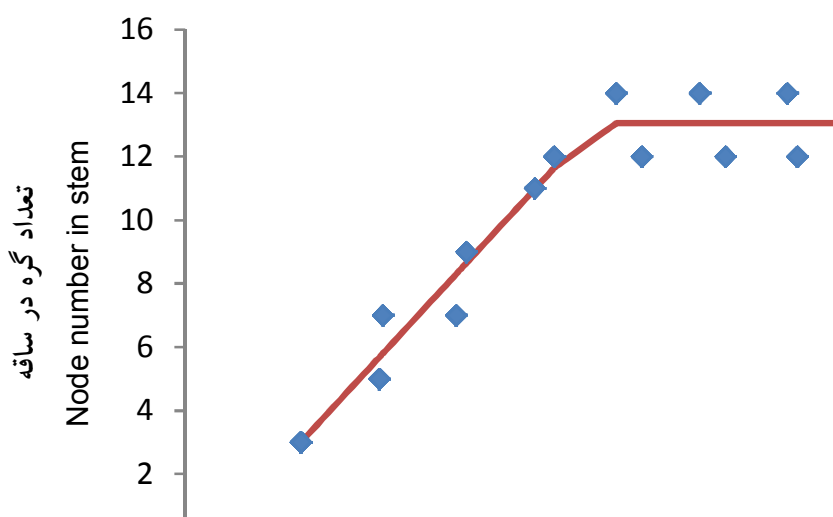
در این معادله y تعداد گره در ساقه اصلی، x زمان (واحد دمایی تجمعی بعد از کاشت)، a محل برخورد منحنی با محور عمودی ($x = 0$)، b سرعت افزایش خطی در تعداد گره (گره بر واحد دمایی)، x_0 زمان خاتمه افزایش خطی در تعداد گره (زمان خاتمه تولید برگ جدید) و $a + bx_0$ حداکثر تعداد گره (یا برگ) در ساقه اصلی را نشان می دهد. ب) مدل توانی: از میان معادله های مختلف برآزش داده شده به داده های تغییرات سطح برگ در بوته در مقابل تعداد برگ در ساقه معادله توانی بهترین برآزش را به داده ها داشت:

$$y = x^b \quad (2)$$

که در آن y سطح برگ در بوته، x تعداد برگ در ساقه اصلی و b ضریب معادله می باشد. برای برآزش تابع، داده های سطح برگ بوته و تعداد برگ در ساقه اصلی تا زمانی که تعداد برگ در ساقه اصلی به

دمایی بود. تعداد نهایی برگ در ساقه در تاریخ کاشت اول و دوم به ترتیب برابر ۱۴ و ۱۲ برگ بود (جدول ۱). افزایش خطی تعداد گره (یا برگ) در ساقه اصلی در نخود توسط Robertson *et al*, 2002 و در نیشکر توسط Sinclair, 2003 گزارش شده است. Soltani *et al*, 2006 در مورد نخود، Turpin *et al*, 2002 در مورد باقلا و Ranganathan *et al*, 2001 در مورد لپه‌هندی گزارش کردند که تراکم بوته تأثیر معنی‌داری بر فیلوکرون ندارد. Sinclair, 1984 بیان داشت که در فلوریدا با میانگین دمای ۲۲ درجه سانتی‌گراد، سرعت تولید برگ نیشکر ۰/۴ برگ در روز می‌باشد.

برگ در ساقه اصلی در برابر واحد دمایی تجمعی برآزش داده‌شد. در هر دو تاریخ کاشت، با افزایش واحد دمایی، تعداد برگ در ساقه اصلی به صورت خطی افزایش پیدا کرد که شیب این خط سرعت ظهور برگ و عکس آن فیلوکرون را نشان می‌دهد (شکل ۱ و جدول ۱). مقدار فیلوکرون برای مجموع دو تاریخ کاشت ۷۲/۳۳ واحد دمایی (درجه-روز) بود. در هر دو تاریخ کاشت، با رسیدن واحد دمایی تجمعی به یک حد معین، افزایش تعداد برگ در ساقه اصلی متوقف شد، یعنی افزایش در واحد دمایی، افزایش در تعداد برگ در ساقه اصلی را به دنبال نداشت (شکل ۱). واحد دمایی لازم از مرحله سبز شدن تا پایان تولید برگ در ساقه در مجموع تاریخ کاشت اول و دوم برابر با ۱۰۱۲/۶ واحد



شکل ۱- روند تولید برگ در ساقه ذرت در مقابل واحد دمایی تجمعی (GDD)

♦ مقادیر مشاهده‌شده و — مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل را نشان می‌دهد

Figure 1- The production process of leaves of corn in front of the cumulative thermal units (GDD)

♦ observed values and the values predicted by the model shows

جدول ۱- ضریب a ، فیلوکرون ($phyll$) و مقدار x_0 در رابطه بین تعداد گره (یا برگ) در ساقه در مقابل واحد دمایی تجمعی (GDD)

درصد RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند

Table 1- The coefficient a , phyllochron ($phyll$) and the x_0 in the relationship between the number of nodes (or leaves) per stem in front of the cumulative thermal units (GDD)

Percent root mean square error RMSE and R^2 are the coefficient of determination

تاریخ کاشت Planting date	%RMSE	R^2	$X_0 \pm SE$	$phyll \pm SE$	$a \pm SE$
مجموع دو تاریخ کاشت Total two planting dates	5.59	0.94	1012.6 $\pm$ 19.08	72.33 $\pm$ 2.63	-0.949 $\pm$ 0.313

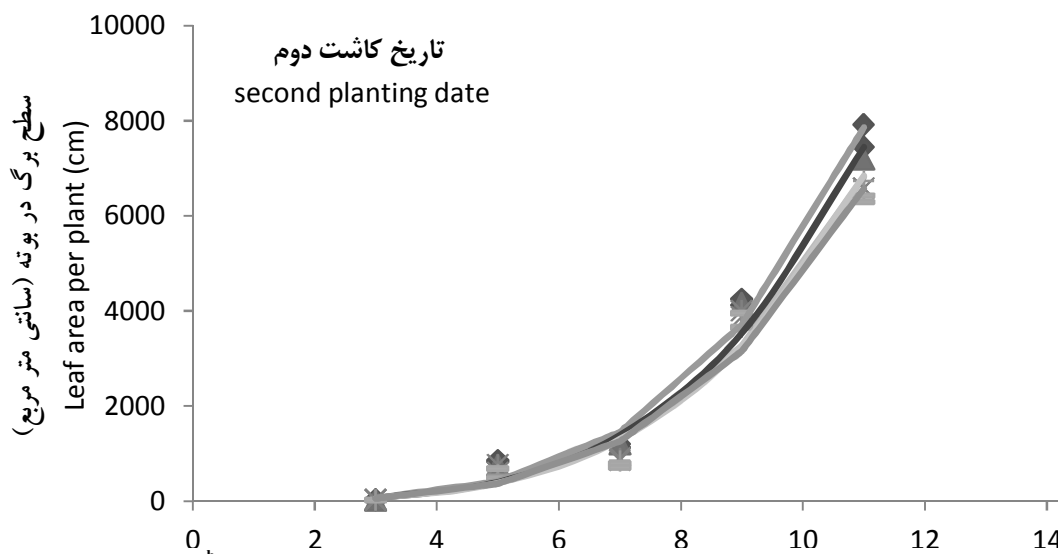
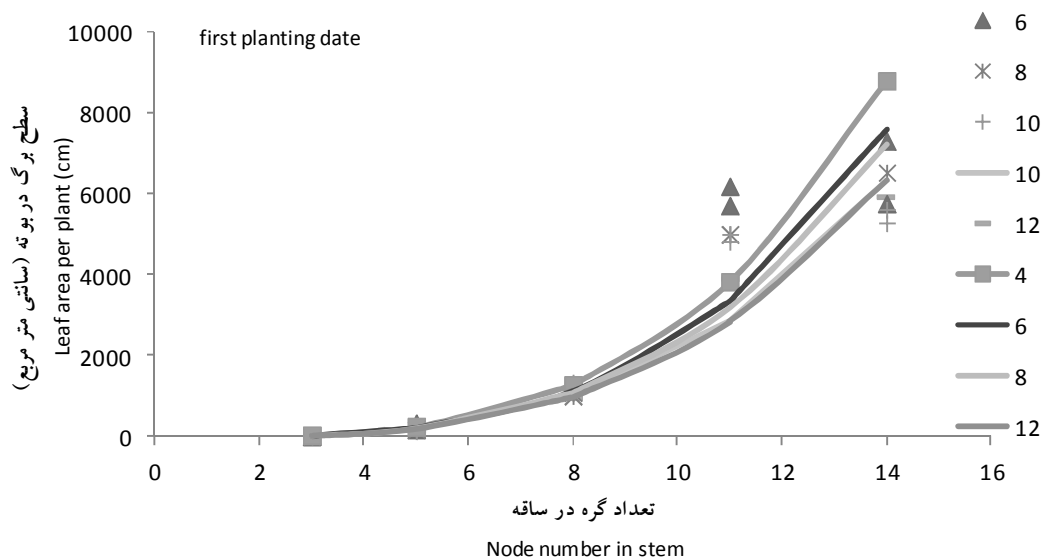
رابطه توانی بین سطح برگ در بوته با تعداد برگ در ساقه اصلی بود (نتایج نشان داده نشده است). از این رو، به داده‌های سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه هر یک از دو تاریخ کاشت معادله توانی جداگانه‌ای برآزش داده‌شد. مقدار ضریب تبیین ۰/۹۹ توابع برآزش داده‌شده برای

رابطه سطح برگ در بوته با تعداد برگ در ساقه

بررسی حدود اطمینان در سطح ۹۵ درصد نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین دو تاریخ کاشت و عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین تراکم‌های مختلف بوته در هر تاریخ کاشت در مقدار ضریب b .

یافته‌های Pengelly *et al*, 1999 نشان داد که در گیاه ماش نیز می‌توان با استفاده از معادله توانی سطح برگ بوته را به عنوان تابعی از تعداد گره در ساقه اصلی پیش‌بینی کرد. بررسی ضریب b معادله (۲) در هر دو تاریخ کاشت نشان داد که این ضریب به تراکم به‌طور غیر معنی‌داری وابسته بوده و در هر دو تاریخ کاشت با افزایش تراکم بوته مقدار این ضریب کاهش می‌یابد.

دو تاریخ کاشت نشان‌دهنده وجود رابطه بسیار خوب بین سطح برگ در بوته با تعداد برگ بر مبنای معادله (۲) در تراکم‌های مختلف (جدول ۲ و شکل ۲) و دقت بالای توابع برای پیش‌بینی سطح برگ در بوته با شمارش تعداد برگ در ساقه می‌باشد. Sinclair, 1984 و همین‌طور Hammer *et al*, 1993 نیز از یک مدل غیرخطی (توانی) برای توصیف سطح برگ در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی به ترتیب در سویا و سورگوم استفاده کردند.



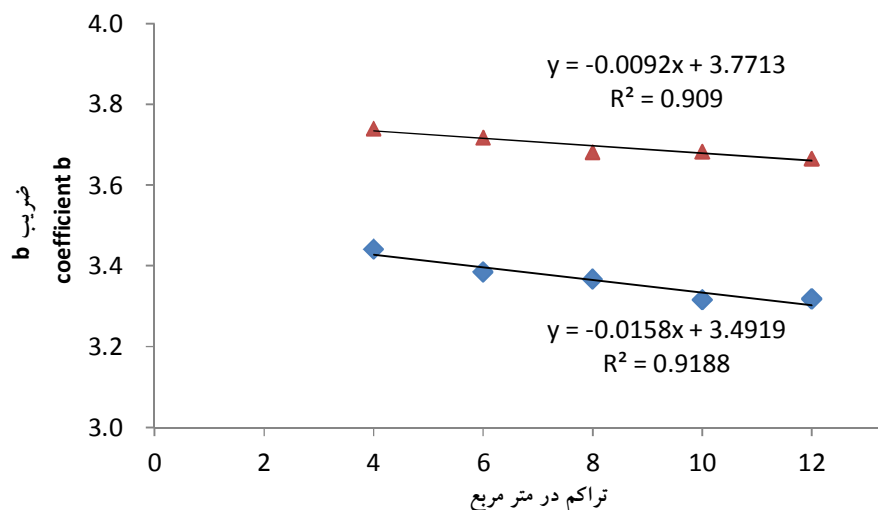
شکل ۲- سطح برگ در بوته به عنوان تابعی از تعداد گره (یا برگ) روی ساقه توصیف شده به وسیله معادله $y = x^b$ (اعداد سمت راست شکل نشان‌دهنده تراکم بوته در مترمربع می‌باشد) اشکال هندسی نقاط مشاهده شده خطوط رنگی نقاط پیش‌بینی شده توسط مدل

Figure 2- Leaf area per plant as a function of the number of nodes (or leaves) the stem described by the equation $y = x^b$ (right numbers figure represents the density of plants per square meter) observed geometric shapes of colored lines parts of the projected by the model

جدول ۲- ضریب (b) در معادله $y=x^b$ برای سطح برگ بوته در مقابل تعداد گره (یا برگ) در ساقه در تاریخ‌های مختلف کاشت. RMSE% درصد جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند

Table 2- Factor (b) in the equation $y = xb$ for leaf area in front of the number of nodes (or leaves) per stem at different planting dates. RMSE% percent root mean square error and the coefficient of determination R^2

تاریخ کاشت Planting date	$b \pm SE$	R^2	%RMSE
تاریخ کاشت اول first planting date	3.364 ± 0.021	0.99	14.43
تاریخ کاشت دوم second planting date	0.286 ± 0.011	0.99	5.69



شکل ۳- تأثیر تراکم بوته بر ضریب b معادله توانی $y=x^b$

▲: تاریخ کاشت اول. ◆: تاریخ کاشت دوم

Figure 3- Effect of Plant Density coefficient b power equation $y = xb$

▲: first planting date. ◆: second sowing date

نتایج نشان داد که از نظر روند تغییرات شاخص سطح برگ (LAI) در طول فصل رشد بین تاریخ کشت اول (۹ خرداد) و دوم (۹ تیر) اختلاف معنی داری در سطح احتمال پنج درصد وجود دارد، اما در این سطح احتمال، بین تراکم‌های مختلف در هر تاریخ کاشت اختلاف معنی داری وجود ندارد. از این رو، برای هر تاریخ کاشت تابع جداگانه‌ای به داده‌های شاخص سطح برگ کل تراکم‌ها در برابر زمان از فصل رشد برازش داده شد (شکل ۴). مقادیر مربوط به ضرایب معادله، ضریب تبیین و حداکثر شاخص سطح برگ در دو تاریخ کاشت در جدول ۳ ارائه شده است. در این پژوهش، حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ کاشت اول (۹ خرداد) ۷/۲۲ و در تاریخ کاشت دوم (۹ تیر) ۴/۹۱ بود. زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در تراکم‌های مختلف اختلاف معنی داری نداشت ولی اختلاف بین تاریخ کشت اول و دوم در سطح احتمال پنج درصد معنی دار بود. زمان لازم

Soltani *et al*, 2006 نشان دادند که در نخود ضریب b به تراکم وابسته بوده و با افزایش تراکم این ضریب کاهش می‌یابد. با قراردادن ضریب b در مقابل تراکم رابطه خطی نزولی گفته شده به دست می‌آید (شکل ۳). سطح برگ بوته تا زمان پایان رشد برگ بر روی ساقه اصلی بر مبنای این تابع قابل پیش‌بینی می‌باشد و برای مرحله پیری باید از روش‌های دیگری استفاده نمود. Sinclair, 1984 و Sinclair *et al*, 2003 سطح برگ بوته در مرحله پیری را براساس انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها پیش‌بینی کردند. آن‌ها بیان کردند که پیش‌بینی سطح برگ در بوته برای مرحله پیری با استفاده از انتقال مجدد نیتروژن کاملاً نتایج قابل قبولی داشته است و می‌توان از این روش در مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گیاهان استفاده کرد.

شاخص سطح برگ

برابر وزن خشک برگ تا زمان ورود بوته‌ها به فاز زایشی، که در تمام تراکم‌ها در هر دو تاریخ کاشت به تقریب ۶۲٪ پس از کاشت اتفاق افتاد، تابع ۲ تکه‌ای به دلیل نکوبی بهتر برازش انتخاب شد. از آنجایی که ضرایب آلو متریک توابع ۲ تکه‌ای برازش داده شده به تراکم‌ها و تاریخ‌های کاشت تفاوت معنی داری با یکدیگر نداشت، برای توصیف رابطه بین شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ یک تابع به کل داده‌های تراکم‌ها و تاریخ‌های کاشت برازش داده شد (شکل ۵). ضریب تبیین این تابع ۰/۹۸ و جذر میانگین مربعات خطای آن برای مجموع تاریخ‌های کاشت و تراکم‌ها ۵۴/۶ درصد بود که نشان از رابطه بسیار خوب میان شاخص سطح برگ و وزن خشک برگ داشت (جدول ۴). همانند سایر غلات، در ذرت نیز در ابتدای فصل رشد، بخش عمده مواد فتوسنتزی به برگ‌ها اختصاص می‌یابد.

ضمن این که سطح ویژه برگ‌ها نیز بیش تر (به بیان دیگر ضخامت برگ‌ها کم تر) است. در نتیجه، در این دوره شیب افزایش شاخص سطح برگ در مقابل زمان زیاد است، اما با گذشت زمان، به ویژه بعد از شروع طویل شدن ساقه، این شیب به دلیل کاهش سطح ویژه برگ‌ها (افزایش ضخامت برگ‌ها) و افزایش ضریب تخصیص ماده خشک به اندام‌های دیگر بوته مانند ساقه نسبت به قبل از نقطه شکست، کاهش پیدا می‌کند. Bakhshande *et al*, 2011 در مورد گندم، Soltani and Torabi, 2009 در مورد نخود و Nehbandani *et al*, 2013 در مورد سویا نیز برای توصیف رابطه شاخص سطح برگ با وزن خشک برگ از تابع ۲ تکه‌ای استفاده کردند.

برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در تاریخ کشت اول ۷۰/۲۸ روز و در تاریخ کشت دوم برابر ۵۷/۰۶ روز بود. حداکثر شاخص سطح برگ در هر دو تاریخ کاشت تقریباً در مرحله شروع پُرشدن دانه (R1 مرحله رشدی با اقتباس از Abendroth *et al*, 2011) بود. در تمام تیمارها، بعد از سبز شدن، شاخص سطح برگ در ابتدا با سرعت کم (به صورت نمایی) و بعد از آن با شیبی تندتر به صورت خطی افزایش یافت تا زمانی که شاخص سطح برگ به حداکثر رسید. در ادامه فصل رشد، به دلیل پُرشدن برگ‌ها شاخص سطح برگ کاهش پیدا کرد و در نهایت به صفر رسید. Cavero *et al*, 2000 در گیاه ذرت، Nehbandani *et al*, 2013 در سویا، Zainali *et al*, 2013 در باقلا نیز مدل لجستیک پیک را به داده‌های شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت برازش دادند و گزارش کردند که این مدل بهترین برازش را به داده‌های LAI در مقابل روز پس از کاشت داشت. Kumudini *et al*, 2001 نیز گزارش کردند که با آغاز مرحله رسیدگی برگ‌ها زرد شده و در نتیجه شاخص سطح برگ به طور چشم گیری کاهش می‌یابد و در نهایت در مرحله رسیدگی شاخص سطح برگ به صفر می‌رسد. Bafkar *et al*, 2011 نیز در پژوهشی بر روی ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ روند تغییرات شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت را به صورت لجستیک پیک توصیف کردند.

رابطه شاخص سطح برگ با وزن خشک برگ

پس از برازش توابع مختلف به داده‌های شاخص سطح برگ در

جدول ۳- ضرایب مدل لجستیک پیک برای پیش‌بینی شاخص سطح برگ برای تاریخ‌های کاشت اول و دوم؛ ضرایب a، b و c به ترتیب سرعت تولید سطح برگ، زمان لازم برای رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ و سرعت کاهش سطح برگ. R^2 ضریب تبیین می‌باشد

Table 3- Coefficients logistic model to predict peak leaf area index for the first and second planting dates; coefficients a, b and c to-order production rate of leaf area, leaf area index and the time required to achieve maximum speed lower leaf surface. R^2 is the coefficient of determination

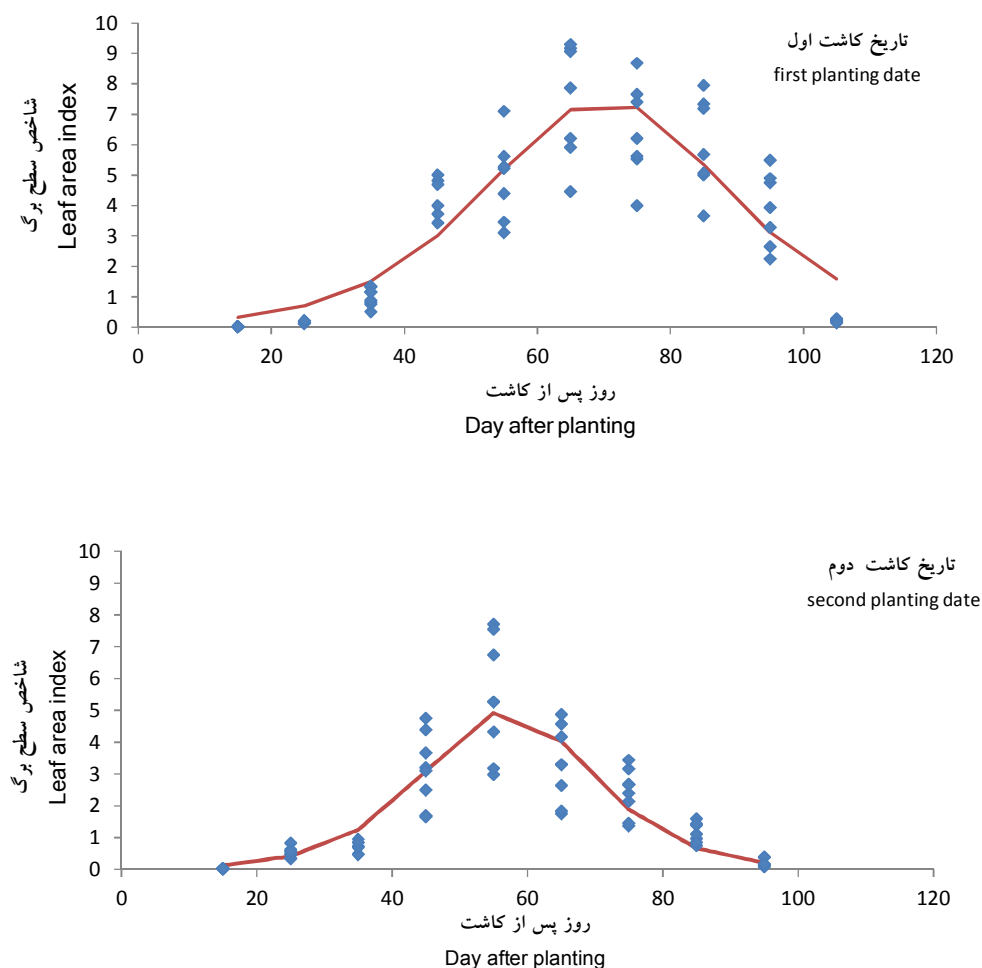
تاریخ کاشت Planting date	LAI _{max}	b±SE	a±SE	c±SE	R ²
تاریخ کاشت اول first planting date	7.22 a	70.28±1.01	0.08 ± 0.004	368.2 ± 17.58	0.92
تاریخ کاشت دوم second planting date	4.91 c	57.06 ± 0.84	0.11 ± 0.008	۱۶۷/۵ ± ۹/۶	0.89

جدول ۴- ضرایب a و b و مقدار X_0 در تابع دو تکه‌ای برازش داده شده به داده‌های شاخص سطح برگ سبز در برابر وزن خشک برگ سبز

RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند

Table 4- The coefficients a and b and the amount X_0 in function two-piece fitted to the dry weight of green leaf, green leaf area index data

RMSE Root mean square error and the coefficient of determination R^2				
b ₁ ±SE	b ₂ ±SE	X ₀ ±SE	R ²	%RMSE
0.0362±0.00429	0.0196±0.00137	55.07± 8.823	0.98	6.54



شکل ۴- روند تغییرات سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت در ذرت

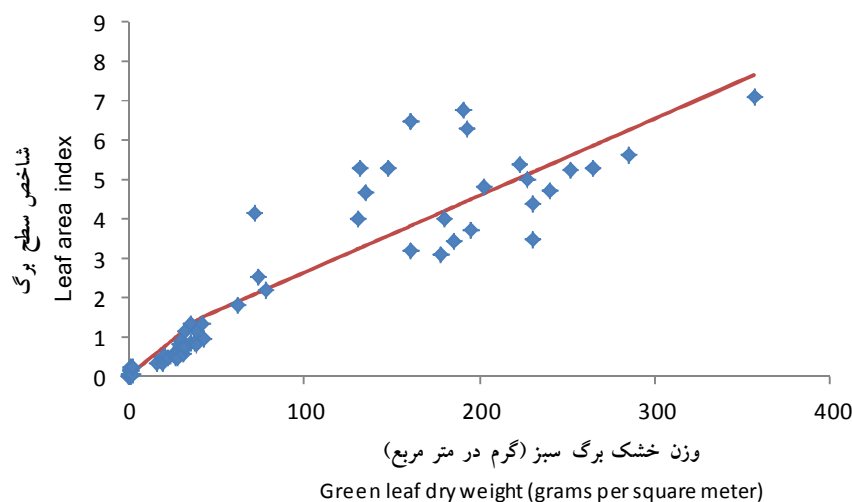
◆ مقادیر مشاهده شده در تراکمها و تکرارهای مختلف و — مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل را نشان می‌دهد

Figure 4- trend of leaf area in the days after planting the corn

◆ observed values of the density and several repeats and the values predicted by the model shows

تخصیص ماده خشک در طول فصل رشد به برگ‌ها در گیاهان مختلف نسبت داد. بر اساس نتیجه یادشده، باتوجه به این که اندازه‌گیری سطح برگ دشوار و وقت‌گیر است و به دستگاه سطح برگ‌سنج نیاز دارد که در بسیاری از موقعیت‌ها قابل دسترس نمی‌باشد و در مقابل، اندازه‌گیری وزن خشک برگ بسیار آسان‌تر، سریع‌تر و دقیق‌تر است، می‌توان با استفاده از تابع به دست آمده، سطح برگ را با دقت زیادی با اندازه‌گیری وزن خشک برگ برآورد کرد.

با این حال، برای توصیف رابطه بین شاخص سطح برگ با وزن خشک برگ از مدل‌های دیگر نیز استفاده شده است. برای مثال، Rahemi *et al*, 2006 برای نخود از یک مدل خطی، Sharrett and Baker, 1985 برای یونجه و Payne *et al*, 1991 برای ارزن از مدل غیرخطی، Hammer *et al*, 1993 و Zainali *et al*, 2013 برای باقلا از معادله توانی استفاده کردند. تفاوت مدل‌های برازش داده شده در گیاهان دیگر به داده‌های سطح برگ در برابر وزن خشک را می‌توان به تفاوت سطح ویژه برگ و همین‌طور تفاوت تغییرات ضریب



شکل ۵- شاخص سطح برگ به عنوان تابعی از وزن خشک برگ در ذرت در دو تاریخ کاشت ۹ خرداد و ۹ تیر در تراکم‌های ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع

♦ مقادیر مشاهده شده در تراکم‌ها و تکرارهای مختلف و — مقادیر پیش‌بینی شده توسط مدل را نشان می‌دهد

Figure 5- Leaf area index as a function of leaf dry weight in corn sowing 9 June and 9 of July at densities of 4, 6, 8, 10 and 12 plants per square meter

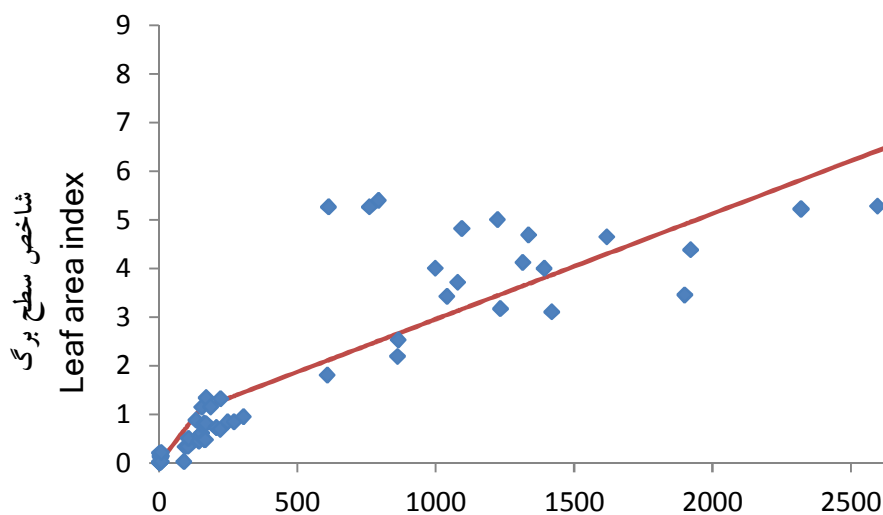
♦ observed values of the density and several repeats and the values predicted by the model shows

آن‌است که می‌توان از وزن خشک کل بوته برای برآورد سطح برگ استفاده کرد. با این حال، مطابق با نتایج مطالعات دیگر، در این مطالعه نیز دقت پیش‌بینی سطح برگ با استفاده از وزن خشک برگ به‌طور نسبی بیش‌تر از وقتی بود که سطح برگ با استفاده از وزن خشک کل اجزای رویشی گیاه برآورد گردید. اندازه‌گیری وزن خشک کل بوته نسبت به وزن خشک برگ‌ها مستلزم صرف وقت برای جدا کردن برگ‌ها نبوده و با سرعت بیش‌تری انجام می‌شود. در مقابل، اگر فقط از وزن خشک برگ‌ها استفاده شود، علاوه بر بالاتر بودن دقت پیش‌بینی سطح برگ حجم نمونه‌ها نیز کم‌تر است (Zainali *et al*, 2013). Soltani and Torabi, 2009 از تابع ۲ تکه‌ای برای برآورد سطح برگ بوته به‌عنوان تابعی از ماده خشک کل بوته در نخود استفاده کردند. Retta *et al*, 2008 در مورد چغندر قند، Tsialtas and Maslaris, 2008 در چند گیاه باریک برگ با استفاده از معادلات رگرسیون خطی و غیرخطی هم‌بستگی بسیار بالایی را بین سطح برگ و وزن خشک برگ و وزن خشک کل اجزای رویشی بوته گزارش کردند. تعداد زیادی از محققان دیگر نیز از معادله‌های غیرخطی برای توصیف روابط سطح برگ با وزن خشک برگ و یا وزن خشک کل اجزای رویشی استفاده کرده‌اند که از جمله آن‌ها می‌توان به Akramghaderi *et al*, 2004 در پنبه، Bakhshande *et al*, 2011 در سویا و گندم، و Rahemi *et al*, 2006 در نخود اشاره کرد. Zainali *et al*, 2013 از معادله توانی برای بیان رابطه بین سطح برگ در مقابل وزن خشک

رابطه سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی گیاه

بررسی حدود اطمینان ضرایب مدل‌های ۲ تکه‌ای برازش داده شده به داده‌های سطح برگ در برابر وزن خشک اجزای رویشی گیاه نشان داد که از این نظر، بین تراکم‌های مختلف و دو تاریخ کاشت اختلاف معنی‌داری وجود ندارد، در نتیجه می‌توان به جای استفاده از معادله‌های جداگانه برای هر یک از تراکم‌ها و تاریخ‌های کاشت، برای توصیف رابطه سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی گیاه در تمام تراکم‌ها و تاریخ‌های کاشت از یک معادله استفاده کرد (جدول ۵). یادآور می‌گردد که بدین منظور از داده‌های سطح برگ و وزن خشک اجزای رویشی گیاه تا زمان ورود بوته‌ها به فاز زایشی (تقریباً ۶۲ روز پس از کاشت در تمام تیمارها) استفاده شد. هم‌چنان که در بخش پیشین گفته شد، به دلیل تخصیص بخش عمده ماده خشک به برگ‌ها در مراحل ابتدایی رشد و احتمالاً کم‌تر بودن ضخامت برگ‌های تولید شده در این دوره، شیب افزایش سطح برگ در برابر وزن خشک بوته یا برگ بیش‌تر از مراحل بعدی رشد است و این به معنای تولید سطح برگ بیش‌تر به ازای تولید هر گرم ماده خشک می‌باشد. به همین دلیل، شیب خط در مرحله اول تابع ۲ تکه‌ای بیش‌تر از مرحله دوم (دوره بعد از نقطه شکست) تابع ۲ تکه‌ای می‌باشد. ضریب تعیین ۹۵ درصد و جذر میانگین مربعات خطا بر حسب درصد ۱۱/۲۵، نشان‌دهنده رابطه خوب بین سطح برگ با وزن خشک اجزای رویشی گیاه (وزن خشک کل) است. یافته‌های مطالعات دیگر نیز حاکی از

کل استفاده کردند، آن‌ها بیان داشتند در تمام مراحل رشد رویشی در باقلا شیب اختصاص مواد فتوسنتزی به برگ‌ها تقریباً یک‌سان است.



شکل ۶- شاخص سطح برگ به عنوان تابعی از وزن خشک بوته در ذرت در دو تاریخ کاشت ۹ خرداد و ۹ تیر در تراکم‌های ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در مترمربع

♦ مقادیر مشاهده‌شده در تراکم‌ها و تکرارهای مختلف و — مقادیر پیش‌بینی‌شده توسط مدل را نشان می‌دهد

Figure 6- leaf area index as a function of plant dry weight in corn sowing 9 June and 9 of July at densities of 4, 6, 8, 10 and 12 plants per square meter

♦ observed values of the density and several repeats and the values predicted by the model shows

جدول ۵- ضرایب a و b و مقدار X_0 در تابع ۲ تکه‌ای برازش داده‌شده به داده‌های سطح برگ در برابر وزن خشک اجزای رویشی بوته

RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند

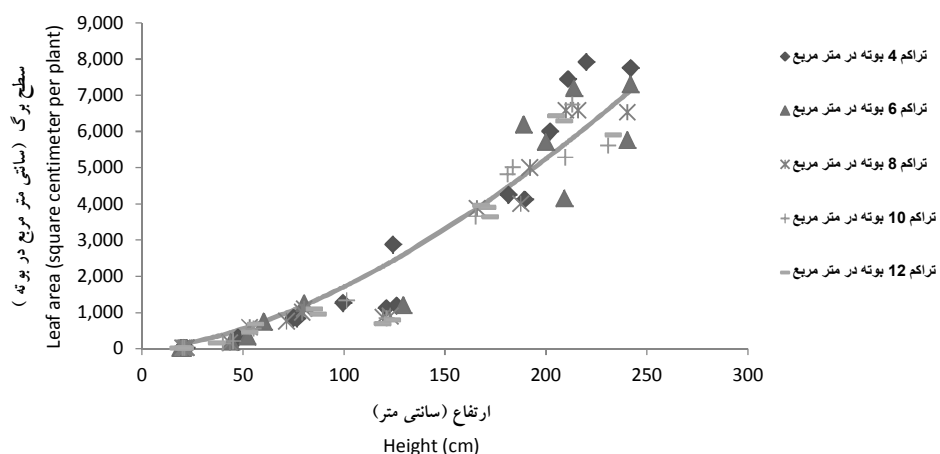
Table 5- coefficients a and b and the amount X_0 in function two-piece fitted to the leaf level data in the vegetative parts of the plant dry weight

RMSE Root mean square error and the coefficient of determination R^2				
$b_1 \pm SE$	$b_2 \pm SE$	$X_0 \pm SE$	R^2	%RMSE
0.0724 $\pm$ 0.00109	0.00217 $\pm$ 0.000174	190.7 $\pm$ 28.8	0.95	11.25

تندتر به صورت خطی افزایش می‌یابد. از آنجایی که اندازه‌گیری ارتفاع بوته در مقایسه با اندازه‌گیری سطح برگ امری بسیار ساده‌تر، سریع‌تر و کم‌هزینه‌تر است از این صفت می‌توان با دقت کافی برای برآورد سطح برگ استفاده نمود. بر خلاف نتایج این مطالعه که نشان‌دهنده رابطه نسبتاً خوبی بین ارتفاع و شاخص سطح برگ است، در تحقیقاتی که Nehbandani *et al*, 2013 بر روی سویا و Akramghaderi *et al*, 2004 روی پنبه و Zainali *et al*, 2013 روی باقلا انجام دادند، مشاهده کردند که ارتفاع گیاه توصیف‌کننده مناسبی برای سطح برگ نیست. البته برآورد سطح برگ با استفاده از ارتفاع به دلیل جذر میانگین مربعات خطا بالاتر بر حسب درصد (۹/۲۲) نسبت به دیگر روش‌ها دارای دقت پایین‌تر می‌باشد.

رابطه بین سطح برگ و ارتفاع بوته

برای توصیف رابطه سطح برگ سبز در بوته با ارتفاع بوته تابعی در مقایسه با سایر توابع از نکویی برازش بهتری برخوردار بود. با وجود کاهش ارتفاع بوته در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول، با بررسی حدود اطمینان ضرایب توابع مشخص شد که بین ضرایب توابع توانی برازش داده‌شده به داده‌های سطح برگ در برابر ارتفاع بوته در تراکم‌ها و تاریخ‌های کاشت در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین، به کل داده‌های سطح برگ بوته (سانتی‌متر مربع در بوته، y) در برابر ارتفاع بوته (سانتی‌متر، x) در این آزمایش یک تابع توانی (رابطه ۶) برازش داده شد (جدول ۶). همان‌طور که در شکل ۷ مشاهده می‌شود با افزایش ارتفاع بوته، میزان سطح برگ در بوته در ابتدا به صورت نمایی و سپس با شیبی



شکل ۷- سطح برگ در بوته به عنوان تابعی از ارتفاع بوته در ذرت در دو تاریخ کاشت ۹ خرداد و ۹ تیر در تمام تراکم‌های ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع

Figure 7- Leaf area per plant as a function of height in corn sowing 9 May and 9 June in all densities of 4, 6, 8, 10 and 12 plants per square meter

جدول ۶- ضریب b و مقدار R^2 در رابطه توانی بین سطح برگ و ارتفاع بوته ذرت در دو تاریخ کاشت ۹ خرداد و ۹ تیر در تمام تراکم‌های ۴، ۶، ۸، ۱۰ و ۱۲ بوته در متر مربع

RMSE جذر میانگین مربعات خطا و R^2 ضریب تبیین هستند

Table 6- Coefficient b and the value of R^2 in the power relationship between leaf area and plant height of maize sowing 9 May and 9 June in all densities of 4, 6, 8, 10 and 12 plants per square meter

RMSE Root mean square error and the coefficient of determination R^2

b±SE	R^2	%RMSE
0.014±0.0021	0.99	9.22

سطح برگ با وزن خشک برگ، وزن خشک کل گیاه و ارتفاع گیاه ذرت رقم سینگل کراس ۷۰۴ تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم قرار نمی‌گیرد. به عبارت دیگر، می‌توان از یک معادله برای دو تاریخ کاشت و کل تراکم‌ها برای رابطه سطح برگ با وزن خشک برگ، وزن خشک کل و ارتفاع بوته استفاده کرد. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که رابطه سطح برگ سبز بوته با وزن خشک برگ سبز و ارتفاع بوته دارای ضریب تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات (بر حسب درصد) کوچک‌تری نسبت به صفات دیگر بود. از آنجایی که رابطه سطح برگ سبز با وزن خشک برگ سبز در بوته دارای ضریب تبیین بالاتر و همچنین جذر میانگین مربعات کوچک‌تری نسبت به ارتفاع بود پیشنهاد می‌شود در مدل‌های شبیه‌سازی ذرت و همچنین برای برآورد سریع و آسان سطح برگ در مواقعی که دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ در دسترس نیستند، از این رابطه استفاده شود.

نتیجه‌گیری

نتایج این پژوهش نشان داد که مقدار فیلوکرون در گیاه ذرت تحت تأثیر تاریخ کاشت و تراکم قرار نمی‌گیرد و فاصله بین ظهور یک برگ تا ظهور برگ بعدی به طور متوسط به ۷۲/۳۳ واحد دمایی می‌باشد. بررسی رابطه سطح برگ بوته در مقابل تعداد برگ در ساقه اصلی نشان داد که این رابطه تحت تأثیر معنی‌دار (در سطح احتمال پنج درصد) تراکم قرار نداشت، اما تأثیر تاریخ کاشت بر آن در سطح پنج درصد معنی‌دار و مقدار ضریب آلومتری (b) محاسبه شده به تاریخ کاشت وابسته بود. از این رو، در هر تاریخ کاشت یک تابع جداگانه به داده‌های کل تراکم‌ها برازش داده شد. همچنین، از آنجایی که میزان این ضریب با افزایش تراکم به طور غیرمعنی‌داری کاهش پیدا کرد، شیب این کاهش برای هر تاریخ کاشت محاسبه شد. لازم به ذکر است که شیب کاهش این ضریب با افزایش تراکم بوته در مدل SSM تراکم مورد نیاز است. نتایج این پژوهش حاکی از آن بود که رابطه

References

- 1- Abendroth, L. J., Elmore, R.W., Boyer, and Marlay. S.K., 2011. Corn growth and development. PMR 1009. Iowa State University Extension. Ames, Iowa.
- 2- Akramghaderi, F., Soltani, A., Rezaii, J. 2004. Estimation of leaf area in cotton cultivars of the plant vegetative characteristics. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 11(1): 30-39. (In Persian with English Abstract).
- 3- Bafkar, A., Boromand, S., Behzad, M., Farhadi, B., 2011. Predict production potential of grain corn in Mahidasht Kermanshah 704 C using a simulation model of crop growth WOFOST. Iranian Journal of Field Crop Science 42(4): 45-55. (In Persian with English Abstract).
- 4- Bakhshande, A., Soltani, A., Zainali, A., Kalatearabi, M., Ghadirian, R. 2011. Evaluation of allometric relationships leaf area and plant growth components in durum and bread wheat varieties. Iranian Journal of Crop Sciences 13(4): 55-87. (In Persian with English Abstract).
- 5- Bakhshandeh, E., Ghadiryan, R. and Kamkar, B. 2010. A rapid and non-destructive method to determine the leaflet, trifoliate and total leaf area of soybean. Asian. Australian Journal Plant Science. Biotechnology 4: 19-23. (In Persian with English Abstract).
- 6- Cavero, J., Farre, I., Debaeke, Ph. and Faci, J. M. 2000. Simulation of Maize Yield under Water Stress with the EPICphase and CROPWAT Models. Agronomy Journal 92: 12p.
- 7- Ghadirian, R., Soltani, A., Zainali, A., Kalatearabi, M., Bakhshande, A. 2011. Evaluation of non-linear regression models for use in wheat growth analysis. Electronic Journal of Crop Production 4: 55-77. (In Persian with English Abstract).
- 8- Hammer G. L., Carberry, P. S. and Muchow, R. C. 1993. Modeling genotype and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum. I. Whole plant level. Field Crops Research 33: 293-310.
- 9- Kumudini, S., Hume, D. J. and Chu, G. 2001. Genetic improvements in short season soybeans I. Dry matter accumulation, partitioning and leaf area duration. Crop Science 41:391-398.
- 10- Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Raeisi, S. and Najafi, R. 2013. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in soybean. IJACS Journal 6(16). 1127-1136 p.
- 11- Payne, W. A., C. W. Went, L. R. Hossner and C. E. Gates. 1991. Estimating pearl millet leaf area and specific leaf area. Agronomy Journal 83: 937-941.
- 12- Pengelly, B.C., Muchow, R.C. and Blamey, P.C. 1999. Predicting leaf area development in response to temperature in three tropical annual forage legumes. Australian Journal of Agricultural Research 50: 253-259.
- 13- Poorreza, J., Soltani, A., Rahemi, A., Galeshi, S., Zainali, A. 2007. Allometric relationships between plant height and growth traits in pea plants (*Cicer arietinum*). Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 14(5): 37-46. (In Persian with English Abstract).
- 14- Rahemi, A., Soltani, A., poorreza, J., Zainali, A., Sarparst, R. 2006. Allometric relationships between leaf and vegetative traits in pea plants. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 13(5): 33-44.
- 15- Ranganathan, R., Chamhan, Y.S., Flower, D.J., Robertson, C. and Silim, S.N. 2001. Predicting growth and development of pigeonpea: Leaf area development. Field Crops Research 69: 163-127.
- 16- Retta, A., Armbrust, D. V., Hagen, L. J. and Skidmore, E. L. 2000. Leaf and stem area relationship to masses and their height distributions in native grasses. Agronomy Journal 92: 225-230.
- 17- Robertson, M.J., Carberry, P.S., Huth, N.I., Turpin, J.E., Probert, M.E., Poulton, P.L., Bell, M., Wright, G.C., Yeates, S.J. and Brinsmead, R.B. 2002. Simulation of growth and development of diverse legume species in APSIM. Australian Journal of Agricultural Research 53: 429- 446.
- 18- Sharrett, B. S. and Baker, D. G. 1985. Alfalfa leaf area as a function of dry matter. Crop Science 26: 1040-1042.
- 19- Sinclair T.R., Gilbert R.A., Perdomo R.E., Shine Jr. J.M., Powell G. and Montes G. 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. Field Crops Research 88: 171-178.
- 20- Sinclair, T.R., 1984. Leaf area development in field-grown soybeans. Agronomy journal 76: 141-146.
- 21- Soltani, A. 2007. Application of SAS in statistical analysis. 2nd ed., JDM Press, Mashhad, Iran. p182. (In Persian).
- 22- Soltani, A. and Maddah, V. 2010. Applied, Simple programs for Education and Research in Agronomy. Iranian Society Ecological Agriculture, Tehran, Iran. (In Persian).
- 23- Soltani, A., and Sinclair, T. R. 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield: Cabi.

- 24- Soltani, A., Torabi, B. 2009. Modeling crop (case studies). Publications Jihad Mashhad University. Mashhad. 232, p.
- 25- Tsialtas J. T. and N. Maslaris. 2008. Leaf allometry and prediction of specific leaf area (SLA) in a sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Photosynthetica 46: 351-355.
- 26- Turpin, J.E., Robertson, M.J., Hillcoat, N.S. and Herridge, D.F. 2002. Faba bean (*Vicia faba*) in Australia's northern grains belt: canopy development, biomass, and nitrogen accumulation and partitioning. Australian Journal of Agricultural Research 53: 227-237.
- 27- Zainali, A., Soltani, A., Torani, M., Khadempir, M. 2013. Study allometric relationships between leaf area and plant growth components in the Faba Bean. Journal of Plant Production 4: 18-44. (In Persian with English Abstract).



Investigating the Allometric Relationships between Leaf Area and Some of Vegetative Characteristics in SC704 Corn Hybrid

E. Zeinali¹- A. Soltani²- M. Khadempir^{3*}

Received: 16-10-2014

Accepted: 23-02-2015

Introduction

Since the leaves are the main source of production of photosynthetic substances in plants, dry matter production and crop yield potential is largely dependent on the leaf surface, and many environmental changes affect growth and yield through changes in leaf area. Hence, green leaf area per plant and leaf area index is measured in almost all studies of crop physiology to understand the mechanism of yield alteration. However, measurement of leaf area compared with the other traits such as plant height and total plant dry weight is very difficult, need to precision instruments and spend more time and cost. Therefore, according to the allometric relationships in plants, extensive studies were done to find the relationship between leaf area and the other plant traits that their measurement is easier, faster and cheaper, and does not require expensive equipment. Using these relationships will be used to estimate plant leaf area with acceptable accuracy without measuring. Plant traits that have high correlation with leaf area and usually use to estimate the plant leaf area are the number of leaves or nodes per main stem, plant height, leaf dry weight and dry weight of vegetative parts of the plant. Allometric equations was used successfully to calculate leaf area for various crops such as cotton, wheat, chickpea, faba bean, peanuts, soybean and sweet sorghum.

This study was conducted to obtain the allometric relationships between green leaf area (cm² per plant) with number of leaves or nodes per main stem, plant height, green leaf dry weight and dry weight of vegetative parts of the plant (gram per plant), and investigating the effect of plant density and planting date on these relationships in SC704 corn (*Zea mays* L.) hybrid.

Materials and Methods

This study was conducted at Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources farm located at latitude 36° 51' N, longitude 54° 27' E and altitude of 13 meters above sea level in 2012. The experiment was carried out in a randomized complete block design as factorial with three replications. The experimental factors and their levels were, including plant density (4, 6, 8, 10 and 12 plants per square meter) and planting date (May 30 and June 30). Each plot was including 6 rows with 76 cm inter-row spacing and 6 m length. Corn hybrid SC704, a common hybrid in Iran and Gorgan region, was used in this study. Plant sampling was carried out once every 10 days from 15 days after planting to physiological maturity to measure leaf dry weight, plant green leaf area, the leaf (node) number per stem, dry weight of total vegetative plant parts and plant height. Green leaf area was measured using leaf area meter in laboratory. Plant samples were placed in an oven with 70 °C for 48 hours. To obtain allometric relationships various mathematical equations fitted to green leaf area against mentioned traits data. Fitting the functions to data and examining them was carried out in three steps: 1) Fitting function to each of the plant density in each planting date, 2) Fitting a function to all plant densities in each of two planting dates, separately, and 3) Fitting a function to all data. At each step, after fitting the functions and analysis of coefficients, if the differences were not significant, the next step was used. Statistical analysis was done using the software SAS and the graphs drew using Excel software.

Results and Discussion

The results showed that a non-linear segmented model can be used to describe the relationships between the number of leaves per stem with cumulative thermal units ($R^2=0.94$, RMSE =5.59%), and leaf area per plant with leaf dry weight per plant ($R^2=0.98$, RMSE =6.54%) and plant dry weight ($R^2=0.95$, RMSE =11.25%) in all plant densities and planting dates. Moreover, the results revealed that the effect of planting date and plant density

1- Associate Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

2- Prof., Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

3- Ph.D, student, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

(* - Corresponding Author Email: khadempir87@yahoo.com)

on the phyllochron, time between the appearance of successive leaves on a shoot was not significant, and mean of the phyllochron was 72.33 thermal units in all treatments. In addition, the findings of this study indicated the significant effect of planting date and non-significant effect of plant densities on the relationship between leaf area per plant and number of leaves (nodes) per stem. Therefore, two individual power equations with $R^2 = 0.99$ ($Y = X^{3.36}$ and $Y = X^{0.286}$ for the first and second planting date, respectively) applied to describe this relationship in two planting dates. Similarly, a power equation ($Y = X^{0.14}$, $R^2 = 0.99$) can be used to describe the relationship between leaf area index and plant height in all planting dates and densities.

Conclusions

Findings of this study showed that the obtained functions to describe the relationship between the leaf area have high accuracy to estimate green leaf area per plant. But among these relationships, relationships between plant green leaf area with plant green leaf dry weight and plant height had higher coefficient of determination, smaller root mean square, and subsequently higher estimation accuracy. Therefore, using these two traits, leaf area can be estimated more accurately. Moreover, since the relationship between green leaf area with green leaf dry weight per plant was more accurate than plant height, using this relationship in corn simulation models and for fast and easy estimating of leaf area, especially when the leaf area meter is not available, is recommended.

Keywords: Allometric relationships, Corn, Leaf area, Vegetative characteristics



اثر تنش یخزدگی بر درصد نشت الکترولیت ها و بقاء گیاهچه های خاکشیر (*Descurainia sophia* L.)

ابراهیم ایزدی دربندی^۱ - احمد نظامی^{۲*} - روح الله حسن بیگی^۳ - مریم جانعلی زاده قزوینی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۳۱

چکیده

به منظور بررسی تحمل گیاه دارویی خاکشیر به تنش یخزدگی آزمایشی در پاییز ۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. عوامل آزمایش شامل پنج اکوتیپ خاکشیر (اقلید، سبزوار، همدان، تربت جام و نیشابور) و ۱۰ دمای یخزدگی (از صفر تا ۱۸- درجه سلسیوس با فواصل ۲ درجه سلسیوس) بود. گیاهان تا مرحله پنج-هفت برگی در شرایط آب و هوای طبیعی رشد یافته و با سرما خو گرفتند. سپس برای اعمال دماهای یخزدگی به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. میزان پایداری غشاء سیتوپلاسمی با استفاده از آزمون نشت الکترولیت ها ارزیابی و سپس دمای کشنده ۵۰ درصد، نمونه ها بر اساس درصد نشت الکترولیت ها (LT_{50el}) تعیین شد. به منظور بررسی میزان همبستگی بین درصد نشت الکترولیت ها با درصد بقاء، گیاهان باقی مانده به گلخانه منتقل و پس از ۲۱ روز بازیافت، درصد بقاء و سپس دمای کشنده ۵۰ درصد گیاهان بر اساس درصد بقاء (LT_{50su}) محاسبه شد. نتایج نشان داد که بر اساس شاخص های LT_{50el} و LT_{50su} ، اکوتیپ های همدان، سبزوار و تربت جام تحمل به یخزدگی بیش تر ی نسبت به اکوتیپ های نیشابور و اقلید داشتند. بر مبنای شاخص LT_{50su} ، اکوتیپ همدان پتانسیل تحمل به یخزدگی تا دمای ۱۲- درجه سلسیوس را دارا بود. در این بررسی بین درصد نشت الکترولیت ها و درصد بقاء رابطه منفی و قوی ($r = -0.73^{***}$) وجود داشت. هم چنین بین LT_{50el} و LT_{50su} همبستگی مثبت و بالایی ($r = 0.53^{**}$) دیده شد.

واژه های کلیدی: اکوتیپ، بازیافت، درصد بقاء، دمای ۵۰ درصد کشندگی

مقدمه

وکاهش حدت سرخجه، سرخک، آبله و مخملک مفید است (Mirheidar, 1995). خاکشیر در اغلب نقاط ایران به صورت گیاهی خودرو یافت شده و در مزارع غلات پاییزه و خانواده شببو نیز به عنوان علف هرزی با بانک بذر غنی شناخته شده است (Kiani, 2003). عادت رشدی پاییزه گیاه و رشدنمو آن در فصول سرد، رویارویی آن را با تنش های زمستانه از جمله تنش یخزدگی غیرقابل اجتناب می سازد. تنش یخزدگی نوعی تنش مرکب است که در نتیجه قرار گرفتن گیاه در معرض دمای پایین و به همراه تنش مکانیکی ناشی از تشکیل یخ در بافت ها بروز می کند (Mirmohamadi Meibodi and Tarkeshe, 2004). بررسی ها نشان داده است که در طی تنش یخ-زدگی، انسجام و فعالیت غشاء سلولی مختل شده و در نتیجه آن نشت الکترولیت ها از درون سلول ها اتفاق می افتد، لذا اندازه گیری میزان نشت الکترولیت ها از بافت ها یا اندام های گیاهی تحت تنش سرما، معیار مناسبی برای اندازه گیری میزان تحمل به تنش سرما گیاهان ذکر شده است (Mirmohamadi Meibodi and Tarkeshe, 2004). Hajmohammadnia-Ghalibaf et al, 2010، در ارزیابی تحمل به یخزدگی ارقام چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) با استفاده از

انسان در طول تاریخ وابسته به گیاهان دارویی بوده و در عصر حاضر نیز با وجود پیشرفت های وسیع و فراگیر علمی و صنعتی، تمایل انسان برای استفاده از این گیاهان نه تنها کاهش نیافته، بلکه در مواردی افزایش نشان می دهد (Omid Baigi, 2004). خاکشیر (*Descurainia sophia* L.) گیاهی یک ساله یا ۲ ساله متعلق به خانواده Brassicaceae است (Shahina, 1994) که برای آن خواص دارویی فراوانی ذکر کرده اند. در چین از بذر آن به عنوان ملین، تب بر و تسکین التهابات پوست از جمله کهیر استفاده می شود. در هند نیز از بذر آن برای نرم کردن سینه و در درمان برونشیت و دفع کرم معده استفاده می کنند. متخصصان طب سنتی ایران معتقدند که خاکشیر برای تقویت معده

۱ و ۲- به ترتیب دانشیار و استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی

دانشگاه فردوسی مشهد

۳- دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت دانشگاه فردوسی مشهد

۴- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: nezami@um.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

از شاخص نشت الکترولیت‌ها دریافتند که با کاهش دما به کم‌تر از ۴- درجه سیلسیوس، در اکثر ارقام، درصد نشت الکترولیت‌ها روندی افزایشی پیدا کرده‌است. درحالی‌که در ارقامی نظیر لاتیتا و IC این افزایش در دمای کم‌تر از ۷- درجه سیلسیوس روی داد. در بررسی آن‌ها بیش‌ترین دمای ۵۰ درصد کشندگی بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها (LT_{50el}) متعلق به رقم ۷۲۳۳ (رقم حساس) و کم‌ترین آن به ارقام IC و افشاری (ارقام متحمل) تعلق داشت. در بررسی (Zhang et al., 2008) بر روی ارقام پنجه‌مرغی (*Cynodon dactylon* L.) نیز رقم 'Patriot' بعد از ۲۱ روز خوسرمایی، متوسط LT_{50el} کم‌تری نسبت به ارقام 'Tifway' و 'Princess' داشت. در مطالعه دیگری بر روی تحمل به یخ‌زدگی چندگونه علف‌چمنی نیز مشخص شد که تأثیر دماهای یخ‌زدگی بر نشت الکترولیت‌ها از سلول‌های برگ نسبت به طوقه بیش‌تر است، به‌طوری‌که حداکثر میزان نشت الکترولیت‌ها از سلول‌های برگ در دمای ۱۶/۵- درجه سیلسیوس اتفاق افتاد. درحالی‌که حداکثر نشت از سلول‌های طوقه در دمای ۱۸- درجه سیلسیوس، بود (Nezami et al., 2010). در بررسی مذکور بر اساس LT_{50el} برگ، علف‌چمنی برموداگراس (پنجه‌مرغی) و محلات حساس‌ترین و علف‌های چمنی استارلت و اکوتیپ یارند متحمل‌ترین چمن‌های مورد مطالعه بودند.

از آنجایی‌که تنش یخ‌زدگی منجر به کاهش درصد بقاء (Rashed Mohassel et al., 2009) می‌شود، لذا تعیین دمای که منجر به کاهش ۵۰ درصدی در بقاء (LT_{50su}) گیاهان می‌گردد، شاخص مناسب دیگری برای به‌گزینی انواع متحمل ذکر شده‌است (Xuan et al., 2009). در مطالعه‌ای دیگر که بر روی ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی رقم از زویسیاگراس (*Zoysia spp.*) در تمام زمان‌های نمونه‌برداری (از اکتبر تا ژانویه) انجام شد، مشاهده شد که رقم 'Meyer' نسبت به 'Cavalier' از LT_{50} بقای پایین‌تری برخوردار بود (Zhang et al., 2009). در آزمایش Nezami et al., 2012 تحمل به یخ‌زدگی شش اکوتیپ زیره‌سبز (*Cuminum cyminum* L.) در شرایط کنترل‌شده مورد بررسی قرار گرفت و بر اساس این شاخص، اکوتیپ‌های قوچان و قاین به ترتیب با LT_{50su} معادل ۱۱/۸- و ۱۰/۸- درجه سیلسیوس متحمل‌ترین و اکوتیپ‌های تربت‌حیدریه و راجستان با دمای معادل ۹/۳- درجه سیلسیوس حساس‌ترین اکوتیپ‌ها نسبت به تنش یخ‌زدگی شناخته شدند.

در آزمایشی دیگر که به منظور بررسی اثرات شخم (عمق ریشه)، کود نیتروژن و علف‌کش‌ها در کاهش زمستان‌گذرانی علف‌هرز

فریون^۳ (*Euphorbia esula* L.) با استفاده از شاخص LT_{50su} صورت گرفت، مشاهده شد که مقدار LT_{50su} برای طوقه گیاهان تیمار نشده با کود نیتروژن و علف‌کش‌ها، ۱۹- درجه سیلسیوس، برای ریشه‌های موجود در عمق ۱۵-۳۰ سانتی‌متری، ۱۶- و برای ریشه‌های برگرفته از عمق ۳۰-۱۵ سانتی‌متری خاک، ۱۳- درجه سیلسیوس بود. همچنین مقدار LT_{50su} بعد از ۲ سال تیمار با انجام دو شخم در پاییز و استفاده هم‌زمان از علف‌کش پیکلورام و 2-4-D به صفر درجه سیلسیوس افزایش یافت. کاربرد کود نیتروژن در پاییز نیز LT_{50su} را برای ریشه‌های موجود در هر دو عمق افزایش داد، ولی تأثیری در پایین آوردن تحمل به یخ‌زدگی طوقه‌ها نداشت (Lim and Calvin, 1993).

محققان هم‌بستگی خوبی را بین دماهای ۵۰ درصد کشندگی بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء گزارش کرده‌اند (Kheirkhah, 2013; Janalizadeh, 2012; and Nezami et al., 2013). نشان داد که هم‌بستگی مثبت و معنی‌داری ($r^2=0.72^{**}$) بین دماهای کشنده بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء برای گیاه نعناع‌قلقلی (*Mentha piperita* L.) وجود دارد. در مطالعه‌ای دیگر نیز مشاهده شد که دمای کشنده بر اساس نشت الکترولیت و رشد مجدد در گلخانه برای ارقام 'Tifway' و 'Tifdwarf' پنجه‌مرغی بسیار به هم نزدیک است (Li et al., 2003). در آزمایش Khorsandi, 2013 بر روی گیاه دارویی سیاه‌دانه (*Nigella sativa* L.) نیز اکوتیپ فردوس بر اساس هر دو شاخص (LT_{50su} و LT_{50el}) پایین‌ترین رتبه را داشت و حساس‌ترین اکوتیپ مورد مطالعه بود، اما اکوتیپ سبزواری ضمن داشتن رتبه‌ی بالاتر از نظر این شاخص‌ها متحمل‌ترین اکوتیپ به سرمای دیررس بهار شناخته شد.

علی‌رغم خواص دارویی متعدد خاکشیر و مناسب بودن شرایط اقلیمی کشور برای اهلی‌سازی چنین گیاهی تاکنون تحقیقات اندکی پیرامون اثر تنش‌های محیطی از جمله یخ‌زدگی بر رشد، نمو و عملکرد آن انجام شده‌است. تحقیق حاضر با هدف ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی تعدادی از اکوتیپ‌های خاکشیر با استفاده از شاخص‌های LT_{50su} و LT_{50el} در شرایط کنترل‌شده انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در پاییز سال ۱۳۸۷ به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا شد. عوامل آزمایش شامل پنج اکوتیپ خاکشیر (اقلید، سبزواری، همدان، تربت‌جام و نیشابور) و ۱۰ سطح دمای یخ‌زدگی (۰، ۲، ۴، ۶، ۸، ۱۰، ۱۲، ۱۴، ۱۶ و ۱۸- درجه)

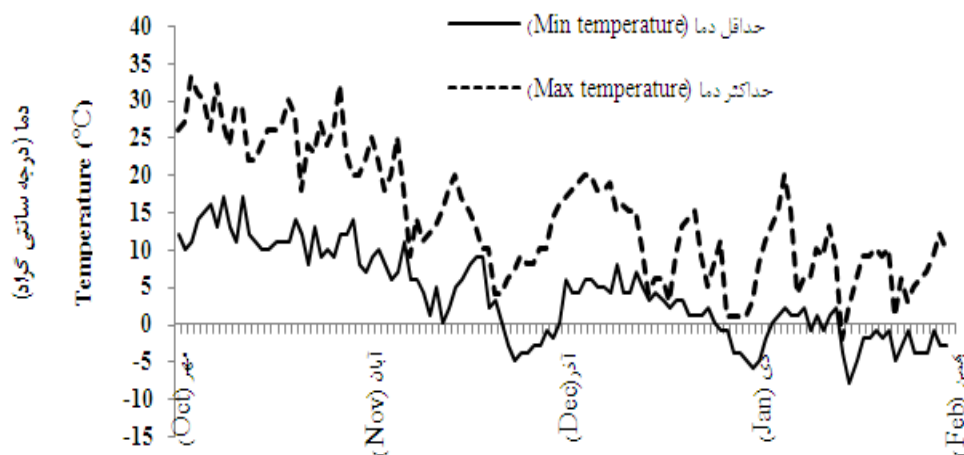
1- Lethal temperature 50% of plants according to the electrolyte leakage percentage

2- Lethal temperature 50% of plants according to the Survival percentage

3- Leafy spurge

مرحله پنج الی هفت‌برگی در شرایط آب‌وهوای طبیعی رشدیافتند و پس از گذراندن دوره خوسرمایی برای اعمال دماهای یخ‌زدگی، به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند.

سیلیسیوس) بودند. پس از جمع‌آوری بذور اکوتیپ‌های خاکشیر از مناطق اقلیمی موردنظر، به کشت آن‌ها در گلدان‌هایی پلاستیکی با قطر ۱۰ سانتی‌متر اقدام شد. به‌منظور القاء خوسرمایی در نتیجه کاهش دما و فتوپریود رایج در پائیز (شکل ۱)، گیاهان از زمان کاشت تا



شکل ۱- شرایط آب و هوایی پاییز و زمستان ۱۳۸۷ در مشهد
Figure 1- The weather conditions of autumn and winter of 2008- 9 in Mashhad

ویال‌ها به‌مدت ۳۰ دقیقه به اتوکلاو با دمای ۱۱۰ درجه سیلیسیوس و فشار ۱/۲ اتمسفر منتقل شدند و پس از آن مجدداً به‌مدت شش‌ساعت بر روی شیکر قرار گرفته و سپس هدایت‌الکتریکی نهایی آن‌ها اندازه‌گیری شد (EL_2). درصد نشت‌الکترولیت‌ها با استفاده از معادله (۱) محاسبه شد. درجه‌حرارت کشنده ۵۰ درصد گیاهان بر اساس درصد نشت‌الکترولیت‌ها (LT_{50el}) نیز با استفاده از رسم نمودار سیگموئیدی داده‌های درصد نشت‌الکترولیت هر اکوتیپ در مقابل دماهای یخ‌زدگی و با استفاده از معادله (۲) تعیین شد (Anderson, 1988).

$$(1) \quad (EL_1/EL_2) \times 100 = \text{درصد نشت‌الکترولیت‌ها}$$

$$(2) \quad ELp = ELi + [(ELm - ELi) / (1 + e^{-B(T-Tm)})]$$

در معادله فوق ELp : میزان نشت‌الکترولیت پیش‌بینی‌شده؛ ELi : حداقل درصد نشت‌الکترولیت در دماهای مختلف؛ ELm : حداکثر درصد نشت‌الکترولیت به‌دست‌آمده در دماهای مختلف؛ e : تابع نمایی؛ B : میزان افزایش شیب منحنی؛ T : مقدار مطلق دما و Tm : نقطه عطف منحنی؛ نقطه میانی بین بخش بالایی و پایینی خط منحنی که نشان‌دهنده دمایی است که باعث خروج ۵۰ درصد الکترولیت‌ها (LT_{50el}) از سلول شده‌است، می‌باشند.

جهت تعیین بقاء گیاهان پس از تنش یخ‌زدگی، گلدان‌ها به گلخانه منتقل شدند. سه‌هفته پس از انتقال گیاهان، درصد بقاء آن‌ها از طریق معادله (۳) مشخص و با رسم داده‌های درصد بقاء هر اکوتیپ

دمای فریزر در شروع آزمایش پنج‌درجه سیلیسیوس بود و پس از قراردادن نمونه‌ها در فریزر، دما با سرعت ۲ درجه سیلیسیوس در ساعت کاهش یافت تا به‌دمای موردنظر رسید. هم‌چنین به‌منظور جلوگیری از فراسرد شدن گیاهان و ایجاد هستک یخ در گیاهچه‌ها، در دمای ۲- درجه سیلیسیوس محلول حاوی باکتری‌های فعال مولد هستک یخ (INAB) بر روی گیاهان اسپری شد به‌نحوی که سطح گیاهان را قشر نازکی از محلول مذکور پوشاند. به‌منظور ایجاد تعادل در دمای محیط، گیاهان در هر تیمار دمایی به‌مدت یک‌ساعت نگه‌داشته شده، سپس از فریزر خارج شدند. در مرحله بعد برای کاهش سرعت ذوب یخ، گیاهان به‌دمای پنج‌درجه سیلیسیوس منتقل و در طول شب در آنجا نگه‌داری شدند.

برای اندازه‌گیری میزان نشت‌الکترولیت‌ها در هر تیمار دمایی، روز بعد از اعمال تنش یخ‌زدگی، بخش هوایی چهار بوته خاکشیر داخل ویال‌های حاوی ۴۰ میلی‌لیتر آب ۲ بار تقطیرشده قرار گرفته و به‌مدت شش‌ساعت در روی شیکر تکان داده شدند. پس از آن، هدایت‌الکتریکی اولیه با استفاده از دستگاه EC متر^۲ اندازه‌گیری شد (EL_1). به‌منظور تعیین میزان کل نشت‌الکترولیت‌ها در اثر مرگ گیاه،

1- Ice Nucleation Active Bacteria
2- Electrical Conductivity-meter

در مقابل دماهای یخزدگی، LT_{50su} تعیین شد.

(۳)

= درصد بقاء

/ (تعداد گیاهان زنده سه هفته پس از تیمار یخزدگی) /
[$\times 100$] (تعداد گیاهان قبل از تیمار یخزدگی)
تجزیه و تحلیل آماری داده‌های درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء به صورت فاکتوریل و داده‌های LT_{50su} و LT_{50el} به صورت One-Way ANOVA و با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C انجام شد. برای تعیین هم‌بستگی میان صفات مذکور از نرم‌افزار MINITAB 15 استفاده شد. همچنین تعیین LT_{50el} با استفاده از نرم‌افزار Slidewrite صورت گرفت. رسم نمودارها توسط نرم‌افزار Excel و مقایسه‌ی میانگین داده‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام شد.

نتایج و بحث

درصد نشت الکترولیت‌ها و LT_{50el}

تنش یخزدگی تأثیر معنی‌داری ($P \leq 0/01$) بر درصد نشت الکترولیت‌ها داشت (جدول ۱). بر اساس مقایسه میانگین داده‌ها، خروج الکترولیت‌ها از سلول‌های اندام‌های هوایی خاکشیر تا دمای ۸- درجه سیلسیوس تقریباً مشابه تیمار شاهد (صفر درجه سیلسیوس) بود، اما با کاهش بیش‌تر دما، به‌طور معنی‌داری ($P \leq 0/01$) افزایش یافت (جدول ۲). بیش‌ترین میزان نشت الکترولیت‌ها در دمای ۱۲- درجه سیلسیوس و کم‌ترین آن در دمای ۲- درجه سیلسیوس مشاهده شد (جدول ۲). به‌نظر می‌رسد اختلال در ساختار غشای سلولی عامل اصلی افزایش نشت الکترولیت‌ها در این آزمایش باشد، زیرا اثرات ناشی از تنش یخزدگی سبب اختلال در ساختار و از بین رفتن تمامیت غشاء

شده و حاصل این تغییرات، کاهش انسجام غشاها و افزایش نشت الکترولیت از آن‌ها می‌باشد (Campos, 2003). *Eugenia et al.*, 2003 در آزمایشی ارقام شبدر (*Trifolium spp.*) را در معرض دماهای یخزدگی قرار دادند و بیان کردند که تفاوت معنی‌داری از نظر درصد نشت الکترولیت‌ها در بین دماهای آزمایش وجود دارد. در آزمایش آن‌ها افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها از دمای ۶- درجه سیلسیوس شروع شد و با کاهش دما تا ۱۴- درجه سیلسیوس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بر اساس نتایج آزمایش Izadi-Darbandi *et al.*, 2012 بر روی ژنوتیپ‌های یولاف وحشی (*Avena L. ludoviciana*)، کاهش دما منجر به افزایش خروج الکترولیت‌ها شد و کم‌ترین و بیش‌ترین درصد نشت الکترولیت‌ها به‌ترتیب در دماهای ۳- و ۱۸- درجه سیلسیوس مشاهده شد.

اثر متقابل اکوتیپ و دما بر درصد نشت الکترولیت گیاهان نیز معنی‌دار ($P \leq 0/01$) بود (جدول ۱)، با کاهش دما، درصد نشت الکترولیت‌ها در تمام اکوتیپ‌ها افزایش یافت، اما این افزایش برای اکوتیپ نیشابور از دماهای بالاتری (۸- درجه سیلسیوس) شروع شد، در حالی که در سایر اکوتیپ‌ها، این روند از دماهای پایین‌تری (۱۰- درجه سیلسیوس) نسبت به تیمار شاهد (صفر درجه سیلسیوس) مشاهده گردید (شکل ۲). مقایسه میانگین صفت مذکور نیز نشان داد که کم‌ترین درصد نشت الکترولیت‌ها متعلق به اکوتیپ نیشابور در دمای ۲- درجه سیلسیوس و بیش‌ترین درصد نشت الکترولیت متعلق به اکوتیپ تربت‌جام در دمای ۱۲- درجه سیلسیوس بود (شکل ۲). شیب افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها در اکوتیپ‌های نیشابور، تربت‌جام و اقلید نسبت به اکوتیپ‌های همدان و سبزوار در فاصله دماهای ۸- تا ۱۰- درجه سیلسیوس بسیار تندتر بود (شکل ۲).

جدول ۱- منبع تغییر، درجه آزادی و میانگین مربعات درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء گیاه خاکشیر پس از اعمال دماهای یخزدگی
Table 1- Sources of variation, degree of freedom and mean of squares of electrolytes leakage percentage and survival in Flixweed after applying freezing temperatures

منبع تغییر	درجه آزادی	درصد نشت الکترولیت‌ها	درصد بقاء
Sources of variation	Degree of freedom	Electrolyte leakage percentage	Survival percentage
اکوتیپ	4	357.885**	280.521 *
Ecotype			
دما	9	3142.265**	29825.067**
Temperature			
اکوتیپ × دما	36	238.101**	253.432 **
Ecotype × temperature			
خطا	100	33.562	88.521
Error			
کل	146		
Total			

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

* And ** are significant in 5% and 1 % probability levels respectively

جدول ۲- اثر تنش یخ‌زدگی بر درصد نشت الکترولیت‌ها و درصد بقاء خاکشیر

Table 2- Effect of freezing stress on electrolyte leakage and survival percentage in Flixweed

دمای یخ‌زدگی (°C)	درصد نشت الکترولیت‌ها	درصد بقاء
Freezing temperature (°C)	electrolyte leakage percentage	survival percentage
0	33.1	98.7
-2	27.9	95.0
-4	34.8	98.8
-6	34.9	95.1
-8	32.3	91.1
-10	44.0	73.6
-12	69.0	32.3
-14	57.8	1.3
-16	62.1	0.0
-18	51.8	0.0
LSD (0.01)	5.5	9.0

در هر ستون میانگین‌هایی که اختلاف آن‌ها بیش‌تر از LSD است دارای تفاوت آماری معنی‌داری هستند

In ach column means which, their differences are more than LSD value had significant statistic difference

(*Zoysia spp.*) بر اساس شاخص LT_{50el} متفاوت است، به‌طوری‌که گونه *Z. japonica*، تحمل به یخ‌زدگی بیش‌تری نسبت به سایر گونه‌ها داشت و مقدار LT_{50el} آن، پنج‌درجه سیلسیوس کم‌تر از گونه *Z. macrostachya* بود.

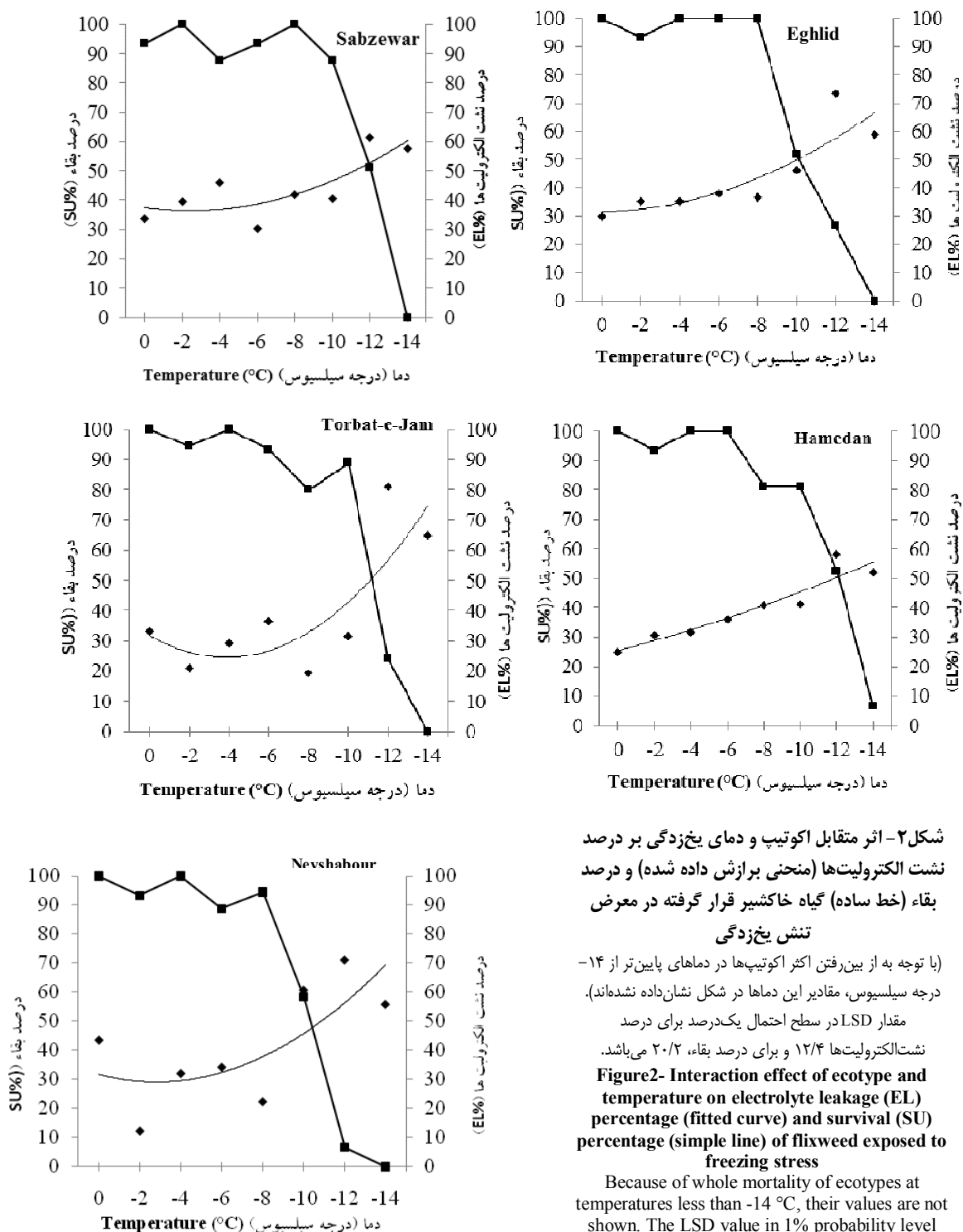
درصد بقاء

اثر دما و اثر متقابل اکوتیپ و دمای یخ‌زدگی بر درصد بقاء نیز معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۱). در اکوتیپ‌های اقلید و نیشابور کاهش درصد بقاء از دماهای بالاتری (۸-درجه سیلسیوس) نسبت به اکوتیپ‌های همدان، سبزواری و تربت‌جام (۱۰-درجه سیلسیوس) شروع شد. در دمای ۱۴-درجه سیلسیوس نیز تنها اکوتیپ همدان (تقریباً ۷ درصد) بقاء داشت، بقیه اکوتیپ‌ها از بین رفته بودند (شکل ۲). Pietsch *et al.*, 2009 نیز با ارزیابی تحمل به یخ‌زدگی ژنوتیپ‌های گیاه گوارا (*Guara sp.*) بیان کردند که گیاهان ژنوتیپ مینه‌سوتا تا دمای ۱۲-درجه سیلسیوس زنده ماندند، اما گیاهان ژنوتیپ تگزاس در دمای مذکور از بین رفتند. در بررسی Moshtaghi *et al.*, 2009 بر روی نخود نیز مشاهده شد که درصد بقای ژنوتیپ متحمل به سرما (MCC426) تا دمای ۹-درجه سیلسیوس چندان تحت‌تأثیر قرار نگرفته‌است. درصد بقای ژنوتیپ متحمل در این دما ۸۸ درصد و ۱/۴ برابر نمونه حساس (MCC505) بود.

مطالعات نشان داده‌است که تداوم انسجم غشاء پلاسمایی از جمله عوامل مهم در بقای گیاهان تحت‌شرایط تنش یخ‌زدگی است و هرگونه اختلال در ساختار غشاء سبب بروز خسارت و حتی مرگ آن می‌شود و گونه‌های گیاهی بر اساس خصوصیات رشدی و ژنتیکی پاسخ‌های متفاوتی به تنش سرما دارند (Sulk *et al.*, 1991).

محققان شیب منحنی نشت الکترولیت‌ها را به‌عنوان یکی از مهم‌ترین نشانه‌های خسارت ناشی از تنش سرما در گیاهان پیشنهاد و بیان کرده‌اند که نمودار نشت الکترولیت‌ها در گونه‌های متحمل به تنش سرما از شیب کم‌تری برخوردار است، در مقابل در گونه‌های حساس به تنش سرما، این شیب تندتر است (Boroumand Rezazadeh *et al.*, 1997 and Cardona *et al.*, 2013). در بررسی Campos, 2003 بر روی اثر دماهای پایین بر پنج‌ژنوتیپ قهوه (*Coffea sp.*) نیز با کاهش تدریجی دما، نشت الکترولیت (میزان هدایت الکتریکی) در ژنوتیپ *C. dewevrei* به‌شدت افزایش داشت (۱۷۰ درصد) درحالی‌که در ژنوتیپ‌های دیگر این افزایش کم‌تر بود. Zhang *et al.*, 2008 نیز در بررسی تحمل به یخ‌زدگی ارقام پنجه‌مرغی دریافتند که رقم 'Patriot' در مقایسه با رقم 'Princess' در دمای ۴- و ۸- و ۱۰-درجه سیلسیوس، نشت نسبتاً کم‌تری داشت و رقم 'Riviera' نسبت به رقم 'Princess' در دمای ۶- و ۸-درجه سیلسیوس نشت الکترولیت کم‌تری نشان داد.

اکوتیپ‌های خاکشیر موردبررسی از نظر LT_{50el} نیز تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با یکدیگر داشتند. به‌طوری‌که بیش‌ترین LT_{50el} (بیشترین حساسیت) در اکوتیپ نیشابور مشاهده شد و اکوتیپ‌های دیگر اختلاف معنی‌داری به‌لحاظ این شاخص با یکدیگر نداشتند (شکل ۳). در گزارشی بر روی گیاه دارویی موسیر (*Allium altissimum* Regel) نیز از نظر این شاخص بین اکوتیپ‌ها، تفاوت معنی‌داری وجود داشت، به‌طوری‌که اکوتیپ‌های تندوره و کلات (متحمل‌ترین اکوتیپ‌ها به دماهای یخ‌زدگی) کم‌ترین و اکوتیپ شیروان (حساس‌ترین اکوتیپ به دماهای یخ‌زدگی) بیش‌ترین مقدار LT_{50el} را داشتند (Rezwan-Bidokhti *et al.*, 2011). Li *et al.*, 2003 نیز دریافتند که تحمل به یخ‌زدگی نمونه‌های زیوسیاگراس

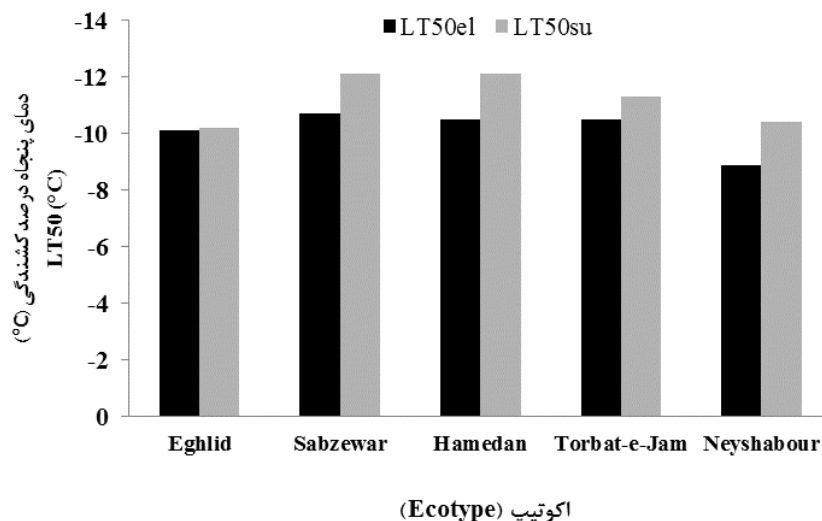


شکل ۲- اثر متقابل اکوتیپ و دمای یخ زدگی بر درصد نشت الکترولیت ها (منحنی برازش داده شده) و درصد بقاء (خط ساده) گیاه خاکشیر قرار گرفته در معرض تنش یخ زدگی

(با توجه به از بین رفتن اکثر اکوتیپ ها در دماهای پایین تر از -۱۴ درجه سلسیوس، مقادیر این دماها در شکل نشان داده نشده اند). مقدار LSD در سطح احتمال یک درصد برای درصد نشت الکترولیت ها ۱۲/۴ و برای درصد بقاء ۲۰/۲ می باشد.

Figure 2- Interaction effect of ecotype and temperature on electrolyte leakage (EL) percentage (fitted curve) and survival (SU) percentage (simple line) of flaxweed exposed to freezing stress

Because of whole mortality of ecotypes at temperatures less than -14 °C, their values are not shown. The LSD value in 1% probability level for EL% and SU% was 12.4 and 20.2 respectively.



شکل ۳- درجه حرارت پنجاه درصد کشندگی بر اساس درصد نشت‌الکترولیت‌ها ($LSD=1/1$) و درصد بقاء، ($LSD=1/2$) اکوتیپ‌های خاکشیر قرار گرفته در معرض تنش یخ‌زدگی

Figure 3- Lethal temperature 50 % according to the electrolyte leakage ($LSD=1.1$) and survival percentage ($LSD=1.2$) of Flixweed ecotypes exposed to freezing stress

روی گیاه دارویی هب (*Hebe sp.*) (Nezami et al, 2010) بر روی ارقام چغندرقد نیز مشاهده شد.

دامنه دمای ۵۰ درصد کشندگی بر اساس درصد نشت‌الکترولیت‌ها در این آزمایش بین ۸/۹- تا ۱۰/۷- درجه سیلسیوس متغیر بود. در حالی که مقدار LT_{50su} بسته به اکوتیپ بین ۱۰/۲- تا ۱۲/۱- درجه سیلسیوس نوسان داشت. این نتایج نشان می‌دهد که در تمام اکوتیپ‌ها (به‌استثنای اکوتیپ اقلید)، دمایی که سبب ۵۰ درصد کشندگی براساس درصد بقاء شده‌است، لزوماً برابر با دمایی که سبب خروج ۵۰ درصدی الکترولیت‌ها از سلول شده، نبوده‌است و غشاء در طی دوران باز یافت در اکثر اکوتیپ‌ها حتی در اکوتیپ نیشابور (اکوتیپ حساس به‌لحاظ LT_{50el}) ترمیم شده‌است (شکل ۳). در اکوتیپ نیشابور دمای ۹- درجه سیلسیوس منجر به خروج ۵۰ درصد الکترولیت‌ها شد، ولی مرگ‌ومیر ۵۰ درصدی گیاهان در دمای پایین‌تری (۱۰/۵- درجه سیلسیوس) اتفاق افتاد. در اکوتیپ‌های سبزوار، تربت‌جام و همدان نیز اختلاف ۱/۵ درجه سیلسیوسی بین LT_{50el} و LT_{50su} دیده‌شد (شکل ۳). با این‌وجود، در این بررسی هم‌بستگی مثبت و نسبتاً بالایی بین LT_{50el} و LT_{50su} ($r=0/53^{**}$) وجود داشت (جدول ۳). این موضوع حاکی از این‌است که با کاهش LT_{50el} ، LT_{50su} نیز کاهش یافته‌است. این نتایج مشابه با یافته‌های Nezami et al, 2013 بر روی بررسی تحمل به یخ‌زدگی ارقام چغندرقد پاییزه بود. هم‌چنین در این آزمایش هم‌بستگی منفی و بالایی بین درصد نشت‌الکترولیت‌ها و درصد بقاء ($r=-0/72^{***}$) دیده شد (جدول ۳). به‌عبارتی با افزایش درصد نشت‌الکترولیت‌ها، درصد بقاء گیاهان کاهش یافت. چنین نتایجی

بر این‌اساس می‌توان اظهار نمود که ارقام مقاوم از طریق حفظ تمامیت غشای خود و لذا نشت کم‌تر الکترولیت‌ها، پس از رفع تنش یخ‌زدگی قادر به زنده‌مانی و بقاء بیش‌تری هستند. لذا به‌نظر می‌رسد، اکوتیپ همدان به‌دلیل داشتن غشای پایدارتر نسبت به اکوتیپ‌های دیگر از بقای بالاتری در دماهای پایین برخوردار بوده‌است. در بررسی Boroumand Rezazadeh et al., 2013 بر روی گیاه دارویی زینان (*Trachyspermum ammi* (Linn). Sprague) نیز درصد بقاء اکوتیپ بیرجند در دماهای پایین بیش‌تر از دو اکوتیپ تربت‌حیدریه و نیشابور بود. در بررسی ایشان اکوتیپ بیرجند شیب نشت‌الکترولیت کم‌تری هم نسبت به دو اکوتیپ دیگر داشت.

در این آزمایش، بین اکوتیپ‌ها به‌لحاظ LT_{50su} هم اختلاف معنی‌داری ($P \leq 0/01$) مشاهده شد و تحمل به یخ‌زدگی اکوتیپ‌های همدان و سبزوار به‌لحاظ این شاخص تقریباً ۲ درجه سیلسیوس بیش‌تر از اکوتیپ‌های اقلید و نیشابور بود (شکل ۳). در بررسی Nezami et al., 2013 بر روی ارقام پاییزه چغندرقد نیز حداقل و حداکثر LT_{50su} به‌ترتیب به‌میزان ۱۶/۹- و ۱۵/۲- درجه سیلسیوس و در ارقام Monotunno و SBSI1 به‌دست‌آمد. نتایج بررسی Dionne et al., 2001 بر روی چمن یک‌ساله (*Poa annua* L.) تفاوت معنی‌داری از لحاظ LT_{50su} بین اکوتیپ‌های این گیاه نشان داد.

در این بررسی هم‌بستگی منفی و بالایی ($r=-0/67^{**}$) بین درصد بقاء و LT_{50su} مشاهده شد (جدول ۳). این موضوع نشان می‌دهد که اکوتیپ‌هایی با درصد بقاء بیش‌تر از LT_{50su} منفی و پایین‌تری برخوردار بوده‌اند. چنین نتایجی توسط Warrington et al, 1995 بر

سیلیسیوس آغاز شد. افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها برای اکوتیپ نیشابور از دمای ۸- درجه سیلیسیوس شروع شد، سایر اکوتیپ‌ها از دمای پایین‌تری پایداری غشای خود را از دست دادند. همچنین در اکوتیپ‌های اقلید و نیشابور کاهش درصد بقاء از دماهای بالاتری (۸- درجه سیلیسیوس) نسبت به اکوتیپ‌های همدان، سبزوار و تربت‌جام شروع شد. بر اساس شاخص‌های LT_{50el} و LT_{50su} اکوتیپ‌های همدان، سبزوار و تربت‌جام نسبت به اکوتیپ‌های نیشابور و اقلید تحمل به یخ‌زدگی بیش‌تری داشتند.

سپاسگزاری

بودجه این تحقیق از محل اعتبارات قطب علمی گیاهان زراعی ویژه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تامین شده‌است که بدین وسیله سپاسگزاری می‌گردد.

توسط Boroumand Rezazadeh *et al.*, 2013 بر روی گیاه دارویی زنیان و Javad Mousavi *et al.*, 2011 بر روی گیاه زینتی مینای‌چمنی (*Bellis perennis*) نیز گزارش شد.

در این مطالعه هم‌بستگی منفی و بالایی ($r = -0.55^*$) بین LT_{50el} و درصد بقاء نیز وجود داشت (جدول ۳) که نشان می‌دهد با کاهش LT_{50el} ، درصد بقاء گیاهان زیاد شده‌است. این نتایج مشابه یافته‌های Janalizadeh, 2012 بر روی گیاه دارویی بارهنگ سر نیزه‌ای (*Plantago lanceolata* L.) بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع تنش یخ‌زدگی سبب افزایش درصد نشت الکترولیت‌ها و کاهش درصد بقاء گیاه خاکشیر شد. درصد نشت الکترولیت‌ها از دماهای کم‌تر از ۸- درجه سیلیسیوس به‌طور شدیدی افزایش داشت. کاهش معنی‌دار درصد بقاء گیاهان نیز از دماهای کم‌تر از ۸- درجه

جدول ۳- ضرایب هم‌بستگی بین درصد نشت الکترولیت‌ها، درصد بقاء، LT_{50el} و LT_{50su} در اکوتیپ‌های خاکشیر قرار گرفته در معرض تنش یخ‌زدگی

Table3- Correlation coefficients between electrolyte leakage, survival percentage, LT_{50el} and LT_{50su} in Flixweed ecotypes exposed to freezing stress

صفت Trait	1	2	3	4
۱-درصد نشت الکترولیت‌ها 1-Electrolytes leakage %	1			
۲-درصد بقاء 2-Survival %	-0.72***	1		
۳- LT_{50el}	-0.29 ^{ns}	-0.55 [*]	1	
۴- LT_{50su}	0.13 ^{ns}	-0.67**	0.53 [*]	1

^{ns}, *, **, and ***: Non significant and Significant at 5, 1 and 0.1 % probability levels respectively

References

- Anderson, J. A., P. Michael, and C. M. Taliaferro. 1988. Cold hardiness of Midiron and Tifgreen. Horticultural Science 23:748-750.
- Boroumand Rezazadeh, Z., A. Nezami, and S. Nezami. 2013. Evaluation of freezing stress tolerance in three Ecotypes of Ajowan (*Trachyspermum ammi* (Linn). Sprague) under controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 11(1): 121-130. (In Persian with English Abstract).
- Campos P.S., V. Quartin, J. C. Ramalho, and M. A. Nunes. 2003. Electrolyte leakage and lipid degradation account for cold sensitivity in leaves of Coffea sp. plants. Journal of Plant Physiology 160: 283-292.
- Cardona, C. A., R. R. Duncan, and O. Lindstrom. 1997. Low temperature tolerance assessment in Paspalum. Crop Science 37: 1283-1291.
- Dionne, J., Y. Castonguay, P. Nadeau, and Y. Desjardins. 2001. Freezing tolerance and carbohydrate changes during cold acclimation of green-type annual Bluegrass (*Poa annua* L.) ecotypes. Crop Science 41:443-451.
- Eugenia, M., S. Nunes, and G. Ray Smith. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. Crop Science 43: 1349-1357.
- Hajmohammadnia- Ghalibaf K., A. Nezami, and A. Kamandi. 2010. Study the possibility of using the electrolyte leakage index for evaluation of cold tolerance in Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars. Iranian Journal of Field Crop Research 8(3): 465-472. (In Persian with English Abstract).
- Izadi- Darbandi, E., A. Nezami, A. Abbasian, and M. Heidari. 2012. Evaluation of freezing stress tolerance in Wild Oat (*Avena ludoviciana* L.) by electrolytes leakage test. Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences 5(1):

- 81-94. 22-24. (In Persian with English Abstract).
9. Janalizadeh, M. 2012. Evaluation of cold tolerance in Lancelot plantain (*Plantago lanceolata* L.) ecotypes under controlled conditions. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract)
10. Javad Mousavi, M., S. Nezami, E. Izadi-Darbandi, A. Nezami, M. Yousef Sani, and F. Keykha Akhar. 2011. Evaluation of freezing tolerance of English daisy (*Bellis perennis*) under controlled conditions. Journal of Water and Soil 25(2): 380-388. (In Persian with English Abstract).
11. Kheirkhah, T. 2013. Evaluation of field grown Mentha (*Mentha piperita* L.) to Cold tolerance under laboratory conditions. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad. (In Persian with English Abstract).
12. Khorsandi, T. 2013. Evaluation of late spring cold tolerance in Black cumin (*Nigella sativa* L.) ecotypes under controlled conditions. MSc Thesis, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. (In Persian with English Abstract).
13. Kiani, K. 2003. Advantages and disadvantages of medicinal plants. Zarghalam Publications.
14. Li, Y., X. J. Xie, J. P. Xuan, and J. X. Liu. 2003. Assessment of cold-tolerance of China's *Zoysia Spp.* Acta Agrestia Sinica 11: 240-245.
15. Lim, R. G. and Calvin, G. M. 1993. Fall cultivation and fertilization to reduce winter hardiness of leafy spurge (*Euphorbia esula*). Weed Science, 41:441-446.
16. Miller, G. L., and R. Dickens. 1996. Potassium fertilization related to cold resistance in bermudagrass. Crop Science 36:1290-1295.
17. Mirheidar, H. 1995. Plant introductions, usage of plants in prevention and treatment of diseases'. Islamic Culture Publication Office, Vol: 3, P: 173-175. (In Persian).
18. Mirmohamadi Meibodi, A. and S. Tarkeshe Esfahani. 2004. Aspects of physiology and breeding for cold and freezing in crops. Golbon Publication, Isfahan, Iran 223 pp. (In Persian).
19. Moshtaghi, N., A. R. Bagheri, A. Nezami, and S. Moshtaghi. 2009. Investigation of betaine spray on freezing tolerance of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) in controlled conditions. Iranian Journal of Field Crops Research 7: 647-656. (In Persian with English Abstract).
20. Nezami, A., K. Hajmohammadnia Ghalibaf, and A. Kamandi. 2010. Evaluation of freezing tolerance in sugar beet (*Beta vulgaris*) cultivars under controlled condition. Environmental Stresses in Agricultural Sciences 8(3): 465-472. (In Persian with English Abstract).
21. Nezami, A., H. R. Khazaie, M. Dashti, H. R. Mehrabadi, E. Eishi Rezaie, and M. Ahmadi. 2013. Evaluation of Morpho-physiological indices in autumn Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars under freezing stress at seedling stage. Journal of Sugar beet 29(1): 15-31. (In Persian with English Abstract).
22. Nezami, A., J. Rezaei, and B. Alizadeh 2010. Evaluation of cold stress tolerance in several species of grasses by electrolyte leakage test. Journal of water and soil 24: 1019-1026. (In Persian with English Abstract).
23. Nezami, A., S. Sanjani, M. Ziaee, M. Bannayan aval, M. R. Soleimani, and M. Nasiri- Mahalati. 2012. Evaluation of freezing tolerance of Cumin (*Cuminum cyminum* L.) under controlled conditions. Agricultura-Știință și practică 1(2): 75-84.
24. Omid Baigi, R. 2004. Production and processing of medicinal plants. Beh Nashr Company, Astan Ghods Razavi Publication. 149 (3) P: 397. (In Persian).
25. Pietsch, G., M. Anderson, and P. H. Li. 2009. Cold tolerance and short day acclimation in perennial Gaura coccinea and G. drummondii. Scientia Horticulture 120: 418-425.
26. Rashed Mohassel, M.H., A. Nezami, A. Bagheri, K. Hajmohammadnia Ghalibaf, and M. Bannayan Aval. 2009. Evaluation of freezing tolerance of two fennel (*Foeniculum vulgare* L.) ecotypes under controlled conditions. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants 15:131-140.
27. Rezwan-Bidokhti, S., A. Nezami, M. Kafi, and H. R. Khazaie. 2011. Evaluation of freezing stress effect on quantity of electrolyte leakage in Shallot (*Allium altissimum* Regel.) as a medicinal and industrial plant under controlled conditions. Iranian Journal of Agroecology 3(3): 371-382. (In Persian with English Abstract).
28. Shahina, A.G. 1994. Hand book of Arabian medicinal plants. CRC. Press, p.265.
29. Sulk R.M., K. A. Albrecht, and S. H. Duke. 1991. Leakage of intra cellular substances as an indicator of freezing injury in alfalfa. Crop Science 31: 430-435.
30. Warrington I. J. and R. C. Southward. 1995. Seasonal frost tolerance of Hebe species and cultivars. New Zealand Journal of Crop Horticultural Science 23: 437-445.
31. Xuan J., J. Liu, H. Gao, H. Huaguabghu, and X. Cheng. 2009. Evaluation of low-temperature tolerance of Zoysia grass. Tropical Grasslands 43: 118-124.
32. Zhang Q., J. Fry, C. Rajashekar, D. Bremer, and M. Engelke. 2009. Membrane polar lipid changes in Zoysiagrass rhizomes and their potential role in freezing tolerance. Journal of American Society in Horticultural science 134(3): 322-328.
33. Zhang, X., K. Wang, and E. H. Ervin. 2008. Bermudagrass freezing tolerance associated with abscisic acid metabolism and dehydrin expression during cold acclimation. Journal of American Society in Horticultural Science 133(4): 542-550.



The Effect of Freezing Stress on Percentage of Electrolytes Leakage and Survival of Flixweed (*Descurainia sophia* L.) Seedlings

E. Izadi-Darbandi¹ - A. Nezami^{2*} - R. Hassanbeigy³ - M. Janalizadeh Ghazvini⁴

Received: 25-10-2014

Accepted: 22-08-2015

Introduction

Flixweed (*Descurainia sophia* L.) is a medicinal plant from Brassicaceae family which also known as a weed for winter cereals and oil seed rape. Low temperatures are one of the most important abiotic stresses that threat Flixweed growth and productivity. Therefore it is important to recognize the freeze tolerance of Flixweed for successful planting and utilization in cold regions such as Mashhad in Khorasan Razavi Province (Iran's north. east). Among many laboratory methods which have been developed to estimate and to evaluate plants response or their tolerance to freezing temperatures, electrolyte leakage (EL) test is widely used. This test is based on this principle that damage to the cell membranes results in enhanced leakage of solutes into the apoplastic water, hence recording the amount of leakage after stress treatments provides an estimation of tissue injury. Indeed continuing integration of plasma membrane is one important factor for survival of plants under freezing stress and any disturbance in membrane structure can lead to damage and death. So determination of LT₅₀ point or critical temperature for electrolytes leakage and survival of plant is the most reliable, quantitative and simple methods for evaluating the cold tolerance of plants. The aim of this trial was to determine the LT₅₀ according to the EL and SU% for Flixweed ecotypes.

Materials and Methods

In order to evaluate freeze tolerance in Flixweed, a factorial experiment based on completely randomized design with three replications was carried out in college of agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. Experimental factors included five ecotypes of Flixweed (Eghlid, Sabzewar, Hamedan, Torbat-e-Jam and Neyshabour) and 10 freezing temperature levels (0, -2, -4, -6, -8, -10, -12, -14, -16 and -18°C). Flixweed seeds were cultivated in pots in autumn of 2008 and were grown until 5-7 leaf stage under natural weather conditions for acclimation. Then to apply freezing temperatures, they were transferred to a thermo gradient freezer. The initial temperature of programmable freezer was 5°C; but gradually decreased in a rate of 2°C.h⁻¹ until reached to desired temperatures. When the temperature reached to -2°C, the plants were sprayed with the Ice Nucleation Active Bacteria (INAB) to help the formation of ice nucleus in them. As well this spraying was conducted to prevent from super-cooling of samples and to ensure that mechanism of freeze resistance is tolerance not avoidance as well. After reaching a desired freezing temperature happened, the samples were removed from the freezer and then were thawed slowly during 24 hours in a refrigerator at 5±1°C. Cytoplasmic membrane stability was evaluated by electrolyte leakage (EL) test, afterward lethal temperature was calculated for 50% of plants according to the electrolyte leakage % (LT_{50el}). In order to evaluate correlation between EL% with survival percentage (SU%), remained plants were transferred to greenhouse and after 21 days recovery, SU% and then lethal temperature was determined for 50% of plants according to the SU% (LT_{50su}). Analysis of variance performed by MSTAT-C software and correlation between data carried out by MINITAB 16 program. LT_{50el} was determined by Slide write software. Mean separation was conducted by least significant difference (LSD) test at 1% probability level.

Results and Discussion

Results showed that the reduction of temperature to less than -8°C, led to increment of electrolyte leakage % and decline of survival %. Interaction effect of ecotype and temperature on electrolyte leakage and survival percentage was significant at 1% probability level. Enhancement of electrolyte leakage % for Neyshabour ecotype started from -8°C, while the others were affected from lower temperatures. In addition in Eghlid and

1 & 2- Prof. and Associate Prof. Respectively, Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- MSc Graduated Student of Agronomy, Ferdowsi University of Mashhad

4- Ph.D Student of Crop Physiology, Ferdowsi University of Mashhad

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

Neyshabour ecotypes, decline of survival % begun from higher temperatures (-8°C) compared with the other ecotypes (-10°C). Cold hardiness is often reported as $\text{LT}_{50\text{el}}$, means the temperature at which 50% of the electrolytes leaked from the cells. $\text{LT}_{50\text{el}}$ often is simply equaled to 50% sample mortality or $\text{LT}_{50\text{su}}$. According to the $\text{LT}_{50\text{el}}$ and $\text{LT}_{50\text{su}}$ indices, Hamedan, Sabzewar and Torbat-e-Jam ecotypes had better freeze tolerance than Neyshabour and Eghlid ecotypes and according to the $\text{LT}_{50\text{su}}$, Hamedan ecotype had potential to freezing tolerance up to -12°C .

Conclusions

In this survey, there was strong and negative correlation between EL% and SU% ($r = -0.72^{***}$). Furthermore, there was high and positive correlation between $\text{LT}_{50\text{el}}$ and $\text{LT}_{50\text{su}}$ ($r = 0.53^*$). These results indicate efficiency and alternative likelihood of each index in assessment of Flixweed freeze tolerance. Regarding to more rapid rate of EL method compared to SU evaluation, it seems better to utilize of this index.

Keywords: Ecotype, LT_{50} , Recovery, Survival percentage



بررسی اثر میدان مغناطیسی بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.)

در شرایط آب و هوایی مشهد

قدریه محمودی^۱ - علی قنبری^{۲*} - مهدی راستگو^۲ - مصطفی قلی‌زاده^۳ - ایرج طهماسبی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۰۱

چکیده

به‌منظور بررسی اثر میدان مغناطیسی بر روی نحوه رشد و تولید ماده خشک کل در نخود، آزمایشی به‌صورت کرت‌های نوری با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- بذر در سه سطح (عادی، تیمار شده در میدان مغناطیس با شدت‌های ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی‌تسلا هر یک به مدت ۲ ساعت)، ۲- آب آبیاری در ۲ سطح (عادی و تیمار شده در میدان مغناطیسی با شدت ۵۰ میلی‌تسلا) بود. نتایج این آزمایش نشان داد که قراردادن بذر در میدان مغناطیسی موجب افزایش معنی‌دار ماده خشک به میزان ۲۶ درصد نسبت به بذور عادی شد. شدت میدان مغناطیسی نیز تأثیر معنی‌داری بر ماده خشک تولیدی داشت و میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا نسبت به میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا موجب افزایش ۱۸ درصدی ($P \leq 0.01$) ماده خشک شد. آب مغناطیسی، حدود ۲۵ درصد نسبت به آب معمولی میزان ماده خشک تولیدی نخود را افزایش داد. اختلاف تیمارها با هم در اواخر فصل رشد و در ۸۰ روز و ۹۶ روز بعد از کاشت بیش‌ترین مقدار (به ترتیب ۲۰۱ و ۲۰۷ گرم بر متر مربع) بود. هم‌چنین اعمال میدان مغناطیسی بر روی آب آبیاری و بذر نخود به ترتیب منجر به افزایش ۲۷ و ۱۹ درصد عملکرد دانه شد. اثرات متقابل تیمارها نشان داد که اعمال میدان مغناطیس در آب آبیاری و بذر نخود سبب افزایش ۳۱ درصد عملکرد دانه شد. اما بر روی تولید ماده خشک نخود تأثیر مثبت نداشت.

واژه‌های کلیدی: آبیاری مغناطیسی، عملکرد دانه، معادله سیگموئیدی

مقدمه

بر روی هر یک از این متغیرها و اعمال آن در سطح مزارع می‌تواند در ارتقای وضعیت کشاورزی کنونی راه‌گشا باشد (Ehyae et al., 2010). آب مهم‌ترین نهاده و عمده‌ترین عامل محدودکننده تولید در سیستم‌های کشاورزی و به‌ویژه کشور ما می‌باشد و همواره بخشی از خلاء عملکرد، در کشور به دلیل بروز تنش‌های خشکی است. بنابراین یافتن رهیافتی جهت افزایش کارایی مصرف آب در محصولات زراعی، بسیار مفید می‌باشد (Ehyae et al., 2010).

نخود^۵ از گونه‌های مهم زراعی و از منابع تأمین‌کننده پروتئین به‌شمار می‌رود. سرعت رشد نخود در ابتدای رشد رویشی کم و بنابراین در حالت طبیعی گیاه در مراحل ابتدایی از قدرت رقابتی بسیار ضعیفی با علف‌های هرز برخوردار است (Gaur et al., 2010).

کاربرد علف‌کش‌ها و نحوه کاربرد آن‌ها در راستای کنترل علف‌های هرز به‌هرشکلی، خود پیامدهای نامطلوبی چون زیست‌ماندگاری، انتقال به مزارع مجاور، نشست بر روی گیاهان غیرهدف، آسیب به دیگر موجودات زنده، افزایش هزینه‌های تولید و در نهایت آلودگی‌های زیست‌محیطی را در پی خواهد داشت. کاهش

افزایش شدید تقاضای مواد غذایی در نتیجه رشد جمعیت از ۱/۶ میلیارد نفر (حدود سال ۱۹۰۰) به بیش از شش میلیارد نفر مهم‌ترین نیروی پیش‌برنده افزایش تولید می‌باشد (FAO, 2012). جهت این امر لازم است، نهاده‌های ورودی به کشتزارها کیفی‌تر و کارآمدتر به کار روند، تا از هزینه‌های تولید کاسته و با ورود کم‌ترین نهاده، تولید بهینه به‌دست آید. یکی از مشکلات صنعت کشاورزی نبود الگویی جامع برای کاربرد گسترده‌تر و کامل‌تر نهاده‌های مختلف در دسترس است. روابط گیاهی در شرایط مختلف محیطی و با دخالت انسان همواره پیچیده و متغیر است. انتخاب دقیق نهاده‌ها در گروه اطلاعات گوناگون و زیادی است، که بهره‌گیری از نتایج آزمایشی

۱ و ۲- به ترتیب دانشجوی دکتری تخصصی علف‌های هرز و دانشیار گروه زراعت و

اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استاد گروه شیمی دانشکده علوم دانشگاه فردوسی مشهد

۴- استادیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

(Email: Ghanbari@um.ac.ir)

(*)- نویسنده مسئول:

(Anonymous, 2015).

آزمایش به صورت فاکتوریل و در قالب بلوک‌های کامل تصادفی و با سه تکرار بود که تیمارهای موردنظر عبارت بودند از: فاکتور افقی بذر مغناطیس شده در سه سطح شامل یک: بذوری که توسط دستگاه مغناطیس کننده بذر (شکل ۱) با توان ۱۵۰ mT به مدت ۲ ساعت در معرض میدان مغناطیسی قرار داده شدند. ۲: بذوری که توسط دستگاه مغناطیس کننده بذر با توان ۱۰۰ mT به مدت ۲ ساعت تیمار شدند و سه: بذوری عادی (شاهد) و فاکتور عمودی آب آبیاری در ۲ سطح؛ یک: آب معمولی (آب چاه مزرعه) و ۲: آب (چاه) مزرعه که در معرض میدان مغناطیسی قرار گرفت.

عملیات آماده سازی زمین در اواخر بهمن و اوایل اسفندماه انجام شد. زمین موردنظر ابتدا با گاواهن شخم زده شد. با مساعد شدن هوا دیسک زده و سپس کل قطعه با فاروئر به شیارهای ۷۰ سانتی متری تقسیم شد. نخود رقم ILC482 از مرکز تحقیقات کشاورزی سرارود استان کرمانشاه تهیه شد.

ابعاد هر کرت ۲ و سه متر (با در نظر گرفتن حاشیه‌ها) و تراکم موردنظر در این آزمایش ۳۰ بوته در مترمربع (تراکم رایج برای رقم نام برده در منطقه مشهد)، که با فاصله ۱۰ سانتی متر در ردیف‌های ۳۵ سانتی متر کشت شد.

به منظور اعمال میدان مغناطیسی بر روی بذر، به صورت دسته‌های ۱۰۰ تایی به حالت خشک و در پلاستیک‌های شفاف (صرفاً جهت نگهداری بذر در محدوده میدان مغناطیس) به مدت ۲ ساعت در بین قطب‌های آهن ربای دستگاه ایجادکننده میدان مغناطیسی (شکل ۱) قرار داده شدند. این دستگاه شامل یک جفت آهن ربای قوی با قابلیت تنظیم فاصله از هم بود (شکل ۱). این دو آهن ربا طوری در دستگاه جاسازی شدند که هم دیگر را جذب می کنند. یعنی قطب‌های غیرهم نام (قطب S و قطب N) در مقابل هم دیگر بودند (Estiken and Turan, 2004).

منظور از آب مغناطیسی نیز آبی است که در تمام دوره آزمایش جهت آبیاری به صورت مغناطیسی و با قدرت ۵۰ mT به مدت سه ساعت مورد استفاده قرار گرفت. دستگاه مورد استفاده جهت اعمال میدان مغناطیسی بر آب آبیاری مزرعه، توسط دستگاه Aqua ساخت کشور آلمان که دارای قدرت ثابت ۵۰ میلی تسلا بود، مورد استفاده قرار گرفت. این دستگاه در بین دو مخزن بزرگ که بر روی هم دیگر در یک شاسی فلزی نصب شده بودند، که به وسیله یک پمپ، آب از سمت پایین (مخزن پائینی) به سمت بالا (مخزن بالایی) عبور داده و توسط دستگاه مغناطیس کننده به مدت یک ساعت عبور داده شد. پس از این که یک بار تمام محتوای آب درون مخزن از میدان مغناطیس عبور کرد، زمان را ثبت و معادل دو برابر آن، آب در درون سیستم به حالت گردشی از دستگاه مغناطیس عبور داده شد. پس از اتمام زمان موردنظر، آب تیمار شده توسط رول تیپ‌های نصب شده در سطح

کاربرد و افزایش کارایی این فرآورده‌های شیمیایی می‌تواند کمک شایانی به حمایت و حفاظت از محیط زیست بنماید. گیاهان زراعی خود نیز می‌توانند به عنوان گُشگر در اکوسیستم‌های کشاورزی نقش مهمی در راهبرد کنترل علف‌های هرز داشته و نباید تنها واکنش پذیر تلقی شوند (Goodman et al., 1995). گونه‌های زراعی اگر زودتر از علف‌های هرز و به نحو مناسبی استقرار یابند، نقش زیادی در بازدارندگی رشد علف‌های هرز دارند، زیرا اگر رشد گیاه زراعی سریع تر باشد، بدون شک در رقابت با علف‌های هرز از توان بالاتری برخوردار خواهد بود (Goodman et al., 1995).

تغییرات واکنش سیستم‌های زنده که در معرض میدان‌های مغناطیسی با توان‌های مختلف و یا در دوره‌های زمانی متفاوت قرار می‌گیرند، مورد توجه زیست‌شناسان مولکولی، شیمی دانان و فیزیک دانان است (Atak et al., 2003). امروزه در استرالیا، آمریکا، چین و ژاپن استفاده از میدان مغناطیسی، به فن آوری توسعه یافته‌ای تبدیل شده است (Hozayan et al., 2011)، اما در ایران چندان شناخته شده نیست و اطلاعات محدودی در این زمینه وجود دارد. موضوعی که امروزه نیاز به مطالعه بیش تری دارد، تعیین نوع و نحوه ایجاد اثراتی است که ممکن است میدان مغناطیسی بر بافت زنده ایجاد کند (Souza et al., 2005). تسریع تکامل بافت‌های زنده در میدان مغناطیسی شناخته شده و در مطالعات مختلف به اثبات رسیده است (Souza et al., 2005). به نظر می‌رسد که استفاده از میدان مغناطیسی (بذر، آب، علف کش و سایر نهاده‌های مغناطیس شده) راه کاری مناسب جهت افزایش کارایی مصرف آب، جوانه زنی، رشد رویشی و زایشی باشد. محلول علف کش‌ها در معرض میدان مغناطیسی سبب کاهش کشش سطحی و برگشت قطره پس از برخورد با برگ شده و در نتیجه سبب بالا رفتن کیفیت کاربرد برخی علف کش‌ها شده است (Aliverdi et al., 2009).

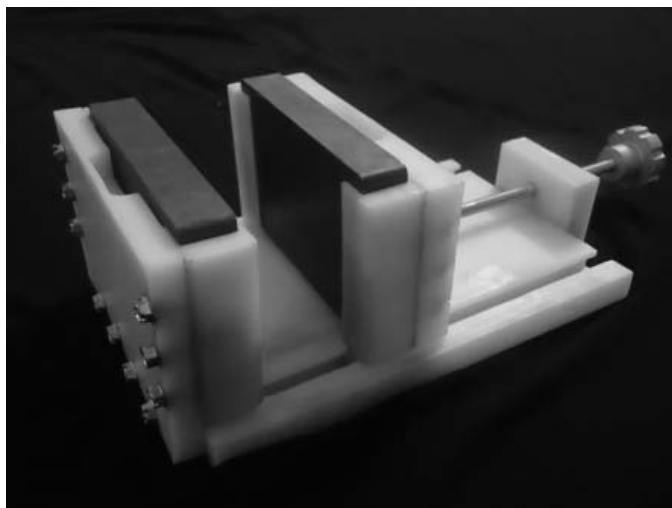
بررسی ارزیابی اثرات میدان مغناطیس بر روی بذر و آب آبیاری و تأثیر آن بر روی مزرعه نخود موضوع این پژوهش می‌باشد که در آن تغییرات و نحوه رقابت نخود با علف‌های هرز و واکنش علف‌های هرز در این شرایط مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد واقع در ۱۰ کیلومتری مشهد در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی با ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا انجام شد. متوسط بارندگی سالیانه ۲۸۶ میلی متر، حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه در این منطقه به ترتیب ۴۲ و ۲۷/۸- درجه سانتی گراد و آب و هوای منطقه بر اساس روش آمبرژه سرد و خشک می‌باشد

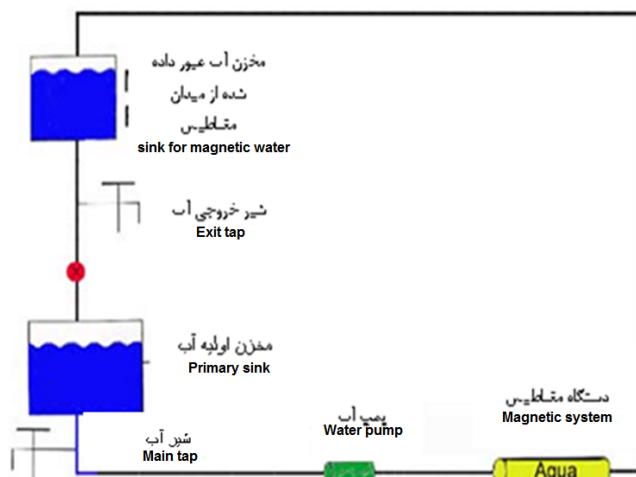
آخرین نمونه‌گیری در اوایل مردادماه انجام شد. در هر نمونه‌گیری از مساحت یکمتر مربع نخود برداشت و متغیرهای وزن خشک و عملکرد اندازه‌گیری شد. تجزیه و تحلیل آماری به روش تحلیل همبستگی چندمتغیره و به کمک نرم‌افزارهای Sigmaplot و Excel انجام شد.

مزرعه به محل حضور بوته‌ها هدایت شد (شکل ۲). میزان آب آبیاری در هر دو تیمار (معمولی و مغناطیسی) در هر بار آبیاری برابر بود. در طول اجرای آزمایش، عملیات داشت از قبیل کنترل آفات و بیماری‌ها، کوددهی و غیره به‌طور مرتب صورت گرفت. نمونه‌گیری هر ۲ هفته یکبار انجام شد. اولین نمونه‌گیری در تاریخ ۳۱ اردیبهشت‌ماه و



شکل ۱- دستگاه طراحی شده جهت ایجاد شدت‌های میدان مغناطیس بر روی بذور نخود (Feizi et al., 2011)

Figure 1- Device for exerting of different intensities of magnetic field on seeds of chickpea (Feizi et al., 2011)



شکل ۲- دستگاه مغناطیس کننده آب آبیاری به کار رفته در سیستم آب آبیاری مزرعه نخود

Figure 2- Device for magnetism for irrigation fields of chickpea

جهت میدان مغناطیسی دستگاه آکوا در راستای جهت ورود جریان آب
Direction of magnetic field of Aqua and water flow is alike

نسبت به دیگر توابع بود، استفاده شد (جدول ۱). چگونگی اثر بذوری که در میدان مغناطیسی قرار داده شده بودند، بر روی تغییرات ماده

نتایج و بحث

در این آزمایش برای همبستگی متغیرها از یک معادله سیگموئیدی سه پارامتره که دارای برازش مناسبی بر روی داده‌ها

خشک تجمعی^۱ نسبت به روزهای بعد از کاشت با کمک معادله سیگموئیدی سه پارامتره برآورد شد (جدول ۱ و شکل ۳). نتایج آزمایش نشان داد که تیمار مغناطیس اعمال شده بر روی بذور نخود، بر روی میزان ماده خشک نخود مؤثر بود. با پیشرفت زمان دامنۀ این اختلافات بیش تر شد، به طوری که در آخر فصل، میزان ماده خشک تولید شده در بذور عادی، در مقایسه با بذوری که در معرض میدان مغناطیس قرار گرفته بودند، ۲۶ درصد کمتر بود (شکل ۳). با افزایش شدت میدان مغناطیسی ماده خشک تولیدی افزایش یافت، به طوری که ماده خشک تولید شده در تیمار بذور مغناطیس شده در میدان ۱۵۰ میلی تسلا، به میزان ۱۸ درصد بیش تر از بذور مغناطیس شده در میدان ۱۰۰ میلی تسلا بود (جدول ۱ و شکل ۳) و با گذشت زمان بر دامنۀ اختلافات افزوده و در ۸۰ روز بعد از کاشت به بالاترین حد خود رسید. ماده خشک نخود در تیمار ۱۵۰ میلی تسلا، ۲۰۷ و در تیمار ۱۰۰ میلی تسلا، ۱۷۲ میلی گرم در مترمربع بود (جدول ۱). اعمال میدان مغناطیس بر روی بذور گیاهان مختلف سبب تأثیرات متفاوتی در گیاهان می شود. اعمال میدان مغناطیسی در دامنۀ شدت های صفر تا ۲۵۰ میلی تسلا و در زمان های متفاوت یک تا چهار ساعت منجر به افزایش معنی دار صفات مختلف جوانه زنی بذور نخود شد و بهترین حالت ممکن برای بذور نخود میدان ۵۰ میلی تسلا به مدت ۲ ساعت گزارش شده است (Vashisth and Nagarajan, 2008). میدان مغناطیسی موجب افزایش جوانه زنی بذور و عملکرد گوجه فرنگی^۲ (Hozayn et al., 2011; Turker et al., 2007) و ذرت^۳ (Aladajitan, 2002; Alexander and Doijode, 1995) شده است. این امر ناشی از افزایش جذب عناصر ضروری می باشد. جذب عناصر غذایی در گوجه فرنگی (Danoilov et al., 1994; Selim and EL-Nady, 2011; Durate Diaz et al., 1997) و توت فرنگی^۴ (Estiken and Turan, 2007) به طور معنی داری نسبت به شرایط معمولی افزایش نشان داده است. در معرض قرار گرفتن بذور حبوبات قبل از کشت، در برابر مقادیر مختلف میدان مغناطیسی منجر به افزایش معنی دار جوانه زنی، سرعت سبز شدن و عملکرد شده است (Podleony et al., 2004; Turker et al., 2007). این امر ناشی از افزایش جذب عناصر ضروری و احتمالاً بهبود جوانه زنی به سبب تحریک آلفا آمیلاز و تسریع در فرآیند تغذیه جنین از آندوسپرم و لپه ها می باشد. دلیل تأثیر گذاری مغناطیس بر روی بذور، وجود خواص پارامغناطیس بافت بذور است که متابولیسم آن در حضور تیمارهای مختلف مغناطیسی تشدید می شود (Aladajitan and Ylieya, 2010).

5-*Helianthus annuus* L.

6-*Glycine max* L.

7-*Simmondsia chinensis* L.

1- Total Dry Matter

2- *Lycopersicon esculentum* Mill

3-*Zea mays* L.

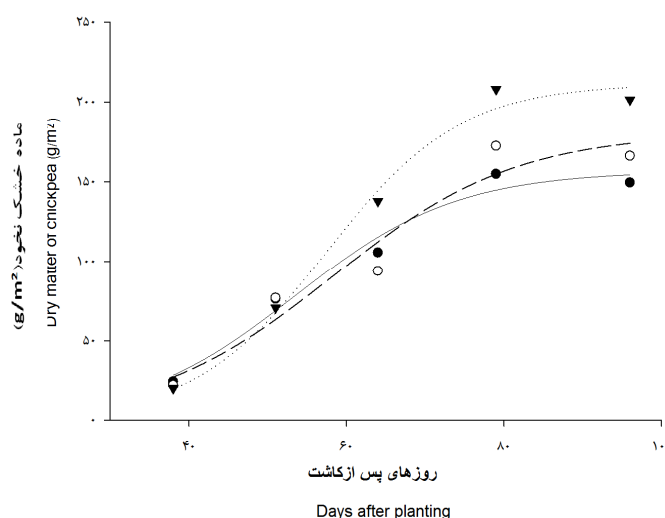
4- *Fragaria vesca* Duch.

جدول ۱- معادلات برازش داده شده اثر ساده میدان مغناطیسی در بذر بر ماده خشک نخود حاصل از معادله سیگموئیدال

Table 1- Fitted equations (sigmoidal) on simple effect of the magnetic field on chickpea seeds for dry matter

Equation: Sigmoidal, Sigmoid, 3 Parameter		$f = a/(1+\exp(-(x-c)/b))$				F	R ²	P	Signification
Y=f	(st) a	(st) b	(st) c						
ماده خشک نخود در بذر عادی Dry matter of chickpea in normal seeds	(12.7)156.9	(2.9)10.2	(3.2)53.5			39.6	0.98	0.006	**
ماده خشک نخود در بذر مغناطیسی ۱۰۰ میلی تسلا Dry matter of chickpea in magnetic (100mT) seeds	(29.8)181.1	(5.3)11.6	(6.5)58.2			16.3	0.97	0.05	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا Dry matter of chickpea in magnetic (150mT) seeds	(11.3)211.3	(1.6)8.5	(1.9)57.4			101.4	0.99	0.009	**

St: میزان خطای استاندارد، b: شیب تغییرات، c: نقطه تولید ۵۰ درصد ماده خشک، a: حد بالای منحنی
St; error standard, b: slope of variation, c: point of dry matter to 50 %, a: highest of curve



شکل ۳- اثر تیمار میدان مغناطیسی در بذر بر روی تولید ماده خشک نخود

Figure 3- effect of seed treatment by magnetic field on dry matter of chickpea

بذور تیمار نشده (●)، بذور مغناطیسی شده با شدت میدان مغناطیسی ۱۰۰ میلی تسلا (○) و ۱۵۰ میلی تسلا (▼)

(●): untreated, (○) and (▼): treated with 100 and 150 mT intensity of magnetic field respectively

شده است که عملکرد بذر گیاهان مختلف کتان^۱، گندم^۲، عدس^۳ و نخود به ترتیب ۱۰، ۳۳، ۲۶/۹، ۴۶/۶۲ درصد در مقایسه با تیمار شاهد افزایش یافت (Hozayn and AbdolQados, 2010). همچنین نتایج آزمایش های آبیاری با آب مغناطیسی در اورگان آمریکا بر روی مزارع یونجه^۴ نشان داد که عملکرد یونجه ۶۵ درصد افزایش و مصرف آب و هزینه پمپاژ تا ۴۲ درصد کاهش یافت (Atak et al., 1997). مطالعه کنترل شده اثر آبیاری مغناطیسی بر روی درصد جوانه زنی

گزارش شده است که میدان های مغناطیسی بر روی سیستم های بیولوژیکی سبب افزایش نسخه برداری ژن ها و تغییر در سطوح ویژه mRNA می شوند (Selim and EL-Nady, 2011). به طور کلی خصوصیات مختلف گیاهی از جمله جوانه زنی بذور، رشد دانه ها، رشد زایشی، رشد سلول های مریستمی و توسعه کلروفیل ها تحت تیمارهای مختلف میدان مغناطیسی تغییر مثبتی خواهند داشت (Atak et al., 1997; Nambaet al., 1995; Reina et al., 2001). رشد ریشه نیز تحت تأثیر اثرات مغناطیسی قرار می گیرد (Muraji et al., 1992; Stein and Lian, 1992; Turker et al., 2001; Belyavskaya, 2007). عملکرد و اجزاء عملکرد گیاهان نیز تحت تأثیر میدان مغناطیسی اعمال شده بر روی بذر و آب افزایش می یابد. گزارش

1-Linum usitatissimum L.

2-Triticum aestivum L.

3-Lens culinaris Medic.

4-Medicago sativa L.

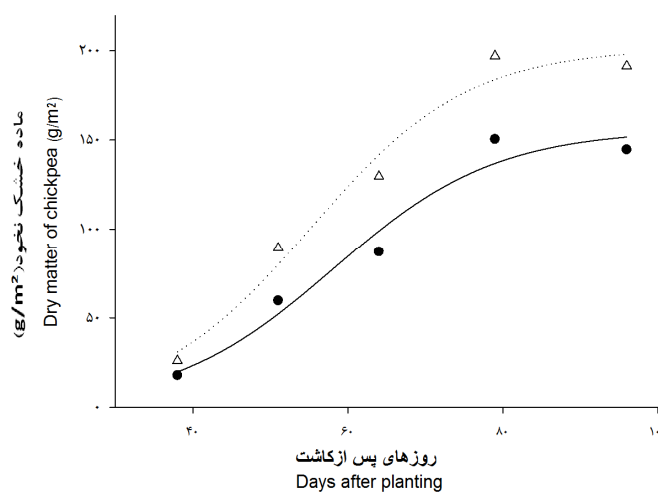
۶۵ درصد و فلفل و خیار را تا ۱۰۰ درصد افزایش داد (Atak *et al.*, 1997). در مصر آبیاری با آب مغناطیسی عملکرد گندم را بسته به تاریخ کاشت از ۱۲/۷ تا ۳۴ درصد (Hozayn and Abdol Qados, 2010) و کنگد و ذرت را تا ۲۴ درصد افزایش داد (De Souza *et al.*, 1999).

گوجه‌فرنگی، کدو و خیار نشان داد که در طی سه روز ۹۶ درصد بذور جوانه زدند. در حالی که در تیمارهای معمولی تنها ۷۳ درصد بذور در ۱۴ روز جوانه زدند (Hozayn *et al.*, 2011). عنصر بور مغناطیسی شده همراه با آب آبیاری مغناطیسی، جوانه‌زنی را در گندم ۲۰ درصد (Hozayn and AbdolQados, 2010) گوجه‌فرنگی،

جدول ۲- معادلات برازش داده شده اثر ساده میدان مغناطیس در آب بر روی ماده خشک نخود حاصل از معادله سیگموئیدال
Table 1- Fitted equations (sigmoidal) on simple effect of the magnetic field on irrigation for dry matter of chickpea
Equation: Sigmoidal, Sigmoid, 3 Parameter

Y=f	(st) a	(st) b	(st) c	F	P	R ²	Signification
ماده خشک نخود در آبیاری معمولی Dry matter in normal irrigation	(17.9)155.7	(3.6)10.5	(4.4)58.1	28.5	0.03	0.98	*
ماده خشک نخود در آبیاری مغناطیسی Dry matter in magnetic irrigation	(16.8)201.5	(2.8)10.1	(3.2)55.2	42.2	0.02	0.98	*

St: میزان خطای استاندارد، b: شیب تغییرات، c: نقطه تولید ۵۰ درصد ماده خشک، a: حد بالای منحنی
St; error standard, b: slope of variation, c: point of dry matter to 50 %, a: highest of curve



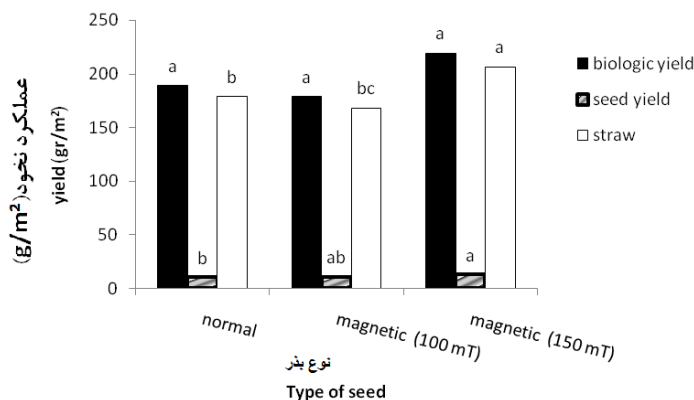
شکل ۴- اثر آب میدان مغناطیس در آب آبیاری بر روی تولید ماده خشک نخود
Figure 4- effect of irrigation treatment by magnetic field on dry matter of chickpea
● تیمار نشده، (Δ) تیمار آبیاری مغناطیسی ۶۵۰ mT
(●): untreated, (Δ): treated with 650 mT intensity of magnetic field respectively

شد (شکل ۵). همچنین میزان کاه و کلش نخود نیز در اثر اعمال میدان مغناطیسی ۱۵۰ و ۱۰۰ میلی‌تسلا نسبت به تیمار بذر عادی به ترتیب ۱۹ و ۱۴ درصد افزایش نشان دادند (شکل ۵). همچنین اعمال میدان مغناطیسی بر روی آب آبیاری منجر به تغییر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر روی عملکرد بیولوژیکی گیاه نخود نشد (شکل ۶). اما عملکرد دانه و کاه و کلش در اثر میدان مغناطیسی ۶۵۰ میلی‌تسلا بر روی آب آبیاری در مقایسه با تیمار آب معمولی به ترتیب هفت و ۲۷ درصد افزایش یافتند (شکل ۶). عمده اثرات آبیاری مغناطیسی بر محلول‌سازی و

نتایج این آزمایش بر روی میزان عملکرد بیولوژیکی، عملکرد دانه و کاه و کلش در شکل (۵) نشان داده شده است. نتایج نشان داد که اثر ساده میدان مغناطیس بر روی بذر منجر به اثر معنی‌داری ($P \leq 0.05$) بر روی عملکرد بیولوژیکی نخود نداشت. اما عملکرد دانه در تیمار بذری واقع در معرض میدان مغناطیس ۱۵۰ میلی‌تسلا، دارای تفاوت معنی‌داری ($P \leq 0.01$) با تیمار بذر عادی بود (شکل ۵). به‌طوری‌که در اثر اعمال میدان مغناطیس ۱۵۰ میلی‌تسلا بر روی بذر نخود نسبت به تیمار بذر معمولی، منجر به افزایش ۲۱ درصد عملکرد دانه در نخود

و باتوجه به این که در کشور ما که استفاده بهینه از منبع آب بسیار مهم و حیاتی می باشد، استفاده از روشی که منجر به افزایش بازدهی آب و بهبود محصول شود، بسیار به صرفه خواهد بود.

جذب بهتر املاح و حتی مولکول های آب می باشد (Aliverdi *et al.*, 2009; Al-Khazan *et al.*, 1997; Duarte Diaz *et al.*, 2011). در این آزمایش با وجود یکسان بودن حجم آب آبیاری در تمام کرت ها، افزایش عملکرد دانه و کاه در تیمارهای آبیاری مغناطیسی مشاهده شد

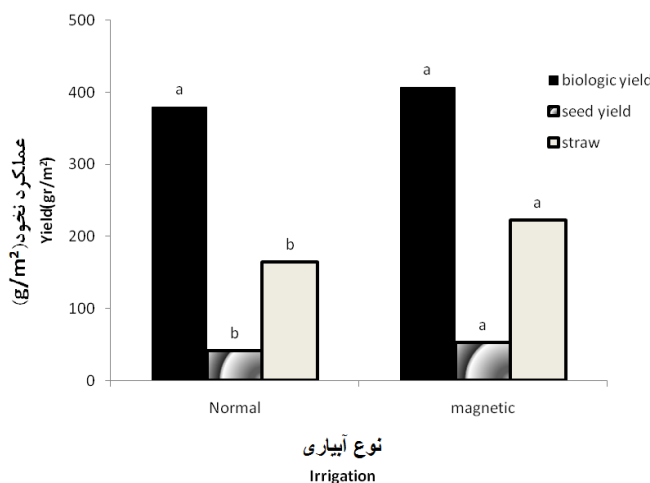


شکل ۵- اثر تیمار میدان مغناطیسی در بذر بر روی عملکرد نخود

Figure 5- Effect of seed treatment by magnetic field on yield of chickpea

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test



شکل ۶- اثر تیمار میدان مغناطیسی در آب آبیاری بر روی عملکرد نخود

Figure 6- Effect of irrigation treatment by magnetic field on yield of chickpea

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test

اعمال شده نسبت به تیمار شاهد، کاهش تولید ماده خشک و عملکرد نهایی کمتر بود، اما سرعت تجمع ماده خشک در آن بالا بود (جدول ۳ و شکل ۷). به طوری که بیشترین میزان تولید ماده خشک متعلق به تیمار شاهد بود (شکل ۷). احتمال می رود این مسئله به دلیل اثرات متناقض میدان مغناطیسی ایجاد شده از طریق آب آبیاری بر روی بذور مغناطیس شده باشد. به این مفهوم که بذوری که در معرض میدان

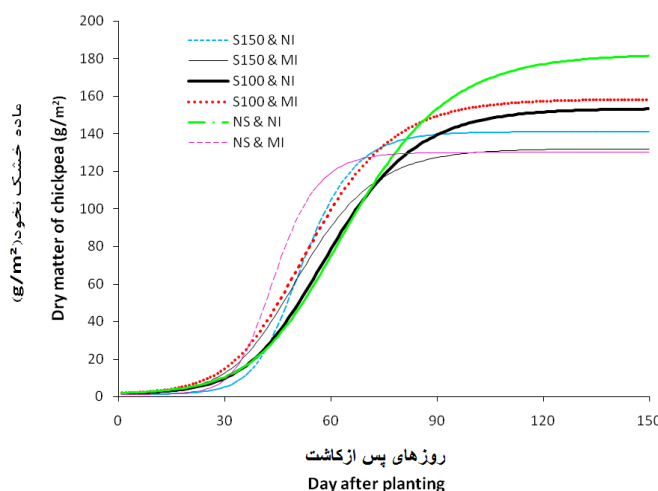
بررسی اثرات متقابل

جهت بررسی اثرات متقابل تیمارهای آبیاری (مغناطیسی و طبیعی) و تیمارهای بذور (طبیعی، مغناطیس شده ۱۰۰ میلی تسلا و ۱۵۰ میلی تسلا) بر اساس معادله سیگموئیدی سه پارامتره، مشاهده شد که هیچ کدام از تیمارهای اعمال شده (آبیاری و بذور) بر روی تولید ماده خشک نخود نه تنها تأثیر مثبت نداشتند، بلکه در تمام تیمارهای

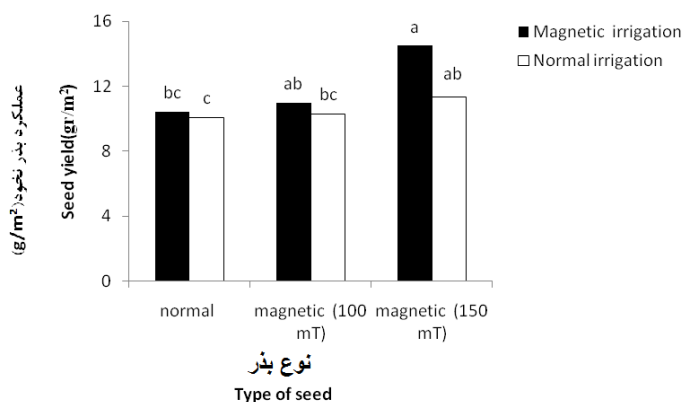
منجر به ایجاد تنش در گیاه نخود شده است (جدول ۳ و شکل ۵). به طور مثال، در یک بررسی اثر میدان مغناطیسی بر روی گیاه سویا گزارش شده است که میدان مغناطیسی به عنوان یک عامل تنش زا به بخش های مختلف همچون برگ ها، اندام های زایشی و به ویژه پرچم ها را که نسبت به بخش مادگی با محیط خارج تماس بیش تری دارند، تحت تأثیر قرار داد (Arbabian *et al.*, 2010). همچنین برخی محققین اثرات منفی میدان مغناطیسی (با تیمارهای شدت و مدت میدان مغناطیسی متفاوت) بر پدیده های مختلف زیستی همچون جوانه زنی در گیاهان را نشان داده اند (Florez *et al.*, 2007, Martines *et al.*, 2000, Burtebayeva *et al.*, 2003). بررسی اثر متقابل بذر و آب مغناطیسی نشان داد که میزان عملکرد دانه در اثر متقابل تیمارهای اعمال شده متفاوت بود. در تیمار آبیاری مغناطیسی و بذر واقع شده در میدان ۱۵۰ میلی تسلا منجر به افزایش معنی دار عملکرد دانه شد (شکل ۸). در تیمار بذر واقع در میدان مغناطیسی ۱۵۰ میلی تسلا با آبیاری مغناطیسی نسبت به تیمار بذر معمولی با آبیاری معمولی ۳/۳ درصد افزایش مشاهده شد (شکل ۸). در بین تیمارهای مختلف بذر نرمال و بذر مغناطیس شده با میدان های متفاوت نیز میزان عملکرد دانه متفاوت بود. بنابراین می توان گفت، اگرچه اثر متقابل اعمال میدان مغناطیس آب و بذر نخود بر روی ماده خشک تولید شده مؤثر نبود، اما بر روی عملکرد دانه نخود مؤثر واقع شد (شکل ۸).

مغناطیس قرار گرفته و سپس به وسیله آب مغناطیس شده آبیاری شده اند، دچار کاهش رشد شدند.

همان طور که ذکر شد، هر کدام از تیمارهای اعمال شده به تنهایی دارای اثر مثبت بر روی میزان تولید ماده خشک در نخود شده بودند (جدول ۱ و ۲، شکل ۳ و ۴). بنابراین اعمال میدان مغناطیس در بذر و یا در آب آبیاری هر یک به طور جداگانه، نمی تواند منجر به کاهش رشد در گیاهان به ویژه در نخود شود (Hozayn and Abdol Qados, 2010). اما اگر گیاه در معرض دو میدان مختلف مغناطیسی متفاوت قرار بگیرد (به عنوان مثال، هم بذر مغناطیس شود و هم آب آبیاری)، دچار تنش می شود. در بین حالات متقابل اثرات مغناطیس بذر و آب آبیاری بیش ترین تشابه روندی در حالت بذر مغناطیس ۱۵۰ میلی تسلا-آبیاری مغناطیس و بذر عادی-آبیاری مغناطیس مشاهده شد. اما همان طور که ملاحظه می شود، روند تیمار بذر عادی آب معمولی با بذر مغناطیس ۱۵۰ میلی تسلا-آب معمولی تفاوت زیادی با هم نشان می دهند (شکل ۵) که احتمال می رود این امر منجر به تحولاتی در ترکیبات بذر نخود شده است که بر آیند این تغییرات، منجر به نوعی تنش در گیاه شده است. همان طور که می دانیم هر نوع تنشی منجر به کاهش رشد در گیاهان مختلف می شود. البته می توان گفت میدان مغناطیسی ایجاد شده توسط قطب های آهن ربا دارای میدان کوچک تری (۱۰۰ و ۱۵۰ میلی تسلا) بودند، اما میدان ایجاد شده توسط دستگاه آبیاری دارای قدرت بیش تری بود (۵۰۰ میلی تسلا) و میدان بزرگ تر سبب خنثی کردن میدان کوچک تر شده و این امر



شکل ۷- اثر متقابل میدان مغناطیس در بذر و آب بر روی ماده خشک تولید شده در مزرعه نخود
Figure 7- Effect of seed and irrigation treatment by magnetic field on dry matter of chickpea
S150, S100, NS به ترتیب تیمار بذری مغناطیس نشده، ۱۰۰ و ۱۵۰ میلی تسلا؛
NI, MI به ترتیب تیمار آبیاری معمولی و مغناطیس
NS, S150, S100: untreated, treated with 100 and 150 mT intensity of magnetic field respectively;
NI, MI: normal and magnetic irrigation respectively



شکل ۸- اثر متقابل میدان مغناطیس در بذر و آب بر روی عملکرد دانه نخود

Figure 8- Effect of seed and irrigation treatment by magnetic field on yield of chickpea

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند

Means, in each column, followed by similar letter are not significantly different at the 5% probability level- using LSD test

جدول ۳- اثرات متقابل میدان مغناطیس در بذر و آب بر روی ماده خشک نخود حاصل از معادله سیگموئیدال

Table 3- Fitted equations (sigmoidal) on reciprocal effect of the magnetic field on irrigation for dry matter of chickpea

Y=f	Equation: Sigmoidal, Sigmoid, 3 Parameter			P	F	R ²	Signification
	(st) a	(st) b	(st) c				
ماده خشک نخود در بذر معمولی و آبیاری معمولی							
Dry matter of Chickpea normal seed and normal irrigation	(0.3)5.3	(5.9)17.9	(۳/۲)۳۴/۸	0.02	33.3	0.97	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۰۰ میلی‌تسلا) و آبیاری معمولی							
Dry matter of Chickpea magnetic seed (100mT) and normal irrigation	(0.19)5	(3.8)14.5	(۲/۵)۳۲/۷	0.02	45.2	0.97	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۵۰ میلی‌تسلا) و آبیاری معمولی							
Dry matter of Chickpea magnetic seed (150mT) and normal irrigation	(0.1)4.9	(1.5)8.7	(1.1)36.4	0.01	89.5	0.98	**
ماده خشک نخود در بذر معمولی و آبیاری مغناطیسی							
Dry matter of Chickpea normal seed and magnetic irrigation	(0.04)4.9	(1.02)7.1	(1.03)31.4	0.005	191.1	0.99	***
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۰۰ میلی‌تسلا) و آبیاری مغناطیسی							
Dry matter of Chickpea magnetic seed (100mT) and magnetic irrigation	(0.2)5	(5.8)13.8	(4.9)28.1	0.05	17.9	0.94	*
ماده خشک نخود در بذر مغناطیس (۱۵۰ میلی‌تسلا) و آبیاری مغناطیسی							
Dry matter of Chickpea magnetic seed (150mT) and magnetic irrigation	(0.09)4.8	(2.3)12.4	(2)29.2	0.01	85.1	0.98	**

St: میزان خطای استاندارد، b: شیب تغییرات، c: نقطه تولید ۵۰ درصد ماده خشک، a: حد بالای منحنی

St; error standard, b: slope of variation, c: point of dry matter to 50 %, a: highest of curve

گرم بر مترمربع). همچنین در بین بذوری که در معرض میدان مغناطیس با قدرت‌های مختلف قرار گرفته بودند، میزان ماده خشک تولیدی نخود متفاوت بود. به‌طوری‌که میزان ماده‌خشک تولیدی در بذور مغناطیس‌شده در میدان ۱۵۰ میلی‌تسلا (۲۰۵ گرم بر مترمربع) بیش‌تر از بذور مغناطیس‌شده در میدان ۱۰۰ میلی‌تسلا (۱۶۵ گرم بر مترمربع) بود. این تفاوت میزان ماده خشک تولیدی از لحاظ آماری در سطح احتمال یک‌درصد معنی‌دار بود. همچنین اعمال تیمار میدان

نتیجه‌گیری

نتایج این آزمایش نشان‌داد که اعمال تیمارهای مختلف میدان مغناطیس بر روی بذور نخود سبب تأثیر معنی‌داری بر روی میزان ماده خشک تولیدی نخود می‌شود. به‌طوری‌که میزان ماده‌خشک تولیدی در تیمار بذر عادی، نسبت به بذوری که در معرض میدان مغناطیس قرار گرفته بودند، کم‌ترین مقدار را به‌خود اختصاص داد (۱۴۹)

تولید ماده خشک در تمام تیمارهای اعمال شده نسبت به تیمار شاهد، کاسته می‌شود و این امر ناشی از تفاوت قدرت ناشی از میدان مغناطیسی در تیمارهای مختلف آبیاری و بذر می‌باشد. البته این مسئله بر روی عملکرد دانه صادق نبود، زیرا در اثر اعمال میدان مغناطیسی بر روی بذر و آب آبیاری حدود ۳۱ درصد افزایش نشان داد.

مغناطیسی بر روی آب آبیاری در مزرعه نخود بر روی میزان ماده خشک تولیدی نخود مؤثر بود. عملکرد دانه در اثر اعمال میدان مغناطیسی بر روی بذر و یا آب آبیاری بیش‌ترین واکنش مثبت را در گیاه نخود نشان داد. با در نظر گرفتن اثرات متقابل تیمارهای اعمال شده، مشاهده شد که اعمال میدان مغناطیس بر روی آبیاری و بذر نخود بر روی تولید ماده خشک نخود نه تنها تأثیر مثبت ندارد، بلکه

References

- 1- Aladjadjian, A. 2002. Study of the Influence of Magnetic Field on Some Biological Characteristics of *Zea mays*. Journal of Central European Agriculture 3(2): 89-94.
- 2- Aladjadjian, A., and Ylieva, T. 2003. Influence of stationary magnetic field on the early stages of the development of tobacco seeds (*Nicotiana tabacum* L.). Journal of Central European Agriculture 132(2): 131-138.
- 3- Alexander, M. P., and Doijode, S. D. 1995. Electromagnetic field, a novel tool to increase germination and seedling vigour of conserved onion (*Allium cepa* L.) and rice (*Oryzasativa*, L.) seeds with low viability. Plant Genetic Resources Newsletter 104: 1-5.
- 4- Aliverdi, A., Rashed-Mohassel M. H., Zand, E., and Nassiri Mahallati, M. 2009. Increased foliar activity of clodinafop-propargyl and/or tribenuron-methyl by surfactants and their synergistic action on wild oat (*Avena ludoviciana*) and wild mustard (*Sinapis arvensis*). *Weed Biology and Management* 9: 292-299.
- 5- Al-Khazan, M., Abdullatif, B. M., and Al-Assaf, N. 2011. Effects of magnetically treated water on water status, chlorophyll pigments and some elements content of Jojoba (*Simmondsia chinensis* L.) at different growth stages. *African Journal of Environmental Science and Technology* 5(9): 722-731.
- 6- Arbabian, S., Majd, A., and Salaripour, S. 2010. The effects of electromagnetic field (EMF) on vegetative organs, pollen development, pollen germination and pollen tube growth of *Glycine max* L. *Journal of Cell & Tissue* 1(1): 35-42.
- 7- Atak, C., Danilov, V., Yurttas, B., Yalçın, S., Mutlu, D., and Rzakoulieva, A. 1997. Effects of magnetic field on soybean (*Glycine max* L. Merrill) seeds. *Com JINR. Dubna* 1-13.
- 8- Atak, C., Emiroglu, O., Aklimanoglu, S., and Rzakoulieva, A. 2003. Stimulation of regeneration by magnetic field in soybean (*Glycine max* L. Merrill) tissue cultures. *Journal of Cell and Molecular Biology* 2: 113-119.
- 9- Belyavskaya, N. A. 2001. Ultra structure and calcium balance in meristem cells of pea root exposed to extremely low magnetic fields. *Advances in Space Research* 28: 645-650.
- 10- Boe, A. A., and Salunke, D. K. 1963. Effects of magnetic fields on tomato ripening. *Nature* 199: 91-92.
- 11- Burtebayeva, D., Burtebayev, N., and Kakhrman, V. D. 2003. Application of electromagnetic radiant of low frequency for increasing of the crop capacity of the agricultural seeds. *Avras Nukleer Bul* 64-68.
- 12- Çelik, Ö., Atak, C., and Rzakulieva, A. 2008. Stimulation of rapid regeneration by a magnetic field in paulownia node cultures. *Journal of Central European Agriculture* 9(2): 297-303.
- 13- Danilov, V., Bas, T., Eltez M., and Rizakulyeva, A. 1994. Artificial magnetic field effects on yield and quality of tomatoes, *ActaHortic.* 366: 279-285.
- 14- De Souza, A., Casate, R., and Porras, E. 1999. Effect of magnetic treatment of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* Mill.) on germination and seedling growth [in Spanish]. *Investigacion Agriculture Production Protection Vegetable* 14(3): 67-74.
- 15- Duarte Diaz, C. E., Riquenes, J. A., Sotolongo, B., Portuondo, M. A., Quitana, E. O., and Perez, R. 1997. Effect of magnetic treatment of irrigation water on tomato crop. *Horticulture Abstract* 469: 494.
- 16- Ehyae, H., Parsa, M., Kafi, M., and Nasiri Mahallati, M. 2010. Effect of foliar application of methanol and irrigation regimes on yield and yield components of chickpea cultivars. *Iranian Journal of Pulses research* 2(1): 37- 48. (In Persian with English Abstract).
- 17- Esitken, A., and Turan, M. 2004. Alternating magnetic field effects on yield and plant nutrient element composition of strawberry (*Fragariaaana-nassa* cv. Camarosa). *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B — Soil & Plant Science* 54: 135-139.
- 18- Feizi, H., Rezvani Moghaddam, P., Koocheki, A., Shahtahmassebi, N., and Fotovat, A. 2011. Influence of intensity and exposure duration of magnetic field on behavior of seed germination and seedling growth of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Agroecology* 3(4): 482-490.
- 19- Florez, M., Victoria, M., Martinez, E. 2007. Exposure of maize seeds to stationary magnetic field: effects of germination and early growth. *Environmental and experimental botany* 59: 68-75.
- 20- FAO (Food and Agricultural Organization), 2012. FAOSTAT database for agriculture. Available online at: <http://faostat.fao.org/faostat/collection? subset= agriculture>

- 21- Goodman, E. M; Greenabaum, B., and Morron, T. M. 1995. Effects of electromagnetic fields on molecules and cells. *International Review of Cytology* 158: 279-325.
- 22- Grundy, A. C., Bond, W., and Burston, S. 1999. Weed suppression by crops. *The brighton conference-weeds*. P. 957-962.
- 23- Gaur, P. M., Tripathi, S., Gowda, C. L. L., RangaRao, G. V., Sharma, H. C., Pande, S and Sharma, M. 2010. Chickpea Seed Production Manual. Patancheru 502 324, Andhra Pradesh, India: International Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics. 28 pp.
- 24- Hozayn, M and Abdul Qados, A. M. S. 2010. Irrigation with magnetized water enhances growth, chemical constituent and yield of chickpea (*Cicer arietinum*L.). *Agriculture and Biology Journal of North America* 1(4): 671-676.
- 25- Hozayn, M., Abd El-Monem, A. A; Abdul Qados, A. M. S. and Abd El-Hameid, E. M. 2011. Response of Some Food Crops to Irrigation with Magnetized Water under Green House Condition. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(12): 29-36.
- 26- <http://www.weatherbase.com/weather/weather.php3?s=54704&refer=&units=us>, 2015
- 27- Martinez, E., Carbonel, M. V., and Amaya, J.M. 2000. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeumvulgare*L.). *Electro and Magnetobiology* 19(3): 271-277.
- 28- Muraji, M., Nishimura, M., Tatebe, W., and Fujii, T. 1992. Effect of alternating magnetic field on the growth of the primary root of corn. *IEEE Transactions Magnetics* 28: 1996-2000.
- 29- Namba, K.; Sasao, A. and Shibusawa, S. 1995. Effect of magnetic field on germination and plant growth. *Acta Horticulture* 399: 143-147.
- 30- Oldacay, S., and Erdem, G. 2002. Evaluation of chlorophyll contents and peroxides activities in (*Helianthus annuus* L.) genotypes exposed to radiation and magnetic field. *Pakistan Journal of Applied Science* 2(10): 934-937.
- 31- Podleoeny, J., Pietruszewski, S., and Podleoeny, A. 2004. Efficiency of the magnetic treatment of broad bean seeds cultivated under experimental pot conditions. *International Agrophysics* 18: 65-71.
- 32- Reina, F. G., Pascual, L. A., and Fundora, I. A. 2001. Influence of a Stationary Magnetic Field on Water Relations in Lettuce Seeds. Part II: Experimental Results *Bioelectromagnetics* 22: 596-602.
- 33- Ruzzic, R., Berden, M., and Jerman, I. 1998. The effects of oscillating electromagnetic fields on plants. Summary Report. Proc. First World Congress on the Bio effects of Electricity and Magnetism on the Natural World, Madeira, UK, 1-6 October.
- 34- Selim, A. F. H., and El-Nady, M. F. 2011. Physio-anatomical responses of drought stressed tomato plants to magnetic field. *Acta Astronautica* 69: 387-396
- 35- Stein, G. S., and Lian, J. B. 1992. Regulation of cell cycle and growth control. *Bioelectromagnetics Supplement* 1: 247-265.
- 36- Souza, A. D., García, D., Sueiro, L., Licea, L., and Porras, E. 2005. Pre-sowing magnetic treatment of tomato seeds: effects on the growth and yield of plants cultivated late in the season. *Spanish Journal of Agricultural Research* 3(1): 113-122.
- 37- Turker, M., Temirci, C., Battal, P. M., and Erez, E. 2007. The effect of an artificial and static magnetic field on plant growth, chlorophyll and phyto-hormone levels in maize and sunflower plants. *Phyton Annales Rei Botanicae* 46: 271-284.
- 38- Vashisth, A., and Nagarajan, S. 2008. Exposure of Seeds to Static Magnetic Field Enhances Germination and Early Growth Characteristics in Chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Bioelectromagnetics* 29:571-578.



Evaluating the Magnetic Field effects on Growth and Yield of Chickpea (*Cicer arietinum*) under Mashhad Climatic Conditions

Gh. Mahmoudi¹- A. Ghanbari^{2*}- M. Rastgoo²- M. Gholi Zade³- I. Tahmasebi⁴

Received: 04-11-2014

Accepted: 21-01-2015

Introduction

Effect of magnetic fields is now the subject of an increasingly large research effort because it is known to induce biochemical changes in plant species. In physics science, it is well established that by passing water through a magnetic device, the water can be influenced. On the other hand, the literature review in physical science in different country indicated also that magnetized water induced a change in water physicochemical properties such as conductivity, surface tension, viscosity, vaporization rate, and pH. The magnetic properties of the cells determine their capability in order to absorb and transfer the magnetic energy to other types of energy, transferring these energies within the plant. Therefore, this technology was used in different countries which all reported the successful use of magnets in treating water for irrigation use. Magnetic fields on seeds lead to better germination rate and plant growth than chemical fertilizers. Magnetic fields have been to apply a stimulus effect on growth and germination and on crop yield.

Materials and Methods

In order to study the effect of magnetic field on growth and total dry matter of chickpea (*Cicer arietinum* L.), an strip plot experiment based on randomized complete block design was conducted at the Agronomy Research Field of Ferdowsi University of Mashhad (Lat 36°15' N, Long 59°28' E; 985 m Altitude) during 2013-2014. The first treatment was the exposure of seed to magnetic field in three levels (normal, 100 and 150 mT magnetic field with 120 minutes durations). The magnetic field exert by a device consists of two magnets and the two opposite poles of two magnets that attract each other. Moreover, the intensity of magnetic field changed by adjusting the distance between the poles. It was measured by using a micrometer Tesla meter Leybold- Heraeus51652. The second treatment consisted of water irrigation types as two levels (normal water and magnetized water with 650 mT). Magnetized water was produced by a commercial magnet namely AQUA CORRECT with (650Gauss magnetic field. All data were analyzed by Sigmaplot and Excel and treatments were separated using Fisher's protected LSD Test. All statements of significance were based on probability of ($P < 0.01$).

Results and Discussion

Results of this experiment showed that dry matter of chickpea increased by 26 percent in comparison to normal seeds at 150 mT magnetic field with 120 min exposure duration ($p \leq 0.01$). Besides dry matter of chickpea being under different conditions were not same. So that in magnetic irrigation treatment with time passing produced dry matter of chickpea increased by 25 percent and in sampling on 80 and 96 days after planting, the difference of produced dry matter was in higher level than normal irrigation treatment. Treatment of magnetized irrigation affected chickpea dry matter ($p \leq 0.01$). Chickpea dry matter increased by 25 percent in magnetized water irrigation with time passing. Dry matter came to its highest level at 80 and 90 days after planting in comparison with normal irrigation at 150 mT magnetic field. In addition, the use of magnetic field on irrigation and seed caused the seed yield of chickpea increases about 27% and 19%, respectively. Interaction effects of seed and irrigation magnetic caused to increase the seed yield of chickpea about 31 %.

Keywords: Magnetic irrigation, Seed yield, Sigmoid equation

1 and 2- Ph.D Student and Associate Prof. in Weed Science, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad Respectively.

3- Prof., Department of Chemistry Ferdowsi University of Mashhad

4- Assistant Prof., Department of Agronomy, Kurdistan University

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



تأثیر تیمارهای مختلف دمای انبار بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی

امیر هوشنگ جلالی^{*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۸/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۷/۱۱

چکیده

شرایط انبارداری بر ویژگی‌های زراعی سیب‌زمینی در شرایط مزرعه تأثیرگذار است. تأثیر یک دوره سه‌ماهه انبارداری، شامل دو تیمار ۴۴۰ درجه روز رشد (تیمارهای T1 و T2 با دمای میان‌دوره متفاوت)، دو تیمار ۸۸۰ درجه روز رشد (تیمارهای T3 و T4 با دمای میان‌دوره متفاوت)، یک تیمار ۸۰ درجه روز رشد (T5) و یک تیمار شاهد (T6 بدون دریافت درجه روز رشد) بر ویژگی‌های زراعی و عملکرد دو رقم سیب‌زمینی راموس و مارفونا با استفاده از آزمایش فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در مرکز تحقیقات کشاورزی کبوترآباد اصفهان بررسی شد. نتایج این پژوهش نشان‌داد تأثیر دما و برهم‌کنش تیمارهای دمایی و رقم، بر عملکرد و اجزای عملکرد سیب‌زمینی معنی‌دار بود. رقم مارفونا و استفاده از تیمار T3 با ۱۷۳۳ کیلوگرم در هکتار غده، بالاترین مقدار عملکرد را تولید کرد، اما بین عملکرد این تیمار و تیمار دمایی T2 و هم‌چنین عملکرد رقم راموس و تیمارهای T3 و T4 تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. برای هر دو رقم استفاده‌شده، تیمار T3 حداکثر تعداد ساقه در بوته را تولید نمود. شاخص‌پر داشت در تیمارهای دمایی مختلف در رقم راموس از ۶۳/۵ تا ۷۶/۱ درصد و در رقم مارفونا از ۶۴ تا ۷۹/۶ درصد در نوسان بود. نتایج این پژوهش نشان‌داد، با مدیریت دمای انبار می‌توان عملکرد محصول سیب‌زمینی را به‌ویژه در مناطقی با طول دوره رشد کوتاه افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: درجه روز رشد (GDD)، سن‌فیزیولوژیک، شاخص سطح برگ (LAI)

مقدمه

سیب‌زمینی بذری پس از برداشت در دمای چهار درجه سانتی‌گراد ذخیره‌شده و چند هفته قبل از کاشت به دماهای بالاتر (۱۸-۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت نسبی ۸۵ درصد) انتقال داده می‌شوند تا خواب غده‌ها شکسته شود اما در تکنیک افزایش سن‌فیزیولوژیک غده بذری، تنها یک دمای نگهداری غده (چهار درجه سانتی‌گراد) و سپس منتقل کردن به دماهای بالاتر (مشابه شرایط جوانه‌زنی طبیعی) وجود ندارد، بلکه تیمارهای مختلف دمایی در طول شرایط انبارداری با هدف افزایش سن‌فیزیولوژیک بذر به کار می‌رود (Firman et al., 1991).

سن‌فیزیولوژیک غده سیب‌زمینی که می‌توان آن را آمادگی فیزیولوژیکی غده بذری سیب‌زمینی برای رویش تعریف کرد، در مدیریت تولید سیب‌زمینی مفهوم شناخته‌شده‌ای بوده و می‌تواند اثرات قابل توجهی بر تولید استولون، تعداد و اندازه غده‌ها، تعداد ساقه، زمان ظهور ساقه و نهایتاً عملکرد غده داشته باشد. سن‌فیزیولوژیک یک غده در حقیقت، گستره زمانی وسیعی از زمانی که غده بر روی گیاه مادری تشکیل می‌شود تا زمانی که مجدداً برای کشت مورد استفاده قرار می‌گیرد را دربر گرفته و شرایط محیطی در این فاصله زمانی نیز بسیار تأثیرگذارند (Caldiz et al., 2001). سن‌فیزیولوژیک بذر به‌طور قوی بر تعداد ساقه در گیاه، تعداد غده، اندازه غده‌ها و عملکرد تأثیرگذار است و بیش‌تر در مناطقی که دو کشت در یک سال انجام می‌گردد

سیب‌زمینی (*Solanum tuberosum* L.) گیاهی است اتوتتراپلوئید از خانواده سولاناسه که به‌صورت یک‌ساله جهت تولید غده کشت می‌شود. این گیاه شامل بیش از ۲۰۰۰ گونه بوده که ۱۶۰ گونه آن غده‌زاست و معروف‌ترین آن سولانوم توبروزوم، با ۴۸ کروموزوم می‌باشد (Gregory, 1985). مصرف سرانه سیب‌زمینی در کشور به‌بیش از ۴۵ کیلوگرم بالغ می‌گردد (Alfi et al., 2012). در مقیاس جهانی سیب‌زمینی یکی از با ارزش‌ترین مواد غذایی محسوب شده و از جمله مهم‌ترین محصولات است که قسمت عمده‌ای از نیازهای غذایی بشر را تأمین می‌کند (Jamimoeini, 2000).

غده‌های سیب‌زمینی انبارشده، اندام‌هایی زنده محسوب می‌شوند که با مواجه شدن با دماهای بالاتر از چهار درجه سانتی‌گراد فرایندهای حیاتی و بیوشیمیایی در آن‌ها آغاز می‌گردد. اگرچه ممکن است این تغییرات منجر به جوانه‌زنی نگردد، اما مطمئناً عکس‌العمل گیاه در مزرعه وابستگی کامل به شرایط انبارداری غده‌های بذری دارد

۱- استادیار پژوهش بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اصفهان
(Email: jalali51@yahoo.com)
(*)- نویسنده مسئول:

مورد استقبال است (Struik and Wiersema, 1999).

متداول شدن استفاده از تیمارهای دمایی مختلف به منظور افزایش سن فیزیولوژیک بذر، آن را به تکنیکی مبدل ساخته که در برخی مواقع از آن به عنوان رژیم‌های انبارداری انباشت گر^۱ یاد می‌شود (Coleman, 2006). برخی پژوهش‌گران ذخیره‌حرارتی برای حصول عملکردهای کمی و کیفی را ضروری دانسته و مقدار آن را بالاتر از ۲۵۰ درجه روز رشد تشخیص داده‌اند (O'Brien et al., 1983). استفاده از غده‌های بذری با سنین فیزیولوژیک ۹۰۰-۶۰۰ درجه روز رشد در برخی از پژوهش‌ها با افزایش عملکرد ۹۰ درصدی و هم‌چنین یک‌نواختی غده‌های تولیدی همراه بوده است (Knowles and Botar, 1992). در پژوهشی دو ساله، در یک سال از دو سال مطالعه، قرار دادن غده‌های بذری در دمای ۱۲ درجه به مدت چهار هفته عملکرد نهایی غده را ۳۱ درصد افزایش داد، اما تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر عملکرد بررسی نگردید (Milanitrabrizi and Hosseini, 1984). در آزمایشی که با استفاده از رقم Russet Burbank با طول دوره رشد ۱۲۱ روز انجام گرفت، غده‌هایی با سنین فیزیولوژیک ۶۶، ۳۴۱، ۶۱۶، ۸۹۱ و ۱۱۶۶ درجه روز رشد به ترتیب عملکردهایی معادل ۵۷/۲، ۶۶/۹، ۵۶/۹، ۶۳/۹ و ۵۸/۶ تن در هکتار تولید نمودند (Knowles and Botar, 1992).

در نواحی معتدل کشور با کشت بهاره سیب‌زمینی، محدودیت طول دوره رشد و دماهای بالا به‌ویژه در زمان تشکیل غده‌ها از دلایل عمده افت عملکرد سیب‌زمینی محسوب می‌شود. مدیریت انبارداری سیب‌زمینی و تولید غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بیش‌تر می‌تواند به عنوان رویکردی جهت رفع این موانع محسوب شده و دوره انبارداری این پتانسیل را داراست که از یک مرحله‌ی صرفاً نگهداری غده به یک دوره مؤثر در امر تولید تبدیل شود. به همین منظور پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر دماهای مختلف انبارداری بر سن فیزیولوژیک بذر و تأثیر آن بر عملکرد و زودرسی دو رقم سیب‌زمینی به اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در یک دوره سه ماهه انبارداری و یک فصل زراعی کشت در سال ۹۱-۱۳۹۰ در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کیوت‌آباد اصفهان انجام شد.

مرحله انبارداری

برای اجرای پروژه دو مرحله در نظر گرفته شد. در مرحله اول، باتوجه به این که غده‌های کوچک بر خلاف غده‌های درشت جوان‌تر بوده و خواب طولانی‌تری دارند (Van Ittersum, 1992)، غده‌های با

وزن یکسان از دو رقم نیمه‌زودرس مارفونا و راموس که معمولاً در تولید بهاره استفاده می‌شوند، بلافاصله پس از برداشت از مزارع تولید بذر به انبار منتقل و تحت شرایط تیمار حرارتی مطابق با دمای ذکر شده در جدول ۱ قرار داده شدند. دو رقم استفاده شده در این پژوهش از نظر دوره خواب پس از برداشت و اندازه بذر در یک گروه قرار می‌گیرند (Netherland potato consultative foundation, 2011). همان‌طور که در جدول ۱ نشان داده شده است، شش گروه غده بذری (پنج نوع با سن فیزیولوژیک متفاوت و یک شاهد) در پایان دوره انبارداری حاصل می‌شد. در این جدول دمای چهار درجه سانتی‌گراد دمای پایه برای سیب‌زمینی در نظر گرفته شد (Knowles and Knowles, 2006). در این دما تنفس غده‌ها در حداقل است. مدت زمان ۱۰ روز و دمای ۱۲ درجه سانتی‌گراد در تمام تیمارها وجود داشت. در حقیقت در این دما که با رطوبت ۸۵ درصد همراه است، ترمیم غده‌های آسیب‌دیده انجام می‌شود (فرایند کیورینگ). به عنوان مثال تیمار T3 در مرحله ترمیم بافت‌ها که به مدت ۱۰ روز و دمای ۱۲ درجه انجام می‌شود، ۸۰ درجه روز رشد توسط غده دریافت می‌شود (۸ × ۱۰، ۸ به این دلیل است که چهار درجه معادل صفر پایه باید از ۱۲ کم شود). به همین ترتیب در مرحله میان‌دوره ۷۸۰ درجه روز رشد دریافت می‌شود (۶۰ × ۱۳/۳). مجموع درجه روز رشد دریافت‌شده در تیمار T3 برابر می‌شود با ۸۸۰ (۸۰ + ۷۸۰). در انتخاب دماهای انبارداری ذکر این نکته نیز لازم است که بهتر است تیمارهای دمایی بالاتر، از اوایل تا اواسط دوره در نظر گرفته شده و دماهای آخر دوره، دماهای پایین‌تر باشند، زیرا وجود دماهای بالا در آخر دوره انبارداری موجب کاهش عملکرد غده‌های تولیدی می‌گردد (Struik et al., 2006). مجموع درجه روز رشد دریافت‌شده را می‌توان به صورت فرمول ۱ بیان کرد:

$$GDD_{(tub)} = (T_s - T_b) \times D$$

در این فرمول $GDD_{(tub)}$ مجموع درجه روز رشد برای هر تیمار، T_s دمای ذخیره‌سازی غده‌ها در هر دوره و T_b دمای پایه برای رشد غده بذری سیب‌زمینی و معادل چهار درجه سانتی‌گراد و D طول مدت ذخیره‌سازی بر حسب روز در هر دوره است. از نظر وضعیت ظاهری غده‌ها قبل از کاشت، برخی از تیمارها مثل T3 و T4 جوانه انتهایی رنگ زرد روشن (طول سه سانتی‌متر و نخ‌شکل) و یک یا دو جوانه جانبی متورم داشته ولی سایر تیمارها علائم ظاهری نداشتند.

مرحله کشت در مزرعه

ایستگاه تحقیقات کیوت‌آباد در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان در منطقه فلات مرکزی ایران با طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۳ دقیقه شمالی واقع شده است.

جدول ۱- تیمارهای دمایی جهت ذخیره سازی غده های بذری در یک دوره ۱۰۰ روزه

Table 1- Storage temperature treatment of seed tubers in a 100 day period

Table 1. Storage temperature treatment of seed tubers in a 100 day period							
تیمارها	سن فیزیولوژیک	ترمیم بافت‌ها		تیمار دمایی میان دوره		تیمار دمایی پایان دوره	
Treatments	Physiological age	Curing		Midterm temperature treatments		Final temperature treatments	
		day(روز)	°C(دما)	day(روز)	°C(دما)	day(روز)	°C(دما)
T1	440	10	12	20	22	70	4
T2	440	10	12	40	13	50	4
T3	880	10	12	60	17.3	30	4
T4	880	10	12	80	14	10	4
T5	80	10	12	90	4	-	-
شیوه مرسوم کشاورزان (خرید از مناطق سرد استان و انتقال آن به‌مناطق معتدل و انجام کشت بدون دریافت درجه روز رشد)							
T6	Conventional farmers methods (Buying from the cold regions of the province, and its transfer to the temperate regions and planting without a growth degree day)						

شیوه مرسوم کشاورزان (خرید از مناطق سرد استان و انتقال آن به مناطق معتدل و انجام کشت بدون دریافت درجه روز رشد)

T6 Conventional farmers methods (Buying from the cold regions of the province, and its transfer to the temperate regions and planting without a growth degree day)

رطوبت و دمای پایه استفاده شده به ترتیب ۸۵ درصد و چهار درجه سانتی گراد بود. حدود اطمینان برای دماهای مورد نظر (±۰/۵) درجه سانتی گراد بود

Humidity and the base temperature were 85% and 4 °C respectively. Levels of confidence for the desired temperature range was (+ - 0.5) °C

از هر کرت، غده های با وزن ۶۰-۳۰ گرم، غده های متوسط و غده های با وزن بیش از ۶۰ گرم غده های درشت محسوب شدند. غده های با وزن کم تر از ۳۰ گرم همان غده های غیر قابل فروش با قطر کم تر از ۳۵ میلی متر بودند. جهت اندازه گیری شاخص برداشت، یکم تر از مساحت هر کرت که دربرگیرنده غده ها (به صورت برش داده شده) و اندام های هوایی بود، برداشت و سپس به مدت ۴۸ ساعت در آن با دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفت. برای محاسبه شاخص برداشت از فرمول ۲ استفاده شد:

۱۰۰×(وزن خشک کل گیاه/وزن خشک غده ها) = شاخص برداشت

برای تجزیه داده ها از نرم افزار SAS و مقایسه میانگین ها با

روش LSD (پنج درصد) انجام شد (SAS Institute, 2010).

نتایج و بحث

بر اساس نتایج به دست آمده دو رقم استفاده شده در این پژوهش از نظر صفات عملکرد غده (سطح احتمال پنج درصد)، عملکرد قابل فروش (سطح احتمال یک درصد)، عملکرد غیر قابل فروش (سطح احتمال پنج درصد) و وزن غده های درشت (سطح احتمال پنج درصد) تفاوت معنی دار داشتند، در حالی که تأثیر تیمارهای دمایی استفاده شده برای صفات عملکرد غده، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیر قابل فروش، تعداد ساقه در هر بوته و تعداد غده در هر بوته (همگی در سطح احتمال پنج درصد) تفاوت معنی دار نشان دادند. تأثیر برهم کنش (رقم×تیمار دمایی) برای تمام صفات آزمایشی به جز وزن خشک اندام هوایی از نظر آماری معنی دار بود.

مقایسه میانگین برهم کنش تیمارهای دمایی استفاده شده و ارقام در جدول ۲ نشان داده شده است. استفاده از تیمار حرارتی T3 و رقم مارقونا با عملکرد ۵۱۷۳۳ کیلوگرم در هکتار بالاترین میزان عملکرد

خاک منطقه مورد مطالعه لومی-رسی و مقدار پتاسیم و فسفر خاک به ترتیب برابر ۳۲۰ و ۱۳/۴ میلی گرم در هر کیلوگرم خاک بود. متوسط بارندگی و درجه حرارت سالیانه آن به ترتیب ۱۱۰ میلی متر و ۲۵ درجه سانتی گراد است. ارتفاع محل از سطح دریا ۱۵۴۵ متر و توپوگرافی آن به صورت جلگه ای می باشد. در مرحله کشت مزرعه ای غده های حاصل از شش تیمار دمایی مربوط به دو رقم، بلافاصله پس از خارج شدن از انبار در یک آزمایش فاکتوریل و طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با چهار تکرار، مورد ارزیابی قرار گرفت. T5 تیماری است که در آن پس از ترمیم آسیب دیدگی غده ها در دمای ۱۲ درجه سانتی گراد در کل دوره انبارداری دما چهار درجه سانتی گراد در نظر گرفته می شود. تیماری است که به طور معمول در انبارهای سیب زمینی مورد استفاده قرار می گیرد. هیچ گونه تیمار نوری در طی مدت انبارداری انجام نشد، و محیط بدون نور برای نگه داری فراهم گردید. در طی شرایط انبارداری رطوبت در حد ۸۵ درصد حفظ شده و تهویه لازم در زمان های مناسب انجام شد. هر کرت شامل چهار ردیف سیب زمینی با فاصله ۷۵ سانتی متر و به طول چهار متر بود (مساحت ۱۲ متر مربع). تاریخ کشت ۲۹ بهمن بود و غده ها پس از ضد عفونی در عمق ۱۵ سانتی متری کشت گردید. در زمان برداشت، ۲ متر از ردیف های وسط هر کرت جهت برآورد عملکرد استفاده شد. عملکرد قابل فروش و غیر قابل فروش (غده های با قطر کم تر از ۳۵ میلی متر) (بر اساس ۲ متر برداشت هر کرت)، تعداد ساقه های تولید شده (بر اساس هشت بوته انتخابی از وسط هر کرت)، تاریخ سبز شدن (بر اساس ظهور ۵۰ درصد گیاهان در هر کرت)، تعداد غده در هر بوته (بر اساس هشت بوته انتخابی در هنگام برداشت)، وزن غده ها (بر اساس میانگین وزنی هشت بوته انتخابی برای تعداد غده) و اندازه غده ها در این پژوهش اندازه گیری شد. در این پژوهش بر اساس ۲ متر عملکرد برداشت شده

آن دماهای انبار ۶-۵، ۲۵-۲۰ و ۳۵-۳۰ درجه سانتی‌گراد ۴۵ روز قبل از کاشت موردبررسی قرار داده‌شد، سرعت جوانه‌زنی اکثر ارقام در شرایط مزرعه در دماهای بالاتر انبارداری افزایش یافت، اما میزان تولید محصول در برخی ارقام به شدت تحت تأثیر دمای انبار قرارگرفت و در برخی دیگر ارقام تحت تأثیر دمای انبار قرارنگرفت (Bodlaender and Marinus, 1987). برخی پژوهش‌گران معتقدند، ذخیره دمایی کمتر از ۲۵۰ (درجه روز رشد) توسط غده‌های بذری تأثیر چندانی در عملکرد ندارد (O Brien *et al.*, 1983) و برخی مقدار دمایی ذخیره‌شده لازم برای ایجاد اثرات مثبت را حداقل ۵۰۰ (درجه روز رشد) ذکر می‌کنند (Knowles and Botar, 1992).

در پژوهش حاضر را داشت، اما تفاوت معنی‌داری بین این تیمار و استفاده از همین رقم و تیمار دمایی T2 و هم‌چنین استفاده از رقم راموس و تیمارهای دمایی T3 و T4 یافت نشد. باتوجه به مقدار عملکرد قابل فروش، برای رقم مارفونا تیمار دمایی T3 نسبت به سایر تیمارهای دمایی برتری داشته است، زیرا تیمار دمایی T2 علی‌رغم داشتن عملکرد کل مشابه، بخش بیش‌تری از این عملکرد را به عملکرد غیرقابل فروش اختصاص داده‌است. برای رقم راموس استفاده از هر یک از تیمارهای دمایی T3 و T4 از نظر عملکرد قابل فروش تفاوت معنی‌داری نداشت. بنابراین هر یک از این دو تیمار نسبت به تیمار شاهد قابل توصیه است. واکنش ارقام مختلف به افزایش سن فیزیولوژیک بذر یکسان نیست. به عنوان مثال، در پژوهشی که در

جدول ۲- مقایسه میانگین برهم‌کنش رقم و تیمارهای انبارداری دمایی بر عملکرد، عملکرد قابل فروش، عملکرد غیرقابل فروش و تعداد ساقه در هر

بوته

Table 2- Comparison of the mean interaction of cultivars and temperature storage on total tuber yield, salable tuber yield, non salable tuber yield, harvest index and number stem per plant of potato

تیمارها	عملکرد کل غده (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد قابل فروش (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد غیر قابل فروش (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	تعداد ساقه در بوته
Treatments	Total tuber yield (kg ha ⁻¹)	Salable tuber yield (kg ha ⁻¹)	Non salable tuber yield (kg ha ⁻¹)	Harvest index (%)	Number stem per plant
RT1	31867.0d	27333.0cd	1434.0c	63.5d	4.6c
RT2	40133.0b	36334.0b	3800.0b	68/6b	5.2b
RT3	48666.0a	44134.0a	4533.0a	75.4a	6.5a
RT4	47400.0a	44400.0a	5666.0a	76.1a	6.4a
RT5	34666.0c	30734.0c	3934.0b	65.2c	4.7c
RT6	40733.0b	35800.0b	4934.0a	69/3b	5.5b
MT1	37592.0b	29533.0c	8058.0a	70.2b	5.5b
MT2	47466.0a	40267.0b	7200.0a	78.3a	6.4a
MT3	51733.0a	47934.0a	3800.0c	79.6a	6.7a
MT4	39400.0b	33733.0c	5666.0b	70.9b	5.3b
MT5	32600.0c	27734.0d	4867.0b	64.0c	4.8c
MT6	41533.0b	34533.0c	7000.0a	71.2b	5.6b

حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD 5%). T1 ... T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد.

The same letters in each column are not statistically significantly different (LSD 5%). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively.

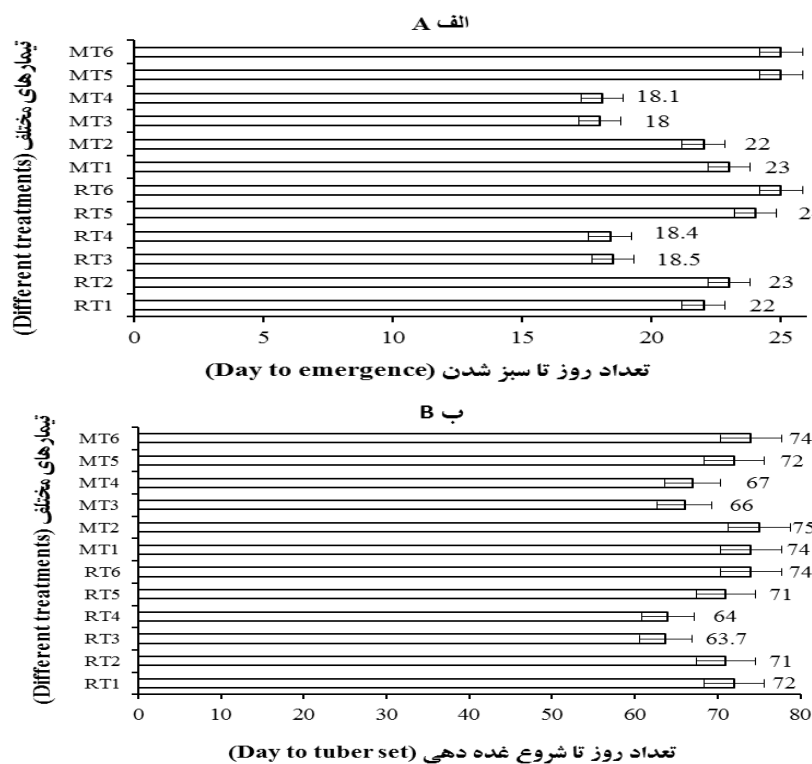
اندام‌های هوایی از نظر آماری معنی‌دار نبود. بنابراین افزایش عملکرد غده‌ها دلیل اصلی افزایش شاخص برداشت بوده‌است. کشت غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بالاتر موجب تسریع رشد اندام‌های هوایی می‌شود (مراجعه به قسمت تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر فاصله زمانی کاشت تا سبزشدن) و غده‌دهی با دماهای مناسب‌تر (خنک‌تر) مواجه می‌شود. در محدوده دمایی ۱۲ تا ۲۸ درجه سانتی‌گراد با افزایش دما، کاهش شاخص برداشت سیب‌زمینی گزارش شده‌است (Wheeler *et al.*, 1986). اثرات منفی دماهای بالا بر شاخص برداشت به دلیل کاهش عملکرد غده در برخی از پژوهش‌های دیگر نیز مورد تأکید

تغییرات شاخص برداشت مشابه با تغییرات عملکرد غده بود (جدول ۲). شاخص برداشت در تیمارهای دمایی مختلف در رقم راموس از ۶۳/۵ تا ۷۶/۱ و در رقم مارفونا از ۶۴ تا ۷۹/۶ درصد در نوسان بود. به نظر می‌رسد غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بیش‌تر کارایی بیش‌تری برای اختصاص مواد فتوسنتزی به محصول اقتصادی داشته‌باشند. در یک پژوهش، غده‌هایی با سن فیزیولوژیک بیش‌تر (۷۳۹ درجه روز رشد) شاخص برداشت بیش‌تری نسبت به غده‌های جوان‌تر (۶۶ درجه روز رشد) داشتند (Knowles and Botar, 1992). تأثیر تیمارهای مختلف دمایی و برهم‌کنش تیمارهای دمایی و رقم بر وزن خشک

قرار گرفته است (Wolf et al., 1990).

باتوجه به این که تیمارهای دمایی برتر در هر دو رقم مارفونا و راموس به طور معنی دار تعداد ساقه بیش تری در هر بوته داشتند (جدول ۲). به نظر می رسد تیمارهای دمایی با تسریع فرایند رشد و نمو گیاه و ایجاد ساقه های هوایی بیش تر زمینه لازم برای تولید استولون های بارور را فراهم می سازد (Struik and Wiersema, 1999). شرایط فیزیولوژیکی غده بذری به ویژه در زمان انبارداری آن بر روند سن فیزیولوژیک مؤثر است. تئوری پذیرفته شده در این راستا بر این اساس استوار است که تغییر سن فیزیولوژیکی غده بذری می تواند تعادل هرمونی را در جهت سیاق دهد که با تأثیر بر فرایند هورمون سازی شدت غالبیت انتهایی کاهش یابد (Wareing et al., 1980). به همین دلیل بالاترین استقرار گیاهی در مزرعه زمانی حاصل می شود که از غده هایی با سن فیزیولوژیک مطلوب استفاده شده باشد (O'Brien et al., 1983).

اثبات این که تیمارهای دمایی مطلوب می توانند موجب تسریع رشد و نمو اولیه گیاه شود. با بررسی فاصله زمانی مراحل رشد و روند



شکل ۱- تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر فاصله زمانی کاشت تا سبز شدن (الف) و کاشت تا شروع غده دهی (ب)

T6...T1 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم های راموس و مارفونا می باشند

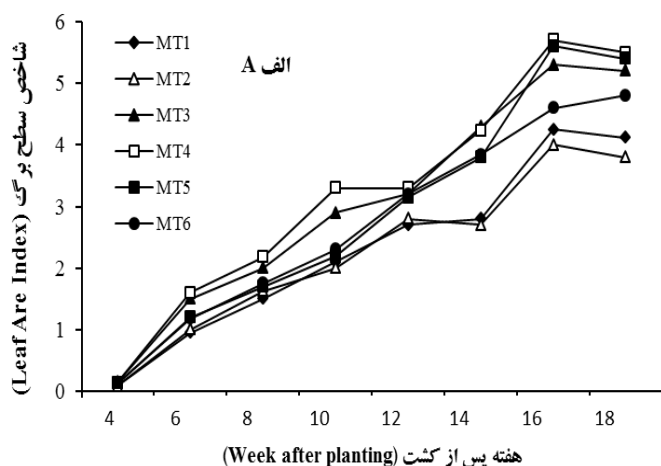
Figure1- The effect of different temperature on the time interval planting to emergence (A) and planting to tuber set (B). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

دوازدهم پس از کشت تیمارهای دمایی T3 و T2 برای رقم مارفونا و

همان گونه که در شکل ۲ (الف و ب) مشاهده می شود، تا هفته

۱۶۶ درجه روز رشد نسبت به تیمار دمایی ۶۶ درجه روز رشد، ۱۴۷ درصد بیش‌تر بود. برآزش معادلات منحنی‌های شاخص سطح برگ برای تیمارهای دمایی مختلف در شکل ۲ (الف و ب) نمایش داده شده و بیانگر معادلات درجه دومی است که، معمولاً پس از یک سیر صعودی در آغاز رشد، و رسیدن به یک حداکثر، مجدداً سیر نزولی آغاز خواهد کرد. از این معادلات می‌توان برای پیش‌بینی شاخص سطح برگ در فواصل زمانی مختلف پس از کشت استفاده کرد.

تیمارهای دمایی T3 و T4 برای رقم راموس از نظر شاخص سطح برگ نسبت به سایر تیمارهای دمایی برتری داشتند. دماهای بالاتر در هفته دوازدهم (و هفته پس از آن برای سایر تیمارها) و هم‌زمانی آن با رشد سریع غده‌ها موجب کاهش روند صعودی شاخص سطح برگ شد. نتایج مشابهی مبنی بر عدم تفاوت شاخص سطح برگ، برای غده‌هایی که سن فیزیولوژیک بالاتری داشتند (۷۰ روز پس از کشت) به دلیل تسریع در آغاز رشد غده‌ها گزارش شده است (Knowles and Botar, 1992). این درحالی بود که در این پژوهش، ۳۴ روز پس از کشت شاخص سطح برگ تیمار دمایی



$$MT1 \quad y = -0.0129x^2 + 0.7007x - 0.5104 \\ R^2 = 0.9688$$

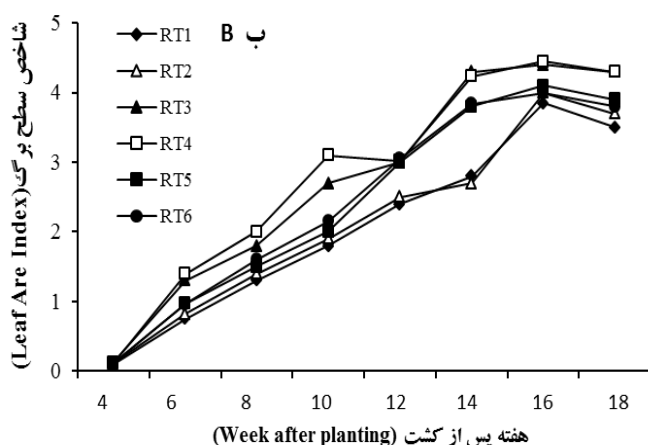
$$MT2 \quad y = -0.0283x^2 + 0.7905x - 0.5821 \\ R^2 = 0.9631$$

$$MT3 \quad y = -0.0307x^2 + 1.0086x - 0.6884 \\ R^2 = 0.9786$$

$$MT4 \quad y = -0.0748x^2 + 1.2828x - 1.0384 \\ R^2 = 0.9736$$

$$MT5 \quad y = 0.0135x^2 + 0.6663x - 0.4439 \\ R^2 = 0.9689$$

$$MT6 \quad y = -0.0237x^2 + 0.8913x - 0.6818 \\ R^2 = 0.993$$



$$RT1 \quad y = -0.0208x^2 + 0.7161x - 0.6286 \\ R^2 = 0.9723$$

$$RT2 \quad y = -0.0163x^2 + 0.688x - 0.5375 \\ R^2 = 0.9672$$

$$RT3 \quad y = -0.0601x^2 + 1.1654x - 0.9716 \\ R^2 = 0.9739$$

$$RT4 \quad y = -0.0748x^2 + 1.2828x - 1.0384 \\ R^2 = 0.9736$$

$$RT5 \quad y = -0.0458x^2 + 1.0073x - 0.942 \\ R^2 = 0.9726$$

$$RT6 \quad y = -0.059x^2 + 1.1098x - 1.0482 \\ R^2 = 0.977$$

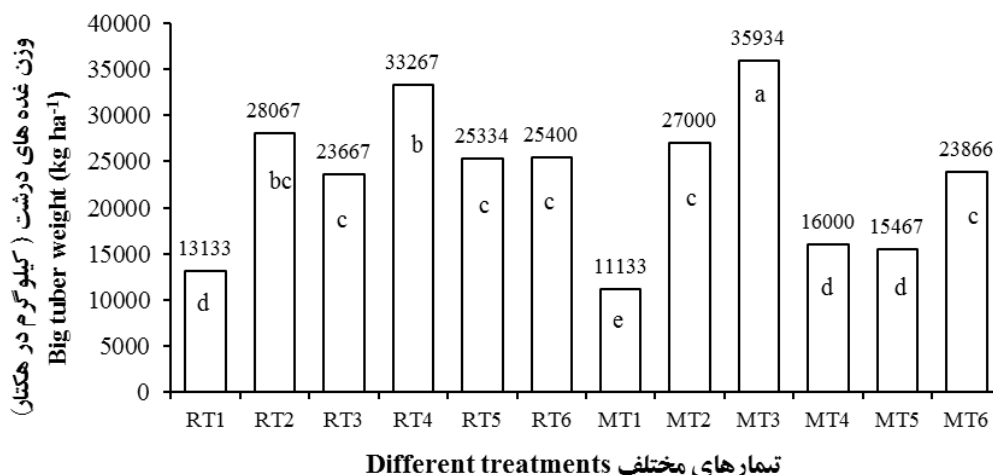
شکل ۲- تأثیر تیمارهای مختلف دمایی بر شاخص سطح برگ رقم مارفونا (الف) و رقم راموس (ب)

T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و R، M به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد

Figure 2- The effect of different temperature on leaf area index of Marfona (A) and Ramos (B) Potato cultivars. T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

(شکل ۳). به عبارت ساده در این تیمار بیش از ۶۹ درصد از کل عملکرد غده‌ها به غده‌های درشت اختصاص یافته است. درحالی‌که تیمار دمایی مشابه و استفاده از رقم راموس با تولید ۲۳۶۶۷ کیلوگرم غده درشت فقط ۴۸/۶ درصد از عملکرد کل خود را به غده‌های درشت اختصاص داد. آنچه به‌طور کلی می‌توان گفت، آن است که تولید غده‌های درشت در اکثر تیمارهای دمایی برای هر

برهم‌کنش استفاده از تیمارهای مختلف دمایی و رقم بر وزن غده‌های درشت (بیش از ۶۰ گرم) تولیدی از نظر آماری در سطح یک درصد آماری معنی‌دار بود. مقایسه میانگین تأثیر تیمارهای دمایی و رقم بر تولید غده‌های درشت در شکل ۳ نشان‌دهنده است. استفاده از رقم مارفونا و تیمار دمایی T3 با تولید ۳۵۹۳۴ کیلوگرم در هکتار غده‌های درشت نسبت به سایر تیمارها برتری معنی‌داری داشت



شکل ۳- تأثیر برهم‌کنش تیمارهای مختلف دمایی و رقم بر تولید غده‌های درشت (وزن بیش از ۶۰ گرم)

حروف مشترک در ستون‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD ۵٪). T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و M، R به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد

Figure 3- Interactions effects of cultivars and temperature storage on big tuber weight (Weights more than 60 gr)
The same letters in columns are not statistically significantly different (LSD 5%). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

متفاوت بوده و بر این اساس می‌توان با اعمال مدیریت تیمارهای دمایی به غده‌هایی با اندازه‌های مختلف دست‌یافت. تولید غده‌های یکنواخت و بازارپسند در زراعت سیب‌زمینی از اهمیت بالایی برخوردار بوده و تغییر سن فیزیولوژیک غده بذری می‌تواند در این زمینه مورد توجه قرار گیرد (Knowles and Botar, 1992).

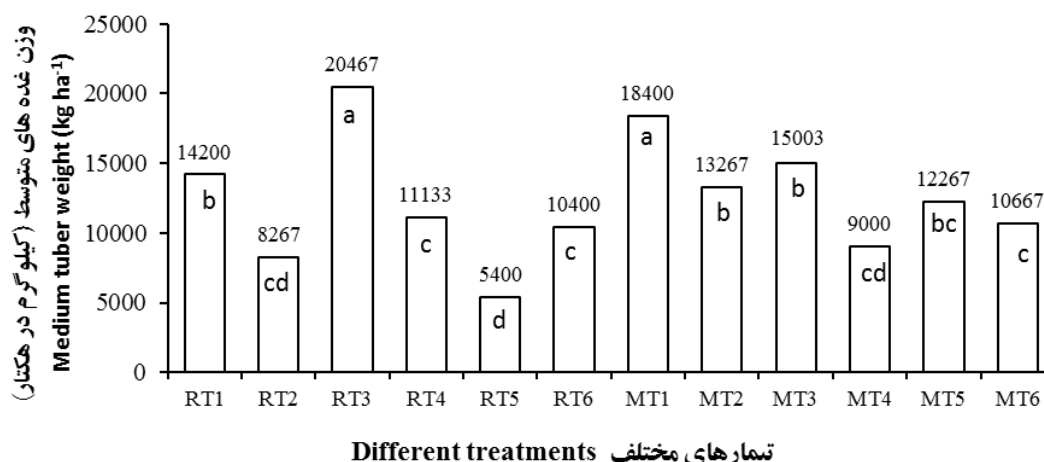
نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که در نواحی معتدل کشور با کشت بهاره سیب‌زمینی، محدودیت طول دوره رشد و دماهای بالا در طول فصل رشد از دلایل عمده افت عملکرد سیب‌زمینی محسوب می‌شود، نتایج پژوهش حاضر نشان‌داد، استفاده از تکنیک افزایش سن فیزیولوژیک غده‌های بذری می‌تواند به‌عنوان یک رویکرد جهت افزایش عملکرد و تولید غده‌هایی با اندازه مناسب مطرح باشد. اگرچه با استفاده از این تکنیک طول کل دوره رشد ثابت است؛ اما به‌دلیل

دو رقم به‌طور معنی‌دار بیش از تیمار مرسوم (T6) بود. در برخی دیگر از پژوهش‌ها نیز به این نکته اشاره شده است که استفاده از تیمارهای دمایی به‌ویژه تیمارهای دمایی بیش از ۵۰۰ درجه روز رشد، با تولید غده‌های درشت بیش‌تری نسبت به تیمارهای شاهد همراه خواهد بود (Struik and Wiersema, 1999).

مقایسه میانگین تأثیر برهم‌کنش تیمارهای دمایی و رقم بر تولید غده‌های متوسط (۶۰-۳۰ گرم) بیانگر برتری تیمار دمایی T3 و استفاده از رقم راموس بود (شکل ۴). این رقم با تولید ۲۰۴۶۷ کیلوگرم غده متوسط، ۴۲ درصد از کل عملکرد غده را به غده‌های متوسط اختصاص داد، اما تفاوت معنی‌داری با تیمار دمایی T1 و استفاده از رقم مارفونا نداشت. بر خلاف آنچه در رابطه با تولید غده‌های درشت عنوان شد، استفاده از رقم مارفونا و تیمار دمایی T3 از نظر تولید غده‌های متوسط (تولید ۱۵۰۰۳ کیلوگرم غده متوسط) در رتبه دوم قرار گرفت. با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، واکنش ارقام مختلف به تیمارهای دمایی از نظر تولید غده‌هایی با اندازه‌های مختلف

تسریع فرایندهای نمو، مراحل مختلف رشد با شرایط مناسب‌تری
رقم استفاده‌شده متفاوت است، انجام پژوهش‌های مشابه با استفاده از
رقم‌های رایج قابل توصیه است.



شکل ۴- تأثیر برهم‌کنش تیمارهای مختلف دمایی و رقم بر تولید غده‌های متوسط (۳۰-۶۰ گرم)

حروف مشترک در ستون‌ها از نظر آماری تفاوت معنی‌دار ندارند (LSD 5%). T1...T6 تیمارهای دمایی تعریف شده در جدول ۱ و M, R به ترتیب بیانگر رقم‌های راموس و مارفونا می‌باشد

Figure 4- Interactions effects of cultivars and temperature storage on medium tuber weight (30-60 gr)

The same letters in columns are not statistically significantly different (LSD 5%). T1...T6 are temperature treatments given in Table 1 and R, M are Ramos and Marfona potato cultivars respectively

اصفهان و مدیریت زراعت سازمان جهاد کشاورزی استان اصفهان
برای حمایت‌های مالی که از اجرای این تحقیق نموده‌اند، تشکر و
قدردانی می‌نماید.

سپاس‌گزاری

نگارنده مقاله از مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان

References

- Alfi, K., Dashti, G., and Shahrooz, K. 2012. Analyzing the relationship between inputs and economical production of potato in Ardabil. Agricultural knowledge and sustainable production 1:213-223. (In Persian).
- Bodlaender, K. B. A., and Marinus, J. 1987. Effect of physiological age on growth vigour of seed potatoes of two cultivars 3. Effect on plant growth under controlled conditions. Potato Research 30:423-440.
- Caldiz, D.O., Fernandez, L.V., and Struik, P.C. 2001. Physiological age index: a new, simple and reliable index to assess the physiological age of seed potato tubers based on haulm killing date and length of the incubation period. Field Crops Research 69:60-79.
- Coleman, P. 2006. Increasing stem and tuber numbers using accumulator technology. <http://www.Vaxteko.Nu>. (Visited 5 September 2013).
- Firman, D.M., O'Brien, P.J., and Allen, E. J. 1991. Leaf and flower initiation in potato (*Solanum tuberosum*) sprouts and stems in relation to number of nodes and tuber initiation. Journal of Agricultural Science 117: 61-74.
- Gregory, L.E. 1985. Physiology of tuberization in potato plant. Plant Physiology 15:1328-1354.
- Jalali, A.H., and Salehi, F. 2013. Sugar beet yield as affected by seed priming and weed control. Archives of Agronomy and Soil Science 59:281-288.
- Jamimoeini, M. 2000. Effects of hormonal compounds, and planting beds on one node and seedling growth of potato meristem culture. Proceedings of the Second National Biotechnology Congress Karaj, Iran. 718-725. (In Persian)
- Knowles, N.R., and Botar, G.I. 1992. Effect of the altering the physiological age of potato seed tubers in the fall of subsequent production in a short season environment. Canadian Journal of Plant Science 72:275- 287.
- Knowles, N.R., and Knowles L.O. 2006. Manipulating stem number, tuber set and yield relationship for Northern and Southern growth potato seed lots. Crop Science 46:284-296.

- 11- Milanitabrizi, M., and Hosseini, M. 1984. Effects of physiological age of seed tubers in relation to the size of seed potatoes on stem density. The final report of the research project, Seed and Plant Improvement Institute. Report No. 71474. 34pp. (In Persian).
- 12- Netherland potato consultative foundation. 2011. Potato council variety database home. [http://www.aardappelpagina.nl/uk/about potatoes/variety catalogue/ras?frmvariety=93](http://www.aardappelpagina.nl/uk/about%20potatoes/variety%20catalogue/ras?frmvariety=93)
- 13- Brien, P. J., Allen, E.J., Bean, J.N., Griffith, R.L., Jones, S.A., and Jones, J.L. 1983. Accumulated day-degrees as a measure of physiological age and the relationships with growth and yield in early potato varieties. *Journal of Agricultural Science Cambridge* 101:513-631.
- 14- SAS Institute, 2010. SAS user's guide. SAS Inst., Cary, NC.
- 15- Struik, P. C. and Wiersema, S. G. 1999. Seed potato technology. Wageningen Press, The Netherlands. Netherlands, p.383.
- 16- Struik, P.C., Van der Putten, P.E.L., Caldiz, D.O. and Scholte, K. 2006. Response of stored potato seed tubers from contrasting cultivars to accumulated day-degrees. *Crop Science* 46:1156-1168.
- 17- Van Ittersum, M.K. 1992. Variation in the duration of tuber dormancy within a seed potato lot. *Potato Research* 35:261-269.
- 18- Wareing, P.E., and Jennings, A.M. 1980. The hormonal control of tuberization in potato. The Beltsville Agricultural Research Center, Maryland. 181-195.
- 19- Wheeler, R.M., Steffen, K.L., and Tibbitts, T.W., and Palta, J.P. 1986. Utilization of potatoes for life support systems II. The effects of temperature under 24-H and 12-H photoperiods. *American Potato Journal* 63:639-647.
- 20- Wolf, S., Marani, A., and Rudich, J. 1990. Effects of temperature and photoperiod on assimilate partitioning in potato plants. *Annals of Botany* 66:515- 520.



The Effect of Different Storage Temperatures on the Agronomic Characteristics and Yield of Two Varieties of Potatoes

A. H. Jalali^{1*}

Received: 2014-11-16

Accepted: 2015-10-03

Introduction

Potato (*Solanum tuberosum* ssp.) is an autotetraploid ($2n=4x=24$) species and a key member of the Solanaceae family. Physiological age is usually determined from potato tuber initiation and afterwards. Potato seed tubers physiological preparedness for growth is an important factor in determining the productive potential of the seed potatoes. Physiological age is considered as an internal biological clock that usually covers all aspects of the production while chronological age is determined only by the length of harvest and planting time (Gregory, 1985). In most cases, the current practice for storing potato tubers is to wound-heal seed-tubers at 10-15° C during the initial 10 days of storage (Curing) and then reduce and maintain the temperature at a holding level of 4 ° C until planting while the technique of physiological aging of seed tubers, was not only one tuber storage temperature (4°C) and then transferred to a higher temperature (similar natural germination conditions), but different thermal treatments during storage conditions is used in order to increase the physiological age. Some researchers argue that thermal storage is essential to obtain quantitative and qualitative performance which its value is higher than 250 GDD. The physiological age of seed tubers 900-600 GDD in some studies to increase performance by 90 percent and was associated uniformity producing tubers. In temperate regions with spring planting date, the short growing season and high summer temperature is considered as limiting factor for potato production. For this purpose the present study was carried out to evaluate the effect of different storage temperatures on the physiological age of seed and its effect on yield and earliness of two potato cultivars.

Materials and Methods

The Effects of six different thermal treatments storage in a three-month period, including two treatments of 440 degree-day (T1 and T2), two treatments of 880 degree-day (T3 and T4), one treatment of 80 degree-day (T5), and control treatment (T6) on agronomic characteristics and yield of Marfona and Ramus cultivars was investigated by using a factorial experiment based on randomized complete block design with four replications at Kabootar Abad Agriculture Research Center of Isfahan. Period of 10 days and 12 ° C were found in all treatments. For example, in the treatment of T3, the tissue repair process that is carried out for 10 days at 12 ° C to 80 GDD is received by the tubers (8×10 , 8 for the reason that, 4 ° C is base temperature and should be minus of 12). Salable and non-salable yield, number of stems produced, emergence rate, the number of tubers per plant, tubers weight and the tubers size were measured in this study.

Results and Discussions

The results of this study showed that the effect of temperature treatment and the interaction of temperature treatment and cultivar on yield and yield components were considered statistically significant. Marfona cultivar and use of T3 treatment with 51733 kg ha^{-1} had the highest tuber yield. However, there was not significant difference between this treatment and use of T2 treatment, and also using of Ramus cultivar and T3 and T4 temperature storage. For both cultivars used in this study, T3 treatment produced maximum number of stems per plant. Harvest index was fluctuated at different temperature treatments from 63.5 to 76.1 percent in the Ramos cultivar, and from 64 to 79.6 percent in Marfona cultivar. In summary, management of storage temperature can increase potato crop yields, especially in areas with short growing seasons. It seems that effects of physiological age differ between cultivars and different varieties of potatoes have different abilities to produce tuber yields in response to different heat treatments. Increasing of total tuber yield, especially as affected by thermal temperature storage application higher than 500 GDD was reported in some studies such as Knowles and Botar (1992) in which plants from 341GDD seed tubers produced 70% of their total yield as marketable, while 64% of the total yield from 900 GDD seed tubers was graded as marketable. The harvest index is a change in potatoes varieties from 9% in the wild up to 81 percent of in new cultivars, respectively. But harvest index is usually

1- Assistant Professor, Department of Seed and Plant Improvement and Education Research Center of Agriculture and Natural Resources Esfahan, Iran

(* - Corresponding Author Email: jalali51@yahoo.com)

considered to be 75% for new potato varieties.

Conclusions

The results of this study indicated that compared with younger tubers, the yield increased from older seed tubers but it must stress that the proper seed tuber age depends upon cultivar. With using of “controlled seed-tuber aging” techniques, process of plant development was accelerating and thus tuber set and tuber enlargement faced with optimum environmental conditions. This technique can be used in the following cases: when sowing date delayed and need to quickly grow, when a farmer or a company producing seed tuber for short growing season.

Keywords: Growth Degree day (GDD), Leaf Area Index (LAI), Physiological Age

Contents

The Effect of Weeds Interference Time and Plant Density on Weeds Control and Broad Bean (<i>Vicia faba</i> L.) Yield	224
M. Dabaghzadeh- Gh. Fathi- A. Bakhshandeh- Kh. Almi-Said	
Comparison of Yield and Yield Components of Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.), Sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) and Red Bean (<i>Phaseolus calcaratus</i>) under different Intercropping Arrangements	242
A. Koocheki- H. Zarghani- A. Norooziyan	
Effect of Nitrogen Level and Natural Zeolite on Qualitative and Quantitative Function of <i>Stevia rebaudiana</i> (Bertoni) in Ahvaz Climate Condition	253
A. Bakgshandeh- M. H. Gharineh- A. R. Abdale- M. R. Moraditelavat- M. Reiszadeh	
Evaluation of the Effect of Seed Priming and Seedbed on Characteristic of Transplant Sweet Corn (<i>Zea Mays</i> L.)	264
A. Manzari-Tavakkoli- M. Khajeh-Hosseini- A. A. Mohammad Abadi	
Evaluation of Relationship between Auxin and Cytokinin Hormones on Yield and Yield Components of Maize under Drought Stress Condition	277
A. Mahrokh- M. Nabi Pour- H. A. Roshanfekar Dezfuli- R. Choukan	
Effects of Soil Fertilizers on Growth Indices, Morpho-Physiological Traits and Potassium content of Baurley Tobacco Cultivar	290
M. R. Tadayon- Z. Reisi	
Effects of Drought Stress on Vegetative and Reproductive Stages on Forage and Kernel Corn Hybrids	302
M. Hajibabaei- F. Azizi	
Study the Effect of Different Phosphorus Fertilizers on Physiological Characteristic of Photosynthetic Pigments and Soluble Sugars of Safflower under Water Deficit Condition	316
S. Heshmati- M. Amini Dehaghi- A. Rezazadeh- K. Fathi Amirkhiz	
Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of 8 Potato Clones	327
A. R. Bolandi- H. Hamidi	
Mathematical Modeling of Acclimation Processes of the Photosynthetic Chain	341
S. Heidari- H. Marashi- S. Malekzadeh Shafaroudi- M. Ghaderi-Zefrehei	
Effects of Cycocel on Morphological Traits, Nitrogen and Potassium Content of Basil Plants under Water Stress Conditions	352
A. Rezaei Estakhroei- B. Babaei	
Investigating the Allometric Relationships between Leaf Area and Some of Vegetative Characteristics in SC704 Corn Hybrid	367
E. Zeinali- A. Soltani- M. Khadempir	
The Effect of Freezing Stress on Percentage of Electrolytes Leakage and Survival of Flixweed (<i>Descurainia sophia</i> L.) Seedlings	378
E. Izadi-Darbandi- A. Nezami- R. Hassanbeigy- M. Janalizadeh Ghazvini	
Evaluating the Magnetic Field effects on Growth and Yield of Chickpea (<i>Cicer arietinum</i>) under Mashhad Climatic Conditions	391
Gh. Mahmoudi- A. Ghanbari- M. Rastgoo- M. Gholi zade- I. Tahmasebi	
The Effect of Different Storage Temperatures on the Agronomic Characteristics and Yield of Two Varieties of Potatoes	401
A. H. Jalali	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 14

No. 2

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

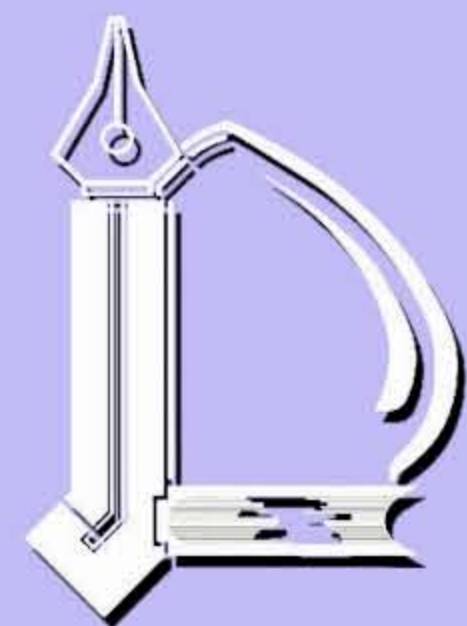
Emam, Y.	Crop Physiology	Prof., Shiraz University
Bagheri, A.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Behdani, M.A.	Crop Ecology	Assoc. Prof., Birjand University
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Assoc. Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	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://jcesc.um.ac.ir>



Ferdowsi University
of Mashhad

Vol.14 No.2

2016

Iranian Journal of Field Crops Research

ISSN:2008-1472

Contents

The Effect of Weeds Interference Time and Plant Density on Weeds Control and Broad Bean (<i>Vicia faba</i> L.) Yield.....	224
M. Dabaghzadeh- Gh. Fathi- A. Bakhshandeh- Kh. Almi-Said	
Comparison of Yield and Yield Components of Sunflower (<i>Helianthus annuus</i> L.), Sesame (<i>Sesamum indicum</i> L.) and Red Bean (<i>Phaseolus calcaratus</i>) under different Intercropping Arrangements	242
A. Koochehi- H. Zarghani- A. Norooziyan	
Effect of Nitrogen Level and Natural Zeolite on Qualitative and Quantitative Function of <i>Stevia rebaudiana</i> (Bertoni) in Ahvaz Climate Condition.....	253
A. Bakgshandeh- M. H. Gharineh- A. R. Abdale- M. R. Moraditelavat- M. Reiszadeh	
Evaluation of the Effect of Seed Priming and Seedbed on Characteristic of Transplant Sweet Corn (<i>Zea Mays</i> L.)	264
A. Manzari-Tavakkoli- M. Khajeh-Hosseini- A. A. Mohammad Abadi	
Evaluation of Relationship between Auxin and Cytokinin Hormones on Yield and Yield Components of Maize under Drought Stress Condition	277
A. Mahrokh- M. Nabi Pour- H. A. Roshanfekr Dezfuli- R. Choukan	
Effects of Soil Fertilizers on Growth Indices, Morpho-Physiological Traits and Potassium content of Baurley Tobacco Cultivar	290
M. R. Tadayon- Z. Reisi	
Effects of Drought Stress on Vegetative and Reproductive Stages on Forage and Kernel Corn Hybrids.....	302
M. Hajibabaei- F. Azizi	
Study the Effect of Different Phosphorus Fertilizers on Physiological Characteristic of Photosynthetic Pigments and Soluble Sugars of Safflower under Water Deficit Condition	316
S. Heshmati- M. Amini Dehaghi- A. Rezazadeh- K. Fathi Amirkhiz	
Evaluation of Quantitative and Qualitative Traits of 8 Potato Clones	327
A. R. Bolandi- H. Hamidi	
Mathematical Modeling of Acclimation Processes of the Photosynthetic Chain	341
S. Heidari- H. Marashi- S. Malekzadeh Shafaroudi- M. Ghaderi-Zefrehei	
Effects of Cycocel on Morphological Traits, Nitrogen and Potassium Content of Basil Plants under Water Stress Conditions	352
A. Rezaei Estakhroeih- B. Babaei	
Investigating the Algometric Relationships between Leaf Area and Some of Vegetative Characteristics in SC704 Corn Hybrid.....	367
E. Zeinali- A. Soltani- M. Khadempir	
The Effect of Freezing Stress on Percentage of Electrolytes Leakage and Survival of Flixweed (<i>Descurainia sophia</i> L.) Seedlings	378
E. Izadi-Darbandi- A. Nezami- R. Hassanbeigy- M. Janalizadeh Ghazvini	
Evaluating the Magnetic Field effects on Growth and Yield of Chickpea (<i>Cicer arietinum</i>) under Mashhad Climatic Conditions	391
Gh. Mahmoudi- A. Ghanbari- M. Rastgoo- M. Gholi zade- I. Tahmasebi	
The Effect of Different Storage Temperatures on the Agronomic Characteristics and Yield of Two Varieties of Potatoes	401
A. H. Jalali	