



نشریه علمی پژوهشهای زراعی ایران

جلد ۱۷ شماره ۴

سال ۱۳۹۸

(شماره پیاپی: ۵۶)

شاپا: ۱۴۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- ۵۱۷..... تأثیر تاریخ کاشت بر ریخت‌شناسی گلچه و عملکرد ارقام برنج در خوزستان
عبدالعلی گیلاتی، عطااله سیادت، سامی جلالی، کاوه لیموچی
- ۵۲۷..... کمی‌سازی نمو برگ در ارقام مختلف گندم: طول عمر برگ
جعفر پوررضا، افشین سلطانی
- اثر باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی ارقام سویا (*Glycine max L.*)
۵۳۷..... در شرایط مختلف رطوبتی
فرزاد مندنی، کیانوش خانی، سعید جلالی هنرمند، محسن سعیدی
- بررسی عملکرد کمی و کیفی ارقام چندرقد در تاریخ‌های مختلف کشت مستقیم و نشایی در
دو منطقه شیروان و مشهد
۵۵۱.....
میلاذ باقری شیروان، قربانعلی اسدی، علیرضا کوچکی
- ارزیابی عملکرد و کیفیت روغن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) تحت اثر محلول‌پاشی محرک‌های
رشد و زمان برداشت
۵۶۷.....
پرشنگ خلیلی، مهدی تاج بخش
- بررسی واکنش ارقام گندم دیم (*Triticum aestivum L.*) در دو منطقه نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب استان گلستان
۵۷۹.....
علی راحمی کاریزکی، هادی رضایی، عبداللطیف قلی‌زاده، علی نخ زری مقدم، معصومه نعیمی
- اثر تنش کم‌آبایی و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک بر برخی از متابولیت‌های ثانویه،
عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ
۵۹۱.....
فاطمه محتشمی، محمودرضا تدین، پرتو روشندل
- واکنش برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توده‌های مرزه به سطوح تنش شوری و برگ‌زدایی
۶۰۵.....
فاطمه مجیدی، الهام عزیزی، منصوره کرمانی، عباس ابهری
- بررسی اثر کلرید کلسیم و سلنیوم بر مقاومت به دمای بالا در گندم (*Triticum aestivum L.*)
۶۱۷.....
حسین نوروزی، مجید نبی پور، افراسیاب راهنما قهرخی، حبیب اله روشنفکر
- تأثیر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج
(*Oryza sativa L.*)
۶۳۱.....
فرشید علیپور ابوخیلی، قربان نورمحمدی، حمید مدنی، حسین حیدری شریف آباد، حمیدرضا مبصر
- بررسی صفات زراعی و پارامترهای فلورسانس کلروفیل ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa L.*) در شرایط
آبیاری غرقاب و زیرسطحی
۶۴۷.....
حسین صبوری، حجت قربانی واقعی، محمدرضا جعفرزاده رزمی، محسن رضایی، علی حشمت‌پور، عاطفه صبوری، مهناز کاتوزی، سمیه سنچولی
- تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و عملکرد اندام‌های
رویشی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت تنش کم‌آبی
۶۶۱.....
حامد کشاورز، سید علی محمد مدرس ثانوی، فاطمه سفیدکن، علی مختصی بیدگلی

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

«نشریه علمی - پژوهشی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

با شماره ثبت 124/7857 از وزارت فرهنگ و ارشاد اسلامی و
82/5/27

درجه علمی - پژوهشی شماره 3/11/74509 از وزارت علوم، تحقیقات و فناوری
89/10/21

سال 1398

شماره 4

جلد 17

صاحب امتیاز:

دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

پرویز رضوانی مقدم

سر دبیر:

حمیدرضا خزاعی

استاد - اگرواکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)
استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیئت تحریریه:

یحیی امام

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)

عبدالرضا باقری

استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمدعلی بهدانی

استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

محمد بنایان اول

استاد - مدل سازی سیستم های کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مجید جامی الاحمدی

دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

حمیدرضا خزاعی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

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)

ناشر: انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: چاپخانه دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: 20 نسخه

نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، دبیرخانه نشریات علمی، نشریه پژوهشهای زراعی ایران صندوق پستی 91775-1163

نمبر: 38787430

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 پایگاه های 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

- 517 تاثیر تاریخ کاشت بر ریخت‌شناسی گلچه و عملکرد ارقام برنج در خوزستان
عبدالعلی گیلانی، عطااله سیادت، سامی جلالی، کاوه لیموچی
- 527 کمی‌سازی نمو برگ در ارقام مختلف گندم: طول عمر برگ
جعفر پوررضا، افشین سلطانی
- 537 اثر باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی ارقام سویا (*Glycine max L.*) در شرایط مختلف
رطوبتی
فرزاد مندنی، کیانوش خانی، سعید جلالی هنرمند، محسن سعیدی
- 551 بررسی عملکرد کمی و کیفی ارقام چغندر قند در تاریخ‌های مختلف کشت مستقیم و نشایی در دو منطقه شیروان و مشهد
میلاذ باقری شیروان، قربانعلی اسدی، علیرضا کوچکی
- 567 ارزیابی عملکرد و کیفیت روغن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) تحت اثر محلول‌پاشی محرک‌های رشد و زمان برداشت
پرشنگ خلیلی، مهدی تاج بخش
- 579 بررسی واکنش ارقام گندم دیم (*Triticum aestivum L.*) در دو منطقه نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب استان گلستان
علی راحمی کاریزکی، هادی رضایی، عبداللطیف قلی‌زاده، علی نخ زری مقدم، معصومه نعیمی
- 591 اثر تنش کم آبیاری و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک بر برخی از متابولیت‌های ثانویه، عملکرد دانه و روغن
ژنوتیپ‌های گلرنگ
فاطمه محتشمی، محمودرضا تدین، پرتو روشندل
- 605 واکنش برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توده‌های مرزه به سطوح تنش شوری و برگ‌زدایی
فاطمه مجیدی، الهام عزیزی، منصوره کرمانی، عباس ابهری
- 617 بررسی اثر کلرید کلسیم و سلنیوم بر مقاومت به دمای بالا در گندم (*Triticum aestivum L.*)
حسین نوروزی، مجید نبی پور، افراسیاب راهتما قهفرخی، حبیب اله روشنفکر
- 631 تاثیر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa L.*)
فرشید علیپور ابوخیلی، قربان نورمحمدی، حمید مدنی، حسین حیدری شریف آباد، حمیدرضا مبصر
- 647 بررسی صفات زراعی و پارامترهای فلورسانس کلروفیل ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa L.*) در شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی
حسین صبوری، حجت قربانی واقعی، محمدرضا جعفرزاده رزمی، محسن رضایی، علی حشمت‌پور، عاطفه صبوری، مهناز کاتوزی، سمیه سنجولی
- 661 تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر ترکیبات فنلی، فعالیت آن‌تی‌اکسیدان‌تی و عملکرد اندام‌های رویشی گیاه نعنای فلفلی (*Mentha piperita L.*) تحت تنش کم‌آبی
حامد کشاورز، سید علی محمد مدرس ثانوی، فاطمه سفیدکن، علی مختصی بیدگلی

تأثیر تاریخ کاشت بر ریخت‌شناسی گلچه و عملکرد ارقام برنج در خوزستان

عبدالعلی گیلانی^{1*}، عطااله سیادت²، سامی جلالی³، کاوه لیموچی⁴

تاریخ دریافت: 1397/01/03

تاریخ پذیرش: 1398/04/05

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تاریخ‌های کاشت روی صفات ریخت‌شناسی موثر بر باروری و پوکی دانه پنج رقم برنج در استان خوزستان طراحی شد. آزمایش با دو عامل تاریخ کاشت (شرایط متفاوت حرارتی) و رقم به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار به مدت دو سال (1385 و 1386) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی استان خوزستان اجرا گردید. سه تاریخ کاشت (2/15، 3/5 و 3/25) در کرت‌های اصلی و پنج رقم برنج شامل هویزه و حمر (متحمل به گرما)، عنبروی قرمز و چمپا (حساس) و پر محصول دانیال (نیمه‌متحمل) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. نتایج تجزیه مرکب مربوط به صفات نشان داد واکنش ارقام کاملاً وابسته به زمان کاشت می‌باشد به‌طوری‌که اثر متقابل تاریخ کاشت و رقم در تمامی صفات در سطوح یک یا پنج درصد معنی‌دار بودند. بیشترین طول بساک با متوسط 2030/13 میکرومتر، طول کلاله با متوسط 1489/98 میکرومتر و طول خامه با متوسط 559/83 میکرومتر به ترتیب مربوط به تاریخ‌های کاشت 2/15، 2/15 و 3/25 و ارقام دانیال، حمر بود. در ضمن تاریخ‌های کاشت با اندازه بساک و کلاله طول‌تر تعداد دانه گرده بیشتری داشتند اما در میان ارقام، روند کاملاً متفاوت بود و رقم‌های دارای بساک طول‌تر، کلاله‌های کوتاه‌تری داشتند. همچنین ارقام با افزایش سطح بساک و دانه گرده به ترتیب با تعداد دانه گرده و مقدار مواد غذایی بیشتر برای هر دانه گرده توانستند مانع عقیمی و کاهش عملکرد دانه شوند. بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت مطلوب (3/5) بود که نسبت به تاریخ‌های 2/15 و 3/25 به ترتیب 62/5 و 18/1 درصد افزایش داشته است. تاریخ کاشت دوم به لحاظ دارا بودن حد مطلوبی از طول کلاله، خامه، بساک و عرض بساک توانست با دریافت و نگه‌داری دانه گرده بیشتر سبب افزایش باروری و عملکرد دانه شود. در میان ارقام، رقم هویزه بر سایر ارقام برتری داشت و نسبت به دو رقم حساس به گرمای عنبروی قرمز و چمپا به ترتیب 50/9 و 36/3 درصد از عملکرد بیشتری برخوردار بود. کوتاه نمودن دوره رشد جهت فرار از تنش حرارتی به‌خصوص در دوره رسیدگی از دامنه 10-13 روز نسبت به سایر ارقام از مکانیسم‌های سازگاری و تحمل آن به شرایط موجود می‌باشد. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با متمرکز کردن اهداف اصلاحی بر روی کنترل طول اجزای گلچه به جهت افزایش تماس گرده با گلچه و نهایتاً باروری به افزایش محصول در شرایط تنش امیدوار بود.

واژه‌های کلیدی: باروری، برنج، تنش گرما، دانه گرده

مقدمه

دارد که از آن منشأ گرفته‌اند (Allen and Ort, 2001). مهمترین واکنش گیاهان حساس به سرمازدگی، افزایش سریع بازداری فتوسنتزی است (Ort, 2002). ژنگ و همکاران (Zheng et al., 1998) در مورد آناتومی برنج گزارش نمودند که بسته به درجه حرارت میزان خسارت وارده به ساختار کلروپلاست برگ، متفاوت می‌باشد. نتایج حاصل از آزمایشات سایر محققین (Anonymous, 1980) که در محدوده دمایی 38/27 و 29/20 درجه سانتی‌گراد به مدت 10 ساعت در شرایط کنترل شده (اتاقک رشد) و طی دوره گرده‌افشانی صورت گرفت، نشان داد که آزادسازی بیشتر دانه گرده و در نتیجه افزایش باروری یک مکانیسم غالب برای مقاومت به تنش گرما در ژنوتیپ‌های متحمل به گرما می‌باشد، بنابراین عقیمی ناشی از درجه حرارت بالا می‌تواند دلیل اصلی کاهش عملکرد دانه ژنوتیپ‌های حساس به گرما باشد. بین ارقام برنج (*Oryza sativa* L.) از نظر جوانه‌زنی دانه گرده در زمان‌های مختلف پس از باز شدن بساک تفاوت وجود دارد. رقم 63 Minyhui بالاترین میزان جوانه‌زنی (85 درصد) را در زمان صفر دقیقه یا بلافاصله پس از باز شدن بساک را داشت اما از سریع‌ترین کاهش در قابلیت حیات گرده برخوردار بود به

خصوصیات ساختاری تشکیل‌دهنده گیاهان روی رفتارهای اکولوژیک، نیازهای محیطی و سازگاری گیاهان با شرایط پیرامون آن‌ها تأثیر چشمگیری دارند (Metcalf and Chalk, 1950). شرایط محیطی در خصوصیات آناتومیکی گیاهان تأثیر فراوانی دارد (Metcalf and Chalk, 1950; Heywood, 1985; Rudall, 1994). واکنش گیاهان زراعی به دما بستگی به شرایط آب و هوایی

1- استادیار، عضو هیأت علمی بخش زراعی - باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

2- استاد دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان

3- کارشناس، بخش زراعی - باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان خوزستان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اهواز، ایران

4- دکتری زراعت، باشگاه پژوهشگران جوان و نخبگان، واحد دزفول، دانشگاه آزاد اسلامی، دزفول، ایران

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

DOI: 10.22067/gsc.v17i4.71795

دانه گرده جوانه زده را جبران و لذا باعث تحمل به تنش حرارتی می‌شود (Suzuki, 1981). در وارپته‌های متحمل به گرما بساک‌ها زودتر از وارپته‌های حساس باز می‌شوند و گرده‌افشانی را در روز گرم امکان پذیر می‌سازند به طوری که در یک بررسی اختلاف دمای روزانه ایجادکننده عقیمی بین متحمل‌ترین و حساس‌ترین وارپته برنج 3 درجه سانتی‌گراد بوده است که بیشتر مربوط به تعداد لایه‌های سلول جداکننده کیسه گرده از حفره‌ای بود که بین دیواره جداکننده دو حفره و محل باز شدن دیواره بساک در زمان رسیدگی تشکیل می‌شود (Matsui et al., 2000).

این پژوهش با هدف شناسایی تأثیر تاریخ‌های کاشت در شرایط متفاوت تنش گرمایی جهت فرآیندهای اصلاحی به‌منظور بالا بردن باروری گلچه و کاهش میزان پوکی دانه‌ها ناشی از شرایط تنش گرمایی اجرا گردید.

مواد و روش‌ها

این آزمایش با دو عامل تاریخ کاشت (شرایط متفاوت حرارتی) و رقم به‌صورت کرت‌های یک بار خرد شده و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و کرت‌های 4x3 متری به مدت دوسال (1385 و 1386) در مزرعه ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور و وابسته به مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان که در 70 کیلومتری شمال اهواز حد فاصل دو رودخانه کرخه و کارون با عرض جغرافیایی 31 درجه و 50 دقیقه و طول جغرافیایی 48 درجه و 28 دقیقه و ارتفاع 33 متر از سطح دریا واقع شده است، اجرا گردید. خاک مزرعه دارای بافت رسی - لومی، $pH = 7-7/5$ ، هدایت الکتریکی 2/5 میلی‌موس بر سانتی‌متر و مقادیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم و روی آن به ترتیب 0/09 درصد، 10-12، 120 و 2/5 میلی‌گرم در هر کیلوگرم بود. عامل تاریخ کاشت با هدف اعمال درجه حرارت‌های متفاوت (جدول 1) در سه سطح (2/15، 3/5 و 3/25) با توجه به مواجه شدن زمان ظهور خوشه با شرایط متفاوت حرارتی به‌عنوان عوامل ایجاد تنش گرما و ارقام شامل هویزه و حمر (متحمل به گرما) عنبروری قرمز و چمپا (حساس به گرما) و رقم پرمحصول دانیال (نیمه‌متحمل به گرما) که با توجه به سیستم طبقه‌بندی ابری (Anonymous, 1982) تقسیم‌بندی گردیدند، به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی قرار داده شدند. کودهای مورد نیاز براساس نتایج آزمون خاک و مقادیر توصیه شده مصرف شدند. عنصر نیتروژن از منبع اوره به مقدار 250 کیلوگرم در هکتار، فسفر به‌صورت فسفات آمونیم و عناصر پتاسیم و روی از منبع سولفات به‌ترتیب به میزان 50، 100 و 40 کیلوگرم در هکتار استفاده گردیدند. تمام مقادیر فسفر، پتاسیم، روی و 40 درصد نیتروژن هم‌زمان با انتقال نشاها به زمین اصلی و بقیه نیتروژن در دو نوبت، 30 درصدی در ابتدای ساقه رفتن و آبستنی به‌عنوان سرک‌های اول و دوم مصرف شدند. نشاها در سنین 25-30 روزه (مرحله 3-4 برگی)

طوری که پس از 6 و 30 دقیقه به‌ترتیب 50 و 100 درصد از دانه‌های گرده زنده را از دست داد. اما در رقم Rufipogon که میزان جوانه‌زنی پایین‌تری داشت (60 درصد) پس از 12 دقیقه، 50 درصد از دانه‌های گرده قابلیت حیات‌شان را حفظ نمودند (طولانی‌تر)، پایین‌ترین میزان جوانه‌زنی را ارقام هیبرید (34 درصد) با طول عمر متوسط داشتند که پس از 10 دقیقه، بیش از 50 درصد و حتی بعد از 40 دقیقه نیز تعدادی از آن‌ها زنده بودند (Song et al., 2001). یکنواختی بین باز شدن گلچه‌ها و شکافتن بساک‌ها باعث مقادیر زیادی خود گرده افشانی در برنج می‌شود، اما درجه حرارت زیاد در زمان گلدهی، رشد دانه گرده ناشی از آماس را به تعویق می‌اندازد (Matsui et al., 2000). مرحله عقیمی گرده‌های برنج به‌وسیله رنگ‌پذیری و شکل دانه‌های گرده تعیین می‌شود. دانه‌های گرده‌ای که در مرحله تک سلولی عقیم شدند غیر رنگ‌پذیر، سفید و کروی بودند، اما آن‌هایی که در مرحله دو هسته‌ای یا بعداً عقیم شوند به‌طور کامل و یا تا اندازه‌ای کم در اطراف گرده، رنگ‌پذیری را نشان دادند لذا بین رنگ‌پذیری دانه‌های گرده و باروری گلچه‌ها همبستگی وجود دارد به طوری که لاین‌هایی که دانه گرده‌شان به‌طور کامل و یا در اطراف‌شان رنگ‌پذیر می‌باشند 85-94 درصد باروری گلچه‌ها را نشان دادند (Anonymous, 1982). دمای زیاد، عقیمی خوشه را به علت تولید دانه‌های گرده کوچک‌تر و بساک‌های باز نشده افزایش داد (Sato et al., 1973). در آزمایش روی هشت رقم بومی و چهار رقم اصلاح شده از تیپ ژاپونیکا، درصد گلچه‌های با بیش از 80 و 40 دانه گرده، همبستگی بسیار قوی با تعداد دانه‌های گرده موجود بر روی کلاله داشت و در بین خصوصیات مورفولوژیک مربوط به بساک و کلاله فقط طول سوراخ‌های موجود در قاعده کیسه بساک، با درصد گلچه‌های با بیش از 80 و 40 دانه گرده همبستگی داشت. طول این سوراخ‌ها در ارقام بومی و اصلاح‌شده به‌ترتیب 0/26، 0/58 و 0/45 میلی‌متر بود. بساک‌ها، طولی از دامنه 2/52 - 1/46 میلی‌متر داشتند اما بین عرض بساک و طول سوراخ‌های فوقانی با تعداد دانه‌های گرده موجود بر روی کلاله یا ضریب تغییر آن همبستگی مشاهده نشد (Matsui and Hisashi, 2003). نیروی محرک و موثر برای شکافتن بساک، آماس دانه‌های گرده در زمان باز شدن گلچه‌هاست لذا تنش حرارتی باعث کاهش درصد بساک‌های باز شده در زمان گلدهی می‌شود اما در بساک‌های با سوراخ قاعده‌ای بزرگ، دانه گرده به سرعت بر روی کلاله می‌افتد و بسیاری از آن‌ها روی کلاله باقی می‌مانند و باعث افزایش خود گرده‌افشانی می‌شوند و در بساک‌های با سوراخ قاعده‌ای کوچک تعداد زیادی از دانه‌های گرده موجود در بساک در زمان باز شدن گلچه‌ها در بساک باقی می‌مانند (Matsui and Omasa, 2002). تعداد دانه گرده در بساک با طول آن در وارپته‌های برنج، همبستگی مثبت دارد پس می‌توان گفت وارپته‌های با بساک بزرگ تعداد گرده زیادی دارند که کاهش تعداد

گلچه با معرف Cotton blue انجام گرفت. طول کلاله و خامه با اندازه‌گیری از نوک کلاله تا محل اتصال آن به خامه و از قاعده کلاله تا محل تماس به تخمدان محاسبه شد. میزان زنده‌بودن، قطر و سطح دانه‌گرده با استفاده از سیستم طبقه‌بندی ایری (Anonymous, 1982) براساس شکل و رنگ‌پذیری آن‌ها توسط ماده یدید پتاسیم با غلظت پنج درصد که دانه‌های گرده را به مدت پنج دقیقه در آن نگه داشتند، تعیین گردید.

برداشت دانه با رسیدن 85 درصد دانه‌ها در خوشه برداشت و در مساحت 1/5 متر مربع از میانه هر کرت با حذف حاشیه‌ها انجام و عملکرد، با رطوبت 14 درصد اندازه‌گیری شد. بعد از جمع‌آوری داده‌های حاصل از نمونه‌گیری‌های تصادفی تجزیه مرکب با استفاده از نرم‌افزارهای آماری MSTATC و MININTAB انجام شد. میانگین داده‌ها نیز به روش آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

به تعداد 5 بوته در هر کپه و به فواصل 20×20 سانتی‌متر برای کلیه ارقام کشت شدند. صفات مورد بررسی شامل: عملکرد دانه، طول بساک، عرض بساک، طول کلاله، طول خامه و سطح دانه‌گرده با روش اندازه‌گیری زیر می‌باشند.

برای تعیین طول و عرض بساک و طول کلاله و خامه از روش ماتسویی و اوماس (Matsui and Omasa, 2002) استفاده شد. یک روز قبل از باز شدن گلچه‌ها، از هر رقم، $\frac{1}{3}$ گلچه از نوک اولین انشعاب خوشه ساقه اصلی (18 بساک از سه گلچه) نمونه‌برداری صورت گرفت. و پس از تثبیت در مخلوط (Formalin- F.A.A (acetic acid-alcohol) (غلظت با نسبت مساوی) اندازه‌گیری در زیر میکروسکوپ نوری با بزرگ‌نمایی 40 انجام شد. طول بساک از طول کیسه بلند و عرض بساک نیز به‌صورت میانگین عرض از دو جهت، یکی موازی با محلی در دیواره بساک که پس از رسیدن آن باز می‌شود (W1) و دیگری نیز عمود بر آن (W2) گرفته شد. طول کلاله، خامه و شمارش تعداد دانه‌گرده بر روی کلاله پس از رنگ‌آمیزی 15

جدول 1- میانگین حداقل و حداکثر درجه حرارت ماهیانه (کاشت تا برداشت) طی دو سال زراعی در ایستگاه تحقیقات کشاورزی شاور (1385 و 1386)

Table 1- Average of minimum and maximum temperature of months (sowing to harvesting) in Shavoor Agricultural Research Station for two years (2006 and 2007)

Month	ماه	سال اول First year		سال دوم Second year	
		میانگین حداقل Mean min. (°C)	میانگین حداکثر Mean max. (°C)	میانگین حداقل Mean min. (°C)	میانگین حداکثر Mean max. (°C)
May	اردیبهشت	20.7	39.2	21.3	39.9
Jun.	خرداد	24.8	46.3	24.8	44
Jul.	تیر	27.6	47.2	26.5	48.3
Aug.	مرداد	30.9	45	25.5	47.2
Sep.	شهریور	20.9	43.1	23.5	43.2
Oct.	مهر	20.2	36.4	15.2	36.5
Nov.	آبان	-	-	10.5	32.3
Average		24.2	42.9	21	41.6

مقدار در تاریخ کاشت دوم رسید (جدول 4). با توجه به این که در شکل‌گیری دیواره بساک و رشد طولی آن به همراه بخش زایشی (تولید دانه‌گرده) تجزیه نشاسته و فراهم بودن کربوهیدرات‌های غیرساختمانی نقش اساسی دارند. به‌نظر می‌رسد که بسته به تاریخ کاشت سهم نسبی این کربوهیدرات‌ها در تشکیل بخش‌های مختلف بساک متفاوت باشد. نتایج به‌دست آمده با گزارش سوزوکی (Suzuki, 1981) مبنی بر این که بساک‌های بزرگ دانه‌گرده زیادتری دارند که می‌تواند باعث جبران در کاهش تعداد گرده جوانه زده و در نتیجه افزایش تحمل به تنش حرارتی شود مغایرت داشت زیرا علاوه بر تعداد گرده، اندازه آن‌ها و همچنین پتانسیل آب هر گرده

نتایج و بحث

طول بساک: نتایج نشان داد که بین رقم و اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت در سطح یک درصد و بین تاریخ کاشت و اثر متقابل آن با سال در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری بود اما در سایر موارد اختلافی از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول 2). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، کمترین طول بساک مربوط به تاریخ کاشت دوم بود (جدول 3). در اثر متقابل دو عامل که در شکل 1 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o) نشان داده شده است نیز واکنش ارقام کاملاً وابسته به تاریخ کاشت بود به‌طوری‌که در دو رقم متحمل به گرما تغییرات از تاریخ کاشت اول به سوم بسیار کم بود اما در ارقام دیگر به‌خصوص رقم دانیال از حداکثر در تاریخ کاشت اول به کمترین

برای ایجاد فشار در بازگشایی بساک و آزادسازی گرده نیز یکی از عوامل افزایش باروری است.

عرض بساک: نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر رقم و اثر متقابل آن با تاریخ کاشت در سطح یک درصد و اثر هم‌زمان سه عامل در سطح پنج درصد تفاوت معنی‌داری داشتند اما در سایر موارد تفاوتی از لحاظ آماری مشاهده نشد (جدول 2). با توجه به مقایسه میانگین‌ها، در هر سه تاریخ کاشت، عرض بساک در یک سطح قرار داشت و بین ارقام، نیز رقم حمر از کمترین میزان برخوردار بود و رقم هویزه علی‌رغم مقدار کمتر از سایر ارقام، اما از لحاظ آماری با سه رقم دیگر در یک کلاس قرار گرفته (جدول 3). با مشاهده شکل 1 (a, b, c, d, e, f, g, h, i, j, k, l, m, n, o) در اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت، بیشترین عرض بساک مربوط به ارقام عنبروی قرمز و دانیال در تاریخ کاشت اول و همچنین رقم چمپا در تاریخ کاشت دوم بود. در رقم هویزه و حمر نیز روند کاملاً متفاوت بود به طوری که با تغییر تاریخ کاشت از اول به سوم، عرض بساک در رقم‌های هویزه و حمر به ترتیب افزایش و کاهش داشته است (جدول 4). مقایسه روند تغییرات میزان باروری و عرض بساک مشخص نمود که به‌جز رقم هویزه، در سایر ارقام روند تقریباً متفاوت است به بیانی دیگر صرف داشتن عرض بساک بیشتر، دلیل بر باروری بالاتر نخواهد بود اگرچه به‌نظر می‌رسد که بساک‌های عریض‌تر، به همراه طول بیشتر، پتانسیل تعداد دانه گرده بیشتری را دارند. نتایج فوق با بررسی‌های مانان و همکاران (Mamnan, 2009) مطابقت دارد.

طول کلاله: اثر رقم و اثر متقابل آن با تاریخ کاشت در سطح یک درصد و اثر تاریخ کاشت در پنج درصد معنی‌دار بود اما در سایر اثرات تفاوتی مشاهده نشد (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که کمترین طول کلاله را تاریخ کاشت دوم داشت. در میان ارقام نیز، کمترین و بیشترین طول کلاله مربوط به ارقام هویزه و حمر بود (جدول 3). با توجه به اثر متقابل دو عامل، بیشترین طول کلاله مربوط به رقم حمر از تاریخ کاشت اول بوده است (جدول 4). مقایسه نسبی طول بساک و کلاله در سه تاریخ کاشت بیانگر روند تقریباً یکسانی بین آن‌ها می‌باشد و تاریخ‌های دارای طول بساک بیشتر، کلاله‌های طولی‌تری داشتند. اما در میان ارقام روند کاملاً متفاوت بود و رقم‌های دارای بساک طولی‌تر، کلاله‌های کوتاه‌تری داشتند، نتیجه حاصله صرف‌نظر از شرایط محیطی می‌تواند ناشی از تفاوت بین ارقام از نظر خصوصیات مورفولوژیک کلاله جهت دریافت و نگه‌داری دانه گرده باشد. از طرفی در بین تاریخ‌های کاشت، تاریخ‌های با بساک بزرگ‌تر و کلاله طولی‌تر، تعداد دانه گرده بیشتری را داشته‌اند که با گزارش سوزوکی (Suzuki, 1981) در رابطه با همبستگی بین طول کلاله و تعداد دانه گرده هم‌خوانی داشت. اما با نتایج ایگا و همکاران (Oyiga et al., 2010) مبنی بر کاهش طول کلاله در درجه حرارت بالا مغایرت داشت. مقایسه نسبی طول بساک و کلاله در سه تاریخ

کاشت بیانگر روند تقریباً یکسانی بین آن‌ها می‌باشد و تاریخ‌های دارای کلاله‌های طولی‌تر، طول بساک بیشتری، داشتند. اما در میان ارقام این روند کاملاً ثابت نبوده و به نظر می‌رسد این نتیجه ناشی از تفاوت میان ارقام از نظر خصوصیات مورفولوژیکی کلاله باشد. نتایج فوق با اظهارات ایگا و همکاران (Oyiga et al., 2010) پیرامون مباحث گفته شده مطابقت داشت (شکل 1).

طول خامه: اثر تاریخ کاشت، رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل تاریخ کاشت و سال در سطح پنج درصد معنی‌دار بود (جدول 2). در میان تاریخ‌های کاشت، بیشترین طول خامه مربوط به تاریخ کاشت سوم بود. رقم حمر و هویزه به ترتیب از بیشترین و کمترین طول برخوردار بودند (جدول 3). در اثر متقابل رقم و تاریخ کاشت، بیشترین طول را همان‌گونه که در شکل 1 (b) نشان داده شده، رقم حمر از تاریخ کاشت سوم داشت (جدول 4). با توجه به این که زمان لازم برای رسیدن لوله گرده به کیسه جنینی کاملاً متأثر از درجه حرارت محیط است لذا مقایسه نسبی طول خامه با کلاله و بساک نشان‌می‌دهد (Takeoka et al., 1992) که در تاریخ کاشت اول که درجه حرارت بیشتر از دو تاریخ دیگر بود طول مسیر برای لوله گرده بسیار کوتاه است علی‌رغم این که طول بساک و کلاله زیاد بود. به موازات بهبود شرایط حرارتی در زمان گرده‌افشانی و تلقیح، طول خامه افزایش یافت. در میان ارقام، رقم هویزه با داشتن کوتاه‌ترین خامه، بیشترین میزان باروری را داشت و در سایر ارقام، به‌خصوص رقم حمر با داشتن طولی‌ترین خامه، از کمترین میزان باروری برخوردار بود. با توجه به نتیجه به‌دست آمده به‌نظر می‌رسد که علاوه بر اندازه بساک و آزاد شدن دانه گرده و قدرت نگه‌داری کلاله برای گرده، نقش طول خامه در فرآیند پس از گرده‌افشانی برای انجام عمل تلقیح و تولید بذر بسیار مهم است. نتایج به‌دست آمده با بررسی‌های ایگا و همکاران (Oyiga et al., 2010) مبنی بر افزایش طول خامه در درجه حرارت مطلوب مطابقت دارد.

سطح دانه گرده: نتایج تجزیه مرکب نشان داد اثر تاریخ کاشت و رقم در سطح یک درصد معنی‌دار بود اما در سایر موارد اختلافی از نظر آماری مشاهده نشد (جدول 2). مقایسه میانگین‌ها مشخص نمود، بیشترین سطح دانه گرده مربوط به تاریخ کاشت دوم بود. در میان ارقام، رقم دانیال و سپس هویزه، دانه گرده بزرگ‌تری داشته‌اند (جدول 3). مقایسه اندازه و تعداد دانه گرده در تاریخ‌های مختلف مؤید آن است که تاریخ کاشت دوم در شکل 1 (b, c, d, e, h, k و n) با گرده بزرگتر، از مقدار کمتری برخوردار بود. در میان ارقام به‌جز رقم دانیال، رقم هویزه با وجود داشتن اندازه بزرگ‌تر گرده از سایر ارقام، تعداد گرده بیشتری نیز داشت (جدول 4). میزان باروری گرده را می‌توان براساس واکنش متقابل بین مقدار نشاسته گرده و ترکیب یدید پتاسیم نشان داد، که در تاریخ‌های دوم و سوم میزان رنگ‌پذیری گرده بسیار زیاد است و گرده‌ها عمدتاً به شکل گرد و به رنگ تیره می‌باشند اما در

هویزه به دلیل مقاومت بالا به گرما و در نتیجه سازگاری بهتر با شرایط همچنین دارا بودن مکانیسم مقاومی فرار از گرما با زودرسی بود. تمامی ارقام در سال دوم تولید نسبتاً پایین‌تری داشتند که می‌تواند از دلایل دستیابی به نتایج مزبور باشد. نتایج به‌دست آمده با گزارشات مائوریک، (Maurice, 2000) مبنی بر کاهش عملکرد دانه ارقام برنج در شرایط تنش دمای زیاد مطابقت داشت.

نتیجه‌گیری

در نهایت مشخص شد که یکی از راه‌های مقاومت ارقام متحمل به گرما از لحاظ صفات آناتومیکی جلوگیری از کاهش بیش از حد طول اجزای پرچم که مانع پراکندگی دانه‌گرده و در نتیجه کاهش لقاح و باروری می‌شود است، همچنین این ارقام با افزایش سطح بساک و دانه‌گرده به ترتیب به دلیل افزایش تعداد دانه‌گرده و مقدار مواد غذایی هر دانه‌گرده توانستند مانع عقیمی و کاهش عملکرد دانه‌گرده در تاریخ کاشت سوم به جهت برخورد دوره زایشی و زمان گلدهی با تنش گرما ضمن اختلال در رشد اندامک‌های زایشی سطح دانه‌گرده به لحاظ کمبود مواد غذایی کاهش می‌یابد و در نهایت سبب کاهش باروری و عملکرد دانه می‌گردد. تاریخ کاشت دوم به لحاظ دارا بودن حد مطلوبی از اندازه کلاله، خامه، بساک و عرض بساک توانست با دریافت و نگهداری دانه‌گرده بیشتر سبب افزایش باوری و عملکرد دانه شود. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که با متمرکز کردن اهداف اصلاحی بر کنترل طول اجزای گلچه به جهت افزایش تماس‌گرده با گلچه و در نهایت باروری به افزایش محصول در شرایط مختلف حرارتی امیدوار بود.

تاریخ کاشت اول میزان رنگ‌پذیری کم بود و گردهای خسارت‌دیده با شکل غیرطبیعی نیز زیاد بودند. نتایج اخیر با اظهارات سینگ و همکاران (Sing et al., 2001) هم‌خوانی دارد. همچنین این نتایج کاملاً با سیستم طبقه‌بندی ایری (Anonymous, 1982) مبنی بر شکل گرد و رنگ تیره آن‌ها مطابقت داشت.

عملکرد دانه: با توجه به نتایج تجزیه مرکب بین تاریخ‌های کاشت، اثر متقابل آن با سال و رقم در سطح یک درصد و اثر متقابل رقم در تاریخ کاشت در سطح پنج درصد معنی‌دار بود. اما بین سال، اثر متقابل رقم در تاریخ کاشت و اثر هم‌زمان سه فاکتور اختلافی از لحاظ آماری مشاهده نشد و این خود نشان‌دهنده این است که عملکرد دانه متأثر از خصوصیات ژنوتیپ، عوامل محیطی و برآیند هم‌گرایی مثبت آن‌ها می‌باشد (جدول 5). مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت دوم (3/5) با متوسط 5110/07 کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به تاریخ‌های 2/15 و 3/25 به ترتیب 62/5 و 18/1 درصد افزایش تولید داشته است. با توجه به روند کاهشی درجه حرارت از تاریخ کاشت اول تا سوم و طول دوره رشد نسبتاً یکسان در سه تاریخ کاشت، به نظر می‌رسد واکنش متفاوت مراحل مختلف نموی نسبت به درجه حرارت در سه تاریخ کاشت یکی از دلایل دستیابی به نتیجه‌گیری مزبور باشد (جدول 6). در بین ارقام برنج رقم هویزه بر سایرین برتری داشت که بیشترین مقدار آن مربوط به تاریخ کاشت دوم با متوسط 5698/7 کیلوگرم در هکتار بود (جدول 7). فرار از تنش حرارتی با کوتاه نمودن دوره رشد به‌خصوص در دوره رسیدگی از دامنه 10-13 روز نسبت به سایر ارقام و دریافت واحدهای حرارتی کمتر از دلایل برتری رقم هویزه بود. همچنین در هر دو سال آزمایش بیشترین عملکرد دانه مربوط به رقم

جدول ۲- نتایج تجزیه مرکب مربوط به آناتومی گلچه ارقام برنج در تیمارهای زمان کاشت
Table 2- Combined analysis of variance of floret anatomical characteristics rice varieties in planting time treatments
میانگین مربعات (MS)

S.O.V	منابع تغییرات	درجه آزادی df	طول بساک Anther length	عرض بساک Anther width	طول کلاله Stigma length	طول خامه Style length	سطح دانه‌گرده Pollen area	عملکرد دانه Grain yield
Year	سال	1	38056.56 ^{ns}	101935.94 ^{ns}	5513.10 ^{ns}	3216.05 ^{ns}	5607.74 ^{ns}	3729206.756 ^{ns}
Error a	خطای a	4	15469.33	5307.70	40426.56	4722.39	29053.91	938952.958
Sowing date	تاریخ کاشت	2	103644.54 [*]	3950.16 ^{ns}	167728.48 [*]	37295.75 ^{**}	184126.99 ^{**}	28143105.555 ^{**}
Year×Sowing date	تاریخ کاشت × سال	2	89719.02 [*]	6016.58 ^{ns}	97397.14 ^{ns}	17731.22 [*]	21283.40 ^{ns}	7589315.645 ^{**}
Error b	خطای مرکب b	8	17078.52	3228.14	27852.09	2887.75	8314.01	267463.180
Cultivar	رقم	4	661076.68 [*]	12357.66 ^{**}	697433.39 ^{**}	94312.77 ^{**}	206977.11 ^{**}	8458516.215 ^{**}
Year × Cultivar	رقم × سال	4	6026.87 ^{ns}	2582.05 ^{ns}	39248.39 ^{ns}	15693.97 ^{ns}	6098.50 ^{ns}	1519678.973 [*]
Cultivar × Sowing date	رقم × تاریخ کاشت	8	114803.36 ^{**}	12814.68 ^{ns}	180350.32 ^{**}	27586.98 ^{**}	15461.64 ^{ns}	871224.284 ^{ns}
Sowing date × Year × Cultivar	رقم × تاریخ کاشت × سال	8	10607.89 ^{ns}	7106.32 ^{**}	27554.99 ^{ns}	9116.75 ^{ns}	23586.05 ^{ns}	268546.278 ^{ns}
Error c	خطای مرکب c	48	15565.74	2552.47	23321.67	6451.22	8756.73	548376.175
C.V (%)	ضریب تغییرات (%)	-	7.1	18.6	15.7	19.7	10.8	17.7

ns, * and **: Non-significant, and significant at 5 and 1% level of probability, respectively.

جدول 3- مقایسه میانگین دو ساله مربوط به آناتومی گلچه ارقام برنج در تیمارهای زمان کاشت
Table 3- Mean comparison of floret anatomical characteristics rice varieties in planting time treatments

تیمارها Treatments	طول بساک Anther length (μm)	عرض بساک Anther width (μm)	طول کلاه Stigma length (μm)	طول خامه Style length (μm)	سطح دانه گرده Pollen area (μm^2)	عملکرددانه Grain yield (kg.h^{-1})
تاریخ کاشت Sowing date						
D1	1804.59 a	284.35 a	1049.42 a	373.71 b	838.68 b	3144.2 c
D2	1689.50 b	269.55 a	900.39 b	402.26 b	951.74 a	5110.7 a
D3	1767.81 a	261.76 a	964.13 ab	443.83 a	801.26 b	4327.3 b
رقم Cultivar						
V1	1836.89 c	264.18 d	754.45 e	290.97 e	898.45 b	4985.1 a
V2	1419.68 e	229.67 e	1232.98 a	490.14 a	783.36 e	4567.7 b
V3	1887.41 a	289.71 b	930.92 c	415.79 c	810.67 c	3303.6 e
V4	1854.88 b	293.92 a	1106.66 b	429.52 b	789.87 d	3657.1 d
V5	1770.98 d	281.94 c	831.54 d	406.58 d	1037.11 a	4456.8 c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح 5٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.
 In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Multiple Range Test.

D1, D2, D3: به ترتیب تاریخ‌های کاشت 15 اردیبهشت، 5 خرداد 25 خرداد.

V1, V2, V3, V4, V5: به ترتیب رقم‌های هویزه، حمز، عنبوری قرمز، چمپا و دانیال.

D1, D2 and D3: Sowing dates 5 May, 26 May and 16 Jun, Respectively.

V1, V2, V3, V4 and V5: Hoveize, Hamar, Red Anbboori, Champa and Danial rice cultivars, respectively

جدول 4- مقایسه میانگین دو ساله مربوط به آناتومی گلچه ارقام برنج در تیمارهای زمان کاشت
Table 4- Mean comparison of floret anatomical characteristics rice varieties in planting time treatments

تیمارها Treatments	طول بساک Anther length (μm)	عرض بساک Anther width (μm)	طول کلاه Stigma length (μm)	طول خامه Style length (μm)	سطح دانه گرده Pollen area (μm^2)	عملکرددانه Grain yield (kg.h^{-1})	
تاریخ کاشت Sowing date							
D1	V1	1842.50 g	237.33 l	749.50 n	352.63 l	904.57 d	3993.5 h
	V2	1472.83 m	230.13 m	1489.98 a	379.95 i	715.82 o	4075.4 g
	V3	1788.27 j	341.30 a	873.10 k	372.87 k	745.20 m	2073.8 l
	V4	1889.20 e	293.53 f	1252.90 b	430.47 f	731.07 n	2102 k
	V5	2030.13 a	319.43 c	881.60 j	332.63 m	1087.72 b	3476.2 j
D2	V1	1812.58 h	245.50 j	486.12 o	213.98 o	963.62 c	5698.6 a
	V2	1432.27 n	250.83 h	1100.33 d	530.63 b	886.07 g	5337.7 bc
	V3	1962.23 b	287.37 g	1012.47 g	462.13 d	898.95 e	4292.5 e
	V4	1749.37 k	339.60 b	1058.03 e	425.77 g	880.37 h	4614.7 d
	V5	1491.07 l	224.43 n	845 l	378.80 j	1129.67 a	5376.9 b
D3	V1	1855.60 f	309.70 d	1027.73 f	306.30 n	827.15 i	5263.2 c
	V2	1353.93 o	208.03 o	1108.63 c	559.83 a	748.18 l	4289.9 ef
	V3	1911.73 d	240.47 k	907.20 i	412.37 h	778.85 j	3533.3 i
	V4	1926.07 c	248.62 i	1009.03 h	432.33 e	758.18 k	4254.7 fg
	V5	1791.73 i	301.97 e	768.03 m	508.30 c	893.93 f	4284.2 efg

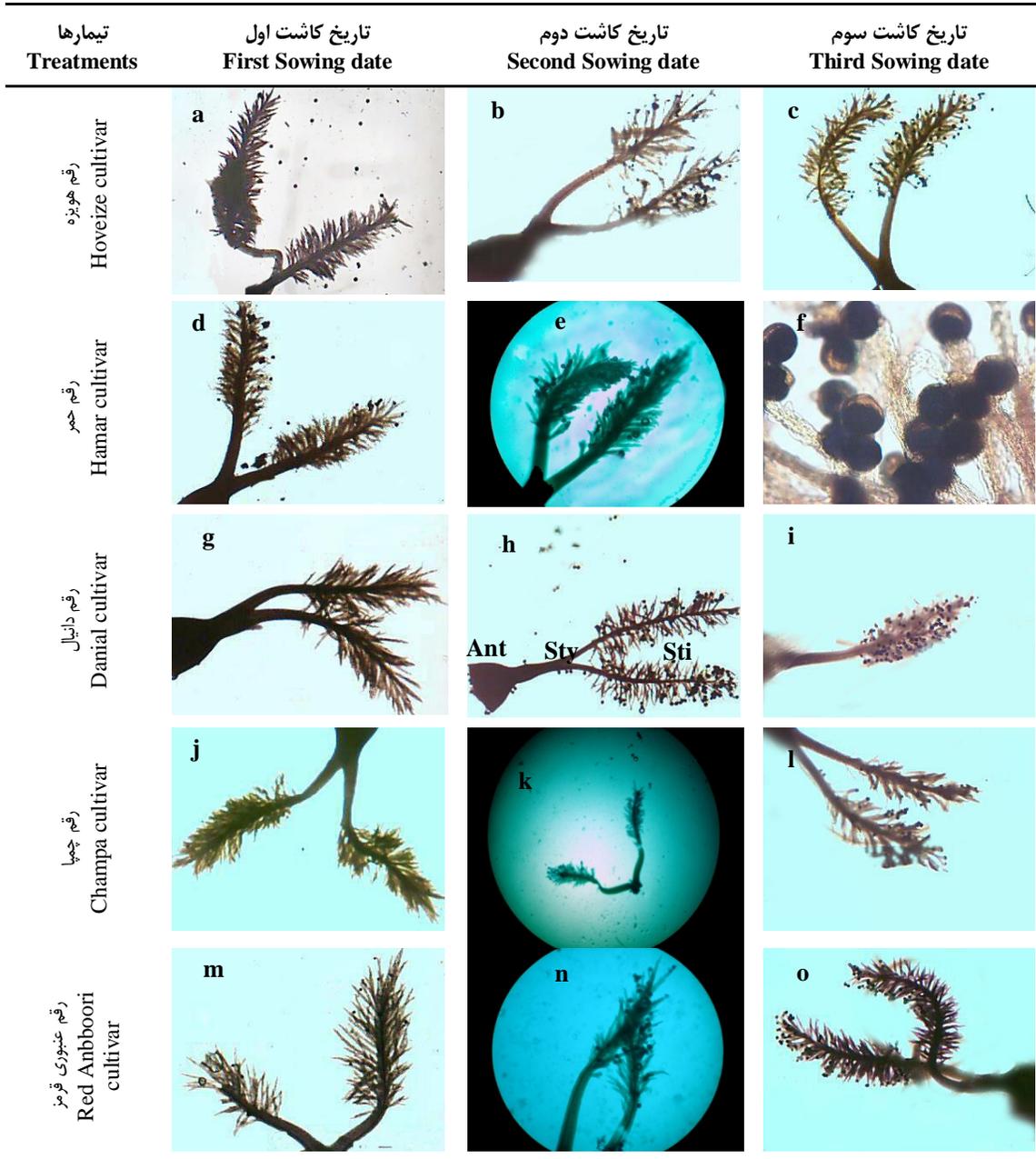
در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون LSD در سطح 5٪ تفاوت معنی‌داری ندارند.
 In each column, with at least one similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level using LSD Multiple Range Test.

D1, D2, D3: به ترتیب تاریخ‌های کاشت 15 اردیبهشت، 5 خرداد 25 خرداد.

V1, V2, V3, V4, V5: به ترتیب رقم‌های هویزه، حمز، عنبوری قرمز، چمپا و دانیال.

D1, D2 and D3: Sowing dates 5 May, 26 May and 16 Jun, Respectively.

V1, V2, V3, V4 and V5: Hoveize, Hamar, Red Anbboori, Champa and Danial rice cultivars, respectively.



شکل 1- آناتومی گلچه ارقام برنج در تیمارهای تاریخ کاشت
Sti, Sty و Ant به ترتیب کاله، خامه و بساک

Figure 1- anatomy floret of rice cultivars in planting dates treatments.
Sti, Sty and Ant Stigma, Style and Anther Respectively

References

1. Ali, M. Y., and Rahman, M. M. 1992. Effect of seedling age and transplanting time on late planted Aman rice. Bangladesh Journal of Training and Development 5: 75-83.
2. Ali, K., Fengying, L., Yang, L., Weibo, W., and Wu, Y. 1989. Studies on the naphthoquinone constituents of *Onosma confertum* W. Smith and quantitative determination of shikonin. Acta Botanica Sinica 31 (7): 549-553.
3. Allen, D. J., and Ort, D. R. 2001. Impacts of chilling temperatures on photosynthesis in warm. Climate plants. Trends in Plant Science 6 (7): 36-42.
4. Amiri, M., and Farajee, H. 2009. Effect of establishment of nursery under plastic cover on yield of some rice cultivars in Lordegan region, Chahar-Mahal Bakhtiari province. Electronic Journal of Crop Production 2 (2): 145-152. (in Persian with English abstract).
5. Anonymous. 1980. Annual report, International Rice Research Institute Los Banos, Philippines P: 120-122.
6. Anonymous. 1982. Annual report, International Rice Research Institute Los Banos, Philippines P: 261.
7. Anon, S., Fernandez, A., Torrecillas, J. J., Alaroon, and Sanchez-Bloanco, M. J. 2004. Effects of water stress and night temperature precondition on water relations and morphological and anatomical changes of lotus creticus plants. Scientia Horticulture 101: 333-342.
8. Carlquist, S. 1961. Comparative plant anatomy. Holt, Rinehart and Winston, New York pp. 146.
9. Cutter, E. G. 1971. Plant anatomy, experiment and interpretation, Part II, Organs. Edward Arnold Pub. LTD, London P: 343.
10. Emam, Y., and Niknajad, M. 1994. Preface on plant agricultural yield physiology. Shiraz University. Press P: 516.
11. Faraji, F., Esfahani, M., Alizadeh, M. R., and Aalami, A. 2014. Evaluation of morphological characteristics related to lodging in selected local and improved rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. Iranian Journal of Crop Sciences 16 (3): 250-264. (in Persian with English abstract).
12. Farrell, T. C., Fox, K. M., Williams, R. I., Fukai, S., and Lewin, L. G. 2004. How to improve reproductive cold tolerance of rice in Australia. International Rice Cold Tolerance Workshop CSIRO Discovery, Canberra 22-23 July.
13. Ghosh, B., and Chakma, N. 2015. Impacts of rice intensification system on two C. D. blocks of Barddhaman district, West Bengal – Current Science 109 (2): 342-346.
14. Han, X. B., Li, R. Q., and Wang, J. B. 1997. Cellular structural comparison between different thermo resistant cultivars of *Raphanus sativus* L. under heat stress. Journal of Wuhan Botanical Research 15: 173-178. (in Chinese with English abstract).
15. Heywood, V. H. 1985. Flowering plants of the world. Oxford University press P: 335.
16. Hiraka, K., Takabe, M., and Yon, Y. 1992. Physiological characteristic of high yielding rice varieties. Japanese Journal of Soil Science and Plant Nutrition Rice Varieties 63: 517-523.
17. HoshiKawa, K. 1975. Growth, of the rice plant. Nosan-gyson. Bunka-Kyokai, Tokyo P: 317.
18. Hossain, M. 2004. Long-term prospects for the global rice economy paper presented at the FAO rice.
19. IRRI (international a Rice research in statute). 1990. Annual report. 2002. Los Banos, Philippines. P: 181.
20. Limouchi, K., Siadat, S. A., and Gilani, A. 2013. Effect of planting time on flag leaf anatomy and grain yield of rice genotypes in Khuzestan. Iranian Journal of Crop Sciences 15 (2): 136-151. (in Persian with English abstract).
21. Mahdavi, F., Esmaeili, A., Fallah, A., and Pirdashti, H. 2006. Study of morphological characteristics, physiological indices, grain yield and its components in rice (*Oryza sativa* L.) landraces and improved cultivars. Gazette SciencesAgronomy Iran 7 (4): 280-297. (in Persian with English abstract).
22. Mamnan, M. A., Bhuiya, M. S. U., Hossain, A. M. A., and Akhand, D. 2009. Study on phenology and yielding ability of Basmati Fine Rice genotypes as influenced by planting date in Aman Eason. Bangladesh Journal of Agricultural Research 34 (3): 373-383.
23. Maroco, J. P., Pereira, J. S., and Chaves, M. M. 1997. Stomatal responses of leaf –to-airvapocr pressure deficit in sahelian species. Australian Journal of Plant Physiology 24: 381-387.
24. Matsui, T., Omasa, K., and Horie, T. 2000. High temperature at Flowering inhibits swelling of pollen grains, a driving force for thecae dehiscence in rice (*Oryza sativa* L.). Plant production Science 3: 430-434.
25. Matsui, T., and Omasa, K. 2002. Rice (*Oryza Sativa* L.) cultivars tolerant to high temperature at flowering: anther characteristics. Annals of Botany 89: 683-687.
26. Matsui, T., and Hisashi, K. 2003. Characteristics of floral organs related to reliable self-pollination in rice (*oryza Sativa* L.) Annals of Botany 91: 473-477.
27. Maurice, S. B. 2000. Metabolically Modified Rice Exhibits superior photosynthesis and Yield, ISB New Report <http://www.Bjotech-info.Net-metabolically.html>.
28. Metcalf, C., and Chalk, R. 1950. Anatomy of the dicotyledonous, Vol. III. Clarendon press, Oxford P: 724.
29. Mostajeran, A., and Rhimi-Eichi, V. 2008. Drought stress effect on root anatomical characteristics of rice cultivars (*Oryza sativa* L.). Pakistan Journal of Biological Science 11 (18): 2173-2183.
30. Ort, D. R. 2002. Chilling-induced limitations on photosynthesis in warm climate plants contrasting mechan is ms. Environ mental control in Biology 40 (159): 7-18.

31. Oyiga, B. C., Uguru, M. I., and Aduah, C. B. 2010. Studies on the floral traits and their implications on pod and seed yields in bambara groundnut [*Vigna subteranea* (L.) Verdc]. Australian Journal of Crop Science 4 (2): 91-97.
32. Rudall, P. 1994. Anatomy and systematic of Iridaceae. Botanical Journal of the Linnaean Society 114 (1): 1-21.
33. Sato, K., Inaba, K., and Tozawa, M. 1973. High temperature injury of ripening in rice plant. The effects of high temperature treatments at different stages of panicle development on the ripening. Proceedings of the Crop Society 42: 207-213.
34. Sing, R. P., Brennan, J. P., Farrell, T., Williams, R., Reinke, R., Lewin, L., and Mullen, J. 2005. Economic analysis of improving cold tolerance in Rice in Australia in: Research Literature, 2005. Cooperative, Research Centre for Sustainable Rice Production, Australia.
35. Song, Z. P. 2001. A study of pollen viability and longevity in *oryza rufipogon*, *O. sativa*, and their hybrids. International Rice Research Notes P: 31-32.
36. Suzuki, S. 1981. Cold tolerance in rice plants with special reference to the floral characters. II. Relations between floral characters and the degree of cold tolerance in segregating generation. Japanese Journal of Breeding 32: 9-16 (in Japanese with English abstract).
37. Takeoka, Y., Almamun, A., Wada, T., and Kaufman, P. B. 1992. Primary of the effect of environmental stress on rice spikelet morphogenesis. In Impact of high-temperature stress on rice 11 Reproductive Adaptation of Rice to Environmental Stress. Pp. 113-141. Developments in Crop Science Vol. 22. Tokyo, Japan Scientific Societies press/Elsevier.
38. Xu, S., Li, J. L., and Zhang, X. Q. 2006. Effects of heat acclimation pretreatment on changes of membrane lipid peroxidation, antioxidant metabolites, and ultrastructure of chloroplasts in two cool-season turf grass species under heat stress. Environmental and Experimental Botany 3: 274-285.
39. Yang, J., Peng, S., Zhang, Z., Wang, Z., Visperas, R. M., and Zhu, Q. 2000a. Grain filling pattern and Cytokinin content in the grain and roots of rice plant. Plants. Plant Growth Regul 30: 261-270.
40. Zheng, G. L., Yun, L. I., Shun-tang, C., Hua, Z., and Guo-hua, L. 2009. Effects of high temperature stress on microscopic and ultrastructural characteristics of meso phyll cells in flag leaves of rice. Rice Science 16: 65-71.
41. Zheng, X. L., and Dong, R. R. 1998. The study on rice's reaction to heat shock: II. High temperature's effect on Hill reaction and ultrastructure of chloroplast in late rice's seedling leaves. Journal of Hunan Agricultural University 24: 351-354. (in Chinese with English abstract).

Effects of Planting Date on the Floret Anatomy and Yield of Rice Varieties in Khuzestan

A. Gilani¹, A. Siyadat², S. Jalali³, K. Limouchi⁴

Received: 23-03-2018

Accepted: 26-06-2019

Introduction

Rice is one of the oldest cultivated crops. Anatomical changes in plants under environmental stress can reduce the vascular bundles area such as Xylem area; as a result, these changes can protect cells from death and dieback. There was a difference in terms of pollen germination at times after anthers' opening. Variety Minyhui 63 had the highest germination rate (85%) at time 0 or immediately after anthers' opening; but for variety Rufipogon with lower germination rate (60%), 50% of pollens were alive after 12 min (longer). The lowest germination rate (34%) was observed in hybrid varieties with an average longevity that even after 40 min more than 50% were alive. Simultaneously between opening of florets, anthers causes high self-pollination in rice, but flowering time under stress can postpone the turgidity and growth of pollens. Matsui and Hisashi (2003) reported that positive correlation between the number of pollen on stigma and morphological characteristics.

Materials and Methods

The current research was done for recognizing the impacts of different planting dates on morphological traits in five cultivars of rice in Khuzestan. An experiment was carried out by 2 factors as split-plot using randomized complete blocks design with three replications in agricultural research station. 3 planting dates (2.15, 3.5, and 3.25) in the main plots and 5 sorts of rice including Hoveize and hamer (heat tolerance), red Anbori and Champa (sensitive), and Daniel (semi-tolerance) were arranged in the sub-plot.

Results and Discussion

The result of combined analysis showed the reaction of cultivars were completely related to planting dates and significant difference were observed for interaction effects in %1 and %5 probability level. The highest anther length, stigma length and style length were related to planting dates 1, and 3. Meanwhile, the planting dates with longer anther and stigma had more pollen number. But among cultivars the reaction was completely different, and cultivars with longer anther had shorter stigma. Also cultivars with increasing of pollen and anther surface and pollen number and development of pollen nutrition respectively can prevent of pollen abortion and yield reduction. The highest grain yield was related to the suitable planting date (3.5) that had %62.5 and %18/1. Production increase with respect to. 2.15 and 3.25. Because the second planting date had the suitable stigma, style, anther length and so anther width and more pollen number on the stigma that can increase pollen germination and production. Among the sorts, Hoveize was superior than others and it had higher yield with 50.9% and 36.3% respectively than 2 sorts that are sensitive to heat: red Anbory and Champa. The shorter growth duration (10-13 days) with respect to other cultivars and escape of high temperature was adaptation mechanisms of Hoveize. On the other hand cultivars had different reaction in related to temperature condition.

Conclusions

Therefore, we hope to increase production under stress condition whereas breeding objectives concentrate on the lowering vascular bundles and control length of florets components to increase contacts between pollen and florets and finally, fertility.

Keywords: Fertility, Heat stress, Pollen, Rice

1 and 3- Seed and Plant Improvement Research Department, Khozestan Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Ahvaz, Iran

2- Professor, University of Agricultural and Natural Resources of Khozestan, Iran

4- PhD Agronomy. Young Researchers and Elite Club, Dezful Branch, Islamic Azad University, Dezful, Iran

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

کمی‌سازی نمو برگ در ارقام مختلف گندم: طول عمر برگ

جعفر پوررضا^{۱*}، افشین سلطانی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۲/۲۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

چکیده

به منظور بررسی طول عمر برگ در ارقام مختلف گندم، دو آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۵ رقم گندم در رامهرمز طی دو سال زراعی ۱۳۸۷-۸۹ اجرا شد. آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب و مواد غذایی انجام شد. برای محاسبه طول عمر برگ از یک مدل لجستیک در دو مرحله استفاده شد. در مرحله اول به وسیله این مدل رابطه بین تعداد کل برگ‌های بوته در برابر درجه-روز رشد به دست آمد و در مرحله دوم تغییرات تعداد برگ‌های پیر بوته در برابر درجه-روز رشد مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد متوسط طول عمر برگ بر اساس واحدهای حرارتی ۴۶۸/۸ درجه روز رشد بود. این نتیجه نشان داد در شرایط مطلوب از نظر حرارت، یک برگ به طور متوسط به میزان ۴۶۸/۸ درجه روز رشد دوام دارد. متوسط فیلوکرون (فاصله زمانی بین ظهور دو برگ روی ساقه اصلی) در ارقام برابر با ۸۴ درجه روز رشد بود، که بر این اساس می‌توان گفت متوسط دوام برگ‌های ارقام مورد مطالعه حدوداً ۵/۵ فیلوکرون بود. آگاهی از تفاوت‌های موجود بین ارقام در خصوصیات برگ می‌تواند در اصلاح نباتات، مدیریت گیاه زراعی و مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گندم مفید باشد.

واژه‌های کلیدی: برگ‌های پیر شده، تعداد کل برگ بوته، درجه روز رشد، سطح برگ، مدل‌سازی

مقدمه

روش‌های حد واسط این دو دسته استفاده می‌کنند (Robertson *et al.*, 2002)، بنابراین برای شبیه‌سازی پیش‌بینی مساحت سطح برگ در دسترس برای جذب تابش خورشیدی، لازم است عواملی که تولید برگ، تعداد برگ، اندازه برگ، زوال برگ و طول عمر برگ را تعیین می‌کنند، شناخته شود.

لیزازو و همکاران (Lizaso *et al.*, 2003) جهت شبیه‌سازی سطح برگ ذرت (*Zea mays* L.) سه جزء توسعه برگ، دوام برگ و پیری برگ را در ارتباط با زمان حرارتی تجمعی شبیه‌سازی نمودند. دوام برگ به زمان حرارتی بین ۵۰٪ حداکثر توسعه برگ تا ۵۰٪ پیری اطلاق گردید (Lizaso *et al.*, 2003). شناسایی تغییرپذیری ژنتیکی سطح برگ یک گام مهم در اصلاح نباتات است (Royo *et al.*, 2004). تغییرپذیری ژنتیکی روی عملکرد دانه، محتوای کلروفیل در گلدهی و محتوای پروتئین دانه و همچنین صفات رشد اندازه‌گیری شده روی بوته‌های انفرادی در گندم گزارش شد (Royo *et al.*, 2004). سرعت نمو گیاه گندم عمدتاً تابعی از درجه حرارت و طول روز می‌باشد و به نظر می‌رسد تنها تصمیماتی که یک زارع برای تأثیرگذاری بر الگوی نمو می‌تواند اتخاذ کند، انتخاب رقم و تاریخ کاشت باشد. در گندم، گسترش برگ به‌عنوان یکی از عوامل تعیین‌کننده انعطاف‌پذیری گیاه در محیط‌های مختلف از طریق خصوصیات رقم جهت تعیین تعداد، سرعت ظهور، اندازه و طول عمر برگ اهمیت می‌یابد. رشد فعال برگ‌ها در مراحل رویشی به‌طور غیر مستقیم بر عملکرد گیاه مؤثر است. در طول مراحل آخر رسیدن دانه‌ها، برگ‌های تحتانی عموماً خشک می‌شوند و ذخیره مواد غذایی در ساقه نیز ناچیز است به همین دلیل سهم آن‌ها در تشکیل دانه

برای افزایش در پتانسیل عملکرد گندم (*Triticum spp* L.) نیاز به افزایش سطح فتوسنتزی در مراحل اولیه رشد به‌منظور دریافت بیشتر تشعشع ورودی به سطح مزرعه و در نتیجه تولید ماده خشک بیشتر است (Benbella and Paulsen, 1998). اهمیت سطح برگ در تعیین سرعت رشد محصول از دیرباز شناخته شده است (Maria *et al.*, 2008)، زیرا جذب تابش خورشیدی در غلات عمدتاً توسط پهنک برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام فتوسنتزکننده گیاه انجام می‌شود، از این‌رو بررسی نمو سطح برگ به دلیل اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن‌ها به‌ویژه بر عملکرد دانه ضروری به‌نظر می‌رسد (Benbella and Paulsen, 1998). نمو سطح برگ شامل ظهور برگ‌های جدید، گسترش برگ‌هایی که به تازگی ظاهر شده‌اند و پیری برگ‌های مسن می‌باشد (Hofstra *et al.*, 1977; Ranganathan *et al.*, 2001). روش‌های گوناگونی برای پیش‌بینی سطح برگ گیاه وجود دارد که شامل روش‌هایی که با ظهور، گسترش و پیری برگ‌های منفرد سرکار دارند (Hofstra *et al.*, 1977) تا روش‌هایی که سطح برگ را در سطح کل بوته یا مزرعه پیش‌بینی می‌کنند (Sinclair, 1984) می‌باشند. برخی از پژوهش‌گران از

۱- استادیار، گروه کشاورزی، واحد رامهرمز، دانشگاه آزاد اسلامی، رامهرمز، ایران
۲- استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

*- نویسنده مسئول: (Email: j_pourreza@iauramhormoz.ac.ir)
DOI: 10.22067/gsc.v17i4.72802

2006, *al.*) نیز در گیاه نخود (*Cicer arietinum*) گزارش کردند که از نظر طول عمر برگ در بین ارقام و تاریخ‌های کاشت اختلافی وجود نداشت.

مطالعه جامعی که به بررسی پارامترهای مربوط به طول عمر برگ به‌خصوص در شرایط محیط‌های با دمای بالا پرداخته باشد، انجام نشده است، اگرچه ممکن است تعداد اندکی از پارامترهای آن‌ها، نه به‌صورت جامع، بررسی شده باشند. بنابراین، این مطالعه هدفمند شده است تا به بررسی معادلات و پارامترهای مربوط به طول عمر برگ در ارقام مختلف گندم و بررسی تنوع ژنتیکی در پارامترهای مربوط به طول عمر برگ، بپردازد. اهمیت عمده این معادلات و پارامترهای به‌دست آمده در پیش‌بینی نمو سطح برگ و مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۷ در مزرعه‌ای در رامهرمز (عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۳۶ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۵۱ متری از سطح دریا) انجام شد. این منطقه بر اساس آمار بلندمدت ۳۰ ساله دارای متوسط بارندگی سالانه ۳۲۰ میلی‌متر، متوسط تشعشع روزانه ۱۹/۱ مگاژول بر متر مربع در روز و حداکثر و حداقل دمای سالانه به‌ترتیب ۲۷/۱ و ۱۹/۵ درجه سلسیوس می‌باشد. در جدول ۱ برخی پارامترهای هواشناسی در طی دو سال زراعی ۸۹-۱۳۸۷ نشان داده شده است.

بسیار اندک خواهد بود، بنابراین عملکرد بالقوه گیاه اصولاً بستگی به اندازه، مدت و فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی دارد که پس از ظهور سنبله‌ها هنوز سبز باقی می‌مانند. در بین عملکرد و شاخص سطح برگ و دوام آن همبستگی زیادی وجود دارد، بدین معنی که هرچه دریافت نور خورشید زیادتر و در مدت زمان بیشتری صورت گیرد، تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد دانه بیشتر خواهد بود (Sinclair *et al.*, 2004). پیش‌بینی نمو برگ یک قسمت مهم از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است زیرا ظهور و پیری برگ تنها در رابطه با زمان‌بندی مراحل فنولوژیک مشخص نیست بلکه در رابطه با گسترش سطح برگ است که برای جذب نور، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه با اهمیت است (Yoshida *et al.*, 2007). مفهوم طول عمر برگ در بعضی از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی برای کمی کردن پیری برگ بعد از رسیدن زمان حرارتی به یک حد معین به‌کار رفته است (Rickman *et al.*, 1996). درباره دوره‌ی زمانی مسن شدن برگ‌های گندم در مزرعه، اطلاعات بسیار اندکی وجود دارد و بیشتر برآوردهای طول عمر برگ به این مشاهده مربوط است که روی ساقه اصلی گیاه گندم ۳-۵ برگ سبز را حداقل تا زمان گرده‌افشانی باقی می‌مانند که یکی در مراحل اولیه توسعه، یکی کاملاً توسعه‌یافته و یک تا سه برگ در حال پیر شدن هستند (Wiegand *et al.*, 1982; Hay and Wilson, 1982). در مورد طول عمر برگ در سایر گیاهان، آرکین و همکاران (Arkin *et al.*, 1983) گزارش کردند که طول عمر برگ در بین ارقام مختلف سورگوم (*Sorghum bicolor*) تفاوتی ندارد، همچنین سلطانی و همکاران (Soltani *et al.*)

جدول ۱- میانگین ماهیانه حداکثر و حداقل درجه حرارت، تشعشع و مجموع بارندگی ماهیانه رامهرمز در طی سال‌های زراعی ۸۹-۱۳۸۷
Table 1- Monthly mean maximum and minimum temperature, solar radiation and monthly total rainfall of Ramhormoz during 2008-2010

Month	Maximum temperature (C)		Minimum temperature (C)		Radiation (MJ.m ⁻² .day ⁻¹)		Precipitation (mm)	
	(2008-2009)	(2009-2010)	(2008-2009)	(2009-2010)	(2008-2009)	(2009-2010)	(2008-2009)	(2009-2010)
21 Oct.- 20 Nov	17.8	17.9	8.3	8.3	14.0	13.3	21.5	25.2
21 Nov.-20Dec.	15.7	19.4	7.4	9.9	9.9	10.1	84.4	117.1
21 Dec.-20 Jan.	15.9	14.3	6.9	7.0	11.1	9.3	83.2	43.4
21 Jan.-20 Feb	20.9	20.8	11.2	9.0	14.9	14.7	53.0	14.7
21 Feb.-20 March	24.0	31.6	13.0	16.1	15.8	18.7	42.5	21.4
21 March-20 April	31.5	35.5	19.8	20.7	18.5	21.2	20.8	34.9
21 April-20 May	41.3	40.7	26.1	25.9	25.7	26.2	1.5	0.0

خط کاشت بود. فاصله بین تکرارها ۱/۵ متر بود. همه کرت‌ها در یک تراکم ثابت ۴۰۰ بذر در متر مربع کشت شدند. قبل از کاشت بذرها، با سم کربوکسی تیرام به میزان دو در هزار ضدعفونی شدند. کاشت بذر به‌صورت دستی انجام شد. تاریخ کاشت در سال اول نهم آذر ماه و در سال دوم چهارم آذر ماه بود. چون آزمایش در شرایط عدم محدودیت آب و عناصر غذایی، آفات و علف‌های هرز انجام می‌شد، در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم آبیاری انجام شد.

آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در طی دو سال انجام شد. ارقام مورد بررسی شامل ۱۵ ژنوتیپ گندم بهاره و بینابین (دز، چمران، زاگرس، ویریناک، کویر، اترک، بیات، شیراز، شوا مالد (کرخه)، یاوروس، مرودشت، چناب، اینیا، استار و S78-18) بودند، این ارقام دارای کلاس‌های رسیدگی متنوع هستند و جهت بررسی گسترده‌تر ضرایب و پارامترهای مربوط به تولید و پیری برگ انتخاب شدند. طول کرت‌های آزمایش شش متر و فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد و هر کرت شامل شش ردیف

خود می‌رسند. تجزیه و تحلیل آماری بر اساس توابع ریاضی بین متغیرهای محیطی و پارامترهای تولید و زوال برگ با استفاده از روش PROC NLIN در برنامه آماری SAS انجام شدند. در مواقع ضروری، از روابط و توابع مناسب برگرفته از گزارش‌های تحقیقاتی منتشر شده استفاده شد (Soltani, 2012)، زمانی که رابطه مناسبی وجود نداشت رابطه مورد نظر از طریق زیر به دست آمد:

(۱) مشاهده منحنی پراکنش بین دو متغیر مورد نظر، (۲) برازش توابع امیدبخش به داده‌ها و (۳) انتخاب مناسب‌ترین تابع بر اساس سادگی و معیارهای آماری از قبیل ضریب تبیین (R^2) و جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE^2$). بر این اساس به منظور ارزیابی نکوتی برازش مدل‌های مختلف، هرچه مقدار RMSE محاسبه شده کمتر و R^2 بیشتر باشد، دقت مدل در پیش‌بینی بیشتر است. R^2 درصد تغییرات در تعداد کل برگ در بوته و تعداد برگ پیر شده در بوته را نشان می‌دهد که به وسیله درجه روز رشد توجیه می‌شود؛ هرچه R^2 بیشتر باشد نشان‌دهنده این است که مدل درصد تغییرات در تعداد کل برگ در بوته و تعداد برگ پیر شده در بوته را به وسیله درجه روز رشد بهتر توجیه می‌کند. در صورت امکان، به جای این که به تک تک تیمارها معادله جداگانه‌ای برازش داده شود، به کل داده‌ها یا بخشی از داده‌ها یک معادله یکسان برازش داده شد. برای برآورد تفاوت پارامترها بین تیمارها از آماره‌ی خطای معیار (SE^2) استفاده شد، بر این اساس می‌توان تفاوت دو تیمار یا دو گروه از تیمارها را بررسی کرد. رسم شکل‌ها با برنامه Excel صورت گرفت.

نتایج و بحث

ضرایب حاصل از برازش مدل ۲ به داده‌های تعداد کل برگ و برگ‌های پیر شده در مقابل درجه-روز رشد پس از کاشت در سال اول، که در جدول ۲ ارائه شده است، نشان داد که ارقام گندم در این بررسی از نظر حداکثر تعداد برگ در هر بوته با هم اختلاف معنی‌دار در سطح ۵٪ داشتند اما از نظر پارامترهای دیگر مدل، تفاوت معنی‌دار بین ارقام مشاهده نشد. همان‌گونه که در جدول ۲ و شکل ۱ (الف) نشان داده شده است ارقام مرودشت، شیراز، استار و لاین S78-18 در مقایسه با ۱۱ رقم دیگر تعداد کل برگ بیشتری در هر بوته تولید نمودند.

همچنین بر اساس جدول ۲ و شکل ۱ (الف) برازش مدل به داده‌های برگ‌های زرد و پیر شده بوته در مقابل درجه-روز رشد نیز نشان داد که ارقام گندم از نظر پارامترهای مختلف مدل با هم اختلاف معنی‌داری ندارند. در چهار رقم مذکور به‌طور متوسط وقتی

ثابت مراحل فنولوژیک به روش زادوکس (Zadoks, 1974) هر سه روز یک بار انجام شد. برای ثبت مراحل فنولوژیک از هر رقم در هر کرت، ۱۰ بوته به‌عنوان شاخص ثبت مراحل فنولوژیک تعیین و علامت‌گذاری شدند. در هر کرت و رقم، تاریخی که در آن مراحل فنولوژیک مورد نظر در بیش از ۵۰ درصد بوته‌های علامت‌گذاری شده مشاهده شد؛ به‌عنوان زمان وقوع آن مرحله فنولوژیک برای آن رقم ثبت شد. واحدهای حرارتی روزانه (درجه-روز رشد، GDD^1) از دمای حداکثر (T_{MAX}) و دمای حداقل روزانه (T_{MIN}) از طریق رابطه (۱) تعیین شدند:

$$GDD = (T_{MIN} + T_{MAX}) / 2 - T_{base} \quad (1)$$

که در این پژوهش T_{base} دمای پایه یا حداقل گندم برای جوانه‌زنی است، با توجه به این که ارقام مورد نظر همه ارقام بهاره هستند، و مقدار آن چهار درجه سلسیوس در نظر گرفته شد (Slafer and Savin, 1991; Slafer and Rawson, 1995; John et al., 1999; Schulz et al., 2005). در صورتی که دمای حداکثر روزانه بیشتر از ۳۰ درجه سلسیوس باشد برابر با ۳۰ و در صورتی که دمای حداقل روزانه از چهار درجه سلسیوس کمتر باشد برابر با چهار درجه رابطه قرار داده می‌شود.

به‌منظور تعیین تعداد برگ‌های سبز، زرد و پیر شده روی ساقه اصلی و کل بوته در مراحل ۲ پنجه‌زنی (۴۱ روز)، ساقه‌رفتن (۸۳ روز)، ظهور برگ پرچم (۹۰ روز)، ظهور سنبله (۱۰۳ روز)، شروع گرده‌افشانی (۱۰۵ روز)، تکمیل گرده‌افشانی (۱۱۳ روز) و رسیدگی فیزیولوژیک (۱۴۰ روز) تعداد برگ‌های سبز، زرد و پیر شده برای هر رقم در هر سال اندازه‌گیری شدند. تمام اندازه‌گیری‌ها روی نمونه گیاهی شامل ۱۰ بوته که از یک نمونه بزرگ‌تر ۲۰ تایی انتخاب شده بودند، صورت گرفت. یک برگ زمانی زرد و پیر شده در نظر گرفته می‌شد که ۵۰ درصد یا بیشتر از سطح آن زرد شده باشد.

برای به‌دست آوردن طول عمر برگ از یک مدل لجستیک (مدل ۲) به‌صورت زیر در دو مرحله استفاده شد. در مرحله اول به‌وسیله این مدل رابطه بین تعداد کل برگ‌های بوته در برابر درجه-روز رشد به‌دست آمد و در مرحله دوم تغییرات تعداد برگ‌های پیر بوته در برابر درجه-روز رشد مورد بررسی قرار گرفت.

$$y = A_{max} / [1 + \exp(-a(x-b))] \quad (2)$$

که در آن، x درجه-روز رشد تجمعی پس از کاشت، y تعداد کل برگ‌های بوته یا تعداد برگ‌های پیر بوته، A_{max} حداکثر تعداد برگ‌های بوته، a شیب خط، b درجه-روز رشد تجمعی که در آن تعداد کل برگ‌های تولید شده یا پیر شده در بوته به نصف حداکثر

1- Growing Degree Days

۲- اعداد داخل پرانتز متوسط روز از کاشت تا مرحله مورد نظر در دو سال آزمایش هستند.

1- Root Mean Squares Error

2- Standard Error

ارقام در سال اول پژوهش به طور متوسط پس از گذشت ۹۶۸ درجه-روز رشد پس از کاشت تعداد برگ‌های زرد و پیر شده آن‌ها در بوته به ۵۰٪ مقدار حداکثر خود رسیدند.

۵۲۳/۳ درجه-روز رشد حرارت دریافت کردند تعداد برگ‌های تولید شده خود در بوته را به ۵۰٪ نهایی رساندند و تعداد برگ‌های تولیدی آنها به طور متوسط ۲۸/۹ برگ بود، که از این نظر با ۱۱ رقم دیگر که به طور متوسط ۲۵/۸ برگ در بوته تولید کردند، تفاوت داشتند. در همه

جدول ۲- پارامترهای مدل برازش داده شده به داده‌های تعداد کل برگ بوته و تعداد برگ پیر بوته در برابر درجه روز رشد پس از کاشت (مدل ۲) برای تعیین طول عمر برگ در ارقام مختلف گندم در سال اول پژوهش. A_{max} تعداد کل برگ در بوته، a شیب افزایش در تعداد برگ، b_1 و b_2 به ترتیب درجه روز رشد که در آن تعداد کل برگ‌های بوته و تعداد کل برگ‌های پیر در بوته به نصف حداکثر خود می‌رسند، n تعداد مشاهدات، R^2 ضریب تبیین، $RMSE$ جذر میانگین مربعات خطا، se خطای معیار و CV ضریب تغییرات هستند.

Table 2- Parameters of the model fitted to data of total plant leaf number and plant senesced leaf number vs. Growing degree-days after sowing (see model 2) to determine leaf lifetime for wheat different cultivars at first experiment. A_{max} , total plant leaf number; a , the steepness of increase in leaf number; b_1 and b_2 , GDD when total or senesced leaf number reached to 50% of their maximums, respectively. n , number of observation; R^2 , Coefficient of determination; $RMSE$, Root Mean Squared Error; SE , standard error and CV , coefficient of variation.

Cultivars	Total leaves						Senesced leaves					
	$a \pm se$	$b_1 \pm se$	$A_{max} \pm se$	RMSE	CV%	R^2	n	$a \pm se$	$b_2 \pm se$	RMSE	CV%	R^2
Atrak	0.008±0.0040	486.3±92.2	24.1±1.8	2.7	13.6	0.99	6	0.0046±0.0011	945.4±45.1	0.95	8.5	0.99
Bayat	0.007±0.0030	522.8±87.8	27.6±1.2	3.0	13.8	0.99	6	0.0049±0.0011	928.1±44.1	1.1	8.4	0.99
Chamran	0.009±0.0050	478.9±80.8	26.3±1.0	0.2	1.1	0.99	6	0.0046±0.0008	997.7±41.8	0.8	6.8	0.99
Chenab	0.008±0.0015	508.8±39.6	26.8±1.1	1.3	5.9	0.99	6	0.0050±0.0010	975.8±42.0	0.9	7.7	0.99
Dez	0.009±0.0069	476.6±101.0	25.0±1.7	2.7	12.8	0.99	6	0.0052±0.0020	915.6±52.4	1.2	11.1	0.99
Ineia	0.007±0.0008	518.4±26.8	26.6±1.1	0.9	4.0	0.99	6	0.0051±0.0010	957.7±41.5	1.0	8.0	0.99
Kavir	0.007±0.0014	546.7±50.5	23.9±1.2	1.5	8.0	0.99	6	0.0047±0.0011	981.2±54.7	1.0	9.4	0.99
Shoa	0.007±0.0013	517.3±42.7	26.0±1.1	1.4	6.6	0.99	6	0.0046±0.0007	1001.1±38.4	0.9	7.6	0.99
Vienak	0.006±0.0006	540.0±24.9	26.5±1.1	0.8	3.9	0.99	6	0.0045±0.0007	1043.3±47.5	0.7	8.5	0.99
Yavarous	0.006±0.0008	554.0±33.9	24.6±1.3	1.0	5.4	0.99	6	0.0046±0.0006	1042.3±36.1	0.8	7.1	0.99
Zagrou	0.007±0.0013	529.7±44.7	29.9±1.3	1.5	6.8	0.99	6	0.0047±0.0007	996.7±37.7	0.8	6.1	0.99
Total data	0.007±0.0005	514.9±15.9	25.8±0.9	1.7	8.1	0.99	66	0.0047±0.0003	983.1±15.5	0.6	7.0	0.99
Marvdasht	0.007±0.0010	528.0±32.2	27.8±1.0	2.2	10.2	0.99	6	0.0051±0.0010	965.5±39.6	0.7	7.0	0.99
S78-18	0.008±0.0010	469.6±26.0	27.2±0.9	1.8	7.7	0.99	6	0.0052±0.0011	950.8±42.7	1.1	5.6	0.99
Shiraz	0.009±0.0090	507.0±20.0	29.8±0.9	1.3	5.6	0.99	6	0.0049±0.0009	942.0±37.2	0.9	6.2	0.99
Star	0.006±0.0005	567.7±20.4	29.2±0.8	1.4	6.2	0.99	6	0.0046±0.0007	1043.8±45.0	0.6	9.8	0.99
Total data	0.007±0.0005	523.3±20.2	28.9±0.8	2.0	8.8	0.99	24	0.0051±0.0006	952.9±23.8	1.5	14.8	0.99

۱- تعداد کل برگ‌های پیر شده بوته ثابت و مشابه حداکثر تعداد کل برگ در بوته در نظر گرفته شد و از تکرار آن در جدول خودداری شد.

شیراز، مرودشت، استار و لاین S78-18 تعداد برگ بیشتری در بوته تولید نمودند. از نظر سایر پارامترهای مدل، ارقام اختلاف معنی‌دار با هم نداشتند. مقایسه زمان تا رسیدن به ۵۰٪ نهایی تعداد برگ در بوته در دو سال پژوهش نشان داد که در سال دوم بوته‌ها به درجه-روز رشد بیشتری برای رسیدن به این زمان نیاز داشتند، اگرچه اختلاف معنی‌دار بین دو سال مشاهده نگردید (شکل ۱-ب).

ضرایب حاصل از برازش مدل ۲ به داده‌های تعداد کل برگ و برگ زرد و پیر بوته در ارقام گندم در سال دوم پژوهش در جدول ۳ آورده شده است. با برازش این مدل به داده‌ها، در سال دوم پژوهش نیز ارقام از نظر تعداد برگ کل تولیدی در بوته با هم اختلاف معنی‌داری داشتند. مطابق با جدول ارائه شده برازش مدل به داده‌های تعداد کل برگ در بوته در مقابل درجه-روز رشد نشان داد که ارقام

جدول ۳- پارامترهای مدل برازش داده شده به داده‌های تعداد کل برگ بوته و تعداد برگ پیر بوته در برابر درجه روز رشد پس از کاشت (مدل ۲) برای تعیین طول عمر برگ در ارقام مختلف گندم در سال دوم پژوهش. A_{max} تعداد کل برگ در بوته، a شیب افزایش در تعداد برگ، b_1 و b_2 به ترتیب درجه روز رشد که در آن تعداد کل برگ‌های بوته و تعداد کل برگ‌های پیر در بوته به نصف حداکثر خود می‌رسند، n تعداد مشاهدات، R^2 ضریب تبیین، $RMSE$ جذر میانگین مربعات خطا، se خطای معیار و CV ضریب تغییرات هستند.

Table 3- Parameters of the model fitted to data of total plant leaf number and plant senesced leaf number vs. Growing degree-days after sowing (see model 2) to determine leaf lifetime for wheat different cultivars at second experiment. A_{max} , total plant leaf number; a , the steepness of increase in leaf number; b_1 and b_2 , GDD when total or senesced leaf number reached to 50% of their maximums, respectively. n , number of observation; R^2 , Coefficient of determination; $RMSE$, Root Mean Squared Error; SE , standard error and CV , coefficient of variation.

Cultivars	Total leaves						Senesced leaves					
	$a \pm se$	$b_1 \pm se$	$A_{max} \pm se$	RMSE	CV%	R^2	n	$a \pm se$	$b_2 \pm se$	RMSE	CV%	R^2
Atrak	0.008±0.0029	591.2±37.9	23.0±1.1	2.0	11.0	0.99	6	0.0041±0.0010	1196.0±90.2	0.0	14.8	0.99
Bayat	0.006±0.0028	605.4±62.5	24.9±1.8	2.8	14.8	0.99	6	0.0083±0.0013	1000.8±22.0	0.6	8.0	0.99
Chamran	0.007±0.0017	577.9±27.0	24.2±1.3	1.4	7.3	0.99	6	0.0042±0.0014	1173.4±121.8	1.5	21.1	0.99
Chenab	0.008±0.0020	572.3±26.0	23.4±1.2	1.4	7.4	0.99	6	0.0052±0.0020	1035.9±87.6	1.6	21.6	0.99
Dez	0.007±0.0068	560.6±92.5	24.4±2.7	4.7	24.7	0.99	6	0.0068±0.0009	1048.0±24.3	0.6	8.0	0.99
Ineia	0.007±0.0018	548.4±32.9	22.6±1.1	1.6	7.9	0.99	6	0.0053±0.0009	1073.2±40.5	0.8	10.1	0.99
Kavir	0.007±0.0021	608.9±46.9	25.8±1.3	1.9	11.5	0.99	6	0.0066±0.0021	988.8±57.3	1.3	17.7	0.99
Shoa	0.005±0.0008	641.0±28.6	22.0±1.2	1.1	5.8	0.99	6	0.0059±0.0017	1090.2±59.9	0.7	7.8	0.99
Vienak	0.009±0.0034	532.3±34.4	23.7±1.2	2.0	11.0	0.99	6	0.0073±0.0007	965.2±55.4	1.2	16.4	0.99
Yavarous	0.004±0.0006	656.4±33.9	23.8±1.4	0.9	5.4	0.99	6	0.0060±0.0011	1162.3±38.4	0.9	9.1	0.99
Zagrou	0.006±0.0011	612.3±25.0	23.5±1.5	1.0	5.8	0.99	6	0.0055±0.0016	1061.6±69.5	1.3	17.2	0.99
Total data	0.007±0.0007	584.6±12.7	25.5±1.1	1.9	10.1	0.99	66	0.0057±0.0005	1059.7±18.9	1.5	18.0	0.99
Marvdasht	0.005±0.0008	603.0±31.2	27.2±2.2	2.2	11.5	0.99	6	0.0060±0.0008	1036.8±27.3	0.3	5.0	0.99
S78-18	0.008±0.0010	546.1±12.2	27.2±1.3	1.6	7.3	0.99	6	0.0049±0.0013	1071.0±73.6	0.8	11.6	0.99
Shiraz	0.006±0.0009	604.0±21.3	32.1±2.5	2.4	10.1	0.99	6	0.0092±0.0015	1021.6±22.9	1.3	18.2	0.99
Star	0.006±0.0007	603.1±20.2	29.7±1.5	2.0	9.0	0.99	6	0.0053±0.0015	1166.3±71.8	1.7	21.5	0.99
Total data	0.006±0.0006	588.9±32.1	28.5±1.3	3.0	13.7	0.99	24	0.0063±0.0004	1083.3±43.9	2.4	27.7	0.99

بوته در دو گروه قرار گرفتند، میانگین ضرایب مدل ۲ برای ارقام در طی ۲ سال در جدول ۴ آورده شده است که بر اساس آن روند تغییرات تعداد کل برگ و برگ‌های پیر شده در مقابل درجه-روز رشد در شکل ۱-ج ترسیم شده است.

برازش مدل ۲ به داده‌های برگ‌های پیر بوته در سال دوم در مقابل درجه-روز رشد نشان داد که ارقام از نظر پارامترهای مدل با هم اختلاف معنی‌داری نداشتند. از آن‌جاکه روند تغییرات تعداد کل برگ و برگ‌های پیر در مقابل درجه-روز رشد در طی دو سال روند تقریباً مشابهی بود و تنها ارقام به لحاظ تعداد کل برگ تولید شده در

جدول ۴- پارامترهای مدل برازش داده شده به داده‌های تعداد کل برگ بوته و تعداد برگ پیر بوته در برابر درجه روز رشد پس از کاشت (مدل ۲) برای تعیین طول عمر برگ در ارقام مختلف گندم در دو سال پژوهش (داده‌های دو سال ادغام شدند). Amax، تعداد کل برگ در بوته، n شیب افزایش در تعداد برگ، b₁ و b₂ به ترتیب درجه روز رشد که در آن تعداد کل برگ‌های بوته و تعداد کل برگ‌های پیر در بوته به نصف حداکثر خود می‌رسند، n تعداد مشاهدات، R² ضریب تبیین، RMSE جذر میانگین مربعات خطا، se خطای معیار و CV ضریب تغییرات هستند.

Table 4- Parameters of the model fitted to data of total plant leaf number and plant senesced leaf number vs. Growing degree-days after sowing (see model 2) to determine leaf lifetime for wheat different cultivars at two experiment (data were pooled in two experiments). Amax, total plant leaf number; a, the steepness of increase in leaf number; b₁ and b₂, GDD when total or senesced leaf number reached to 50% of their maximums, respectively. n, number of observation; R², Coefficient of determination; RMSE, Root Mean Squared Error; SE, standard error and CV, coefficient of variation.

Cultivars	Total leaves						Senesced leaves					
	a±se	b ₁ ±se	Amax ±se	RMSE	CV%	R ²	n	a±se	b ₂ ±se	RMSE	CV%	R ²
Atrak	0.008±0.0020	568.9±37.2	23.7±1.0	2.3	12.1	0.99	12	0.0041±0.0016	1082.7±130.8	2.4	27.7	0.99
Bayat	0.007±0.0022	580.1±47.1	26.1±1.4	3.1	14.8	0.99	12	0.0059±0.0018	965.8±55.6	2.0	19.6	0.99
Chamran	0.008±0.0017	557.3±31.2	25.4±0.9	2.1	10.4	0.99	12	0.0044±0.0015	1088.2±108.2	2.4	24.9	0.99
Chenab	0.008±0.0020	562.2±35.6	25.1±1.1	2.4	11.8	0.99	12	0.0048±0.0017	1023.0±88.5	2.4	24.4	0.99
Dez	0.008±0.0033	542.2±55.3	24.2±1.5	3.6	18.0	0.99	12	0.0055±0.0013	992.0±52.5	1.6	17.0	0.99
Ineia	0.007±0.0012	542.1±27.3	25.4±0.8	1.7	8.1	0.99	12	0.0049±0.0012	1028.8±63.5	1.8	17.6	0.99
Kavir	0.007±0.0013	590.6±32.2	23.2±0.9	1.8	9.9	0.99	12	0.0056±0.0015	990.2±56.0	1.7	18.6	0.99
Shoa	0.006±0.0011	592.6±31.0	25.8±1.1	1.8	9.1	0.99	12	0.0049±0.0011	1060.4±61.3	1.7	16.2	0.99
Vienak	0.008±0.0020	538.3±38.4	24.1±1.0	2.4	11.8	0.99	12	0.0052±0.0024	1025.8±113.2	2.5	25.3	0.99
Yavarous	0.005±0.0010	598.83±38.9	23.7±1.1	1.9	10.4	0.99	12	0.0049±0.0012	1123.0±71.3	1.7	14.4	0.99
Zagrous	0.007±0.0016	578.2±38.8	25.3±1.3	2.4	11.8	0.99	12	0.0048±0.0016	1044.7±86.7	1.6	17.3	0.99
Total data	0.007±0.0005	566.5±11.3	24.6±0.8	2.3	11.4	0.99	132	0.0049±0.0004	1035.3±22.4	1.7	16.7	0.99
Marvdasht	0.006±0.0009	568.1±24.1	26.2±1.2	2.8	13.5	0.99	12	0.0053±0.0012	1010.1±53.3	3.0	34.2	0.99
S78-18	0.008±0.0008	537.7±19.2	28.2±1.3	2.0	8.8	0.99	12	0.0047±0.0017	1025.6±96.4	1.7	19.2	0.99
Shiraz	0.007±0.0007	572.5±20.3	31.0±1.2	2.2	8.9	0.99	12	0.0061±0.0013	987.5±39.6	2.3	23.7	0.99
Star	0.006±0.0006	603.4±25.2	29.5±1.5	1.8	7.7	0.99	12	0.0048±0.0010	1117.9±63.9	2.1	21.6	0.99
Total data	0.007±0.0004	567.5±9.9	28.7±1.0	2.7	11.9	0.99	48	0.0053±0.0008	1005.6±201	2.0	19.6	0.99

در جدول ۵ طول عمر تک برگ برای دو سال پژوهش و ارقام مختلف نشان داده شده است. این مشاهده‌ها نشان داد که طول عمر تک برگ در سال اول و دوم پژوهش، اختلاف معنی‌داری بین ارقام نشان نداد. متوسط طول عمر برگ در سال اول و دوم پژوهش به ترتیب ۴۶۲/۹ و ۴۸۲/۶ درجه-روز رشد بود.

منحنی‌های به دست آمده مربوط به تولید و زوال برگ (سطح محور بین دو منحنی در شکل ۱-الف، ب و ج) طول عمر برگ در بوته را بر حسب درجه-روز رشد نشان می‌دهد. به لحاظ عددی طول عمر تک برگ عبارت از اختلاف بین درجه-روز رشد لازم برای رسیدن تعداد کل برگ در بوته به نصف حداکثر خود (b₁) و درجه-روز لازم برای رسیدن تعداد کل برگ‌های پیر شده در بوته به نصف حداکثر خود می‌باشد (b=b₂-b₁).

جدول ۵- طول عمر متوسط برگ در بوته بر حسب درجه روز رشد (اختلاف بین ضرایب b برای تعداد برگ پیر شده (b₂) و تعداد کل برگ بوته (b₁)) (جدول ۲، ۳ و ۴)، برآوردی از متوسط طول عمر برگ بوته (b₂-b₁) است.

Table 5- Average leaf lifetime based on GDD (The difference between b for senesced leaf number (b₂) and total leaf number (b₁) gives an estimate of average leaf lifetime (b₂-b₁), (tables 2, 3 and 4).

Cultivars	Fist year			Second year			The mean of cultivars between two years		
	b ₂	b ₁	Leaf lifetime (b=b ₂ -b ₁)	b ₂	b ₁	Leaf lifetime (b=b ₂ -b ₁)	b ₂	b ₁	Leaf lifetime (b=b ₂ -b ₁)
Atrak	945.4	486.3	459.1	1196.9	591.2	605.7	1082.7	568.9	513.8
Bayat	928.1	522.8	405.3	1000.8	605.4	395.4	965.8	580.1	385.7
Chamran	997.7	478.9	518.8	1173.4	577.9	595.5	1088.2	557.3	530.9
Chenab	975.8	508.8	467.0	1035.9	572.3	463.6	1023.0	562.2	460.8
Dez	915.6	467.6	448.0	1048.0	560.6	487.4	992.0	542.2	449.8
Ineia	957.7	518.4	439.3	1073.2	548.4	524.8	1028.8	542.1	486.7
Kavir	981.2	546.7	434.5	998.2	608.9	389.9	990.2	590.6	399.6
Marvdasht	965.5	528.0	437.5	1036.8	603.0	433.8	1010.1	568.1	442.0
S78-18	950.8	469.6	481.2	1071.0	546.1	524.9	1025.6	537.7	487.9
Shiraz	942.0	507.0	435.0	1021.6	604.0	417.6	987.5	572.5	415.0
Star	1001.1	517.3	483.8	1090.2	641.0	449.2	1060.4	592.6	467.8
Shoa	1043.8	567.7	476.1	1166.3	603.1	563.2	1117.9	603.4	514.5
Vienak	1043.3	540.0	503.3	965.2	532.3	433.2	1025.8	538.3	487.5
Yavarous	1042.3	554.0	488.3	1162.3	656.4	505.9	1123.0	598.8	524.2
Zagrous	996.7	529.7	467.0	1061.6	612.3	449.3	1044.7	578.2	466.5
Total data	979.1	516.2	462.9	1073.5	590.8	482.6	1037.7	568.9	468.8

با توجه به مقادیر R^2 بالاتر از ۰/۹۹ هم برای تعداد کل برگ و هم برگ‌های پیر شده، مدل لجستیک توصیف خوبی از تغییرات تعداد برگ در مقابل درجه روز رشد ارائه کرد (جدول ۵). همچنین به دلیل برازش مناسب مدل لجستیک (مدل ۲) به کل داده‌های تولید و پیری برگ، جهت برآورد طول عمر برگ از پارامترهای به‌دست آمده برای کل داده‌ها استفاده شد و از این رو متوسط طول عمر برگ در این ارقام ۴۶۸/۸ درجه-روز رشد به‌دست آمد (جدول ۵، شکل ۱-ج).

درباره‌ی دوره‌ی زمانی مسن شدن برگ‌های گندم در مزرعه، اطلاعات بسیار اندکی وجود دارد و بیشتر برآوردهای طول عمر برگ به این مشاهده مربوط است که ساقه اصلی گیاه گندم ۳-۵ برگ سبز را حداقل تا زمان گرده‌افشانی نگه می‌دارد که یک برگ در مراحل اولیه رشد، یکی کاملاً توسعه‌یافته و یک تا سه برگ در حال پیر شدن هستند (Wiegand et al., 1981; Hay and Wilson, 1982). مطابق با یافته‌های این پژوهش متوسط فیلوکرون برای ظهور برگ‌های متوالی در ساقه اصلی گندم حدود ۸۴ درجه-روز رشد بود (داده‌ها نشان داده نشدند) که بر این اساس می‌توان گفت متوسط طول عمر تک برگ در ارقام گندم در این پژوهش حدود ۵/۵ فیلوکرون است. سلطانی و همکاران (Soltani et al., 2006) در گیاه نخود گزارش کردند که از نظر طول عمر برگ در بین ارقام و تاریخ‌های کاشت اختلافی وجود نداشت و میانگین طول عمر برگ در مجموع تاریخ‌ها و تراکم‌های کاشت در پژوهش آنان ۲۳/۵ روز بیولوژیک بود. همچنین آرکین و همکاران (Arkin et al., 1983) گزارش کردند که طول عمر برگ در بین ارقام مختلف سورگوم تفاوتی نشان ندادند. طول عمر بیشتر برگ در گیاه، فتوسنتز بیشتری را در طول حیات گیاه رقم می‌زند و موجب افزایش تولید می‌شود (Abeledo et al., 2004). بنابراین عملکرد گیاه اصولاً بستگی به اندازه، مدت و فعالیت فتوسنتزی اندام‌هایی که پس از ظهور سنبله‌ها هنوز باقی می‌مانند، دارد. در بین عملکرد و شاخص سطح برگ و دوام آن همبستگی بالایی وجود دارد، بدین معنی که هرچه دریافت نور خورشید زیادتر و در مدت زمان بیشتری صورت گیرد تولید ماده خشک و دریافت عملکرد دانه بیشتر خواهد بود (Romas et al., 2004; Royo et al., 1983). ظرفیت فتوسنتزی و طول عمر برگ بازده کل کربن برگ را در طول عمر برگ تعیین می‌کند و می‌تواند روی جریان جذب کربن سایه‌انداز گیاهی اثر بگذارد (Suarez et al., 2010). بنابراین با دانستن طول عمر برگ این امکان وجود دارد تا بتوان حداکثر CO_2 جذب شده یک گیاه را برآورد نمود (Kitajima et al., 2002). به‌طور کلی طول عمر برگ به‌عنوان یک استراتژی تکاملی در نظر گرفته شده تا جذب کربن برگ و گیاه را در شرایط مختلف به حداکثر برساند (Suarez et al., 2010). یک وابستگی متقابل قوی بین طول عمر برگ، سرعت فتوسنتز خالص و محتوای نیتروژن برگ، سطح ویژه برگ (SLA) و دسترسی به منابع وجود دارد

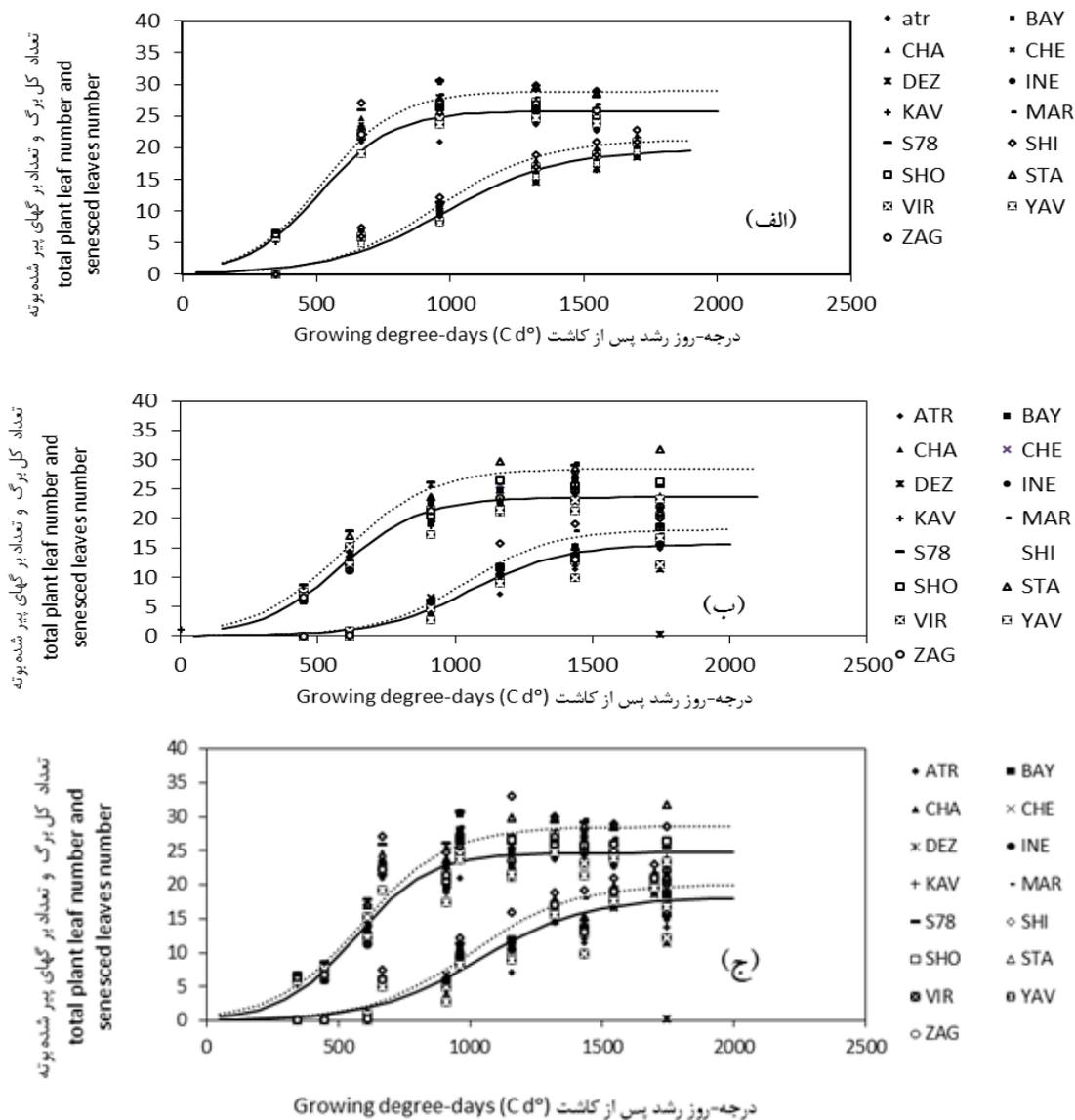
(Ritch et al., 1992). این ایده که طول عمر برگ یک مکانیزم ذخیره مواد غذایی است که کارایی مصرف مواد غذایی یا جذب بلندمدت کربن را بهبود می‌بخشد توسط محققان زیادی پذیرفته شده است. پیش‌بینی ظهور و پیری برگ یک قسمت مهم از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی است زیرا ظهور و پیری برگ تنها در رابطه با زمان‌بندی مراحل فنولوژیکی مشخص نیست بلکه در رابطه با گسترش سطح برگ است که برای جذب نور، تجمع ماده خشک و عملکرد دانه با اهمیت است (McMaster, 2005). اهمیت سطح برگ در تعیین سرعت رشد محصول از دیرباز شناخته شده است، زیرا جذب تابش خورشیدی در غلات عمدتاً توسط پهنک برگ‌ها به‌عنوان اصلی‌ترین اندام فتوسنتزکننده گیاه انجام می‌شود، از این رو بررسی نمو سطح برگ به دلیل اثرات مستقیم و غیر مستقیم آنها به‌ویژه بر عملکرد دانه ضروری به نظر می‌رسد (Maria et al., 2008). نمو سطح برگ شامل ظهور برگ‌های جدید، گسترش برگ‌هایی که به تازگی ظهور کرده‌اند و پیری برگ‌های مسن می‌باشد (Ranganathan et al., 2001). روش‌های گوناگونی برای پیش‌بینی سطح برگ گیاه وجود دارد که شامل متدهایی که با ظهور، گسترش و پیری برگ‌های منفرد سرکار دارند (Hofstra et al., 1997) تا روش‌هایی که سطح برگ را در سطح کل بوته یا مرزعه پیش‌بینی می‌کنند (Sinclair, 1984)، می‌باشند. برخی از محققان از روش‌های حد واسط این دو دسته استفاده می‌کنند (Rabertson et al., 2002)، بنابراین برای شبیه‌سازی پیش‌بینی مساحت سطح برگ در دسترس برای جذب تابش خورشیدی، لازم است عواملی که تولید برگ، تعداد برگ، اندازه برگ، زوال برگ و طول عمر برگ را تعیین می‌کنند، شناخته شود. آگاهی از تفاوت‌های موجود بین ارقام در خصوصیات برگ می‌تواند در اصلاح نباتات، مدیریت گیاه زراعی و مدل‌های شبیه‌سازی رشد و نمو گندم مفید باشد.

نتیجه‌گیری

مفهوم طول عمر برگ در بعضی از مدل‌های شبیه‌سازی گیاهان زراعی برای کمی کردن پیری برگ بعد از رسیدن زمان حرارتی به یک حد معین به‌کار رفته است (Rickman et al., 1996). کاربرد مدل‌های شبیه‌سازی رشد گیاهان زراعی؛ که رشد، کارایی مصرف آب و عملکرد گیاهان زراعی را پیش‌بینی می‌کنند، درک واکنش گیاهان زراعی به پویایی سیستم‌های آب-گیاه و اقلیم است، تا به برآورد صفات فیزیولوژیک برای بهبود عملکرد ژنتیکی و کمک به تصمیم‌گیری بهتر در استفاده از منابع قابل‌دسترسی بپردازند (Sinclair et al., 1998; Hamer et al., 1996; Seligman, 1996). بر اساس نتایج حاصل شده از این پژوهش متوسط طول عمر برگ بر اساس واحدهای حرارتی ۴۶۸/۸ درجه روز رشد بود. این نشان می‌دهد در شرایط مطلوب از نظر حرارت، یک برگ به‌طور متوسط به میزان ۴۶۸/۸

آبیاری مطلوب توصیف می‌کند و همچنین این روابط اثرات میزان دسترسی به کربن و نیتروژن و انتقال مجدد را نشان نمی‌دهد، بنابراین روابط دیگری برای پیش‌بینی این اثرات مورد نیاز هستند تا ثبات و پویایی این پارامترهای را تحت شرایط مختلف محیطی مشخص نمایند.

درجه روز رشد دوام دارد. متوسط فیلوکرون (فاصله زمانی بین ظهور دو برگ روی ساقه اصلی) در ارقام مورد مطالعه در این پژوهش برابر با ۸۴ درجه روز رشد بود (داده‌ها نشان داده نشدند) که بر این اساس می‌توان گفت متوسط دوام برگ‌های ارقام مورد مطالعه حدوداً ۵/۵ فیلوکرون بوده است. این مطالعه تولید و پیری برگ را تحت شرایط



شکل ۱- برازش مدل لجستیک (مدل ۲) به کل تعداد برگ در بوته و برگ‌های پیر شده در بوته برای تعیین میانگین طول عمر برگ در ارقام مختلف گندم (atr: اترک، bay: بیات، cha: چمران، che: چناب، dez: دز، ine: اینیباء، kav: کویر، mar: مرودشت، S78: لاین S78-18، shi: شیراز، sho: شوا مالد (کرخه)، sta: استار، vir: ویریناک، yav: یواروس و zag: زاگرس) در سال اول پژوهش (الف)، سال دوم پژوهش (ب) و متوسط ارقام مختلف در ۲ سال پژوهش (ج). (خطوط منقطع واکنش ارقام مختلف مرودشت، شیراز، استار و لاین S78-18 و خطوط ممتد واکنش سایر ارقام را نشان می‌دهند.)

Figure 1- The model fitted to data of total plant leaf number and plant senesced leaf number vs. Growing degree-days after sowing (see model 2) to determine leaf lifetime for wheat different cultivars at first year of experiment(a), second year of experiment (b) and average of different cultivars at two years of experiments. (Broken line is related to marvdasht (mar), shiraz (Shi), star (sta) and S78-18 cultivars and solid line indicates response of other cultivars.)

References

1. Abeledo, L. G., Calderini, D. F., and Slafer, G. A. 2004. Leaf appearance, tillering and their coordination in old and modern barleys from Argentina. *Field Crops Research* 86: 23-32.
2. Arkin, G. F., Rosenthal, W. D., and Jordan, W. R. 1983. A *sorghum* leaf area model. *American Society of Agricultural Engineers* 25 pp.
3. Benbella, M., and Paulsen, G. M. 1998. Efficacy of treatments for delaying senescence of wheat leaves: II. Senescence and grain yield under field conditions. *Agronomy Journal* 90: 332-338.
4. Ghaderi-Far, F., Soltani, A., and Sadeghipour, H. R. 2009. Evaluation of nonlinear regression models in quantifying germination rate of medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo convar. Pepo var styriaca*), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.) to temperature. *Journal of Plant Production* 16: 1-19. (in Persian).
5. Hammer, G. L. 1998. Crop modeling: Current status and opportunities to advance. *Acta Horticulture* 456: 27-36.
6. Hay, R. K. M., and Wilson, G. 1982. Leaf appearance and extension in field-grown winter wheat plants: the importance of soil temperature during vegetative growth. *Journal of Agricultural Science* 99: 403-410.
7. Hofstra, G., Hesketh, J. D., and Myhre, D. L. 1977. A plastochron model for soybean leaf and stem growth. *Canadian Journal of Plant Science* 57: 167-175.
8. John, R., Porter, J. R., and Gawith, M. 1999. Temperatures and the growth and development of wheat: a review. *European Journal of Agronomy* 10 (2): 23-36.
9. Lizaso, J. I., Batchelor, W. D., and Westgate, M. E. 2003. A leaf area model to simulate cultivar-specific expansion and senescence of maize leaves. *Field Crops Research* 80: 1-17.
10. Kitajima, K., Mulkey, S.S., Samaniego, M., and Wright, S. J. 2002. Decline of photosynthetic capacity with leaf age and position in two tropical pioneer tree species. *Journal of Botany* 89 (12): 1925-1932.
11. MCMaster, G. S. 2005. Phytomers, phyllochrons, phenology and temperate cereal development. *Journal of Agricultural Science* 143: 137-150.
12. Maria, B., Garcia, F., Xavier, P., and Johan, E. 2008. Life span correlates with population dynamics in perennial herbaceous plants. *American Journal of Botany* 95 (2): 258-262.
13. Ranganathan, R., Chamhan, Y. S., Flower, D. J., Robertson, M. J., Sanetra, C., and Silim, S. N. 2001. Predicting growth and development of pigeonpea: leaf area development. *Field Crops Research* 69: 163-127.
14. Rickman, R.W., Waldman, S. E., and Klepper, B. 1996. MODWht3: A development-driven wheat growth simulation. *Agronomy Journal* 88: 176-185.
15. Reich, P. B., Walters, M. B., and Ellsworth, D. S. 1992. Leaf Life-Span in Relation to Leaf, Plant, and Stand Characteristics among Diverse Ecosystems. *Ecological Monographs* 62 (3): 365-392.
16. Robertson, M. J., Carberry, P. S., Huth, N. R., Turpin, J. E., Probert, M. E., Poulton, P. L., Bell, M., Wright, G. E., 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.
17. Romas, J. M., Gareiadel Moral, L. F., and Reelade, L. 1983. Dry matter and leaf area relationship in winter barley. *Agronomy Journal* 75: 308-310.
18. Royo, C., Aparicio, N., Blanco, R., and Villagas, D. 2004. Leaf and green development of durum wheat endotypes grown under Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy* 32: 11-20.
19. Schulz, E. D., Beck, E., and Hohenstein, K. M. 2005. *Plant Ecology*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York.
20. Sinclair T. R., Gilbert, R. A., Perdomo R. E., Shine, J. M., Powell, G., and Montes, G. 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research* 88: 171-178.
21. Sinclair, T. R. 1984. Leaf area development in field-grown soybeans. *Agronomy Journal* 76: 141-146.
22. Sinclair, T. R., Gilbert, R. A., Perdomo, R. E., Shine junior, J. M., Powell, G., and Montes, G. 2004. Sugarcane leaf area development under field conditions in Florida, USA. *Field Crops Research* 88: 171-178.
23. Sinclair, T. R., and Seligman, N. G. 1996. Crop modeling: from infancy to maturity. *Agronomy Journal* 88: 698-704.
24. Slafer, G. A., and Rawson, H. M. 1995. Photoperiod× temperature interactions in contrasting wheat genotypes time to heading and final leaf number. *Field Crops Research* 44: 73-83.
25. Slafer, G. A., and Savin, R. 1991. Developmental Base Temperature in Different Phenological Phases of Wheat (*Triticum aestivum*). *Journal of Experimental Botany* 42 (241): 1077-1082.
26. Soltani, A., Hammer, G. L., Torabi, B., Robertson, M. J., and Zeinali, E. 2006. Modeling chickpea growth and development: phenological development. *Field Crops Research* 99: 1-13.
27. Suarez, N. 2010. Leaf lifetime photosynthetic rate and leaf demography in whole plants of *Ipomoea pes-caprae* growing with a low supply of calcium, a 'non-mobile' nutrient N. *Journal of Experimental Botany* 61 (3): 843-855.
28. Torabi, B., and Soltani, A. 2012. Quantifying emergence response to temperature of chickpea. *Journal of Crop Production* 6: 109-119. (in Persian).

29. Wiegand, C. L., Gerbermann, A. H., and Cuellar, J. A. 1981. Development and duofhard red winter wheats under semitropical conditions. *Agronomy Journal* 73: 29-37.
30. Yoshida, H., Horie, T., Katsura, K., and Shiraiwa, T. 2007. A model explaining genotypic and environmental variation in leaf area development of rice based on biomass growth and leaf N accumulation. *Field Crops Research* 102: 228-238.
31. Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. 1974. Decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-422.



Quantifying Leaf Development in Different Wheat Cultivars: Leaf Lifetime

J. Pourreza^{1*}, A. Soltani²

Received: 18-05-2018

Accepted: 10-07-2019

Introduction

A major component in a crop growth model is leaf area development, which has crucial influence on photosynthesis and transpiration. Leaf area development involves the appearance of new leaves, expansion of the newly emerged leaves and senescence of old leaves. Modeling leaf growth has been extensively studied in many crops including cereals. Methods of predicting leaf area development are diverse from those dealing with the individual component processes of leaf growth, viz., leaf appearance, leaf expansion and leaf death to the models predicting leaf growth at the whole plant or whole crop levels. The concept of leaf lifetime is used in some crop simulations models to quantify the aging of the leaves after reaching thermal time to a certain amount. There is very little information about wheat aging time in the field, and most estimates of leaf lifetime are related to this observation that says on the main stem of wheat, at least 3 to 5 green leaves remains until pollination; one leaf is in the early stages of development, another leaf is completely developed and one to three leaves are aging. Quantitative information regarding leaf area development in wheat especially in environmental conditions with high temperatures for the purpose of crop modeling is scarce. Furthermore, genotypic variations have not been evaluated. Therefore, the goal of this research was to determine parameters related to leaf lifetime in wheat cultivars in warm environmental conditions.

Materials and Methods

The aim of this study was to quantify leaf lifetime of 15 different wheat cultivars. Two field experiments with 15 wheat cultivars (Atrak, Bayat, Chamran, Chenab, Dez, Ineia, Kavir, Marvdasht, Shiraz, S78-18, Yavaroos and shova-Mald) were conducted at the research farm of the Islamic Azad University of Ramhormoz Branch, south-western of Iran during 2008-9 and 2009-10 using a randomized complete block design with four replications. To determine leaf lifetime, a logistic model ($A_{max}/[(1+\exp)-a(x-b)]$) was used in two stages. At first phase, changes in total plant leaf number versus growing degree days was determined, then, changes in plant senesced leaf number versus growing degree days were investigated.

Results and Discussion

The results indicate that the average of leaf lifetime based on growing degree days was 468.8 C d°. This conclusion shows at optimum condition in terms of temperature, on average, a leaf lasts 468.8 C d°. The average of phyllochron (the interval time between the sequential emergence of leaves on the main stem of a plant) was 84 C d° in studied cultivars, upon which, the average of leaf lifetime in cultivars was 5.5 phyllochron. Hence, knowing the differences among hybrids in leaf area attributes may be useful in plant breeding, crop management and in wheat growth modeling.

Conclusions

Based on the results, there were no significant differences between wheat cultivars in terms of parameters related to leaf lifetime on stem. The relationships presented in this study describe leaf lifetime under well-watered condition and reflect the effects of carbon and nitrogen availability and remobilization under these conditions. However, they do not account for the effects of shortage of carbon, nitrogen or water on leaf development. Other relationships are required to predict these effects.

Keywords: Growing degree days, Leaf area, Modeling, Senesced leaves, Total plant leaf number

1- Assistant Professor, Department of Agriculture, Rmhormoz branch, Islamic Azad University, Ramhormoz, Iran

2- Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

(*- Corresponding Author Email: j_pourreza@iauramhormoz.ac.ir)

اثر باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه بر عملکرد، اجزای عملکرد و صفات کیفی ارقام سویا (*Glycine max* L.) در شرایط مختلف رطوبتی

فرزاد مندنی^{۱*}، کیانوش خانی^۲، سعید جلالی هنرمند^۳، محسن سعیدی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۴/۲۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۱۹

چکیده

استفاده از کم‌آبیاری و باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان راه‌کارهای مدیریت پایدار منابع آب در مزرعه در افزایش سطح زیر کشت و نیز در تعیین الگوی کشت بهینه کمک نمایند. بر این اساس، این تحقیق با هدف ارزیابی نقش باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه در برخی از ارقام سویا تحت رژیم‌های رطوبتی به‌صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه رازی در شرایط آب و هوایی منطقه کرمانشاه در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل رژیم‌های مختلف رطوبتی (آبیاری کامل در تمام طول فصل رشد (بدون تنش)، قطع آبیاری از مرحله اواسط تشکیل غلاف تا انتهای دوره رشد و قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه تا انتهای دوره رشد) به‌عنوان عامل اصلی و سویه‌های باکتری تقویت‌کننده *B. subtilis*، *Bacillus licheniformis* و بدون باکتری و ارقام سویای کوثر، M9 و TMS به‌عنوان دیگر فاکتورها در نظر گرفته شد. صفات مورد بررسی شامل تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن خشک کل، درصد روغن و درصد پروتئین بودند. نتایج نشان داد که بیشترین عملکرد دانه (۳۸۰/۹ گرم در متر مربع) و وزن خشک کل (۱۰۸۲/۸ گرم در متر مربع) در تیمار آبیاری کامل به همراه تلقیح با باکتری *S. typhimurium* در رقم TMS و بیشترین وزن هزار دانه (۱۳۶/۲ گرم) و درصد پروتئین (۳۳/۲) نیز در تیمار آبیاری کامل به همراه تلقیح با باکتری *L. fermentum* در رقم TMS مشاهده شد. کمترین وزن هزار دانه (۸۴/۸ گرم)، عملکرد دانه (۱۳۴/۲ گرم در متر مربع)، وزن خشک کل (۸۲۸/۱ گرم در متر مربع) و درصد پروتئین (۲۱/۴ درصد) در تیمار قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف و بدون تلقیح باکتری در رقم کوثر مشاهده شد. نتایج این بررسی همچنین نشان داد که اثرات برهمکنش بین سطوح مختلف آبیاری، کاربرد باکتری‌های تقویت‌کننده رشد و ارقام بر صفات مورد ارزیابی سویا معنی‌دار نبود. به نظر می‌رسد کاربرد باکتری‌های تقویت‌کننده رشد از طریق افزایش تحمل گیاه به تنش کمبود آب به‌ویژه در شرایط تنش ملایم، باعث بهبود عملکرد سویا شد.

واژه‌های کلیدی: باکتری لیکنی فورمیس، تنش خشکی، درصد پروتئین، درصد روغن، رقم TMS، عملکرد دانه

مقدمه

مهمترین عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک تلقی می‌گردد. کشور ایران با متوسط نزولات جوی ۲۴۰ میلی‌متر در سال جزو این مناطق محسوب می‌گردد (FAOSTAT, 2017).

استفاده از رژیم‌های کم‌آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مدیریت آب در مزرعه در افزایش سطح زیر کشت و نیز در تعیین الگوی کشت بهینه کمک نماید (Biglouei et al., 2013). کم‌آبیاری به‌عنوان راهکاری سودمند اقتصادی در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از حجم آب مصرفی در واحد سطح مطرح است. در این روش حتی در صورت عدم کمبود منابع آب آبیاری، می‌توان با افزایش فاصله آبیاری، کم کردن آب آبیاری در هر نوبت و یا تلفیقی از این دو، کم‌آبیاری را به‌مورد اجرا گذارد (Brown et al., 1995; Brevedan and Egli, 2003).

گیاه سویا (*Glycine max* L.) از جمله لگوم‌های استراتژیک است که دارای ارزش غذایی زیادی می‌باشد. روغن این گیاه علاوه بر اسیدهای چرب اشباع مانند اسید پالمیتیک (۶۲ درصد) و اسید

تولیدات کشاورزی هر منطقه وابسته به وجود منابع آبی و متأثر از شرایط آب و هوایی آن منطقه است. با وجود این‌که نزدیک به ۷۰ درصد از سطح کره زمین را آب فرا گرفته ولی بحران و کمبود آب در بسیاری از کشورهای جهان از جمله کشورهای واقع در کمربند خشک زمین مثل ایران روز به روز ابعاد پیچیده‌تری به خود می‌گیرد و خشکسالی‌های اخیر نیز مزید بر علت می‌باشد. کمبود آب یکی از

۱- استادیار اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۲- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت و اصلاح نباتات، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۳- دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

۴- دانشیار فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران

*- نویسنده مسئول:

(Email: F.mondani@razi.ac.ir

DOI: 10.22067/gsc.v17i4.74185

می‌تواند جمعیت آنها را به حد مطلوب رسانده و منجر به بروز اثر مفید آنها در خاک شود (Sharifi et al., 2010). باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه می‌توانند به صورت مستقیم یا غیر مستقیم باعث افزایش رشد گیاه شوند (Besharati et al., 2017). سازوکارهای مستقیم شامل تثبیت ناهمزبست نیتروژن، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش قابلیت فراهمی عناصر معدنی نامحلول مانند فسفر و تولید آنزیم‌هایی همچون ACC-دآمیناز است (Glick, 1995). با توجه به مطالب ذکر شده، چنانچه بتوان با روش کم‌آبیاری و مدیریت مصرف آب در شرایط تنش خشکی و استفاده از باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه در جهت رسیدن به عملکرد مطلوب در ارقام مختلف سویا تلاش کرد، می‌توان شاهد افزایش عملکرد بود. بنابراین تحقیق حاضر در راستای ارزیابی نقش باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه بر ارقام سویا تحت رژیم‌های رطوبتی در شرایط آب و هوایی کرمانشاه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه (طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی و ارتفاع از سطح دریا ۱۳۱۹ متر) اجرا شد. متوسط بارندگی سالیانه ۴۵۵ میلی‌متر و حداکثر و حداقل دمای مطلق سالانه منطقه به ترتیب، ۲۲/۶ و ۵/۹ درجه سانتی‌گراد است. اقلیم منطقه با توجه تقسیم‌بندی اقلیمی آمبرژه جزو مناطق سرد نیمه‌خشک تا معتدل دسته‌بندی شده است. در این بررسی تجزیه خاک قبل از کاشت در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر صورت پذیرفت و در نهایت خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش مشخص گردید (جدول ۱).

آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل رژیم‌های مختلف رطوبتی (آبیاری کامل در تمام طول فصل رشد (بدون تنش آبیاری در حدود ۵۰ درصد تخلیه رطوبت)، قطع آبیاری از مرحله اواسط تشکیل غلاف تا انتهای دوره رشد و قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه‌ها تا انتهای دوره رشد) سویا به‌عنوان عامل اصلی و سویه‌های باکتری تقویت‌کننده (*Bacillus subtilis dicheniformis* بدون باکتری) و ارقام سویای کوثر، M9 و TMS به‌عنوان دیگر فاکتورها در نظر گرفته شد که از بخش اصلاح و نهال بذر مرکز تحقیقات کشاورزی تهیه شد. رقم کوثر جزو ارقام زودرس تا میان رس، با طول دوره رشد حدود ۱۱۵ روز، جزو ارقام نیمه پابلند تا پابلند، عملکرد بالا و مقاوم به بیماری از جمله فیتوفتورا، رنگ بذر زرد با ناف سیاه، تیپ رشدی نامحدود، مقاومت به ریزش و خوابیدگی، وزن هزار دانه حدود ۱۳۵ گرم و با درصد پروتئین حدود ۳۴ درصد است. رقم M9، جزو ارقام زودرس تا میان رس، طول دوره رشد آن حدود ۱۲۰ روز، نیمه پابلند تا پابلند، تیپ رشدی

استتاریک (۱ درصد) دارای اسیدهای چرب غیر اشباع از جمله اسید اولئیک (۱۳ درصد) و اسید لینولنیک (۶۳ درصد) است (Vahadi and Gholinezhad, 2015). سویا به دلیل ارزش غذایی بالا، استفاده‌های فراوان دارویی و صنعتی مورد توجه خاص محققین مختلف بوده و به این علت بیشترین سطح زیر کشت دانه‌های روغنی را در دنیا (حدود ۱۱۷ میلیون هکتار) دارا می‌باشد که از این سطح حدود ۳۰۶ میلیون تن عملکرد دانه به دست می‌آید، به طوری که سویا یک چهارم از روغن و دو سوم از پروتئین خوراکی جهان را فراهم می‌کند (FAOSTAT, 2017). مقدار تولید این محصول در ایران با توجه به مساحت حدود ۷۸ هزار هکتاری آن در حدود ۱۹۰ هزار تن گزارش شده است (FAOSTAT, 2017). در صورت کشت گیاه سویا در مناطق مختلف کشور، نیاز رطوبتی آن در طول دوره رشد از طریق آب آبیاری تامین می‌شود و در بسیاری از این مناطق، طی بحرانی‌ترین مراحل رشد یعنی مرحله گلدهی و پر شدن دانه، ممکن است هیچ‌گونه نزولات آسمانی وجود نداشته باشد. از طرفی، چون این مراحل عموماً با شرایط آب و هوایی گرم و خشک تابستانه مواجه می‌شود، لذا امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن دو تا سه آبیاری در طی مراحل حساس رشد بسیار محتمل می‌باشد (Akbari, 2012; Divsalar et al., 2016).

ناحیه محدود خاک که به طور مستقیم اطراف سیستم ریشه است، فراریشه (رایزوسفر) نام دارد. این مکان زیست‌گاهی مناسب برای تکثیر میکروارگانیسم‌هایی است که باعث حفظ، سلامت گیاه و حاصلخیزی خاک می‌شوند. ریزوباکتری‌های خاک در رایزوسفر در داخل، سطح و اطراف بافت گیاه گسترش یافته و رشد گیاه توسط آن‌ها تحریک می‌شود و به آن‌ها باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه (PGPR^۱) اطلاق می‌شود (Ruzzi and Aroca, 2015). این باکتری‌های کلونیزه‌کننده ریشه، به طور مستقیم و غیر مستقیم از طریق افزایش توانایی تثبیت نیتروژن (Khan, 2005)، محلول کردن فسفات نامحلول و دیگر عناصر غذایی (Jeon et al., 2003)، تاثیر آنتاگونیستی بر عوامل بیماری‌زا از طریق تولید سیدروفور، سنتز آنتی‌بیوتیک، آنزیم و یا دیگر ترکیبات قارچ‌کش (Dey et al., 2004) و افزایش تحمل به تنش شوری و خشکی باعث بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (Hokmalipour, 2017; Seyed-Sharifi et al., 2016). تلقیح بذر گندم (*Triticum aestivum*) با باکتری‌های تقویت‌کننده رشد (*Azospirillum*, *Azotobacter*, *Pseudomonas*) منجر به بهبود عملکرد دانه در مقایسه با تیمار شاهد در شرایط تنش کمبود رطوبت شد (Habibi, 2015). این گروه از باکتری‌ها به طور طبیعی در خاک وجود دارند ولی تعداد و تراکم آنها در خاک پایین است، بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها

۱۱۰ روز، نیمه پابلند، تیپ رشدی نامحدود و چند شاخه، مقاوم به ریزش و خوابیدگی، رنگ بذر زرد یکدست بدون ناف سیاه، وزن هزار دانه حدود ۱۲۵ گرم و درصد پروتئین حدود ۳۵ درصد است.

نامحدود و چندشاخه، مقاوم به ریزش و خوابیدگی، رنگ بذر زرد با ناف سیاه، وزن هزار دانه ۱۲۵ گرم و درصد پروتئین حدود ۳۶ درصد است. رقم TMS جزو ارقام زودرس، طول دوره رشد حدود ۱۰۵ تا

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک زمین آزمایش
Table 1- Soil physical and chemical properties of experimental field

عمق Depth (cm)	بافت Texture	رس Clay (%)	سیلت Silt (%)	شن Sand (%)	هدایت الکتریکی EC (dS. m ⁻¹)	کربن آلی Organic carbon (%)	نیتروژن کل Total nitrogen (%)	اسیدیته pH	پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (ppm)	فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (ppm)
0-30	رسی- سیلتی Clay-Silt	45.6	36.7	17.7	0.60	1.5	0.15	7.4	282.4	9.6

سم سوپر گالانت برای علف‌های هرز باریک برگ استفاده شد و از روش مکانیکی و وجین دستی نیز جهت کنترل علف‌های هرز پهن برگ استفاده شد.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، زمانی که حدود ۷۰ تا ۸۰ درصد از غلاف‌ها کاملاً به زرد مایل به قهوه‌ای تغییر رنگ داده بودند و تمامی اندام‌های هوایی زرد رنگ بودند، جهت برداشت نهایی یک و نیم متر مربع وسط کرت‌ها با رعایت اصول حاشیه به صورت کفبر برداشت شد. تاریخ نمونه‌برداری نهایی برای تیمارهای قطع آبیاری از مرحله اواسط تشکیل غلاف تا انتهای دوره رشد، قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه‌ها تا انتهای دوره رشد و آبیاری کامل در تمام طول فصل رشد به ترتیب ۶، ۲۲ و ۲۸ شهریور ماه بود. در ضمن ارقام مختلف از نظر تاریخ رسیدگی فیزیولوژیک با یکدیگر تفاوت نداشتند. سپس عملکرد وزن خشک کل، عملکرد دانه و وزن هزار دانه پس از خشک شدن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد آن به مدت ۷۲ ساعت اندازه‌گیری شد. تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف نیز از طریق شمارش مشخص شد. همچنین به منظور اندازه‌گیری درصد پروتئین ابتدا میزان نیتروژن موجود در دانه سویا در انتهای دوره رشد توسط دستگاه کجلدال و به روش هضم تر (Emami, 1996) اندازه‌گیری شد و میزان نیتروژن به دست آمده در عدد ۶/۲۵ ضرب گردید تا درصد پروتئین دانه به دست آید (Morrison, 1956). برای اندازه‌گیری درصد روغن دانه نیز از روش فلوج استفاده گردید (Folch et al., 1957). تجزیه و تحلیل داده‌های مستخرج از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ انجام گرفت. همچنین جهت تجزیه تکمیلی و فهم دقیق‌تر پاسخ فاکتورهای فرعی در هر سطح از فاکتورهای اصلی و برهم‌کنش آنها از روش برش‌دهی اثرات متقابل در محیط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ استفاده گردید. مقایسه میانگین‌ها نیز توسط آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت.

عملیات آماده‌سازی بستر بذر در اوایل اردیبهشت ماه آغاز و کاشت در نیمه دوم اردیبهشت ماه به صورت خشکه‌کاری انجام شد. عملیات تهیه بستر بذر شامل شخم عمیق، دیسک زدن و ماله بود که در بهار همان سال انجام شد و سپس مزرعه توسط فاروئر ردیف‌بندی و کرت‌بندی گردید. ابعاد کرت‌های اصلی و فرعی به ترتیب، ۶ × ۲۲/۵ و ۶ × ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. هر کرت آزمایشی نیز شامل پنج ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و طول ۶ متر بود. تراکم نهایی مزرعه برای بذور ارقام مختلف، ۴۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد (Khademhamzeh et al., 2004). به منظور تلقیح باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه ابتدا محلول مورد نظر از هر تیمار (به نسبت ۱۰۰ میلی‌لیتر در هزار (ده درصد) در شرایط محیط طبیعی آزمایشگاه تهیه شد، سپس بذر ارقام سویا بسته به تیمار مورد نظر به مدت ۱۰ دقیقه در محلول مربوطه (تعداد نهایی باکتری‌های مورد نظر ۱۰^۹ × ۱ CFU/ml بود) قرار گرفت و سپس تا زمان خشک شدن کامل در آن ۳۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۵ تا ۶ ساعت قرار داده شد (Sharifi et al., 2010). در نهایت بذور تلقیح شده توسط باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه قبل از کاشت توسط باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن (*Bradyrhizobium japonicum*) به طور یکنواخت تلقیح و بلافاصله در عمق ۴ تا ۵ سانتی‌متری خاک با دست کاشته شد.

آبیاری به روش نشتی و مطابق نیاز گیاه هر ۷ روز یکبار تا زمان اجرای تیمارهای قطع آبیاری انجام گرفت. لازم به ذکر است که در تیمار شرایط مطلوب رطوبتی آبیاری تا انتهای دوره رشد گیاه به طور منظم هر ۷ روز یکبار انجام شد. در تیمارهای قطع آبیاری از مرحله اواسط تشکیل غلاف تا انتهای دوره رشد و قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه‌ها تا انتهای دوره رشد نیز تا شروع مرحله مذکور، آبیاری کرت‌ها هر ۷ روز یکبار صورت گرفت و از آن به بعد بسته به نوع تیمار آبیاری، تا انتهای دوره رشد گیاه آبیاری قطع گردید. همچنین در اوایل دوره رشد سویا برای مبارزه با کرم برگ‌خوار از سم آوانت و از

نتایج و بحث

تعداد غلاف در بوته

نتایج آزمایش نشان داد که تنها اثر ساده تیمار آبیاری بر تعداد غلاف در بوته سویا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). صرف‌نظر از سایر تیمارها، با کاهش سطوح آبیاری، تعداد غلاف در بوته کاهش یافت، به طوری که به ترتیب با کاهش میزان آب آبیاری از آبیاری کامل به قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف، با ۵/۷۱ و ۱۸/۰۱ درصد کاهش، تعداد غلاف در بوته از ۳۰/۹۷ به ۲۹/۲۰ و ۲۵/۳۹ غلاف در بوته رسید (جدول ۴). به نظر می‌رسد کاهش تعداد غلاف در بوته به‌ویژه در تیمار قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف نسبت به تیمار قطع آبیاری از مرحله پر

شدن دانه به دلیل عقیمی و ریزش تعداد زیادی از گل‌ها در اثر تنش خشکی باشد که نشان‌دهنده حساسیت گیاه به کم‌آبی در این مرحله است. مقدم خمسه و همکاران (Moghaddam Khamseh *et al.*, 2012) دریافتند که تنش کمبود رطوبت از طریق افزایش رقابت اندام‌های رویشی با زایشی در مرحله نمو زایشی سویا سبب کاهش تعداد غلاف در بوته شد. رستم زاده کلیبر و همکاران (Rostamzadeh Kaleybar *et al.*, 2012) نیز در تحقیقی در شرایط آب و هوایی دشت مغان گزارش کرد که تنش خشکی منجر به کاهش تعداد غلاف ارقام سویا شد. عبدی پور و همکاران (Abdipour *et al.*, 2010) نیز نشان دادند که تاثیر تنش خشکی بر کاهش تعداد غلاف سویا معنی‌دار بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد ارزیابی ارقام سویا تحت تاثیر سطوح مختلف آبیاری، کاربرد سویه‌های مختلف باکتری و برهم‌کنش آنها
Table 2- Analysis of variance for evaluated traits of soybean cultivars affected by irrigation regimes, PGPR and their interaction

منابع تغییرات Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares						
		تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن هزار دانه 1000-seed weight	عملکرد دانه Seed yield	وزن خشک کل Total dry weight	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage
بلوک	2	10.6 ^{ns}	0.1 ^{ns}	58.6*	344.8*	368.5 ^{ns}	4.3 ^{ns}	6.6
رژیم‌های آبیاری	2	219.6**	2.1**	10057.1**	338581.8**	322006.9**	121.1**	631.2**
خطای بلوک × رژیم‌های آبیاری	4	23.9	0.1	88.7	774.1**	8940.8	2.3	12.6
Block × Irrigation regimes error								
باکتری	2	4.7 ^{ns}	0.1**	1696.9**	10475.4**	38613.9**	53.8**	147.5**
رقم	2	11.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	89.3*	1301.1**	10488.6**	55.8**	215.4**
رژیم‌های آبیاری × باکتری	4	15.7 ^{ns}	0.1 ^{ns}	103.1**	1361.7**	11495.1**	5.8 ^{ns}	67.2**
Bacteria × Irrigation regimes								
آبیاری × رقم رژیم‌های	4	11.2 ^{ns}	0.1 ^{ns}	23.8 ^{ns}	63.4 ^{ns}	115.2 ^{ns}	1.3 ^{ns}	32.7 ^{ns}
Cultivar × Irrigation regimes								
رقم × باکتری	4	9.9 ^{ns}	0.1 ^{ns}	16.4 ^{ns}	50.8 ^{ns}	547.2 ^{ns}	1.1 ^{ns}	12.1 ^{ns}
Bacteria × Cultivar								
رژیم‌های آبیاری × باکتری × رقم	8	9.1 ^{ns}	0.1 ^{ns}	34.7 ^{ns}	65.9 ^{ns}	852.2 ^{ns}	1.9 ^{ns}	28.5 ^{ns}
Cultivar × Irrigation regimes × Bacteria								
خطای آزمایش	48							
Error								
ضریب تغییرات (%)		9.9	9.9	14.1	14.3	13.5	9.4	6.8
Coefficient of variance								

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns: غیر معنی‌دار

* and ** are significant difference at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is non-significant difference

جدول ۳- برش ۵-دهی برهم کنش کاربرد سویه‌های باکتری در هر سطح رژیم آبیاری بر عملکرد کمی و کیفی سویا

Table 3- Interactions slicing of bacteria application in every level of irrigation regimes on qualitative and quantitative yield of soybean

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		وزن هزار دانه 1000- seed weight	عملکرد دانه Seed yield weight	وزن خشک کل Total dry weight	درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage
آبیاری مطلوب Optimum irrigation	2	180.1 **	1219.9 **	130.3 ^{ns}	5.4 *	14.8 ^{ns}
قطع آبیاری از پر شدن دانه Water deficit stress from seed filling	2	1076.1 **	10285.0 **	49128.0 **	16.8 **	91.2 **
قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف Water deficit stress from mid pod	2	646.9 **	1693.4 **	12346.0 **	7.5 **	8.8 ^{ns}

* و **: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد؛ ns: غیر معنی‌دار

* and ** are significant difference at the 5 and 1% probability levels, respectively and ns is non-significant difference.

جدول ۴- اثر سطوح آبیاری، کاربرد سویه‌های باکتری و رقم بر برخی عملکرد کمی و کیفی ارقام سویا

Table 4- Effect of irrigation regimes, PGPR application and cultivar on qualitative and quantitative yield of soybean cultivars

رژیم‌های آبیاری Irrigation regimes	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plant	تعداد دانه در غلاف Number of seed per pod	وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	عملکرد وزن خشک کل Seed yield (g m ⁻²) Total dry weight (g m ⁻²)		درصد روغن Oil percentage	درصد پروتئین Protein percentage
				دانه Seed yield (g m ⁻²)	کل Total dry weight (g m ⁻²)		
آبیاری مطلوب Optimum irrigation	30.9	1.8	132.9	373.3	1080.3	21.1	32.1
قطع آبیاری از پر شدن دانه Water deficit stress from seed filling	29.2	1.5	117.3	247.2	944.3	19.1	28.4
قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف Water deficit stress from mid pod	25.4	1.3	94.6	149.9	864.2	16.8	22.4
LSD: 0.05	3.70	0.16	7.12	21.02	71.45	0.57	1.34
باکتری Bacteria							
باکتری لیکنی‌فورمیس <i>B. licheniformis</i>	28.1	1.6	119.7	268.7	997.0	19.8	29.1
باکتری سوبتیلیس <i>B. subtilis</i>	28.7	1.5	119.4	267.8	969.5	19.2	27.9
بدون باکتری No bacteria	28.8	1.5	105.8	234.1	922.3	17.8	25.9
LSD: 0.05	1.55	0.08	2.53	6.01	18.33	0.66	1.03
ارقام Cultivars							
TMS	28.5	1.5	116.3	264.1	979.8	19.9	29.6
M9	27.9	1.6	115.8	256.3	967.7	18.9	27.8
کوتر Kosar	29.2	1.5	112.9	250.3	941.3	17.9	25.7
LSD: 0.05	1.55	0.08	2.53	6.01	18.33	0.66	1.03

تعداد دانه در غلاف

با کاهش سطوح آبیاری، تعداد دانه در غلاف کاهش یافت، به گونه‌ای که با کاهش میزان آبیاری از آبیاری کامل به قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف، تعداد دانه در غلاف

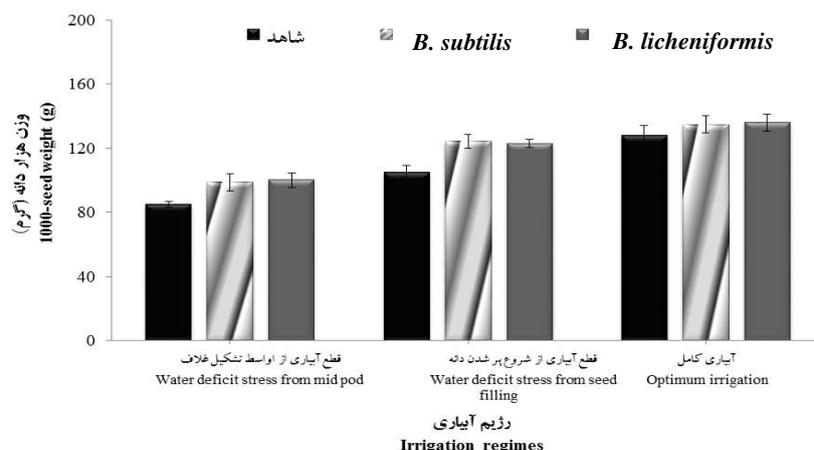
اثر ساده تیمار آبیاری و تلقیح باکتری بر تعداد دانه در غلاف در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). صرف‌نظر از سایر تیمارها،

نتایج برش‌دهی برهم‌کنش کاربرد سویه‌های مختلف باکتری در هر سطح رژیم آبیاری نشان از تغییرات معنی‌دار وزن هزار دانه در کلیه سطوح آبیاری داشت (جدول ۳). در تیمار آبیاری کامل، سطح بدون باکتری (۱۲۷/۸۸ گرم) نسبت به تلقیح با باکتری‌های لیکنی فورمیس (۱۳۶/۲۴ گرم) و سوتیلیس (۱۳۴/۸۳ گرم) به ترتیب، ۶/۱۳ و ۱/۰۳ درصد وزن هزار دانه کمتری داشت (شکل ۱). در تیمار قطع آبیاری قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف، سطح بدون باکتری (۸۴/۸ گرم) نسبت به تلقیح با باکتری‌های لیکنی فورمیس (۱۰۰/۲ گرم) و سوتیلیس (۹۸/۸۱ گرم) به ترتیب، ۱۵/۴ و ۱۴/۲ درصد وزن هزار دانه کمتری داشت (شکل ۱). در تیمار قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه، سطح بدون باکتری (۱۰۴/۷ گرم) نسبت به تلقیح با باکتری‌های لیکنی فورمیس (۱۲۲/۸ گرم) و سوتیلیس (۱۲۴/۴ گرم) به ترتیب، ۱۴/۷ و ۱۵/۸ درصد وزن هزار دانه کمتری داشت (شکل ۱). به نظر می‌رسد علت بالاتر بودن وزن هزار دانه در تیمارهای تلقیح باکتری و آبیاری کامل، نقش مکملی باکتری در فراهمی نیتروژن و همچنین عدم تنش خشکی در مرحله حساس تشکیل غلاف و پر شدن دانه باشد. چرا که تنش در این مرحله با تاثیر بر تولید ترکیبات فتوسنتزی و انتقال آنها به سمت اندام‌های زایشی گیاه می‌تواند وزن هزار دانه را کاهش دهد (Mertz-Henning *et al.*, 2018). در تنش خشکی در مرحله تشکیل غلاف و پر شدن دانه به دلیل کاهش فتوسنتز و کمبود مواد فتوسنتزی و همچنین کوتاه شدن دوره پر شدن دانه، انتقال مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد و در نتیجه دانه‌ها کوچک می‌شود (Mertz-Henning *et al.*, 2018). نتایج بررسی تنش خشکی در مرحله رشد زایشی بر ارقام سویا نشان داد که تاثیر تنش خشکی بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود، به طوری که کمترین وزن هزار دانه با ۱۱۱/۴۱ گرم در تیمار اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه مشاهده شد (Divsalar *et al.*, 2016).

به ترتیب با ۱۹/۴۵ و ۳۰/۲۷ درصد کاهش از ۱/۸۵ به ۱/۴۹ و ۱/۲۹ دانه در غلاف رسید (جدول ۴). همچنین بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار تلقیح بذور با باکتری لیکنی فورمیس و کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار بدون باکتری مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد تنش کمبود رطوبت از طریق اثر بر ویژگی‌های فتوسنتزی سویا و کاهش بذور لقاح یافته به‌ویژه در تیمار تنش کمبود آب از مرحله نمو اواسط تشکیل غلاف، به علت اثر بر فرآیند لقاح و تشکیل بذور منجر به کاهش تعداد دانه در غلاف گردید (Mertz-Henning *et al.*, 2018). سیدی و سید شریفی (Seiedi and Seyed Sharifi, 2013) گزارش کردند بیشترین تعداد دانه در غلاف سویا در تیمار تلقیح با باکتری ریزوبیوم مشاهده شد. به نظر می‌رسد همزیستی ریشه سویا با باکتری‌های تقویت‌کننده رشد از طریق بهبود عمق نفوذ و گسترش ریشه‌ها در خاک و در نتیجه دسترسی بیشتر به رطوبت به‌ویژه رطوبت بخش‌هایی از خاک که توسط ریشه گیاهان تلقیح نشده غیر قابل استفاده باشد، ممکن است باعث افزایش تحمل به تنش شود. بشارتی و همکاران (Besharati *et al.*, 2017) در تحقیق خود نشان دادند که باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد باعث بهبود تعداد غلاف در بوته سویا نسبت به شاهد (بدون باکتری) شد.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده تیمار آبیاری (در سطح یک درصد)، باکتری (در سطح یک درصد)، رقم (در سطح پنج درصد) و برهم‌کنش آبیاری در باکتری (در سطح یک درصد) بر وزن هزار دانه معنی‌دار بود (جدول ۲)، به گونه‌ای که با کاهش سطوح آبیاری، وزن هزار دانه کاهش یافت این در حالی بود که در شرایط تیمار تلقیح باکتری نسبت به عدم تلقیح وزن هزار دانه ارقام مختلف سویا افزایش یافت داشت.



شکل ۱- برهم‌کنش رژیم‌های آبیاری و کاربرد سویه‌های باکتری بر وزن هزار دانه ارقام سویا. خطوط بار نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) است.

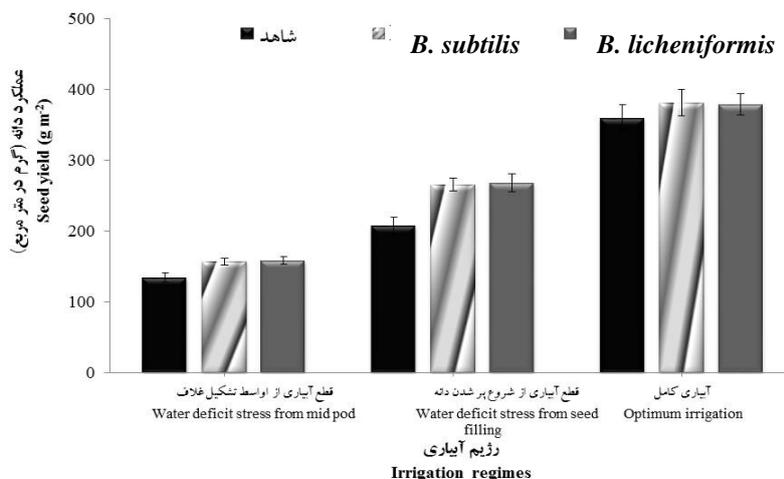
Figure 1- Interaction of irrigation regimes and plant growth-promoting rhizobacteria on 1000-seed weight of soybean cultivars. Error bars show standard error (SE)

عملکرد دانه

اثر ساده تیمارهای آبیاری، باکتری، رقم و برهم‌کنش آبیاری در باکتری بر عملکرد دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). کاهش آبیاری از سطح آبیاری کامل به قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف به‌ترتیب با ۳۳/۷۷ و ۵۹/۸۲ درصد کاهش، عملکرد دانه سویا را از ۳۷۳/۳۲ گرم در متر مربع به ۲۴۷/۲۳ و ۱۴۹/۹۷ گرم در متر مربع کاهش داد (جدول ۴). بیشترین عملکرد دانه با ۲۶۸/۶۶ گرم در متر مربع در تیمار تلقیح بذور با باکتری *لیکنی فورمیس* و کمترین آن با ۲۳۴/۱۰ گرم در متر مربع در تیمار بدون باکتری مشاهده شد (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی بالاترین (۲۶۴/۱۵) و پایین‌ترین (۲۵۰/۳۴) گرم در متر مربع) عملکرد دانه به‌ترتیب به رقم TMS و رقم کوثر متعلق بود (جدول ۴). اختلاف عملکرد در بین ارقام مورد بررسی ممکن است به علت تفاوت در طول دوره رشد آنها باشد زیرا رقم TMS در مقایسه با رقم کوثر از طول دوره رشد کوتاه‌تری برخوردار است که این موضوع سبب می‌شود که در هنگام مواجه شدن با شرایط تنش خشکی انتهای دوره رشد، به دلیل این‌که بیشتر دوره رشد خود را در شرایط مطلوب رطوبتی طی کرده است، از عملکرد بالاتری برخوردار باشد. به نظر می‌رسد ارقام سویا در تیمار آبیاری کامل احتمالاً با برخورداری از شاخص سطح برگ، وزن خشک، کارایی مصرف نور، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی بالاتر از عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر سطوح آبیاری برخوردار بودند و با کاهش سطح آبیاری و به‌تبع آن کاهش شاخص‌های ذکر شده، عملکرد دانه نیز کاهش یافت. همچنین تلقیح باکتری با تاثیر بر فراهمی نیتروژن بیشتر و افزایش تولید مواد فتوسنتزی (Gupta et al., 2015) می‌تواند باعث بهبود فرایند تولید و افزایش عملکرد دانه

شود. اکبری (Akbari, 2012) بیشترین عملکرد دانه سویا را در تیمار آبیاری کامل گزارش کرد و عنوان داشت با قطع آبیاری در مرحله گل‌دهی و پر شدن دانه عملکرد کاهش یافت. نتایج ارزیابی تحمل تنش خشکی در برخی ارقام سویا نشان داد که بیشترین عملکرد دانه با ۳۶۳۰ کیلوگرم در هکتار در تیمار آبیاری کامل بود و با تنش ملایم و تنش شدید عملکرد دانه نیز کاهش یافت (Vahadi and Gholinezhad, 2015). دیوسالار و همکاران (Divsalar et al., 2016) بیان کردند که قطع آبیاری در مرحله تشکیل غلاف و پر شدن دانه از طریق کاهش ویژگی‌های فتوسنتزی، تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه سبب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه سویا شد.

نتایج برش‌دهی برهم‌کنش کاربرد سویه‌های مختلف باکتری در هر سطح رژیم آبیاری نشان از تغییرات معنی‌دار عملکرد دانه در کلیه سطوح آبیاری داشت (جدول ۳). به نحوی که در تیمار آبیاری کامل، سطح بدون باکتری (۳۵۹/۹۱ گرم در متر مربع) نسبت به تلقیح با باکتری‌های *لیکنی فورمیس* (۳۷۹/۱۷ گرم در متر مربع) و *سوتیلیس* (۳۸۰/۸۷ گرم در متر مربع) به‌ترتیب ۵/۰۸ و ۵/۵۰ درصد عملکرد دانه کمتری داشت (شکل ۲). در تیمار قطع آبیاری قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف، سطح بدون باکتری (۱۳۴/۲ گرم در متر مربع) نسبت به تلقیح با باکتری‌های *لیکنی فورمیس* (۱۵۸/۸ گرم در متر مربع) و *سوتیلیس* (۱۵۶/۹ گرم در متر مربع) به‌ترتیب ۱۵/۴ و ۱۴/۵ درصد عملکرد دانه کمتری داشت (شکل ۲). در تیمار قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه، سطح بدون باکتری (۲۰۸/۲ گرم در متر مربع) نسبت به تلقیح با باکتری‌های *لیکنی فورمیس* (۲۶۷/۹ گرم در متر مربع) و *سوتیلیس* (۲۶۵/۵ گرم در متر مربع) به‌ترتیب ۲۲/۳ و ۲۱/۵ درصد عملکرد دانه کمتری داشت (شکل ۲).



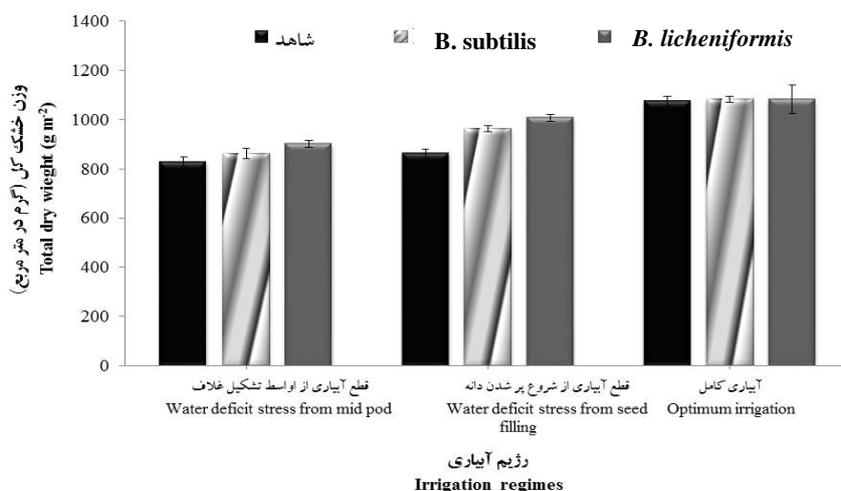
شکل ۲- برهم‌کنش رژیم‌های آبیاری و کاربرد سویه‌های باکتری بر عملکرد دانه ارقام سویا. خطوط بار نشان دهنده خطای استاندارد (SE) است.

Figure 2- Interaction of irrigation regimes and plant growth-promoting rhizobacteria on seed yield of soybean cultivars. Error bars show standard error (SE)

وزن خشک کل

اثر ساده آبیاری، باکتری، رقم و برهم‌کنش آبیاری و باکتری بر وزن خشک کل سویا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). با کاهش سطوح آبیاری از سطح آبیاری کامل به قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف وزن خشک کل کاهش یافت، در صورتی‌که تلقیح بذور با باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه به‌ویژه باکتری لیکنی فورمیس منجر به بهبود وزن خشک کل ارقام مختلف سویا شد (جدول ۴). بیشترین (۹۷۹/۸۳) گرم در متر مربع) و کمترین (۹۴۱/۳۴) گرم در متر مربع) وزن خشک کل به‌ترتیب متعلق به رقم TMS و رقم کوثر بود (جدول ۴). نتایج برش‌دهی برهم‌کنش کاربرد سویه‌های مختلف باکتری در هر سطح رژیم آبیاری نشان از تغییرات معنی‌دار عملکرد وزن خشک کل در سطوح قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف داشت (جدول ۳)، در حالی‌که در شرایط آبیاری کامل میان تیمارهای کاربرد باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۳).

به نظر می‌رسد علت بالاتر بودن عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح باکتری و آبیاری کامل، احتمالاً نقش مکملی باکتری در فراهمی نیتروژن، بهبود جذب آب توسط ریشه گیاه از طریق افزایش عمق نفوذ و توسعه ریشه، افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، اکسیداسون گوگرد و انحلال ترکیبات نامحلول فسفات‌ها از راه ترشح اسیدهای آلی و فسفات‌ها (Tilak, 2006) بود که باعث افزایش تحمل گیاه نسبت به تنش خشکی در مرحله حساس تشکیل غلاف و پر شدن دانه گردید. چرا که تنش در مراحل حساس گیاه با تأثیر بر تعداد دانه در غلاف، تعداد غلاف در بوته و وزن هزار دانه توانست عملکرد دانه را کاهش دهد. تبسم و همکاران (Tabassum *et al.*, 2017) بیان کردند که باکتری‌هایی مانند *باسیلوس* در ارتقای سلامت رشد گیاهان مفید هستند و تلقیح با این باکتری‌ها به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش رشد گیاهان و کاهش بیماری در گیاهان می‌شود. دباغیان و همکاران (Dabaghian *et al.*, 2015) نشان دادند که کاربرد باکتری‌های همزیست (*ازتوباکتر* و *آزوسپیریوم*) می‌تواند از طریق بهبود تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف باعث بهبود عملکرد دانه سویا نسبت به عدم کاربرد باکتری گردد.



شکل ۳- برهم‌کنش رژیم‌های آبیاری و کاربرد سویه‌های باکتری بر وزن خشک کل ارقام سویا. خطوط بار نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) است

Figure 3- Interaction of irrigation regimes and plant growth-promoting rhizobacteria on total dry weigh of soybean cultivars. Error bars show standard error (SE)

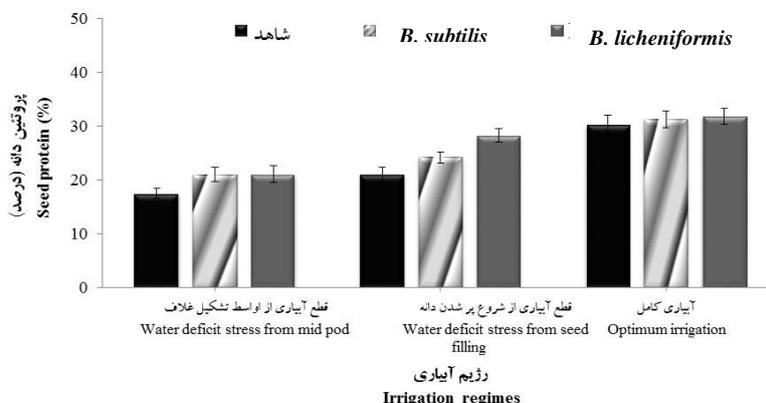
می‌رسد افت وزن خشک کل سویا در شرایط تنش کمبود آب در تیمار آبیاری کامل نسبت به تیمارهای قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف به دلیل کاهش مقدار تولید مواد فتوسنتزی از طریق کاهش شاخص سطح برگ و بافت‌های فتوسنتزکننده و همچنین تأثیر منفی بر اجزای عملکرد سویا باشد. پرکامهنگ و همکاران (Prakamhang *et al.*, 2014) نشان دادند که کاربرد باکتری‌های محرک رشد *Bradyrhizobium diazoefficiens* می‌تواند باعث بهبود عملکرد و تعداد گره‌های تثبیت‌کننده نیتروژن شود و از این طریق باعث کاهش میزان نیتروژن

نتایج برهم‌کنش باکتری‌های محرک رشد گیاه در سطوح آبیاری نشان داد که بیشترین عملکرد وزن خشک کل با ۱۰۸۲/۷۹ گرم در متر مربع در تیمار تلقیح با باکتری سوبتیلیس و در سطح آبیاری کامل و کمترین عملکرد وزن خشک کل نیز با ۸۲۸/۰۹ گرم در متر مربع در تیمار بدون باکتری (شاهد) و در قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف مشاهده شد (شکل ۳). همچنین برتری تیمار تلقیح با باکتری سوبتیلیس و در سطح آبیاری کامل نسبت به تیمارهای بدون باکتری در سطح آبیاری کامل و تلقیح با باکتری لیکنی فورمیس در سطح آبیاری کامل از لحاظ آماری معنی‌دار نبود (شکل ۳). به نظر

درصد روغن دانه سویا معنی‌دار بود و بذره‌های حاصل از تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه کمترین درصد روغن دانه (۱۸/۲۵ درصد) را داشتند. محسنی و همکاران (Mohseni *et al.*, 2016) نشان داد که بیشترین میزان روغن با ۱۷/۳۴ درصد در تیمار تلقیح بذور با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* بود و میان ارقام مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

درصد پروتئین

اثر ساده آبیاری، باکتری، رقم و برهم‌کنش آبیاری در باکتری بر درصد پروتئین دانه در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، به طوری که با کاهش سطوح آبیاری از سطح آبیاری کامل به قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف درصد پروتئین دانه کاهش یافت (جدول ۴) ولی تیمار تلقیح باکتری نسبت به عدم تلقیح درصد پروتئین بیشتری داشت (جدول ۴) که این تفاوت‌ها در بین ارقام مورد بررسی متفاوت بود (جدول ۴). نتایج برش‌دهی برهم‌کنش کاربرد سویه‌های مختلف باکتری در هر سطح رژیم آبیاری نشان از تغییرات معنی‌دار درصد پروتئین در قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه داشت (جدول ۳). بیشترین میزان پروتئین با ۳۳/۱۶ درصد در تیمار آبیاری کامل به همراه تلقیح بذور با باکتری لیکنی فورمیس و کمترین میزان پروتئین نیز با ۲۱/۴۴ درصد در تیمار قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف و بدون باکتری مشاهده شد (شکل ۴). در شرایط تیمار کمبود رطوبت، کاهش میزان آب قابل استفاده گیاه در خاک با تاثیر بر فعالیت باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و دیگر خصوصیات گیاهی، باعث کاهش مقدار پروتئین دانه شد (Mertz-Henning *et al.*, 2018). به نظر می‌رسد در شرایط تنش خشکی کاربرد باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه ممکن است از طریق بهبود جذب آب توسط ریشه باعث بهبود فعالیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن توسط باکتری‌های همزیست با ریشه گیاه شده و در نهایت این موضوع سبب افزایش درصد پروتئین دانه سویا شد.



شکل ۴- برهم‌کنش رژیم‌های آبیاری و کاربرد سویه‌های باکتری بر پروتئین دانه ارقام سویا. خطوط بار نشان‌دهنده خطای استاندارد (SE) است
 Figure 4- Interaction of irrigation regimes and plant growth-promoting rhizobacteria on seed protein of soybean cultivars. Error bars show standard error (SE)

مصرف شده در مزرعه سویا شود. سوزا و همکاران (Souza *et al.*, 2015) بیان کردند که باکتری‌های محرک رشد باعث افزایش عملکرد گیاهان زراعی، کاهش مخاطرات زیست‌محیطی و کاهش هزینه تولید می‌شود. در مطالعه‌ای دیگر مشخص گردید که تلقیح سویا با باکتری‌های سودوموناس از طریق افزایش گره‌زایی منجر به بهبود عملکرد شد (Chebotar *et al.*, 2001). سیندو و همکاران (Sindhu *et al.*, 2002) نیز افزایش گره و رشد گیاه ماش در اثر تلقیح باکتری باسیلوس را گزارش کردند.

درصد روغن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر ساده آبیاری، باکتری و رقم بر درصد روغن سویا در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). صرف‌نظر از سایر تیمارها با کاهش سطوح آبیاری، درصد روغن کاهش یافت به گونه‌ای که درصد روغن با کاهش سطوح آبیاری از سطح آبیاری کامل به قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه و قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف، با ۹/۵۶ و ۲۰/۱۲ درصد کاهش، از ۲۱/۰۲ به ۱۹/۰۱ و ۱۶/۷۹ درصد رسید (جدول ۴). صرف‌نظر از تیمار آبیاری، تلقیح باکتری نسبت به عدم تلقیح درصد روغن بیشتری داشت، به نحوی که بیشترین درصد روغن با ۱۹/۷۸ درصد در تیمار تلقیح بذور با باکتری لیکنی فورمیس مشاهده شد و کمترین آن با ۱۷/۸۴ درصد در تیمار بدون باکتری مشاهده شد (جدول ۴). در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم TMS با ۱۹/۶۶ درصد روغن، بالاترین و رقم کوثر با ۱۷/۹۲ درصد روغن، کمترین درصد روغن را در بین ارقام داشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد در شرایط تنش کمبود رطوبت، کاهش طول دوره رشد گیاه به‌ویژه در مراحل نمو حساس تشکیل غلاف و پر شدن دانه از طریق کاهش طول دوره فتوسنتز جاری و تشکیل ترکیبات روغنی منجر به کاهش درصد روغن دانه شود (Ghassemi-Golezani and Lotfi, 2012). دیوسالار و همکاران (Divsalar *et al.*, 2016) نشان دادند که اثر تیمار تنش خشکی بر

مشاهده شد. در بین ارقام مورد بررسی نیز رقم TMS بیشترین وزن هزار دانه (۱۱۶/۳ گرم)، عملکرد دانه (۲۶۴/۱ گرم در متر مربع)، وزن خشک کل (۹۷۹/۸ گرم در متر مربع)، درصد روغن (۱۹/۹ درصد) و درصد پروتئین (۲۹/۶ درصد) را داشت و کمترین این صفات نیز در رقم کوثر مشاهده شد.

همچنین نتایج برهم‌کنش تیمارهای مورد بررسی نشان داد که تنها اثر متقابل آبیاری و کاربرد باکتری بر صفات وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن خشک کل، درصد روغن و درصد پروتئین معنی‌دار بود. بیشترین عملکرد دانه (۳۸۰/۹ گرم در متر مربع) و وزن خشک کل (۱۰۸۲/۸ گرم در متر مربع) در تیمار آبیاری کامل به همراه تلقیح با باکتری *سوتیلیس* و بیشترین وزن هزار دانه (۱۳۶/۲ گرم) و درصد پروتئین (۳۳/۲ درصد) نیز در تیمار آبیاری کامل به همراه تلقیح با باکتری *لیکنی فورمیس* مشاهده شد. کاربرد باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه در شرایط تیمار قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه‌ها تا انتهای دوره رشد در مقایسه با تیمار قطع آبیاری از مرحله پایان تشکیل غلاف تا انتهای دوره رشد، عملکرد دانه سویا را بیشتر تحت تاثیر قرار داد. تاثیر باکتری *لیکنی مورفیس* در مقایسه با باکتری *سوتیلیس* در بهبود برخی از ویژگی‌های اندازه‌گیری شده به‌ویژه در شرایط تیمار قطع آبیاری از مرحله پرشدن دانه تا انتهای دوره رشد سویا بیشتر بود.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد باکتری‌های محرک رشد سویا تا حدودی باعث افزایش تحمل به تنش کمبود آب به‌ویژه تنش کمبود آب ملایم گردید. بنابراین پیشنهاد می‌شود، در صورت تایید نتایج این تحقیق در مناطق دیگر، در مزارعی که کشاورزان با کمبود آب آبیاری مواجه هستند از باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه به‌منظور تعدیل اثرات تنش کمبود آب استفاده شود. این موضوع می‌تواند از طریق تحقیق بر روش‌های مختلف تلقیح باکتری با بذر و همچنین شرایط نگهداری بذر تلقیح‌یافته، به گونه‌ای که توسط کشاورز و در شرایط محیطی مختلف بدون آسیب رسیدن به باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه، مورد کاربرد واقع شود.

به نظر می‌رسد در شرایط تیمار قطع آبیاری از اواسط دوره تشکیل غلاف و عدم تلقیح باکتری، تنش شدید رطوبت منجر به جلوگیری از جذب عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن توسط سیستم ریشه سویا شد و تحت این شرایط کمبود محتوی نیتروژن درون گیاه باعث کاهش میزان پروتئین دانه گردید. همان‌طور که از شکل ۴ پیداست، در شرایط تیمارهای قطع آبیاری از مرحله اواسط تشکیل غلاف و قطع آبیاری از شروع پر شدن دانه، تلقیح باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه به‌ویژه در شرایط تنش ملایم منجر به کاهش تاثیر تنش خشکی شد و از این طریق باعث به‌بهبود پروتئین دانه شد. به نظر می‌رسد که باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه از طریق بهبود رشد رویشی و افزایش عمق توسعه ریشه سویا و بهبود سطح تماس ریشه با ذرات خاک، باعث افزایش جذب نیتروژن و همچنین از طریق بهبود شرایط رشد گیاه به باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن یاری‌رسانی کرده که مجموع این برهم‌کنش‌ها منجر به افزایش محتوی نیتروژن گیاه و در نتیجه میزان پروتئین دانه شده است. شیری جناقرد و راعی (Shiri- Jenaqrd and Raei, 2014) دریافتند که کاربرد باکتری‌های تقویت‌کننده رشد گیاه (*B. japonicum*) از طریق بهبود فعالیت تثبیت بیولوژیکی نیتروژن منجر به بهبود درصد پروتئین دانه سویا شد. افزایش درصد پروتئین دانه نخود نیز در شرایط کاربرد باکتری محرک رشد *Bacillus* به علت دسترسی بیشتر به فسفر قابل جذب خاک توسط گیاه گزارش شده است (Elkoca et al., 2008).

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان داد که تنش کمبود رطوبت منجر به کاهش عملکرد و اجزای عملکرد سویا شد. بیشترین کاهش در تیمار قطع آبیاری از اواسط تشکیل غلاف مشاهده شد. کاربرد سویه‌های باکتری تقویت‌کننده رشد گیاه منجر به بهبود صفات تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، وزن خشک کل، درصد روغن و درصد پروتئین گردید. بیشترین تعداد دانه در غلاف (۱/۶)، وزن هزار دانه (۱۱۹/۷ گرم)، عملکرد دانه (۲۶۸/۷ گرم در متر مربع)، وزن خشک کل (۹۹۷/۱ گرم در متر مربع)، درصد روغن (۱۹/۸ درصد) و درصد پروتئین (۲۹/۲ درصد) در تیمار تلقیح با باکتری *لیکنی فورمیس*

References

1. Abdipour, M., Rezaei, A., Hooshmandand, S., and Raeis. F. 2010. Effect of drought stress on yield and yield components of determinate soybean (*Glycine max* (L) Merrill). Journal of Agricultural Science 4: 1-14. (In Persian with English Abstract).
2. Akbari, D. 2012. Effect of drought stress at different growth stages on soybean yield and water use efficiency in Mazandaran. Agricultural Science and Sustainable Production 22: 13-23. (in Persian with English abstract).
3. Besharati, H., Pashapour, S., and Rezazadeh, M. 2017. The evaluation of plant growth promoting rhizobacteria effect for improving soybean growth indices. Iranian Journal of Field Crops Research 47: 671-687. (in Persian with English abstract).

4. Biglouei, M. H., Kafi Ghasemi, A., Javaher Dashti, M., and Esfahani, M. 2013. Effect of irrigation regimes on yield and quality of forage maize (KSC 704) in Rasht region in Iran. *Iranian Journal of Crop Science* 3: 196-206. (in Persian with English abstract).
5. Brevedan, R. E., and Egli, D. B. 2003. Short periods of water stress during seed filling, leaf senescence, and yield of soybean. *Crop Science* 43: 2083-2088.
6. Brown, E. A., Caviness C. E., and Brown, D. A. 1985. Response of soybean cultivars to soil moisture deficit. *Agronomy Journal* 77: 274-278.
7. Chebotar, V. K., Asis, C. A., and Asao, S. 2001. Production of growth-promoting substances and high colonization ability of rhizobacteria enhance the nitrogen fixation of soybean when inoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. *Biology and Fertility of Soils* 4: 427-432.
8. Chibeba, A. M., de Fátima Guimarães, M., Brito, O. R., Nogueira, M. A., Araujo, R. S., and Hungria, M. 2015. Co-inoculation of soybean with *Bradyrhizobium* and *Azospirillum* promotes early nodulation. *American Journal of Plant Sciences* 6: 1641-1649.
9. Dabaghian, Z., Pirdashti, H., Abasian, A., and Bahari Saravi, S. H. 2015. The effect of biofertilizers, *Thiobacillus*, *Azotobacter*, *Azospirillum* and organic sulfur on nodulation process and yield of soybean (*Glycine Max* L. Merr.). *Applied Field Crop Research* 107: 17-25. (in Persian with English abstract).
10. Dey, R., Pal, K. K., Bhatt, D. M., and Chauhan, S. M. 2004. Growth promotion and yield enhancement of peanut (*Arachis hypogaea* L.) by application of plant growth-promoting rhizobacteria. *Microbiological Research* 159: 371-94.
11. Divsalar, M., Tahmasbi-Sarvestani, Z., Mohammad Modares Sanavi, A., and Hamidi, A. 2016. The evaluation of drought stress impact as irrigation withholding at reproductive stages on quantitative and qualitative performance of soybean cultivars. *Agricultural Crop Management* 18: 481-493. (in Persian with English abstract).
12. Elkoca, E., Kantar, F., and Sahin, F. 2008. Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea. *Journal of Plant Nutrition* 31: 157-171.
13. Emami, A. 1996. *Plant Analysis Methods*. Iranian Plant and Water Research Center, No. 928. (in Persian).
14. Folch, J., Less, M., and Stone Stanley, G. H. 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. *Journal of Biological Chemistry* 226: 497-508.
15. Food and Agriculture Organization of the United Nations Statistical Database. 2017. FAOSTAT Production Statistics of Crops. Available at: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
16. Ghassemi-Golezani, K., and Lotfi, R. 2012. Response of soybean cultivars to water stress at reproductive stages. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Science* 2: 198-202.
17. Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free living bacteria. *Canadian Journal of Microbiology* 41: 109-117.
18. Gupta, G., Parihar, S., Ahirwar, N. K., and Snehi, S. K. 2015. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): Current and Future Prospects for Development of Sustainable Agriculture. *Microbial & Biochemical Technology* 7: 96-102.
19. Habibi, D. 2015. Effect of plant growth promoting rhizobacteria, foliar application of amino acids and silicic acid on yield and yield components of wheat under drought stress. *New Finding in Agriculture* 9: 89-104. (in Persian with English abstract).
20. Hokmalipour, S. 2017. Evaluate the effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and nitrogen fertilizer on yield and some agronomic and physiological traits of medicinal plant of Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Plant Ecophysiology* 9: 133-144. (in Persian with English abstract).
21. Khademhamzeh, H. R., Karimie, M., Rezaie, A., and Ahmadie, M. 2004. Effect of plant density and planting date on agronomic characteristics, yield and yield components in soybean. *Iranian Journal of Agricultural Science* 35: 357-367. (in Persian with English abstract).
22. Khan, A. G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology* 18: 355-64.
23. Jeon, J. S., Lee, S. S., Kim, H. Y., Ahn, T. S., and Song, H. G. 2003. Plant growth promotion in soil by some inoculated microorganisms. *Journal of Microbiology* 41: 271-76.
24. Mehrabadi, H. R., Nezami, A., Kafi, M., and Ahmadifard, M. 2016. Survey of the Effect of different irrigation levels on yield and yield components of sensitive and tolerant cotton cultivars. *Journal of Water and Soil* 6: 1415-1425. (in Persian with English abstract).
25. Mertz-Henning, L. M., Ferreira, L. C., Henning, F. A., Mandarino, J. M. G., Santos, E. D., Oliveira, M. C. N. D., Nepomuceno, A. L., Farias, J. R. B., and Neumaier, N. 2018. Effect of water deficit-induced at vegetative and reproductive stages on protein and oil content in soybean grains. *Agronomy* 8: 1-11.
26. Moghaddam Khamseh, A., Daneshian, J., Amini Dehghi, M., Jabbari, H., and Modarres Sanavy, S. A. M. 2012. Effect of plant density and water deficit on the growth, yield and yield component of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill). *Journal of Agronomy Science* 4: 27-40.

27. Mohseni, A. R., Khajojnejad, G. R., and Mohammadinejad, G. 2015. Yield and yield components reaction of soybean cultivars to inoculation by *Bradyrhizobium Japonicum* bacteria and nitrogen. Journal of Plant Production Research 22: 73-88. (in Persian with English abstract).
28. Morrison, F. B. 1956. Feeds and feeding. 22th edn. The Morrison Publishing Company, Ithaca, New York. USA.
29. Prakamhang, J., Tittabutr, P., Boonkerd, N., Teamtisong, K., Uchiumi, T., Abe, M., and Teaumroong, N. 2015. Proposed some interactions at molecular level of PGPR inoculated with *Bradyrhizobium diazoefficiens* USDA110 and *B. Japonicum* THA6 on soybean symbiosis and its potential of field application. Applied Soil Ecology 85: 38-49.
30. Rostamzadeh Kaleybar, M., Farboodi, M. Hoseinzadeh Moghbeli, A. H., and Razmi, N. 2012. The effects of irrigation regimes on second cropping of three soybean genotypes in Moghan region. Journal of Crop and Weed Ecophysiology 5: 15-28. (in Persian with English abstract).
31. Ruzzi, M., and Aroca, R. 2015. Plant growth-promoting rhizobacteria act as biostimulants in horticulture. Scientia Horticulture 196: 124-134.
32. Seiedi, M. N., and Seyed Sharifi, R. 2013. The effects of seed inoculation with rhizobium and nitrogen application on yield and some agronomic characteristics of Soybean (*Glycine max* L.) under Ardabil condition. Iranian Field Crop Research 11: 618-628. (in Persian with English abstract).
33. Seyed-Sharifi, R., Lotfollah, F., and Kamari, H. 2016. Evaluation of effects of *Azotobacter*, *Azospirillum* and *Pseudomonas* inoculation and spraying of nitrogen on fertilizer use efficiency and growth of Triticale. Journal of Soil Management and Sustainable 5: 115-132. (in Persian with English abstract).
34. Sharifi, R., Ahmadzadeh, M., Sharifi-Tehrani, A., and Talebi-Jahromi, K. 2010. Pyoverdine production in *Pseudomonas fluorescens* UTPF5 and its association with suppression of common bean damping off caused by *Rhizoctonia solani* (Kuhn). Journal of Plant Protection Research 50: 72-78.
35. Shiri-Jenaqrd, M., and Raei, Y. 2014. Effect of growth-promoting bacteria on soybean nodulation and its oil and protein yields. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 24: 69-82.
36. Sindhu, S. S., Suneja, S., Goel, A. K., Parmer, N. K., and Dadarwal, R. 2002. Plant growth promoting effects of *Pseudomonas* sp. on co inoculation with *Mesorhizobium* sp. Cicer strain under sterile and wilt sick soil conditions. Applied Soil Ecology 19: 57-64.
37. Souza, R. D., Ambrosini, A., and Passaglia, L. M. 2015. Plant growth-promoting bacteria as inoculants in agricultural soils. Genetics and Molecular Biology 38: 401-419.
38. Tabassum, B., Khan, A., Tariq, M., Ramzan, M., Khan, M. S. I., Shahid, N., and Aaliya, K. 2017. Bottlenecks in commercialization and future prospects of PGPR. Applied Soil Ecology 121: 102-117.
39. Vahadi, N., and Gholinezhad, E. 2015. Evaluation of Drought Tolerance of Some Soybean Cultivars. Journal of Water Research in Agriculture 29: 1-9. (in Persian with English abstract).



Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Yield, Yield Components and Qualitative Traits of Soybean Cultivars (*Glycine max*) in Different Irrigation Regimes

F. Mondani^{1*}, K. Khani², S. Jalali Honarmand³, M. Saeedi⁴

Received: 17-07-2018

Accepted: 10-03-2019

Introduction

In recent decades, sustainable agricultural management, protection of soil living organism's community and the efforts to use biological solutions for plant nutrition and society health has been considered. Among soil microorganisms, plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) are the most promising, including all bacteria inhabiting the rhizosphere and the rhizoplane, which able to stimulate plant growth and yield. The modes of action of PGPR are clearly diverse and not all bacteria possess the same mechanisms. These mechanisms vary from changes in hormonal content, production of volatile compounds, increasing of nutrient availability and enhance abiotic stress tolerance such as the water deficit stress. Therefore, the objective of the present study was to evaluate the effects of the PGPR on the yield and yield components of soybean under different irrigation regimes.

Materials and Methods

The field experiment was conducted during 2016 at the research farm of Razi University, Kermanshah, Iran (34°, 19' N, 47°, 50' E and altitude 1320 m). A split plot factorial experiment was conducted based on Randomized Complete Block Design (RCBD). Main plots had three irrigation regimes in which irrigation was cut based on the soybean stages (I₁: water deficit stress from mid pod development stage to maturity stage; I₂: water deficit stress from seed filling development stage to maturity stage; and I₃: optimum irrigation in all development stages) and sub-plots were composed of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) (B₁: no bacteria; B₂: *Bacillus subtilis*; and B: *Bacillus licheniformis*) and soybean cultivar (TMS, M9 and Kosar). The experimental plots were irrigated based on furrow method. I₃ treatment were irrigated every 7 days until the end of the growing period while in the I₁ and I₂ treatments, the plots were irrigated every 7 days until the start of the water deficit stress. In order to inoculate with the PGPR, the soybean seeds were plunged in a 1:10 (V:V) solution of liquid culture and distilled water respectively, for 10 minutes. All seeds were oven-dried at 30° C for 5 h. Finally, the seeds by PGPR were inoculated by *Bradyrhizobium japonicum* before sowing and cultivated immediately at 4 to 5 cm soil depth. About 1.5 m² harvested at the physiological maturity stage. The evaluated traits were the total dry weight, seed yield, 1000 seed weight, pod per plant, seed per pod, oil percentage and protein percentage.

Results and Discussion

The results indicated that the water deficit stress reduced the total dry weight, seed yield, 1000-seed weight, pod per plant, seed per pod, oil percentage and protein percentage of soybean. The PGPR application improved all measured traits of soybean in all irrigation regime treatments. The highest seed yield (380.9 g m⁻²) and total dry weight (1082.8 g m⁻²) were observed in the optimum irrigation and *B. subtilis* treatment for TMS cultivar and the highest 1000-seed weight (136.2 g) and protein percentage (33.2) also were related to the optimum irrigation and *B. licheniformis* treatment for TMS cultivar. The lowest total dry weight (828.1 g m⁻²), seed yield (134.2 g m⁻²), 1000-seed weight (84.8 g) and protein percentage (21.4) were related to the water deficit stress from mid pod development stage to maturity stage and no bacteria treatment for Kosar cultivar. The results also indicated that the effects of interaction between irrigation regimes, application of PGPR and cultivars on evaluated traits were not significant.

1- Assistant Professor in Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

2- MSc student in Agronomy, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

3- Associate Professor in Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

4- Associate Professor in Crop Physiology, Department of Plant Production and Genetics, Razi University, Kermanshah, Iran

(*- Corresponding Author Email: f.mondani@razi.ac.ir)

Conclusions

It seems that the PGPR via increasing of the root system and more uptake of water in the rhizosphere could promote the soybean yield and yield components. Nevertheless, as the results showed, the more effects of the PGPR were observed in the I2 treatment compared to other treatments. The PGPR actually could promote the yield and yield components of soybean in the mid water deficit stress.

Keywords: *B. licheniformis*, Drought stress, Oil percentage, Protein percentage, Seed yield, TMS cultivar

بررسی عملکرد کمی و کیفی ارقام چغندر قند در تاریخ‌های مختلف کشت مستقیم و نشایی در دو منطقه شیروان و مشهد

میلاذ باقری شیروان^۱، قربانعلی اسدی^{۲*}، علیرضا کوچکی^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۸/۱۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۱/۲۵

چکیده

به منظور بررسی و مقایسه کشت نشایی و کشت مستقیم ارقام مختلف چغندر قند در تاریخ‌های مختلف کاشت، آزمایشی به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو منطقه شیروان و مشهد اجرا گردید. فاکتورهای آزمایش شامل ارقام چغندر قند (دورتنی و آناکوندا)، روش کاشت (مستقیم و نشایی) و تاریخ کاشت (۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) بود. صفات کمی و کیفی مانند عملکرد ریشه، وزن برگ، عیار قند، ناخالصی‌های ریشه، میزان شکر ملاس، میزان شکر خالص، عملکرد شکر خالص و ضریب استحصال شکر اندازه‌گیری و محاسبه گردید. نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر این بود که کشت چغندر قند در منطقه شیروان در مقایسه با منطقه مشهد از عملکرد بیشتری برخوردار بود. علاوه بر این، بیشترین عملکرد ریشه (۲۷/۳۴ تن در هکتار) و عملکرد شکر خالص (۹/۸۴۸ تن در هکتار) چغندر قند از کشت نشایی در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به دست آمد. از نظر میزان ناخالصی‌های ریشه بین دو روش کاشت تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. علاوه بر این، میزان قند قابل استحصال، عیار قند و ضریب استحصال شکر در کشت نشایی بر کشت مستقیم چغندر قند ارجحیت داشت. بررسی نتایج نشان داد که میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره در ریشه چغندر قند با تأخیر در کاشت به میزان ۲۶/۲۹، ۲۱/۲۴ و ۱۴/۴۲ درصد افزایش یافت. در بین ارقام مورد بررسی، رقم آناکوندا از عملکرد ریشه و شکر بیشتری در مقایسه با رقم دورتنی برخوردار بود. نتایج بیانگر این بود که بین میزان ناخالصی‌های ریشه و ضریب استحصال شکر، همبستگی منفی معنی‌داری وجود داشت. در مجموع به نظر می‌رسد، کشت نشایی چغندر قند در تاریخ کاشت اردیبهشت‌ماه باعث افزایش عملکرد ریشه و شکر چغندر قند می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: انتقال نشاء، ضریب استحصال شکر، عملکرد ریشه، ناخالصی‌های ریشه

مقدمه

با توجه به اهمیت چغندر قند و تمایل کشاورزان منطقه به کاشت آن، مشکلات زیادی در راه توسعه کشت این گیاه وجود دارد. یکی از مشکلات پیش روی کشاورزان در کشت چغندر قند در استان‌های خراسان، تداخل تاریخ کاشت چغندر قند با سایر گیاهان بهاره و هم‌زمانی کاشت یا اوایل رشد آن با انتهای دوره رشد غلات و ضرورت آبیاری غلات است، علاوه بر این رطوبت بالای خاک در پی بارندگی‌های اواخر زمستان و اوایل بهار باعث عدم آماده‌سازی زمین و کاشت به موقع این گیاه می‌شود (Hosseini et al., 2014). این عوامل باعث به تأخیر افتادن کشت چغندر قند و در نهایت کاهش عملکرد به واسطه کاهش طول دوره رشد می‌گردد. از سوی دیگر، محدودیت‌هایی که شرایط نامساعد خاک و عدم آماده‌سازی مناسب بستر کاشت به همراه دارد، مشکلاتی مانند استفاده بیش از حد بذر برای کاشت را در پی دارد که هزینه‌های زیادی را به کشاورزان متحمل می‌سازد. از دیگر مشکلاتی که نقش به‌سزایی در کاهش توسعه کشت چغندر قند در منطقه داشته است می‌توان به محدودیت آب اشاره کرد، با توجه به دوره رشد طولانی چغندر قند و به دنبال آن نیاز آبی زیاد این گیاه (Sadreghaen et al., 2009; Haghayeghi Moghaddam et al., 2005)، کشت چغندر قند در مناطق دارای

چغندر قند (*Beta vulgaris* L.) به‌عنوان یکی از مهم‌ترین گیاهان صنعتی ایران، سهم به‌سزایی را در تولید قند و شکر کشور به‌خود اختصاص داده است، به طوری که در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵، حدود ۱۴۰ هزار هکتار از اراضی کشاورزی به کشت این گیاه اختصاص داشت. استان‌های خراسان شمالی و رضوی به واسطه حضور کارخانه‌های قند و شرایط مساعد برای رشد چغندر قند، از مناطق عمده کشت و تولید چغندر قند به‌شمار می‌آیند، به طوری که از مجموع سطح زیر کشت چغندر قند در ایران، حدود ۱۹ درصد آن (معادل ۲۶،۷۱۷ هکتار) مربوط به استان خراسان رضوی و حدود ۳،۳۷۰ هکتار آن مربوط به استان خراسان شمالی است.

۱- دانشجوی دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۲- دانشیار، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
۳- استاد، گروه اکروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(Email: asadi@um.ac.ir) * نویسنده مسئول

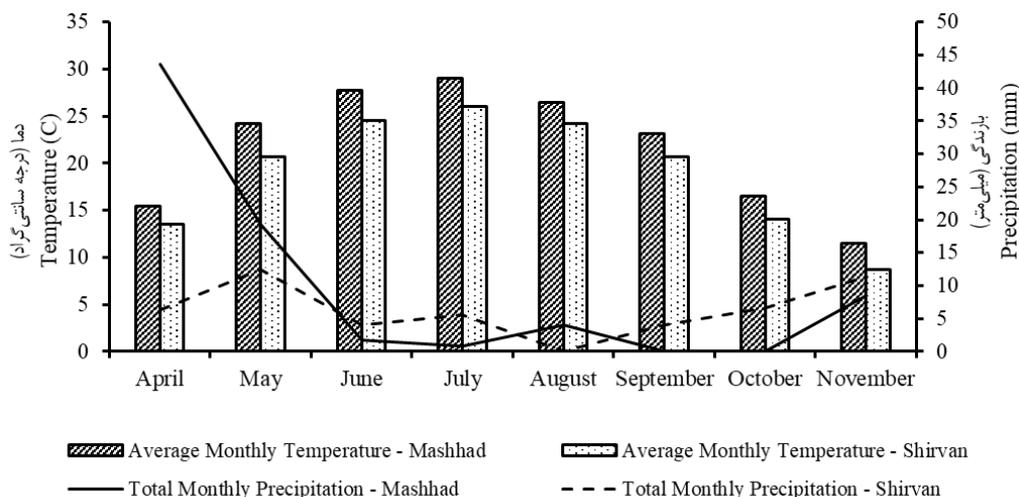
از مشکلاتی که کشاورزان در کشت مستقیم با آن روبه‌رو هستند را کاهش دهد. هر چند، انتخاب تاریخ کاشت یا زمان مناسب انتقال نشا نیز حائز اهمیت است و نقش مؤثری بر رشد و عملکرد گیاه زراعی دارد (Karbalaei *et al.*, 2012; Rastegar and Heydari, 2006). در مقایسه کاشت مستقیم و گلدانی سه رقم چغندر قند بهاره در تاریخ‌های مختلف کاشت در اهواز بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند در کشت نشایی تاریخ کاشت اول (اول دی) گزارش شده است (Hasibi *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری برتری کشت نشایی در مقایسه به کاشت مستقیم بذر و همچنین برتری تاریخ کاشت به‌موقع در مقایسه با سایر تاریخ‌های کاشت گزارش شده است (Karbalaei *et al.*, 2012). البته برخی از گزارش‌ها نیز به برتری کشت مستقیم بر کشت نشایی چغندر قند اشاره کرده‌اند (Nasri *et al.*, 2011b).

کشت نشایی چغندر قند به‌عنوان روشی نوظهور تلقی می‌شود که نیازمند بررسی بیشتری است و با توجه به انتخاب کشت نشایی چغندر قند توسط کشاورزان منطقه به‌منظور رفع معضلات پیش روی کشت این گیاه زراعی، ارزیابی جوانب زراعی آن ضروری به نظر می‌رسد. از طرفی کشت مستقیم چغندر قند در استان‌های خراسان شمالی و رضوی در صورت مساعد بودن شرایط اقلیمی معمولاً در اردیبهشت ماه انجام می‌گیرد و ممکن است به‌واسطه بارندگی اوایل فصل تا اواسط خرداد ماه به تعویق بیافتد. بنابراین این مطالعه به‌منظور مقایسه تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به‌عنوان تاریخ کاشت به‌موقع و تاریخ کاشت ۱۵ خرداد به‌عنوان تاریخ کاشت دیرهنگام در کشت مستقیم و نشایی دو رقم رایج در منطقه انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور مقایسه کشت نشایی و مستقیم ارقام چغندر قند در تاریخ‌های مختلف کشت دو آزمایش به‌صورت مجزا در دو منطقه مشهد (مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد با طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۳ دقیقه شرقی و ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۹۸۵ متر از سطح دریا) و شیروان (مزرعه‌ای واقع در ده کیلومتری غرب شهرستان شیروان با طول جغرافیایی ۵۷ درجه و ۴۹ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۷۵ متر از سطح دریا) در سال ۱۳۹۶ اجرا گردید. میانگین دمای ماهیانه و مجموع بارندگی ماهیانه هر دو منطقه در شکل ۱ ارائه شده است. برخی از خصوصیات خاک محل‌های اجرای آزمایش نیز در جدول ۱ آورده شده است.

محدودیت آب، کاهش یافته است (Faberio *et al.*, 2003). علاوه بر این موارد، کنترل علف‌های هرز در زراعت چغندر قند نیز همواره مشکلات متعددی را برای کشاورزان در پی داشته است. کنترل علف‌های هرز در کشت چغندر قند به‌طور معمول توسط کارگر و به‌صورت دستی و در چند مرحله صورت می‌گیرد که نیازمند صرف هزینه زیادی توسط کشاورز است (Koocheki *et al.*, 2008; Chaligar *et al.*, 2014). از این‌رو تمایل کشاورزان به استفاده از علف‌کش‌های شیمیایی افزایش پیدا کرده است (Kaya and Buzluk, 2010; Siahmarguee *et al.*, 2006) که معمولاً به‌واسطه کیفیت نامناسب کارآمد نبود و تبعات زیست‌محیطی خاص خود را در پی دارد. تغییر تاریخ کاشت یکی از راهکارهایی است که کشاورزان برای مقابله با مشکلات پیش روی کشت چغندر قند به‌کار می‌برند، البته همان‌طور که به آن اشاره شد، گاهی اوقات این تغییر تاریخ کاشت به اجبار شرایط اقلیمی به کشاورزان تحمیل می‌گردد. به‌طور کلی، تاریخ کاشت از عوامل زراعی مهم بر بهبود رشد و عملکرد چغندر قند به‌شمار می‌رود (Kandil *et al.*, 2004) و مهم‌ترین عامل موثر بر انتخاب رقم چغندر قند محسوب می‌شود (Beckett, 1982) و در هر منطقه با توجه به دمای غالب آن منطقه در فصل رشد تعیین می‌گردد (Ferdous *et al.*, 2015). تاریخ کاشت متناسب با شرایط اقلیمی منطقه، از طریق فراهم نمودن فرصت کافی برای رشد، شرایط مطلوبی را برای تطبیق گیاه با پارامترهای محیطی به‌وجود می‌آورد و رشد و عملکرد را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Hasibi *et al.*, 2011). یکی دیگر از روش‌هایی که در سال‌های اخیر در زراعت گیاهان زراعی مورد توجه قرار گرفته است، کشت نشایی است. کشت نشایی چغندر قند نیز در سال‌های اخیر توسط برخی از کشاورزان استان‌های خراسان به‌منظور رفع برخی از موانع پیش روی کشت این گیاه به‌کار گرفته می‌شود. کاهش میزان بذر مورد نیاز برای کاشت (Taheri *et al.*, 2015) و سطح سبز بیشتر و یکنواخت‌تر (Fanadzo *et al.*, 2009)، افزایش طول دوره رشد (Vantine and Verlinden, 2003) و کاهش هم‌زمانی کاشت گیاهان بهاره با آبیاری سایر گیاهان، کاهش دفعات آبیاری و کاهش میزان آب مصرفی (Dehghani *et al.*, 2015)، افزایش کارایی استفاده از منابع و نهاده‌ها (Khaembah and Nelson, 2016)، کاهش خسارت علف‌های هرز و کاهش هزینه‌های کنترل علف‌های هرز (Khaembah and Nelson, 2016) و همچنین بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه زراعی (Hasibi *et al.*, 2011; Karbalaei *et al.*, 2012) از مزایای کشت نشایی در مقایسه با کشت مستقیم بذر است. از این‌رو، به نظر می‌رسد کشت نشایی چغندر قند قادر خواهد بود بخشی



شکل ۱- میانگین دمای ماهیانه و مجموع بارندگی ماهیانه در دو منطقه شیروان و مشهد در سال ۱۳۹۶
Figure 1- Average monthly temperature and total monthly precipitation in Shirvan and Mashhad in 2017

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل‌های اجرای آزمایش در شیروان و مشهد در سال ۱۳۹۶
Table 1- Physical and chemical characteristics of soil in experiment sites in Shirvan and Mashhad in 2017

منطقه Location	بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل جذب Available K (ppm)	فسفر قابل جذب Available P (ppm)	ازت کل Total N (%)	ماده آلی OM (%)	هدایت الکتریکی EC (dS m ⁻¹)	واکنش خاک pH
شیروان Shirvan	لومی رسی Clay loam	286	25.2	0.13	1.4	2.21	7.7
مشهد Mashhad	لومی سیلتی Silty loam	141	19.5	0.09	0.95	0.69	7.5

در کشت نشایی، بذرها به‌منظور کاهش درصد خطا و سهولت در کاشت درون گلخانه‌های کاغذی به شکل استوانه با طول ۱۰ سانتی‌متر و قطر دو سانتی‌متر که با مقدار مشخصی پیت موس پر شده بود، در گلخانه‌ای واقع در شهرستان فاروج کشت گردید. به‌منظور سهولت در حمل نشاها، گلخانه‌ها درون جعبه‌های پلاستیکی قرار داده شد. بلافاصله پس از کاشت بذر، آبیاری به روش مه‌پاشی انجام گرفت. تغذیه نشاها در طول دوره رشد در گلخانه هم‌زمان با آبیاری انجام شد، اطلاعات محلول غذایی مورد استفاده برای تغذیه نشاها در جدول ۲ آورده شده است. انتقال نشاها در مرحله چهار برگی انجام گرفت. نشاها با فاصله ۲۰ سانتی‌متر روی ردیف (تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار) با دست در زمین اصلی قرار داده شد و بلافاصله آبیاری صورت گرفت. به‌منظور دستیابی به هم‌زمانی عملیات انتقال نشا به زمین اصلی و کاشت مستقیم بذر، برای آماده‌سازی نشاها جهت کاشت در ۱۵ اردیبهشت، عملیات کاشت نشا در گلخانه در تاریخ ۱۵ فروردین انجام شد. از طرفی هم‌زمان با کاشت بذر و انتقال نشا در ۱۵ اردیبهشت، عملیات کاشت بذر در گلخانه‌های کاغذی درون گلخانه و آماده‌سازی نشا برای تاریخ کاشت دوم (۱۵ خرداد) نیز انجام گرفت.

آزمایش‌ها به‌صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ارقام چغندر قند (دورتی و آناکوندا)، روش کشت (مستقیم و نشایی) و تاریخ کاشت (۱۵ اردیبهشت و ۱۵ خرداد) بود. رقم دورتی تولید شرکت سینجنتا و مبدأ آن کشور فرانسه و رقم آناکوندا تولید شرکت کوهن اند کو و مبدأ آن کشور بلژیک است. هر دو رقم از ارقام بهاره هستند و در بسیاری از مناطق به‌ویژه استان خراسان کشت می‌شوند. هر کرت به ابعاد سه متر در پنج متر (۱۵ مترمربع) در نظر گرفته شد که شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر از یکدیگر و طول پنج متر بود.

در کشت مستقیم بذر مطابق با روش رایج در منطقه، بذر هر یک از ارقام بر اساس تاریخ کاشت مورد نظر با فاصله ۱۰ سانتی‌متر روی هر ردیف و با دست کشت گردید. آبیاری بلافاصله پس از کاشت انجام شد. در مرحله چهار برگی به‌منظور دستیابی به تراکم ۱۰۰ هزار بوته در هکتار (فاصله روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر) گیاهان اضافه تنک گردید.

جدول ۲- برخی از خصوصیات شیمیایی محلول غذایی مورد استفاده برای تغذیه نشاها در گلخانه

Table 2- Some of chemical characteristics of used nutrient solution for feeding the seedlings in greenhouse

اسیدیته pH	آهن Forum	منیزیم Magnesium	کلسیم Calcium	پتاسیم Potassium	فسفات Phosphate	نیترات Nitrate-N	آمونیم Ammonium-N
5.8	90	30	300	350	90	320	20

در این معادله، RY، عملکرد ریشه چغندر قند و WSC، درصد شکر سفید یا قند قابل استحصال است.

ضریب استحصال شکر (ECS) نیز از معادله (۵) به دست آمد (Abdollahian Noghabi *et al.*, 2005).

$$ECS = (WSC \div SC) \times 100 \quad (5)$$

به منظور بررسی متجانس بودن واریانس‌های خطا در دو منطقه اجرای آزمایش از آزمون بارتلت استفاده شد. با عدم وجود اختلاف معنی‌دار بین واریانس‌های خطای دو منطقه، تجزیه و تحلیل داده‌ها به روش تجزیه مرکب انجام گرفت. مقایسه میانگین داده‌ها نیز بر اساس آزمون توکی (اختلاف معنی‌دار قابل اعتماد) در سطح پنج درصد استفاده شد. در رابطه با بیان اثر فاکتورهای اصلی روی متغیرهای مورد بررسی از آزمون استیوودنت-تی در سطح احتمال پنج درصد استفاده گردید. تمام بررسی‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار JMP (Pro. 13.2.1) انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد ریشه و برگ

بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر منطقه اجرای آزمایش بر میزان عملکرد ریشه چغندر قند معنی‌دار بود. این در حالی بود که تفاوت معنی‌داری از نظر وزن برگ در واحد سطح بین دو منطقه اجرای آزمایش مشاهده نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین عملکرد ریشه بین دو منطقه بیانگر این بود که تولید ریشه چغندر قند در شیروان با میزان ۶۸/۱۷۲ تن در هکتار، ۱۷/۲۴ درصد بیشتر از عملکرد ریشه چغندر قند در مشهد بود (جدول ۴). به نظر می‌رسد یکی از دلایل افزایش عملکرد ریشه در منطقه شیروان در مقایسه با مشهد، شرایط مساعد تغذیه‌ای خاک محل آزمایش در شیروان باشد (جدول ۱).

اثر رقم نیز بر عملکرد ریشه معنی‌دار بود، در حالی که به لحاظ میزان تولید برگ در واحد سطح بین دو رقم مورد بررسی تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۳). بیشترین عملکرد ریشه (۶۶/۱۹۹ تن در هکتار) از رقم آناکوندا به دست آمد که ۱۰/۱۱ درصد بیشتر از عملکرد ریشه حاصل از رقم دورتی بود (جدول ۴). تفاوت در عملکرد ریشه بین ارقام مختلف چغندر قند تحت تأثیر ویژگی‌های فیزیولوژیکی و میزان جذب نور است (Sadrabadi Haghighi *et al.*, 2011). تجمع ماده خشک در ریشه رقم آناکوندا در مقایسه با رقم

عملیات کوددهی بر اساس آزمایش خاک و مطابق با روش مرسوم در منطقه انجام گرفت. مرحله اول وجین علف‌های هرز مشابه با شرایط رایج در مزارع چغندر قند منطقه، هم‌زمان با تنک کشت مستقیم چغندر قند انجام شد و پس از آن در صورت نیاز انجام گرفت. در منطقه مشهد، به دلیل طغیان کرم طوقه بر عملیات سم‌پاشی دو مرتبه در طول فصل رشد انجام شد.

عملیات برداشت در تمامی تیمارهای آزمایش به صورت دستی، پنجم آبان در مشهد و هفتم آبان در شیروان از چهار ردیف میانی هر کرت با حذف نیم متر ابتدا و انتهای هر کرت انجام گرفت. پس از برداشت، نمونه‌های برداشت‌شده برگ‌زنی شد و ریشه‌ها و برگ‌ها به تفکیک توزین گردید. به منظور تعیین عیار و اندازه‌گیری سایر خصوصیات مرتبط با ریشه، از ریشه‌های جمع‌آوری‌شده، تعداد پنج ریشه از هر ردیف به عنوان زیر نمونه انتخاب و خمیر ریشه از آن‌ها تهیه گردید. درصد قند به روش پلاریمتری (ICUMSA, 2007)، مقادیر سدیم و پتاسیم به روش فلیم فتومتر و مقدار نیتروژن مضره به روش عدد آبی (Kubadinow and Weininger, 1972) اندازه‌گیری گردید. برای محاسبه درصد قند ملاس (MS) از فرمول جدید برانشویک (معادله ۱) استفاده گردید (Buchholz *et al.*, 1995).

$$MS = 0.12 (K + Na) + 0.24 (\alpha\text{-amino N}) + 0.48 \quad (1)$$

در این رابطه، K، میزان پتاسیم، Na، میزان سدیم و $\alpha\text{-amino N}$ ، مقدار نیتروژن مضره بر حسب میلی‌اکی‌والان در ۱۰۰ گرم ریشه است.

ضریب قلیائیت (Alk) با استفاده از رابطه (۲) محاسبه گردید (Wieninger and Kubadinow, 1971).

$$Alk = (K + Na) / (\alpha\text{-amino N}) \quad (2)$$

درصد قند قابل استحصال یا درصد شکر سفید (WSC) با استفاده از معادله (۳) محاسبه گردید (Draycott, 2006).

$$WSC = SC - MS - SFL \quad (3)$$

که در این معادله، SC، درصد شکر یا عیار قند، MS، درصد قند ملاس، SFL، خطای استاندارد کارخانه که معمولاً ۰/۶ در نظر گرفته می‌شود.

عملکرد شکر خالص (WSY) نیز با استفاده از معادله (۴) محاسبه گردید.

$$WSY = RY \times WSC \quad (4)$$

داشته است (Mirzaei and Abdollahian-Noghabi, 2012). وجود اختلاف در میزان تولید بین ارقام مختلف چغندر قند توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Ferdous *et al.*, 2015; Nasri *et al.*, 2012b).

دورתי ۳۰ روز پس از کاشت حدود ۱۳ درصد بیشتر بود (داده‌ها نشان داده نشده است) که می‌تواند بیانگر برتری سرعت رشد محصول و سرعت جذب خالص رقم آناکوندا در مقایسه با رقم دورتی است و در نتیجه برتری در فتوسنتز و ذخیره‌سازی مواد در رقم آناکوندا را در پی

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عملکرد ریشه و وزن برگ چغندر قند تحت تاثیر رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت در دو منطقه شیروان و مشهد در سال ۱۳۹۶

Table 3- Combined analysis of variance (mean of squares) for root yield and leaf weight in sugar beet affected by cultivar, planting date and planting method in Shirvan and Mashhad in 2017

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	عملکرد ریشه Root yield	وزن برگ Leaf weight
Location منطقه	1	1206.31**	10.69 ^{ns}
Rep. (Location) بلوک در منطقه	4	121.13	2.9
Cultivar (C) رقم	1	443.78**	15.39 ^{ns}
Planting date (D) تاریخ کاشت	1	565.74**	31.14*
Planting method (M) روش کاشت	1	2086.79**	32.41*
C*D	1	90.2 ^{ns}	18.97 ^{ns}
C*M	1	15.55 ^{ns}	6.66 ^{ns}
D*M	1	829.17**	7.08 ^{ns}
C*D*M	1	137.33 ^{ns}	16.43 ^{ns}
C*Location	1	39.64 ^{ns}	3.09 ^{ns}
D* Location	1	5.63 ^{ns}	2.37 ^{ns}
M* Location	1	83.74 ^{ns}	0.09 ^{ns}
C*D* Location	1	0.342 ^{ns}	1.39 ^{ns}
C*M* Location	1	60.14 ^{ns}	5.94 ^{ns}
D*M* Location	1	9.57 ^{ns}	3.39 ^{ns}
C*D*M* Location	1	23.49 ^{ns}	3.46 ^{ns}
Error خطا	28	42.69	6.41
C.V. (%) ضریب تغییرات	-	10.3	20.2

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

*, **, and ns, indicated significant at 5%, 1% levels of probability and no significant, respectively

سه تاریخ کاشت، کاهش عملکرد ریشه چغندر قند به واسطه تأخیر در کاشت گزارش شده است (Karbalaei *et al.*, 2012).

عیار قند

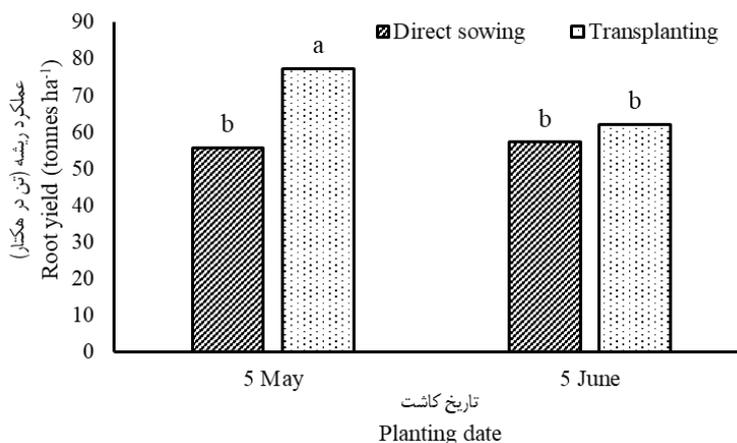
نتایج تجزیه واریانس بیانگر این بود که از نظر عیار قند بین دو منطقه مورد بررسی اختلاف معنی‌دار وجود داشت، علاوه بر این، به غیر از اثر رقم، اثر سایر فاکتورهای آزمایش بر میزان عیار قند معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین عیار قند چغندر قند از کاشت چغندر قند در منطقه شیروان به دست آمد (جدول ۶). به نظر می‌رسد این اختلاف بین دو منطقه به دلیل شرایط متفاوت آب و هوایی به خصوص در اواخر فصل رشد باشد. در پایان فصل رشد، دمای پایین‌تر در منطقه شیروان (شکل ۱) شرایط مطلوبی را برای تجمع مواد قندی در ریشه چغندر قند فراهم می‌آورد (Jafarnia *et al.*, 2015).

بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس اثر متقابل تاریخ کاشت در روش کاشت نیز بر عملکرد ریشه چغندر قند معنی‌دار بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند در کشت نشایی ۱۵ اردیبهشت به دست آمد. این در حالی بود که بین کشت مستقیم در ۱۵ اردیبهشت و کشت نشایی و مستقیم در ۱۵ خرداد تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد (شکل ۲). در چغندر قند، افزایش طول دوره رشد تأثیر مثبتی روی رشد ریشه و افزایش عملکرد دارد (Schnepel and Hoffmann, 2016). در مقایسه کشت نشایی و مستقیم چغندر قند در دو تاریخ کاشت در اهواز نیز بیشترین عملکرد ریشه چغندر قند از کشت نشایی در تاریخ کاشت اول گزارش شده است (Hasibi *et al.*, 2011). در مطالعه دیگری که در رابطه با مقایسه کشت نشایی و مستقیم چغندر قند در

جدول ۴- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی منطقه، رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت بر عملکرد ریشه و وزن برگ چغندر قند در آزمایش
 Table 4- Mean comparison results for main effects of location, cultivar, planting date and planting method on root yield and leaf weight in sugar beet in experiment

فاکتورهای آزمایش Experiment factors	عملکرد ریشه Root yield (tonnes ha ⁻¹)	وزن برگ Leaf weight (tonnes ha ⁻¹)
Location منطقه		
Shirvan شیروان	68.172 a	12.071 a
Mashhad مشهد	58.146 b	13.015 a
Cultivar رقم		
Anaconda آناکوندا	66.199 a	13.109 a
Dorotea دورتی	60.118 b	11.977 a
Planting date تاریخ کاشت		
5 May پانزدهم اردیبهشت	66.592 a	13.348 a
5 June پانزدهم خرداد	59.726 b	11.737 b
Planting method روش کاشت		
Transplanting کشت نشایی	69.752 a	13.365 a
Direct sowing کشت مستقیم	56.565 b	11.721 b

در هر فاکتور و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس استیودنت تی-تست فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. Means with the same letters for each column and each factor haven't significant difference at 5% probability level according to student t-test.



شکل ۲- اثر متقابل روش کاشت و تاریخ کاشت بر عملکرد ریشه چغندر قند

Figure 2- Interaction between planting method and planting date on root yield in sugar beet

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. Means with the same letters haven't significant difference at 5% probability level according to Tukey's test.

در مطالعه دیگری در رابطه با بررسی تأثیر سن و تاریخ انتقال نشا بر ویژگی‌های کمی و کیفی چغندر قند گزارش شده است که تاخیر در زمان انتقال نشا، کاهش عیار قند را به دنبال دارد. علاوه بر این در این گزارش، به کاهش عیار قند در کشت نشایی در مقایسه با کاشت مستقیم بذر به دلیل افزایش انشعابات ریشه در کشت نشایی اشاره شده است (LotfiKeyvanlo and Armin, 2017). افزایش تعداد ریشه منشعب در کشت نشایی چغندر قند در مقایسه با کشت مستقیم آن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Hasibi *et al.*, 2011).

بیشترین عیار قند از کاشت چغندر قند در ۱۵ اردیبهشت به دست آمد و با تاخیر در کاشت، ۱۶ درصد از میزان عیار قند کاسته شد (جدول ۶). در گزارشی، به کاهش ۲/۱ تا ۱۱/۵ درصدی عیار قند چغندر قند به واسطه تاخیر در کاشت اشاره شده است (Cakmakci and Oral, 2002). در میان روش‌های کاشت نیز بیشترین عیار قند (۱۴/۹۶ درصد) مربوط به کاشت مستقیم بذر بود، به طوری که کشت نشایی باعث کاهش ۶/۵۵ درصدی عیار قند گردید (جدول ۶). مطابق این نتایج، در مطالعه‌ای برتری عیار قند چغندر قند در کشت مستقیم در مقایسه با کشت نشایی گزارش شده است (Nasri *et al.*, 2012b).

جدول ۵- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) عبارقند، ناخالصی‌های ریشه، قلیابیت و قند ملاس چغندر قند تحت تاثیر رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت در دو منطقه شیروان و مشهد در سال ۱۳۹۶

Table 5- Combined analysis of variance (mean of squares) of impure sugar, root impurities, alkalinity and molasses content in sugar beet affected by cultivar, planting date and planting method in Shirvan and Mashhad in 2017

منبع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عیار قند Impure sugar	ناخالصی‌های ریشه Root impurities			قلیابیت Alkalinity	قند ملاس Molasses content	
			میزان سدیم Na ⁺ content	میزان پتاسیم K ⁺ content	نیتروژن مضره α-amino N			
Location	منطقه	1	15.41**	2.66 ^{ns}	3.39*	2.01 ^{ns}	0.067 ^{ns}	0.572**
Rep. (Location)	بلوک در منطقه	4	31.85	0.442	0.393	0.3	0.124	0.076
Cultivar (C) رقم		1	1.92 ^{ns}	0.307 ^{ns}	0.548 ^{ns}	0.392 ^{ns}	0.035 ^{ns}	0.093*
Planting date (D) تاریخ کاشت		1	31.04**	5.28**	6.09**	1.09**	0.398 ^{ns}	0.677**
Planting method (M) روش کاشت		1	11.6**	0.211 ^{ns}	0.223 ^{ns}	0.046 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.026 ^{ns}
C*D		1	0.213 ^{ns}	0.034 ^{ns}	0.078 ^{ns}	0.047 ^{ns}	0.417 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
C*M		1	0.0008 ^{ns}	0.066 ^{ns}	0.058 ^{ns}	0.33 ^{ns}	0.355 ^{ns}	0.039 ^{ns}
D*M		1	1.33 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.014 ^{ns}	0.097 ^{ns}	0.192 ^{ns}	0.002 ^{ns}
C*D*M		1	0.041 ^{ns}	0.126 ^{ns}	0.04 ^{ns}	0.039 ^{ns}	0.0002 ^{ns}	0.013 ^{ns}
C*Location		1	0.007 ^{ns}	0.037 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.007 ^{ns}	0.095 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
D* Location		1	0.163 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.003 ^{ns}	0.043 ^{ns}	0.143 ^{ns}	0.002 ^{ns}
M* Location		1	0.187 ^{ns}	0.013 ^{ns}	0.065 ^{ns}	0.083 ^{ns}	0.282 ^{ns}	0.0006 ^{ns}
C*D* Location		1	0.067 ^{ns}	0.011 ^{ns}	0.099 ^{ns}	0.126 ^{ns}	0.039 ^{ns}	0.018 ^{ns}
C*M* Location		1	0.333 ^{ns}	0.024 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.015 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.0003 ^{ns}
D*M* Location		1	0.001 ^{ns}	0.059 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.022 ^{ns}	0.005 ^{ns}	0.005 ^{ns}
C*D*M* Location		1	0.013 ^{ns}	0.418 ^{ns}	0.798*	0.399 ^{ns}	0.004 ^{ns}	0.113*
Error	خطا	28	0.51	0.13	0.188	0.11	0.185	0.021
C.V. (%)	ضریب تغییرات	-	4.9	12.7	11.5	14.9	14.4	8.0

ns, ** and *, به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار

ns, ** and *, indicated significant at 5%, 1% levels of probability and no significant, respectively

2006). در مطالعه دیگری، افزایش میزان ناخالصی‌های ریشه در کاشت چغندر قند در اواسط خرداد در مقایسه با اواخر فروردین و همچنین کاهش میزان ناخالصی‌های ریشه در برداشت چغندر قند در اواخر مهر در مقایسه با اول مهر گزارش شده است (Cakmakci and Oral, 2002). از این رو، به نظر می‌رسد میزان ناخالصی‌های ریشه با طول فصل رشد چغندر قند در ارتباط باشد، به طوری که افزایش طول دوره رشد چغندر قند باعث کاهش میزان ناخالصی‌های ریشه می‌گردد. از سوی دیگر، در مطالعه دیگری میزان سدیم ریشه در زمان کاشت به موقع (اواخر فروردین) بیشتر از کاشت دیر هنگام (اواخر اردیبهشت) چغندر قند و میزان نیتروژن مضره در کاشت دیر هنگام بیشتر از کاشت به موقع گزارش شده است، در این گزارش تاثیر زمان کاشت بر میزان ناخالصی‌های ریشه متاثر از عوامل محیطی عنوان شده است (Mohamadian, 2016). در گزارش دیگری به عدم وجود اثر معنی دار تاریخ انتقال نشا روی ناخالصی‌های ریشه و میزان قلیابیت آن اشاره شده است، علاوه بر این در این مطالعه افزایش میزان سدیم

میزان ناخالصی‌های ریشه

به غیر از میزان پتاسیم، بین دو منطقه مورد بررسی تفاوت معنی داری از نظر سایر ناخالصی‌های ریشه و میزان قلیابیت مشاهده نگردید (جدول ۵). با این حال، نتایج مقایسه میانگین بیانگر این بود که بیشترین میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره موجود در ریشه مربوط به کشت چغندر قند در منطقه مشهد بود (جدول ۶). اثر رقم و روش کاشت نیز بر میزان ناخالصی‌های ریشه و میزان قلیابیت معنی دار نبود، این در حالی بود که اثر تاریخ کاشت بر میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره ریشه معنی دار بود (جدول ۵). بر اساس نتایج به دست آمده، تاخیر در کاشت باعث افزایش میزان ناخالصی‌های ریشه می‌گردد (جدول ۶). از این رو، میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره با تاخیر در کاشت به ترتیب ۲۶، ۲۱ و ۱۴ درصد افزایش یافت (جدول ۶). در مطالعه‌ای در خصوص تاثیر سن نشا بر کمیت و کیفیت چغندر قند، عدم وجود اختلاف معنی دار بین روش‌های کاشت از نظر مقادیر سدیم و نیتروژن مضره گزارش شده است (KazeminKhad, 2006).

ملاس ریشه در رقم آناکوندا بود (جدول ۶). اختلاف بین ارقام مختلف چغندر قند از نظر میزان قند ملاس توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Hasibi *et al.*, 2011; Noshad and Khayamim, 2017). بررسی اثر تاریخ کاشت بر میزان قند ملاس ریشه نیز بیانگر این بود که تاخیر در کاشت باعث افزایش ۱۳/۶۱ درصدی قند ملاس ریشه می‌گردد (جدول ۶). از آنجایی که میزان قند ملاس ریشه متأثر از میزان ناخالصی‌های ریشه است، افزایش میزان قند ملاس به واسطه تاخیر در کاشت دور از انتظار نبود. مطابق این نتایج، در مطالعه دیگری افزایش میزان قند ملاس ریشه در نتیجه تاخیر در کاشت چغندر قند گزارش شده است (Hemayati *et al.*, 2012).

در انتقال نشا در اول تیر در مقایسه با انتقال نشا در اول خرداد گزارش شده است (Lotfi Keyvanlo *et al.*, 2017). مشابه این نتایج، عدم تاثیر تاریخ کاشت چغندر قند بر میزان ناخالصی‌های ریشه در مطالعه دیگری نیز گزارش شده است (Karbalaei *et al.*, 2012).

قند ملاس

بین دو منطقه مورد بررسی از نظر میزان قند ملاس ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۵)، بر این اساس، بیشترین مقدار قند ملاس ریشه از کشت چغندر قند در منطقه مشهد حاصل شد (جدول ۶). بر اساس نتایج تجزیه واریانس، اثر رقم و تاریخ کاشت نیز بر میزان قند ملاس ریشه معنی‌دار بود (جدول ۵). بیشترین میزان قند ملاس ریشه از رقم دورتی به دست آمد که ۵/۱۱ درصد بیشتر از قند

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی منطقه، رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت بر عیار قند، ناخالصی‌های ریشه، قلیابیت و قند ملاس چغندر قند در آزمایش

Table 6- Mean comparison results for main effects of location, cultivar, planting date and planting method on impure sugar, root impurities, alkalinity and molasses content in sugar beet in experiment

فاکتورهای آزمایش Experiment Factors	عیار قند Impure sugar (%)	ناخالصی‌های ریشه Root impurities (meq in 100 g root)			قلیابیت Alkalinity (%)	قند ملاس Molasses content (%)
		میزان سدیم Na ⁺ content	میزان پتاسیم K ⁺ content	نیترोजن مضره α-amino N		
		منطقه	رقم	تاریخ کاشت		
Location						
Shirvan	15.03 a	2.6 b	3.48 b	2.03 b	3.03 a	1.7 b
Mashhad	13.9 b	3.08 a	4.02 a	2.43 a	2.95 a	1.91 a
Cultivar						
Anaconda	14.67 a	2.76 a	3.64 a	2.14 a	3.02 a	1.76 b
Dorotea	14.27 a	2.92 a	3.86 a	2.32 a	2.96 a	1.85 a
Planting date						
5 May	15.27 a	2.51 b	3.39 b	2.08 b	2.9 a	1.69 b
5 June	13.67 b	3.17 a	4.11 a	2.38 a	3.08 a	1.92 a
Planting method						
Transplanting	13.98 b	2.91 a	3.82 a	2.26 a	3.02 a	1.83 a
Direct sowing	14.96 a	2.77 a	3.68 a	2.2 a	2.96 a	1.78 a

در هر فاکتور و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس استیودنت تی-تست فاقد اختلاف معنی‌دار هستند. Means with the same letters for each column and each factor haven't significant difference at 5% probability level according to student t-test.

اختلاف در اندازه و تعداد سلول‌های ذخیره‌کننده و در واقع سطح پلوئیدی رقم ارتباط داده می‌شود (Milford, 1976). در مطالعه دیگری نیز به تفاوت بین ارقام دیپلوئید و تتراپلوئید چغندر قند از نظر اندازه و تعداد سلول‌ها و به واسطه آن تفاوت در میزان شکر آن‌ها اشاره شده است (Beyaz *et al.*, 2013). تفاوت بین ارقام مختلف چغندر قند از نظر میزان شکر خالص و عملکرد آن توسط سایر محققین نیز گزارش شده است (Noshad and Khayamim, 2017; Erciyes *et al.*, 2016).

درصد و عملکرد شکر خالص (قند قابل استحصال)

نتایج تجزیه واریانس بیانگر اثر معنی‌دار منطقه، رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت بر میزان و عملکرد شکر خالص بود. علاوه بر این، اثر متقابل تاریخ کاشت و روش کاشت نیز بر عملکرد شکر خالص معنی‌دار بود (جدول ۷).

بیشترین میزان شکر خالص و عملکرد آن از رقم آناکوندا به دست آمد (جدول ۸). تفاوت میزان شکر در ارقام مختلف چغندر قند به

جدول ۷- تجزیه واریانس مرکب (میانگین مربعات) قند قابل استحصال، عملکرد شکر و ضریب استحصال شکر چغندر قند تحت تاثیر رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت در دو منطقه شیروان و مشهد در سال ۱۳۹۶

Table 7- Combined analysis of variance (mean of squares) of extractable sugar, sugar yield and extraction coefficient of sugar in sugar beet affected by cultivar, planting date and planting method in Shirvan and Mashhad in 2017

منبع تغییرات S.O.V.	درجه آزادی df	قند قابل استحصال Extractable sugar	عملکرد شکر Sugar yield	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	
Location	منطقه	1	21.92**	47.01**	101.94**
Rep. (Location)	بلوک در منطقه	4	32.05	17.81	55.96
Cultivar (C)	رقم	1	2.86*	13.74**	16.75**
Planting date (D)	تاریخ کاشت	1	40.89**	48.84**	144.85**
Planting method (M)	روش کاشت	1	12.74**	11.33**	25.87**
C*D		1	0.217 ^{ns}	3.5 ^{ns}	0.031 ^{ns}
C*M		1	0.028 ^{ns}	0.203 ^{ns}	2.59 ^{ns}
D*M		1	1.45 ^{ns}	20.2**	5.59 ^{ns}
C*D*M		1	0.007 ^{ns}	2.14 ^{ns}	0.167 ^{ns}
C*Location		1	0.009 ^{ns}	0.389 ^{ns}	0.167 ^{ns}
D* Location		1	0.127 ^{ns}	0.116 ^{ns}	0.291 ^{ns}
M* Location		1	0.167 ^{ns}	1.694 ^{ns}	0.003 ^{ns}
C*D* Location		1	0.015 ^{ns}	0.0001 ^{ns}	0.063 ^{ns}
C*M* Location		1	0.355 ^{ns}	0.252 ^{ns}	0.505 ^{ns}
D*M* Location		1	0.009 ^{ns}	0.002 ^{ns}	0.085 ^{ns}
C*D*M* Location		1	0.049 ^{ns}	0.065 ^{ns}	3.8 ^{ns}
Error	خطا	28	0.636	1.35	2.08
C.V. (%)	ضریب تغییرات	-	6.61	15.11	1.74

ns, ** و * به ترتیب بیانگر معنی داری در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار

*, ** and ns, indicated significant at 5%, 1% levels of probability and no significant, respectively.

جدول ۸- نتایج مقایسه میانگین اثرات اصلی منطقه، رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت بر قند قابل استحصال، عملکرد شکر و ضریب استحصال شکر چغندر قند در آزمایش

Table 8- Mean comparison results for main effects of location, cultivar, planting date and planting method on extractable sugar, sugar yield and extraction coefficient of sugar in sugar beet in experiment

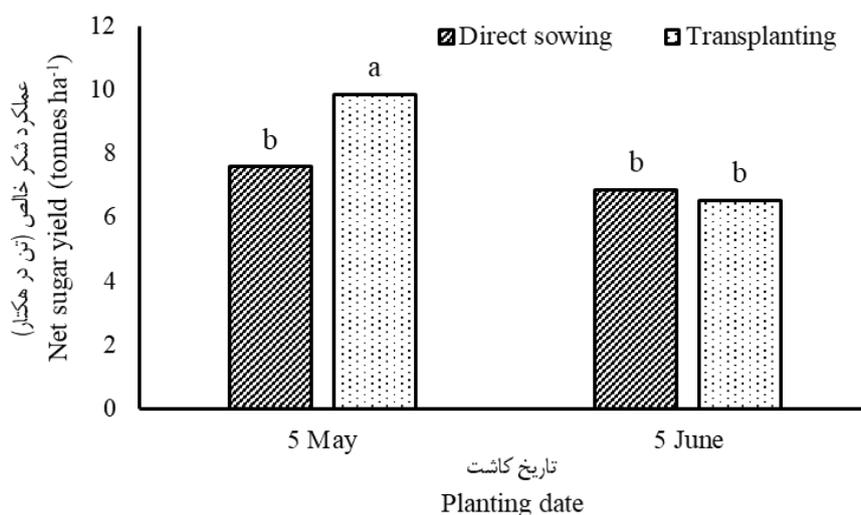
فاکتورهای آزمایش Experiment Factors	قند قابل استحصال Extractable sugar (%)	عملکرد شکر Sugar yield (tonnes ha ⁻¹)	ضریب استحصال شکر Extraction coefficient of sugar	
Location	منطقه			
Shirvan	شیروان	12.74 a	8.694 a	84.38 a
Mashhad	مشهد	11.39 b	6.715 b	81.46 b
Cultivar	رقم			
Anaconda	آناکوندا	12.31 a	8.239 a	83.51 a
Dorotea	دورتی	11.82 b	7.169 b	82.33 b
Planting date	تاریخ کاشت			
5 May	پانزدهم اردیبهشت	12.99 a	8.713 a	84.66 a
5 June	پانزدهم خرداد	11.14 b	6.696 b	81.18 b
Planting method	روش کاشت			
Transplanting	کشت نشایی	11.55 b	8.19 a	82.18 b
Direct sowing	کشت مستقیم	12.58 a	7.219 b	83.65 a

در هر فاکتور و در هر ستون، میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس استیودنتی-تست فاقد اختلاف معنی دار هستند.

Means with the same letters for each column and each factor haven't significant difference at 5% probability level according to student t-test.

(Petkeviciene, 2009). در گزارش دیگری، افزایش طول دوره رشد یا به عبارتی افزایش تعداد روز بین کاشت تا برداشت چغندر قند مرتبط با افزایش میزان شکر در چغندر قند گزارش شده است، در این مطالعه به وجود رابطه غیر خطی مثبت بین طول دوره رشد و عملکرد شکر اشاره شده است و دلیل این رابطه غیر خطی اعمال محدودیت در رشد توسط فاکتورهای محیطی بیان شده است (Scott *et al.*, 1973). با توجه به این که عملکرد شکر حاصل ضرب عملکرد ریشه در میزان شکر است، دلیل برتری کشت نشایی در مقایسه با کاشت مستقیم بذر در عملکرد شکر احتمالاً به بیشتر بودن عملکرد ریشه در کشت نشایی بستگی دارد و این که عملکرد قند بیشتر تحت تاثیر عملکرد ریشه قرار دارد (Lotfi Keyvanlo *et al.*, 2017). در مطالعه دیگری نیز برتری درصد قند خالص ریشه در کشت مستقیم در مقایسه با کشت نشایی گزارش شده است (Hasibi *et al.*, 2011).

نتایج بررسی اثر متقابل تاریخ کاشت و روش کاشت نشان داد که بیشترین عملکرد شکر خالص از کشت نشایی چغندر قند در تاریخ ۱۵ اردیبهشت به دست آمد (شکل ۳). در مطالعه‌ای در رابطه با مقایسه کشت مستقیم و نشایی چغندر قند در تاریخ‌های کاشت مختلف، برتری عملکرد شکر در کشت نشایی در مقایسه با کشت مستقیم و همچنین کاهش عملکرد شکر به واسطه تاخیر در کاشت گزارش شده است (Hussain, 1987). در مطالعه دیگری نیز برتری کشت نشایی چغندر قند در تاریخ کاشت اول خرداد در مقایسه با کشت مستقیم بذر و نشایی در تاریخ‌های ۱۵ خرداد و اول تیر گزارش شده است (Keyvanlo *et al.*, 2011). در مطالعه‌ای مربوط به بررسی فاکتورهای اقلیمی بر زمان کاشت چغندر قند وجود رابطه مثبت بین طول دوره رشد و میزان شکر خالص و وجود رابطه منفی بین به تعویق انداختن تاریخ کاشت و میزان شکر خالص گزارش شده است



شکل ۳- اثر متقابل روش کاشت و تاریخ کاشت بر عملکرد شکر چغندر قند

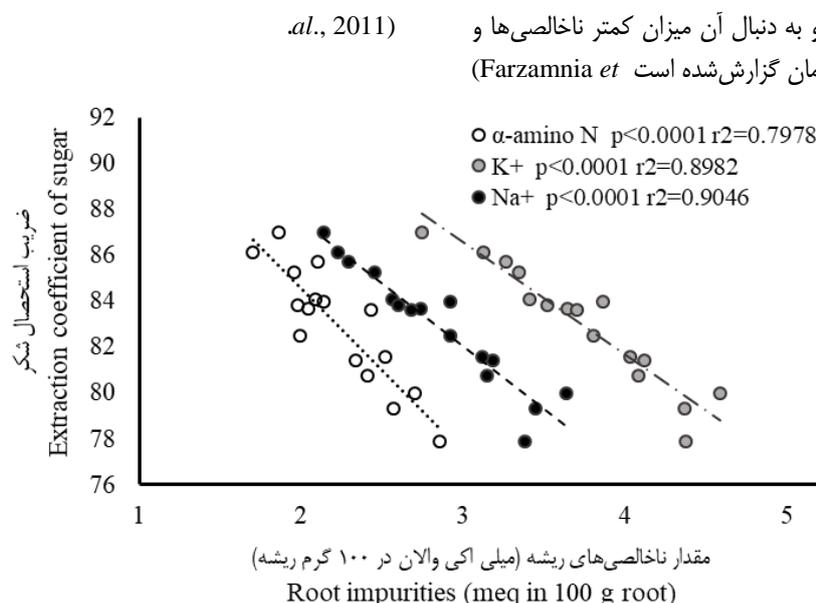
Figure 3- Interaction between planting method and planting date on sugar yield in sugar beet

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک از لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد بر اساس آزمون توکی فاقد اختلاف معنی دار هستند. Means with the same letters haven't significant difference at 5% probability level according to Tukey's test.

افزایش ناخالصی‌های ریشه از طریق ممانعت از کریستاله شدن ساکارز، استحصال قند را کاهش می‌دهد و افزایش میزان ملاس را به دنبال خواهد داشت (Jaggard *et al.*, 1999; Draycott, 2006). بررسی نتایج حاصل از مقایسه میانگین نشان داد که ضریب استحصال شکر در کشت چغندر قند در شیروان بیشتر از مشهد بود (جدول ۸). با توجه به بالاتر بودن میزان ناخالصی‌های ریشه در کشت چغندر قند در منطقه مشهد در مقایسه با شیروان (جدول ۸) و رابطه منفی بین ناخالصی‌های ریشه و ضریب استحصال شکر، کاهش میزان ضریب استحصال شکر، دور از انتظار نبود. در مطالعه‌ای در دو منطقه کرج و کرمان، میزان استحصال شکر در منطقه کرج به دلیل پایین

ضریب استحصال شکر

بین دو منطقه مورد بررسی از نظر ضریب استحصال شکر تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، این در حالی بود که اثر رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت بر ضریب استحصال شکر معنی‌دار بود (جدول ۷). ضریب استحصال شکر رابطه عکس با مقدار ناخالصی‌های ریشه داشت، به طوری که با افزایش میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره در ریشه از ضریب استحصال شکر کاسته می‌شود (شکل ۴). رابطه منفی ضریب استحصال شکر با میزان سدیم، پتاسیم و نیتروژن مضره توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Rajabi *et al.*, 2014; Fotouhi *et al.*, 2017; Sharifi, 2014; Nasri *et al.*, 2012a).



شکل ۴- ارتباط بین مقدار ناخالصی‌های ریشه و ضریب استحصال شکر چغندر قند تحت تاثیر رقم، تاریخ کاشت و روش کاشت در دو منطقه شیروان و مشهد در سال ۱۳۹۶

Figure 4- Relationship between root impurities and extraction coefficient of sugar in sugar beet affected by cultivar, planting date and planting method in Shirvan and Mashhad in 2017

عیار قند و میزان شکر خالص چغندر قند در کشت مستقیم بیشتر از کشت نشایی بود. با توجه به وابستگی عملکرد شکر خالص به میزان عملکرد ریشه، عملکرد شکر خالص چغندر قند در کشت نشایی بیشتر از کشت مستقیم بود. علاوه بر این ضریب استحصال شکر در کشت مستقیم بیشتر از کشت نشایی بود. نتایج این تحقیق نشان داد که تاخیر در کاشت چغندر قند باعث افزایش ناخالصی‌های ریشه و کاهش عملکرد ریشه، شکر خالص و ضریب استحصال شکر گردید. در بین ارقام مورد بررسی، رقم آناکوندا عملکرد ریشه و شکر خالص بیشتری در مقایسه با رقم دورتی داشت. در بین دو منطقه مورد بررسی، کشت چغندر قند در منطقه شیروان میزان عملکرد کمی و کیفی بهتری در مقایسه با کشت چغندر قند در منطقه مشهد داشت. به طور کلی، بیشترین عملکرد ریشه و شکر چغندر قند در کشت نشایی رقم آناکوندا در تاریخ کاشت ۱۵ اردیبهشت به دست آمد. یکی از فواید کشت نشایی، کاهش هزینه کنترل علف‌های هرز در مقایسه با کشت مستقیم بود. از سوی دیگر، هزینه تولید نشا و کشت آن از مشکلات این روش به‌شمار می‌آید. بنابراین اظهار نظر در خصوص برتری کشت نشایی نیازمند بررسی جنبه‌های اقتصادی می‌باشد.

بررسی نتایج مقایسه میانگین بیانگر این بود که ضریب استحصال شکر در رقم آناکوندا (۸۳/۵۱ درصد) بیشتر از رقم دورتی (۸۲/۳۳ درصد) بود (جدول ۸). در مطالعه‌ای درباره بررسی کمی و کیفی ژنوتیپ‌های مختلف چغندر قند، اختلاف ضریب استحصال شکر بین ژنوتیپ‌های مختلف گزارش شده است (Oroojnia et al., 2012). علاوه بر این، تاخیر در کاشت چغندر قند باعث کاهش ضریب استحصال شکر به میزان ۴/۱۱ درصد گردید. در بین روش‌های کاشت نیز، بیشترین ضریب استحصال شکر مربوط به کاشت مستقیم بذر چغندر قند بود (جدول ۸). به طور کلی، تاخیر در کاشت یا انتقال نشا و همچنین کشت نشایی باعث افزایش میزان ناخالصی‌های ریشه و به دنبال آن افزایش میزان ملاس ریشه گردید (جدول ۸)، از این رو کاهش ضریب استحصال شکر را در پی داشت. در مطالعه دیگری، کاهش ضریب استحصال شکر به دلیل تاخیر در کاشت گزارش شده است (NemeataAlla, 2016).

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این آزمایش بیانگر برتری عملکرد ریشه در کشت نشایی چغندر قند در مقایسه با کشت مستقیم بود. این در حالی بود که

References

1. AbdollahianNoghabi, M., Shikholeslami, R., and Babae, B. 2005. Technical terms of sugar beet quantity and quality. Journal of Sugar Beet 21 (1): 101-104. (in Persian with English abstract).
2. Beckett, J. L. 1982. Variety \times environment interactions in sugar beet variety trials. The Journal of Agricultural Science 98 (2): 425-435.

3. Beyaz, R., Alizadeh, B., Gurel, S., FatihOzcan, S., and Yildiz, M. 2013. Sugar beet (*Beta vulgaris* L.) growth at different ploidy levels. *Caryologia: International Journal of Cytology, Cytosystematics and Cytogenetics* 66 (1): 90-95.
4. Buchholz, K., Marlander, B., Puke, H., Glatkowski, H., and Thielecke, K. 1995. Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie* 120: 113-121.
5. Cakmakci, R., and Oral, E. 2002. Root yield and quality of sugar beet in relation to sowing date, plant population and harvesting date interactions. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 26: 133-139.
6. Chaligar, E., Raoufat, M. H., Khadem, S. M. R., and Chaligar, E. 2014. Design, fabrication and pseudo field evaluation of a sugar beet crust breaker and weeding unit equipped with an infrared sensor. *Journal of Agricultural Machinery* 4 (2): 194-205. (in Persian).
7. Dehghani, M., JafarAghae, M., and MohammadiKia, S. 2015. Effect of cotton transplanting on its yield and water use efficiency. *Journal of Water Research in Agriculture* 28 (2): 307-314. (in Persian).
8. Draycott, A. P. 2006. Sugar beet. Blackwell Publishing Ltd.
9. Erciyes, H., Bulut, S., and Arslan, M. 2016. Yield and quality characteristics of sugar beet cultivars under continental climatic conditions. *Current Trends in Natural Sciences* 5 (9): 152-157.
10. Fabeiro, C., Martin de Santa Olalla, F., Lopez, R., and Dominguez, A. 2003. Production and quality of the sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. *Agricultural Water Management* 62: 215-227.
11. Fanadzo, M., Chiduzo, C., and Mnkeni, P. N. S. 2009. Comparative response of direct seeded and transplanted maize (*Zea mays* L.) to nitrogen fertilization at Zanyokwe irrigation scheme, Eastern Cape, South Africa. *African Journal of Agricultural Research* 4 (8): 689-694.
12. Farzamian, M., Zareie, G., Fathollah Talleghani, D., and Darvishi, D. 2011. Role of controlled deficit irrigation on sugar beet quantity and quality. *Journal of Sugar Beet* 26 (2): 169-183. (in Persian).
13. Ferdous, H. M., Abdul Khaliq, Q., and Karim, A. 2015. Effect of sowing dates on growth and yield of tropical sugar beet. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research* 7 (1): 53-60.
14. Fotouhi, K., Majidi, E., Rajabi, A., and Azizinejad, R. 2017. Study of genetic variation for drought tolerance in sugar beet half-sib families. *Journal of Sugar Beet* 33 (1): 1-16. (in Persian).
15. Haghayeghi, A., Tohidloo, G., and Sadreghaen, H. 2005. Water use efficiency and yield of sugar beet under sprinkler and furrow irrigation. *Journal of Agricultural Engineering Research* 6 (22): 1-14. (in Persian with English abstract).
16. Hasibi, P., Kashani, A., Mamghani, R., and Meskarbashi, M. 2011. Feasibility study of spring culture of three sugar beet (*Beta vulgaris* L.) cultivars by paper pot and direct sowing methods in Ahvaz. *Journal of Plant Production (Scientific Journal of Agriculture)* 33 (2): 41-54. (in Persian).
17. Hemayati, S. S., Shirzadi, M. H., Aghaezadeh, M., Taleghani, D. F., Javaheri, M. A., and Aliashari, A. 2012. Evaluation of sowing and harvesting date effects on yield and quality of five sugar beet cultivars in Jiroft region (autumn planting). *Journal of Sugar Beet* 28 (1): 13-21.
18. Hosseinian, S. H., Abdollahian Noghabi, M., and Majnoon Hosseini, N. 2014. Effect of bolting on the yield and quality of two sugarbeet varieties in autumn sowing area in Dezful region of Iran. *Iranian Journal of Crop Sciences* 16 (4): 265-277. (in Persian with English abstract).
19. Hussain, A. 1987. The response of sugar beet (*Beta vulgaris* L.) to planting method and sowing date. Ph.D. thesis. Lincoln College, University of Canterbury.
20. ICUMSA. 2007. The determination of the polarisation of sugar beet by the macerator or cold aqueous digestion method using aluminium sulphate as clarifying agent official in A. Bartens, K.G. eds. *International Commission for Uniform Methods of Sugar Analysis. Methods Book*, Berlin.
21. Jafarnia, B., ZareaFaze Abadi, A., Ghorbani, R., Rezvani Moghadam, P., and Ghaemi, A. R. 2015. Effects of plant density and nitrogen and bio fertilizer on qualitative characteristics of sugar beet in Mashhad and Torbat-e-jam regions of Iran. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13 (2): 278-286. (in Persian).
22. Jaggard, K. W., Clark, C. J. A., and Draycott, A. P. 1999. The weight and processing quality of components of the storage roots of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Journal of the Science of Food and Agriculture* 79: 1389-1398.
23. Kandil, A. A., Badawi, M. A., El-Moursy, S. A., and Abdou, U. M. A. 2004. Effect of planting dates, nitrogen levels and biofertilization treatments on 1: Growth attributes of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Scientific Journal of King Faisal University (Basic and Applied Sciences)* 5 (2): 227-237.
24. Karbalaee, S., Mehraban, A., Mobasser, H. R., and Bitarafan, Z. 2012. Sowing date and transplant root size effects on transplanted sugar beet in spring planting. *Annals of Biological Research* 3 (7): 3474-3478.
25. Kaya, R., and Buzluk, S. 2006. Integrated weed control in sugar beet through combinations of tractor hoeing and reduced dosages of herbicide mixture. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry* 30: 137-144.
26. KazeminKhah, K. 2006. The effect of transplanting time on the quality and quantity of paper pot cultivation of sugar beet in the saline soils of East Azerbaijan province. *Journal of Agricultural Science* 16 (1): 203-212. (in Persian).

27. Khaembah, E. N., and Nelson, W. R. 2016. Transplanting as a means to enhance crop security of fodder beet. Cold Spring Harbor Labs Journals. <https://doi.org/10.1101/056408>.
28. Koocheki, A. R., Nassiri Mahallati, M., Siyahmarguee, A., Gherekhloo, J., Rastgoo, M., and Ghaemi, A. R. 2008. Effect of different integrated weed management methods on weed density and yield of sugar beet crop. Iranian Journal of Field Crops Research 6 (2): 383-394. (in Persian with English abstract).
29. Kubadinow, N., and Wieninger, L. 1972. Bestimmung des Alpha-Aminostickstoffs in Zuckerrüben und Betriebssäften der Zuckerproduktion. Zucker 25: 43-47.
30. LotfiKeyvanlo, A., and Armin, M. 2017. The effect of seedlings age and date of transfer on quantitative and qualitative characteristics of sugar beet. Iranian Journal of Field Crop Science 48 (1): 291-301. (in Persian with English abstract).
31. Milford, G. F. J. 1976. Sugar concentration in sugar beet: varietal differences and the effects of soil type and planting density on the size of the root cells. Annals of Applied Biology 83: 251-257.
32. Mirzaei, M. R., and Abdollahian Noghabi, M. 2012. Study of sugar beet growth pattern in Hamadan. Journal of Sugar Beet 27 (2): 117-134. (in Persian with English abstract).
33. Mohamadian, R. 2016. Effect of sowing date and defoliation intensity on root yield and yield quality of sugar beet (*Beta vulgaris* L.). Iranian Journal of Crop Sciences 18 (2): 88-103. (in Persian with English abstract).
34. Nasri, R., Kashani, A., Paknejad, F., SadeghiShoae, M., and Ghorbani, S. 2012a. Correlation and path analysis of qualitative and quantitative yield in sugar beet in transplant and direct cultivation method in saline lands. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8 (1): 213-226. (in Persian).
35. Nasri, R., Kashani, A., SadeghianMotahar, S. Y., and Habibi, D. 2012b. Quantitative and qualitative characteristics of sugar beet in direct cultivation and paper pot transplanting under saline soils of Ahvaz, as an autumn planting. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 7 (4): 25-40. (in Persian).
36. NemeataAlla, H. E. A. 2016. Yield and quality of sugar beet as affected by sowing date, nitrogen level and foliar spraying with calcium. Journal of Sustainable Agricultural Science 42 (1): 170-188.
37. Noshad, H., and Khayamim, S. 2017. Effect of soil nitrogen on some physiological characteristics and quality of sugar beet. Iranian Journal of Field Crop Science 48 (1): 11-24. (in Persian with English abstract).
38. Oroojnia, S., Habibi, D., Taleghani D. F., Safari Dolatabadi, S., Pazok, A., Moaveni, P., Rahmani, M., and Farshidi, M. 2012. Evaluation of yield and yield components of different sugar beet genotypes under drought stress. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8 (1): 127-144. (in Persian).
39. Petkeviciene, B. 2009. The effects of climate factors on sugar beet early sowing timing. Agronomy Research 7 (1): 436-443.
40. Rajabi, A., Pirniya, P., Amiri, R., Salimi, S., Ebrahimi, M., and Aghaezadeh, M. 2014. Assessment of heritability and identification of suitable hybrids for late sowing in sugar beet. Journal of Sugar Beet 29 (2): 163-174. (in Persian).
41. Rastegar, J., and Heydari, S. 2006. Effects of nursering and transplanting date on quantitative and qualitative characters of long-day onion (*Allium cepa* L.) cultivars. Seed and Plant Production Journal 22 (3): 303-317. (in Persian).
42. Sadrabadi Haghghi, R., Amirmoradi, S., and Mirshahi, A. 2011. Investigation og growth analysis of conventional and commercial sugar beet (*Beta vulgaris*) varieties at delayed planting date in Chenaran (Khorasan Razavi Province). Iranian Journal of Field Crops Research 9 (3): 505-513. (in Persian).
43. Sadreghaen, S. H., Zarei, G., and Haghayeghei Moghaddam, A. G. 2009. Effect of sprinkler and furrow irrigation on quantity, quality and water use efficiency of sugar beet. Journal of Water and Soil 23 (1): 173-183. (in Persian with English abstract).
44. Schnepel, K., and Hoffmann, C. M. 2016. Effect of extending the growing period on yield formation of sugar beet. Journal of Agronomy and Crop Science 202 (6): 530-541.
45. Scott, R. K., English, S. D., Wood, D. W., and Unsworth, M. H. 1973. The yield of sugar beet in relation to weather and length of growing season. The Journal of Agricultural Science – Cambridge Core 81: 339-347.
46. Sharifi, M. 2014. Correlation and path analysis of white sugar yield with some of traits under irrigated regimes in sugar beet (*Beta vulgaris* L.) genotypes. Journal of Plant Ecophysiology 6 (17): 74-88. (in Persian).
47. Siahmarguee, A., Koocheki, A. R., and NassiriMahallati, M. 2010. Effect of different integrated weed management methods on weed characteristics and yield of sugar beet. Electronic Journal of Crops Production 3 (4): 49-71. (in Persian with English abstract).
48. Taheri, M., Abbasi, M., Daneshi, N., and Ebrahimi Pak, N. A. 2015. Assessing effect of different irrigation intervals and planting methods on onion yield. Journal of Water Research in Agriculture 29 (1): 11-19. (in Persian).
49. Vantine, M., and Verlinden, S. 2003. Growing organic vegetable transplants. West Virginia University.
50. Wieninger, L., and Kubadinow, N. 1971. Beziehungenzwischen Rübenanalysen und technischer Bewertung von Zuckerrüben. Zucker 24: 599-604.



Evaluation of Quantity and Quality Characteristics of Sugar Beet Varieties in Different Sowing Date of Direct Sowing and Transplanting in Shirvan and Mashhad

M. Bagheri Shirvan¹, Gh. A. Asadi^{2*}, A. Koochecki³

Received: 10-11-2018

Accepted: 14-04-2019

Introduction

Sugar beet is one of the important industrial crops in sugar production industry. Recently, Iranian farmers have encountered some challenges such as restricting government support and lack of water for irrigation. Therefore, sugar beet production has declined in recent years. In addition, lack of precision planting equipment, dependency on labour force in weed control and synchronizing sugar beet planting with irrigation of other crops such as cereals has increased problems for farmers. The appropriate sowing technique, optimum sowing date and application of acceptable varieties will solve these problems.

Materials and Methods

This experiment was conducted during 2017 in Mashhad and Shirvan stations. The experimental layout was factorial experimental design based on randomized complete block design. The factors in this experiment were sugar beet varieties (Anakonda and Dorotea), planting method (Transplanting and seed sowing) and sowing or transplanting date (5 May and 5 June). For transplanting treatments, the seed was planted into paper pots in tunnel house around 30 days before transplanting. The plots area was 15 m², had 6 rows (50 cm apart) with 5 m length. In seed sowing treatments, seeds were sown 10 cm apart, then in 4-6 leaf stage, the plants were manually thinned to a density of 100,000 plants ha⁻¹ (20 cm apart). In transplanting treatments, seedlings were sown 20 cm apart. The plants harvested on 27 October in Mashhad and 29 October in Shirvan. After harvesting, the root and leaf were weighted. Then a sample from the root in each plot was selected and used to measured criteria sugar content, root impurities, molasses content, extractable sugar, sugar yield and extraction coefficient of sugar.

Results and Discussion

The results showed that root yield and sugar yield of sugar beet in Shirvan were higher than Mashhad. While the root impurities and molasses content in Mashhad were higher than Shirvan. The difference in soil and weather conditions could be one of the reasons for these differences between two areas. Transplanting treatments showed the highest root yield and leaf weight rather than direct sowing. Furthermore, the root impurities were highest in transplanting treatments. According to the reports, branched roots in transplanting roots would be higher than direct sowing and it can increase the root impurities. Based on this hypothesis, direct sowing of sugar beet increased the impure sugar and extractable sugar. According to the positive correlation between root yield and sugar yield, the highest sugar yield obtained from transplanting treatments. The results represented that delaying in sowing date increased the root impurities and molasses content. Therefore, the sugar yield in the second date of sowing or transplanting was less than first sowing date. The second sowing date increased the percentage of sodium, potassium and amino nitrogen, 26.29, 21.24, and 14.42, respectively. In addition, the second sowing date increased the molasses content compared to the first sowing date by 13.61%. Other studies also reported similar results. Some of the studies mentioned that decreasing the growth period can increase the root impurities in sugar beet. Different genotypes also showed different responses. The highest root yield and sugar yield and the lowest root impurities were related to Anakonda. The molasses content in Dorotea was 5.11% higher than Anakonda. Some of the studies expressed that different genotypes have different cell capacity to store the sugar. According to the evaluation of the interaction between different factors, the highest root yield (77.34 ton.ha⁻¹) and sugar yield (9.848 ton.ha⁻¹) were observed in transplanted sugar beet that planted in the first sowing date. There is a significant correlation between the extraction coefficient of sugar and root impurities content, this led to root impurities interfere with crystallization of sucrose and decreased the sugar extraction.

Conclusions

According to the results, transplanted sugar beet had more yield quantity and quality compared to seed sowing. Also, the second sowing date decreased the quality and quantity of sugar beet. In addition, planting of sugar beet in Shirvan condition was better than Mashhad condition. In general, it seems that the transplanted

1- Ph.D. student in crop ecology, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

2- Associate Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

3- Professor, Department of Agrotechnology, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Mashhad, Iran

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

Anakonda on 5 May in both areas will be appropriate. However, making a decision, in this case, requires further evaluating such as economic aspects.

Keywords: Extraction coefficient of sugar, Root impurities, Root yield, Transplanting



ارزیابی عملکرد و کیفیت روغن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) تحت اثر

محلول پاشی محرک‌های رشد و زمان برداشت

پر شنگ خلیلی^{۱*}، مهدی تاج بخش^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیده

یکی از اهداف مهم کشت و کار گلرنگ، تولید حداکثری روغن با روند تولید پایدار می‌باشد. با توجه به اهمیت کاربرد محرک‌های رشد و زمان برداشت در پایش وضعیت تولید کمی و کیفی، این آزمایش با هدف بررسی اثر برخی محرک‌های رشدی و زمان برداشت بر کیفیت روغن و عملکرد دانه گلرنگ، به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار در سال‌های ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ارومیه به اجرا درآمد. فاکتور اول محلول پاشی مواد محرک رشد شامل: عصاره کود کبوتری (به نسبت یک در ۱۰)، اسیدسالیسیلیک (۱ میلی‌مولار)، متانول (۲ گرم در لیتر)، آرمان (۳ گرم در لیتر) و شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) بودند. دو تاریخ برداشت شامل مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و تکنولوژیکی دانه به عنوان فاکتور دوم منظور شد. برهمکنش محلول پاشی و زمان برداشت بر پالمیتیک اسید و استئاریک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود؛ به طوری که بیشترین درصد پالمیتیک اسید (۱۶/۸۵٪) از شاهد در سال اول و استئاریک اسید (۱۳/۷۲٪) از سالیسیلیک اسید در سال اول به دست آمد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد در زمان برداشت دوم بیشترین عملکرد روغن (۲۲۶/۴۱ کیلوگرم در هکتار) به دست آمد که با بیشتر بودن درصد روغن (۳۱/۳٪) در این تیمار مورد تایید قرار گرفت. بیشترین مقدار لینولئیک اسید (۶۹/۵۲٪) در محلول پاشی با عصاره کود کبوتری، بیشترین درصد اولئیک اسید (۱۸/۴۸٪) از شاهد در سال اول به دست آمد که با سالیسیلیک اسید در سال اول در یک گروه آماری بود. در تحقیق حاضر اعمال عصاره کود کبوتری از نظر حصول عملکرد، صفات کمی و کیفیت روغن اثرگذاری بیشتری نسبت به سایر تیمارها داشت.

واژه‌های کلیدی: اسید چرب، تاریخ برداشت، عصاره کود کبوتری، عملکرد روغن

مقدمه

سریع عناصر غذایی برای گیاه، محلول پاشی می‌باشد. با توجه به این که عوامل مؤثر بر جذب خاکی مواد غذایی متغیر هستند، محلول پاشی روشی کارآمد در اصلاح اختلالات تغذیه‌ای گیاهان محسوب می‌شود (Khan et al., 2003).

متانول به واسطه‌ی عامل متیل خود سریع از طریق کوتیکول برگ جذب می‌شود که بر فیزیولوژی گیاهان تاثیر قابل توجهی دارد (Ramirez et al., 2006). این ماده یکی از ساده‌ترین فرآورده‌های گیاهی بوده که توسط اکثر گیاهان خصوصاً طی مراحل اولیه بزرگ شدن برگ‌ها در اثر دمتیلاسیون پکتین تولید و به محیط اطراف آن‌ها انتشار می‌یابد. اهمیت متانول به این دلیل است که این ماده محصول بعضی از واکنش‌های درون گیاهی است و کاملاً برای آن‌ها شناخته شده بوده و پس از تولید توسط بافت‌های گیاهی متابولیزه شده و در نهایت دی‌اکسید کربن در اختیار گیاه قرار می‌دهد (Gout et al., 2000). نتایج بررسی‌های محققان حاکی از افزایش کارایی تبدیل کربن و افزایش سرعت فتوسنتز در فلفل (*Capsicum annuum* L.) و گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum* L.) بعد از قرار گرفتن بافت برگی در معرض متانول بود (Hemming et al., 1995). محلول پاشی با متانول ۴۰٪ سبب افزایش معنی‌دار صفات تعداد ساقه فرعی، تعداد برگ، عملکرد دانه، ارتفاع گیاه و وزن هزار دانه گیاه

رویکرد جهانی در تولید گیاهان دانه روغنی به سمت استفاده از نظام‌های کشاورزی پایدار و به‌کارگیری روش‌های مدیریتی نظیر مصرف کودهای آلی و زیستی به منظور ارتقای عملکرد کمی و کیفی گیاهان دانه روغنی می‌باشد.

دانه‌های روغنی پس از غلات دومین ذخایر غذایی جهان را تشکیل می‌دهند. این محصولات علاوه بر ذخایر غنی اسید چرب، حاوی پروتئین نیز می‌باشند (Fanaii and Narouirad 2013). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) از تیره آستراسه، یک گیاه چندمنظوره است که عمدتاً به دلیل کیفیت بالای روغن آن که قابلیت مصرف برای انسان و همچنین تغذیه پرندگان دارد، کشت می‌شود (Mohammadi et al., 2014). گلرنگ گیاهی یک‌ساله و بسیار متحمل به خشکی است (Rameshknia et al., 2013). دانه گلرنگ دارای ۲۵ تا ۴۵ درصد روغن، ۱۲ تا ۲۷ درصد پروتئین و حدود ۳۰ تا ۵۵ درصد پوسته است (Rastegar, 2006). یکی از روش‌های تامین

۱- دانشجوی دکترا، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
۲- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه، ارومیه، ایران
(Email: pkhalili95@yahoo.com) * - نویسنده مسئول

عملکرد و اجزای عملکرد محصولات دانه روغنی و همچنین با در نظر گرفتن اهمیت گسترش کشت گیاهان دانه روغنی به‌ویژه به روش آلی، این تحقیق با هدف ارزیابی و تعیین اثر مصرف محرک‌های رشد (عصاره کود کبوتری، آرمان، سالیسیلیک‌اسید و متانول) بر عملکرد و کیفیت روغن گلرنگ و تعیین زمان مناسب برداشت این گیاه در شرایط آب و هوایی ارومیه به‌اجرا درآمد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه با موقعیت جغرافیایی ۳۷ درجه و ۳۹ دقیقه عرض شمالی و ۴۴ درجه و ۵۸ دقیقه طول شرقی و ارتفاع ۱۳۶۵ متر از سطح دریا اجرا گردید و در سال زراعی ۱۳۹۵-۱۳۹۶ تکرار گردید. براساس آمار آب و هوایی و منحنی آمبروترمیک، این منطقه جزو مناطق آب و هوایی سرد و خشک می‌باشد، میانگین حداکثر سالانه ۱۶ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دما سه درجه سانتی‌گراد می‌باشد. خصوصیات خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

تیمارهای مورد بررسی شامل عصاره کود کبوتری (به نسبت ۱:۱۰)، اسیدسالیسیلیک (۱ میلی‌مولار)، متانول (۲ گرم در لیتر)، ترکیب آرمان (۳ گرم در لیتر) و شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بودند. آرمان (نام تجاری) یک ترکیب جدید کاملاً آلی و مغذی برای گیاهان است که شامل ۱۲ نوع ماده مختلف است؛ از جمله شامل (جلبک دریایی ایرانی، جلبک دریایی خارجی، پودر ماهی، هیومیک اسید و پتاس معدنی (از منبع خاکستر آفتابگردان)) می‌باشد. برای آماده‌سازی عصاره کود کبوتری، یک کیلوگرم کود در ۱۰ لیتر آب به مدت ۲۴ ساعت خیسانده و سپس از دو لایه پارچه نازک گذرانده شد و عصاره به‌دست آمده جهت محلول‌پاشی استفاده گردید (Maleki, 2017). مشخصات کود کبوتری در جدول ۳ ارائه شده است. تیمار زمان برداشت در دو سطح بر اساس میزان رطوبت بذر در زمانی‌که بذر ۱۵ درصد و ۱۰ درصد رطوبت داشتند (مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و تکنولوژیکی بذر) که مصادف با ۱۲۱ و ۱۳۶ روز پس از کاشت بود، اعمال شد (Mosavi Mogaddam et al., 2013; Mohammadi et al., 2018).

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۰ تیمار و چهار تکرار بر گیاه گلرنگ (توده بومی اصفهان) اجرا شد. آماده‌سازی زمین در اواسط اردیبهشت انجام گرفت و تاریخ کشت ۳۰ اردیبهشت بود. کشت به‌صورت جوی و پشته به فاصله بین بوته ۱۰ سانتی‌متر، بین ردیف ۵۰ سانتی‌متر انجام گرفت. عمق کاشت سه تا چهار سانتی‌متر در نظر گرفته شد. آبیاری به‌صورت نشتی انجام شد. اولین آبیاری بعد از کاشت، دومین آبیاری یک هفته بعد از کاشت، سومین آبیاری در مرحله ۴ برگی، چهارمین آبیاری در اوایل ساقه‌روی، در ادامه هر هفته یک‌بار انجام شد.

شنبله شد (Mehrafarin et al., 2015). غلظت متانول در بافت‌های گیاهی سرعت فعالیت‌های متابولیکی را تعیین می‌کند (Downie et al., 2004). همچنین در بازده تبدیل کربن و نیز مسیرهای متابولیکی مربوط به تبدیل کربن نیز تاثیر دارد (Ramberg et al., 2002).

کود کبوتری (Pigeon manure) از عناصر میکرو غنی است. همچنین مقادیر متعادلی از عناصر ماکرو در آن موجود است، لذا اثر مثبتی بر رشد و نمو گیاهان دارد. در ارتباط با این کود، محققان گزارش کردند که کاربرد پیش‌تیمار کود کبوتری بر کیفیت گیاه تاج‌خروس زراعی تاثیر مثبت و معنی‌داری در مقایسه با شاهد داشت (Maleki and Tajbakhsh, 2017). طبق نتایج محققان کاربرد کود دامی بر صفات عملکرد زیستی، وزن دانه، درصد روغن و درصد نیتروژن دانه گلرنگ اثر معنی‌داری داشت (Ghanbari et al., 2018).

سالیسیلیک‌اسید از جمله ترکیباتی است که موجب بهبود کارایی مصرف و نگهداری آب در گیاهان می‌گردد؛ این ماده در اغلب گیاهان به‌صورت طبیعی وجود دارد و بر بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی سلول اثر می‌گذارد (Habibpor et al., 2016). محلول‌پاشی با سالیسیلیک‌اسید عملکرد دانه کرچک را تحت شرایط عدم تنش و تنش خشکی افزایش داد (Izadi and Taddayion, 2015). محققان نشان دادند که محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید در شرایط تنش و عدم تنش باعث افزایش عملکرد روغن و محتوای عناصر ماکرو در گیاه گلرنگ شد (Amiri et al., 2017). طبق نتایج محققان کاربرد ۵۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید باعث افزایش درصد روغن و تعداد دانه در کاپیتول گلرنگ در مقایسه با شاهد و ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک اسید شد (Farjam et al., 2014). محققان گزارش کردند که کاربرد ۳۰٪ حجمی متانول در گلرنگ (*Carthamus tinctorius L.*) باعث افزایش وزن هزار دانه در مقایسه با شاهد شد (Khaki-Moghadam, and Rokhzadi, 2015).

بذر هنگام برداشت باید تا حد امکان از نظر مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و تکنولوژیکی رسیده باشد (Mosavi Mogaddam et al., 2013). همچنین در دانه‌های نرسیده با رطوبت بالا، خشک کردن سریع، امکان قطع سریع فعل و انفعالات شیمیایی و بیوشیمیایی بذر را منجر می‌شود (Tajbakhsh and Ghyassi, 2009). تاریخ برداشت از مهمترین متغیرهای تولید است که از نظر مناسب‌ترین زمان رسیدگی کمی و کیفی محصول باید مورد توجه قرار گیرد (Mosavi Mogaddam et al., 2013). محققان بیان کردند میزان روغن آفتابگردان ۱۵ روز بعد گلدهی به سرعت افزایش می‌یابد و در ۳۰ تا ۳۵ روز بعد گلدهی به حداکثر میزان خود می‌رسد (Baydar and Erbaş, 2005). با توجه به اثرات متفاوت محرک‌های رشدی بر

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of soil in experimental site

Year	عمق Depth (cm)	بافت خاک Soil texture	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)	اسیدیته گل اشباع pH	رس (%) Clay	سیلت (%) Silt	شن (%) Sand	ماده آلی (%) OM	کربن آلی (%) O.C	نیتروژن کل N (%)	فسفر P ₂ O ₅ (ppm)	پتاسیم K ₂ O (ppm)
2015-2016	0-30	Silt clay loam	0.9	7.6	35	39	26	0.86	0.51	0.043	8.9	115.6
2016-2017	0-30	Silt clay loam	0.9	7.7	33	38	29	0.86	0.53	0.043	8.9	118

جدول ۲- دمای ماهانه و متوسط بارندگی طی فصل رشد در سال‌های ۱۳۹۵-۱۳۹۶ و ۱۳۹۴-۱۳۹۵
Table 2- Monthly temperature and precipitation during the growing season in 2015-2016 and 2016-2017

ماه سال Month	دمای متوسط Average temperature (°C)						کل بارندگی Total precipitation (mm)	
	حداقل Minimum		حداکثر Maximum		میانگین Mean		۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2015-2016	۱۳۹۵-۱۳۹۶ 2016-2017
	۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2015-2016	۱۳۹۵-۱۳۹۶ 2016-2017	۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2015-2016	۱۳۹۵-۱۳۹۶ 2016-2017	۱۳۹۴-۱۳۹۵ 2015-2016	۱۳۹۵-۱۳۹۶ 2016-2017		
اردیبهشت May	11	10.9	26.4	29.3	18.7	20.1	28.9	0.8
خرداد June	15.6	16.1	31.5	33.3	23.55	24.7	5.1	0
تیر July	15.6	16.8	32.6	34.7	24.1	25.7	0	0.7
مرداد August	12.4	13	29.1	31.7	20.75	22.3	0	0
شهریور September	5.4	7.7	22.7	17	14.05	12.3	0	1
مهر October	3.6	6.2	8.95	11.1	6.27	8.6	29.3	38.4

جدول ۳- ترکیبات کود کبوتری مورد استفاده در آزمایش
Table 3- The compounds of the pigeon manure used in the test

آهن کل Total Fe (mg kg ⁻¹)	روی کل Total Zn (mg kg ⁻¹)	منگنز کل Total Mn (mg kg ⁻¹)	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC (mmhos.kg ⁻¹)	نیتروژن کل (%) Total N	فسفر در دسترسی (%) Available P	پتاسیم کل (%) K
86.2	75.2	87.5	6.49	7.8	4.53	1.7	1.7

عملکرد پروتئین نیز از حاصل ضرب درصد پروتئین در عملکرد دانه (به صورت کیلوگرم در هکتار) انجام گردید. آنالیز روغن نمونه‌ها توسط دستگاه GC به روش (Metcalf *et al.*, 1996) در جهاد دانشگاهی ارومیه انجام شد. تجزیه آماری طرح با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS نسخه ۹/۴ انجام شد. آزمون بارتلت روی کلیه صفات انجام شد و هنگامی که واریانس خطای صفات در دو سال متوالی کشت با همدیگر همگون بودند مقایسات میانگین‌ها به صورت تجزیه مرکب به روش آزمون LSD در سطح احتمال خطای پنج درصد انجام گرفت.

تیمار محلول‌پاشی به منظور تاثیر بهتر در سه مرحله طی فصل رشد (اوایل ساقه‌روی، ۵۰ درصد گلدهی و مرحله شیری) برای تمامی تیمارها انجام شد. تیمار زمان برداشت شامل دو زمان برداشت در مرحله ۱۲۱ و ۱۳۶ روز پس از کاشت (مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی و تکنولوژیکی دانه) توسط سمپاش پشتی ۲۰ لیتری (مدل sprayer: standard number 7256, iso14001, made in china) با حجم نیم لیتر در متر مربع توسط نازل 4-hole nozzle انجام گرفت. اندازه‌گیری روغن با روش سوکسله با استفاده از حلال هگزان، عملکرد روغن از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه (به صورت کیلوگرم در هکتار)، اندازه‌گیری پروتئین با استفاده از روش کج‌لدال،

نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر ساده محلول‌پاشی بر صفات عملکرد زیستی، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر ساده برداشت بر صفات عملکرد زیستی، درصد روغن، عملکرد روغن، درصد پروتئین و عملکرد پروتئین در سطح احتمال یک درصد و بر وزن هزار دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود، همچنین برهم‌کنش سال و محلول‌پاشی بر عملکرد روغن در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴).

عملکرد زیستی

با توجه به نتایج مقایسه میانگین بیشترین عملکرد زیستی با ۲۷٪ افزایش نسبت به شاهد متعلق به تیمار محلول‌پاشی با عصاره کود کبوتری بود که با آرمان در یک گروه آماری بود. عصاره کود کبوتری موجب توسعه سطح سبز پوشش گیاهی، فعالیت فتوسنتزی و ارتفاع گیاه (جدول ۵) می‌شود (برخورداری بهتر از تابش خورشید) و در نتیجه تعداد شاخه فرعی (جدول ۵) و به تبع آن تعداد طبق (جدول ۵) و تجمع ماده خشک بیشتر می‌شود که عامل موثری در افزایش عملکرد می‌باشد. همین‌طور بیشترین عملکرد زیستی با ۸٪ افزایش در رسیدگی فیزیولوژیک به‌دست آمد. دلیل کاهش عملکرد زیستی در زمان برداشت دوم را می‌توان به خشک شدن و ریزش برگ‌ها نسبت داد. محققان بیان کردند که با تأخیر در زمان برداشت در گیاه کاسنی، نسبت برگ به زیست‌توده کاهش و سهم نسبی ساقه در علوفه کاسنی رقم پونا به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (Rezvani Moghaddam et al., 2013) که نتایج ما با یافته‌های آنها مطابقت داشت.

عملکرد دانه

با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۵) همه محلول‌پاشی‌ها نسبت به شاهد موجب افزایش عملکرد شدند، ولی بیشترین عملکرد دانه، با ۲۲٪ افزایش نسبت به شاهد، از محلول‌پاشی عصاره کود کبوتری به‌دست آمد. نتایج این تحقیق با یافته‌های (Maleki, 2017) در رابطه با افزایش عملکرد دانه تحت اثر محلول‌پاشی با عصاره کود کبوتری در گیاه تاج‌خروس زراعی همسو بود. از آن‌جایی‌که کود کبوتری (جدول ۳) حاوی نیتروژن است و نیتروژن در تشکیل کلروفیل، اسیدهای نوکلئیک و پروتئین نقش دارد، لذا به سبب افزایش ظرفیت و فرآیند فتوسنتزی، اندام‌های زایشی بیشتری ساخته شده و سهم مواد پرورده آن‌ها نیز افزایش می‌یابد. لذا می‌توان نتیجه گرفت به علت تولید محتوای کلروفیل بالاتر عملکرد دانه بیشتر قابل‌توجه است. افزایش چشمگیر عملکرد نخود پس از ۳ بار محلول‌پاشی متناوب توسط محققان گزارش شده است (Nadali et al., 2010; Soghani et al., 2011). طبق یافته‌های محققین

(Mansori fra et al., 2012; Parvizi et al., 2011; Rezvani et al., 2016) روند پر شدن دانه در غالب موارد به شکل منحنی سیگموئیدی می‌باشد که بعد از رسیدگی مورفولوژیک نوسانات اندکی در وزن دانه‌ها مشاهده می‌شود و وزن دانه بیشترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه دارد (Mansori fra et al., 2012) و از آن‌جایی‌که برداشت در محدوده زمانی ثابت شدن روند پر شدن دانه انجام شد، لذا تغییر معناداری در عملکرد دانه در اثر زمان برداشت مشاهده نشد.

وزن هزار دانه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد، بیشترین وزن هزار دانه با ۱۰٪ افزایش نسبت به شاهد از محلول‌پاشی عصاره کود کبوتری به‌دست آمد که با آرمان در یک گروه آماری بود (جدول ۵). محققان گزارش کردند که پیش‌تیمار بذور تاج‌خروس زراعی با عصاره کود کبوتری سبب افزایش وزن دانه در مقایسه با شاهد شد (Maleki and Tajbakhsh, 2017). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد وزن هزار دانه در رسیدگی فیزیولوژیک نسبت به رسیدگی تکنولوژیک، ۴٪ افزایش داشت. اگرچه کاهش در میزان رطوبت بذر عامل اصلی کاهش در وزن دانه است با این وجود، تغییرات بیوشیمیایی داخلی (ترکیبات داخلی دانه به مواد با سطح احیای بالاتر تبدیل می‌شوند) دلیلی مضاف بر کاهش وزن دانه است.

درصد و عملکرد روغن

با توجه به جدول مقایسه میانگین، بیشترین درصد روغن با ۱۴٪ افزایش نسبت به شاهد در محلول‌پاشی با عصاره کود کبوتری به‌دست آمد (جدول ۵). همین‌طور در تاریخ برداشت دوم بیشترین درصد روغن با ۹٪ افزایش نسبت به برداشت اول به‌دست آمد. طبق تحقیقات انجام شده توسط محققان معمولاً مقدار روغن در زمان رسیدگی فیزیولوژیکی به سطح ثابتی می‌رسد و تا زمان رسیدگی بذر نوسان اندکی دارد و اختلافات مشاهده شده ناشی از عوامل محیطی به‌خصوص دما می‌باشد (Kimber and Gregor, 1995)، که نتایج این تحقیق با یافته‌ی (Elias and Copeland, 2001) در کلزا (*Brassica napus L.*) و (Mosavi Mogaddam et al., 2013) در گلرنگ هم‌خوانی داشت. بیشترین عملکرد روغن با ۴۰ درصد افزایش نسبت به شاهد از محلول‌پاشی با عصاره کود کبوتری در سال اول به‌دست آمد که با همین تیمار در سال دوم در یک گروه آماری بود (شکل ۱). از آن‌جایی‌که کود کبوتری مقادیر قابل‌توجهی نیتروژن و فسفر در ترکیب خود دارد و فسفر باعث افزایش درصد روغن گلرنگ (Ghanbari Kashan et al., 2017) و همچنین نیتروژن موجب افزایش کارایی مصرف نور می‌شود (Dreecer et al., 2000)، لذا افزایش درصد و به‌تبع آن عملکرد روغن منطقی است. علی‌رغم اینکه عملکرد دانه در زمان برداشت تغییر معناداری نداشت (جدول ۵)، افزایش ۶ درصدی عملکرد روغن در رسیدگی تکنولوژیک (جدول ۵)

انتخاب ارقام است و اغلب به شرایط رشدی و درجه رسیدگی محصول بستگی دارد. از آنجایی که روغن فرم ذخیره‌ای کربن در بذر است به‌عنوان منبع انرژی عمل نمی‌کند، لذا هرچه طول دوره رشد بیشتر شود بر میزان روغن دانه نیز افزوده می‌گردد.

را می‌توان به افزایش میزان روغن گیاه نسبت به رسیدگی فیزیولوژیک نسبت داد که با نتایج (Elias and Copeland, 2001) در کلزا و (Mosavi Mogaddam *et al.*, 2013) در گلرنگ هم‌خوانی داشت. به‌طور کلی میزان روغن در ماده خشک طی دوره رسیدگی افزایش می‌یابد. میزان روغن دانه‌ها ویژگی مهمی برای

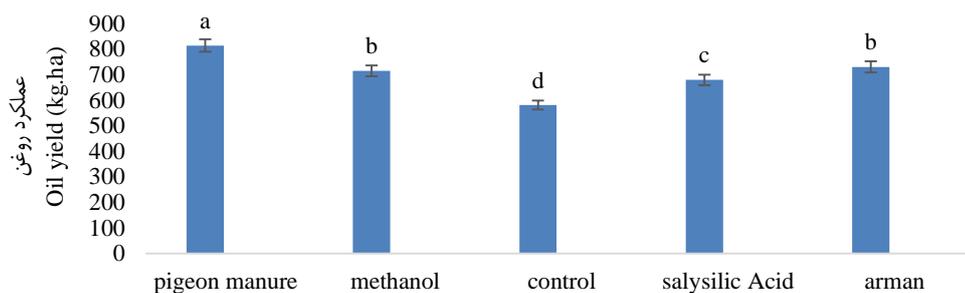
جدول ۴- میانگین مبرعات حاصل از تجزیه واریانس گلرنگ تحت اثر محلول‌پاشی و زمان برداشت
Table 4- Analysis of variance of safflower treated with foliar application and harvest time

منابع تغییر S.O.V	df	میانگین مبرعات Mean square										
		عملکرد زیستی Biological yield	عملکرد دانه Seed yield	وزن هزار دانه 1000- seed weight	درصد روغن Oil percent	عملکرد روغن Oil yield	پروتئین Protein percent	عملکرد پروتئین Protein yield	لینولئیک اسید Linoleic acid	پالمیتیک اسید Palmitic acid	اولئیک اسید Oleic acid	استئاریک اسید Stearic acid
سال Year	1	936146.45ns	861042**	10.33ns	17.15ns	35133.15**	4.73ns	80435.5**	43.23*	81.608**	121.524*	75.95**
تکرار (سال) Replication (Year)	6	5984895.49	12930.7	8.324	5.04	2351.88	3.84	3236.48	5.903	4.981	9.123	1.93ns
محلول‌پاشی Foliar	4	7915167.33**	440330.9**	41.125**	44.40**	116546.3**	18.75**	54003.58**	180.63**	55.706**	34.933**	52.92**
سال × محلول‌پاشی Year × Foliar	4	850030.48ns	26499.8ns	9.248ns	1.56ns	4857.69*	4.72ns	2805.9ns	272.137ns	104.927ns	19.900*	0.009ns
زمان برداشت Harvest time	1	7688000**	54779ns	36.382*	137.18**	39121.43**	106.72**	27792.24**	16.923**	4.661**	2.962*	21.68*
سال × زمان برداشت Year × Harvest time	1	13781.25ns	28.8ns	0.0112ns	0.21ns	24.97ns	0.17ns	1653.47ns	4.032ns	3.079ns	13.917ns	0.02ns
زمان برداشت × محلول‌پاشی Foliar × harvest time	4	702570.91ns	8954ns	0.065ns	0.376ns	1919.74ns	3.04ns	1544.67ns	0.128ns	2.450ns	1.624ns	17.71**
سال × زمان برداشت × محلول‌پاشی Year × Foliar × Harvest time	4	45036.78ns	2103.3ns	0.064ns	0.386ns	428.77ns	1.45ns	927.19ns	0.826ns	1.463ns	1.684ns	0.02ns
خطا Error	54	916533.8	15949.8	6.37	0.888	1813.79	2.29	2703.96	8.517	4.07	3.95	3.8
ضریب تغییرات CV (%)		12.1	5.5	7.4	3.1	6.0	7.2	10.7	4.4	16.7	14.1	17.8

* و ** به ترتیب تفاوت معنی‌دار در سطح پنج درصد و یک درصد و ns عدم وجود تفاوت معنی‌دار.
* and ** : Significant at 5% and 1% probability level, respectively, and ns: Not significant

جدول ۵- مقایسه میانگین مرکب صفات گلرنگ تحت تاثیر محلول پاشی، زمان برداشت و سال‌های آزمایشی
Table 5- Mean comparison of safflower character under foliar application, harvest time, and years

تیمار Treatment	عملکرد زیستی Biological yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد دانه Seed yield (kg.ha ⁻¹)	وزن هزار دانه 1000 seed weight (gr)	درصد روغن Oil percent (%)	درصد پروتئین Protein percent (%)	عملکرد پروتئین Protein yield (kg.ha ⁻¹)	ارتفاع Plant Height (cm)	شاخه فرعی N. of Branch	تعداد طبق N. of Head
محلول پاشی Foliar application									
شاهد Control	6874.5c	2037.4c	32.89b	28.6d	19.67d	399.26c	93.53d	7.85c	15d
عصاره کود کبوتری Pigeon manure extract	8779.5a	2483.7a	36.5a	32.8a	21.25bc	527.6 b	103a	11.8a	17.16a
آرمان Arman	8139.8ab	2350.1b	35.4a	31.1b	21.57ab	507b	101.8ab	10.85a	16.3 b
سالیسیلیک اسید Salicylic Acid	7650.7b	2329.1b	33.4b	29.2d	20.36cd	474b	100c	10.2b	16.17cd
متانول Methanol	8084.8b	2360.1b	33b	30.3c	22.47a	530.4a	97.6 b	9 b	15.77bc
LSD	678.61	89.52	1.74	0.66	1.07	36.85	2.11	0.75	0.46
زمان برداشت Harvest time									
رسیدگی فیزیولوژیک Physiological maturity	8215.9a	ns	34.9a	29.1b	19.91b	465.8b	ns	ns	ns
رسیدگی تکنولوژیک Technological maturity	7595.9b	ns	33.5b	31.7a	22.22a	503.1a	ns	ns	ns
LSD	429.19	56.61	1.1	0.42	0.67	23.31			
سال Year									
۱۳۹۵-۱۳۹۴	ns	2415.33a	ns	ns	ns	516.14a	ns	10.44a	ns
2015-2016	ns	2207.84b	ns	ns	ns	452.73b	ns	8.61b	ns
۱۳۹۶-۱۳۹۵	ns	2207.84b	ns	ns	ns	452.73b	ns	8.61b	ns
2016-2017	ns	2207.84b	ns	ns	ns	452.73b	ns	8.61b	ns
LSD		62.21				31.12		0.84	



شکل ۱- مقایسه میانگین محلول پاشی بر عملکرد روغن گلرنگ
Figure1-Mean comparison of foliar application on oil yield of safflower

مدت فعالیت فتوسنتزی برگ‌ها و افزایش تثبیت CO₂ است (Amraei, et al., 2017) و افزایش درصد و عملکرد پروتئین را می‌توان به آن نسبت داد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد بیشترین درصد پروتئین با ۱۱٪ افزایش نسبت به تاریخ برداشت اول از تاریخ برداشت دوم به‌دست آمد. علت افزایش پروتئین در برداشت دوم به‌دلیل پر شدن مغز دانه در طی مراحل تکامل می‌باشد (بیشترین

درصد و عملکرد پروتئین

بیشترین درصد پروتئین دانه با ۱۴٪ افزایش نسبت به شاهد مربوط به محلول پاشی با متانول بود که با آرمان در یک گروه آماری قرار داشت (جدول ۵). در گیاهان تیمار شده با متانول دوره‌ی فعال فتوسنتزی برگ‌ها افزایش می‌یابد، لذا در اثر به تعویق افتادن پیری، برگ‌های گیاه مدت طولانی‌تری سبز می‌ماند و نتیجه‌ی آن افزایش

که در زمان برداشت نامناسب ممکن است کیفیت مطلوب حاصل نشود. بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی (برداشت اول) با خنک‌تر شدن هوا و افزایش طول دوره رشد (برداشت دوم)، تجمع اسیدهای چرب بیشتر از نوع اسیدهای چرب غیر اشباع می‌باشد که مطلوب است. تغییرات در ترکیب اسیدهای چرب در پاسخ به کوددهی توسط سایر محققان نیز گزارش شده است (Mohammadi and Rokhzadi, 2012). ارتباط مثبت و معنی‌داری بین میزان روغن و غلظت لینولئیک اسید در دانه‌ها وجود دارد (Movahhedy-Dehnavy et al., 2009). محلول‌پاشی با مواد نانو تاثیر مثبتی بر لینولئیک اسید گلرنگ (Taghizadeh et al., 2019) داشت، در حالی که تاثیر منفی بر میزان پالمیتیک اسید در رقم دشتستان کجند (Ayoubzadeh et al., 2018) داشت که نتایج تحقیق حاضر با این یافته‌ها همسو بود. کاربرد ورمی‌کمپوست و هومات پتاسیم اثر افزایشی معنی‌داری بر لینولئیک اسید گلرنگ داشتند (Hajghani et al., 2016) که نتایج ما با این تحقیقات در یک راستا بودند. (Mohammadi et al., 2018) گزارش کردند که درصد روغن گلرنگ تحت تاثیر زمان برداشت (مراحل رسیدگی بذر) متغیر بود، به طوری که در رقم‌های فرمان، گلدشت، سینا و سفه افزایش چشمگیر میزان روغن در برداشت ۴۵ روز بعد گلدهی نسبت به دو هفته قبل در شرایط تنش آبی و عدم تنش نشان داد.

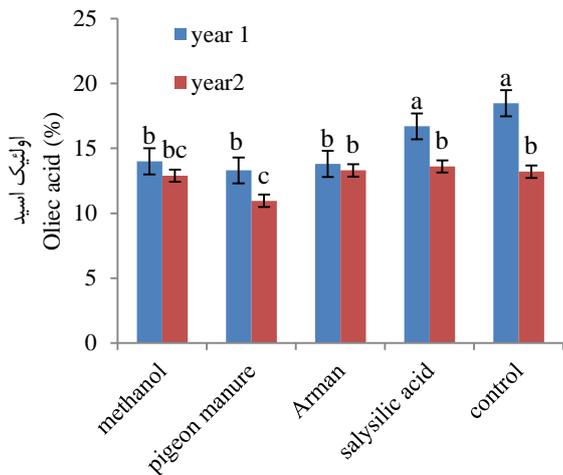
نتیجه‌گیری

در تحقیق حاضر بررسی تاثیر محلول‌پاشی محرک‌های رشد با هدف به حداقل رساندن استفاده از نهاده در افزایش عملکرد گیاه چندمنظوره گلرنگ انجام پذیرفت که گامی مثبت در جهت حمایت اقتصادی تولیدکننده می‌باشد. با توجه به نتایج به دست آمده، محلول‌پاشی عصاره کود کیوتری و متانول و آرمان و سالیسیلیک اسید منجر به افزایش عملکرد محصول در شرایط اقلیمی شهرستان ارومیه نسبت به شاهد بودند. محلول‌پاشی از طریق بهبود اجزای عملکرد منجر به افزایش عملکرد روغن و پروتئین گردید. از آنجایی که محلول‌پاشی در مراحل حساس رشدی گیاه انجام شد، علاوه بر اثر مطلوب در میزان فتوسنتز جاری، با افزایش کمیت آسیمیلات ذخیره شده احتمالاً اثر مثبتی بر انتقال مجدد ترکیبات به دانه نیز داشته است. در نهایت می‌توان اظهار داشت محلول‌پاشی با عصاره کود کیوتری تاثیر بیشتر و کاراتری نسبت به بقیه تیمارها در حصول عملکرد دانه و کیفیت گلرنگ داشت. تاریخ برداشت دوم تاثیر بهتری بر درصد روغن و پروتئین داشت در حالی که بیشترین عملکرد بیولوژیک و وزن هزار دانه از زمان برداشت اول حاصل شد که احتمالاً به دلیل ریزش برگ‌های پایینی بوته در (عملکرد بیولوژیک) و کاهش رطوبت دانه (وزن هزار دانه) بود.

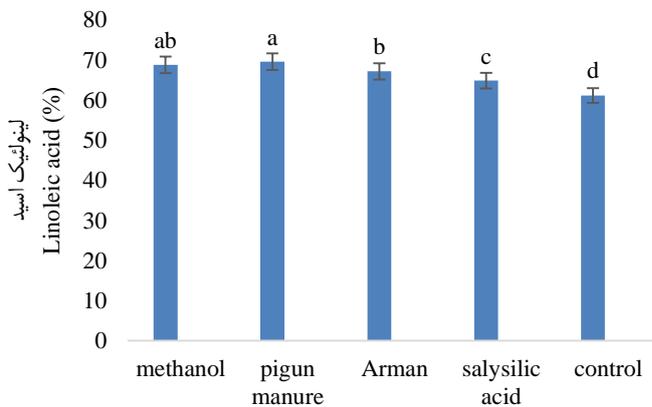
میزان پروتئین در مغز دانه ذخیره می‌شود. نتیجه‌ی حاصل با گزارش (Mosavi Mogaddam et al., 2013) همخوانی داشت. نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول ۵) نشان داد که بیشترین عملکرد پروتئین با افزایش ۴۰ درصدی نسبت به شاهد از متانول به دست آمد. بیشترین عملکرد پروتئین با ۸٪ افزایش نسبت به زمان اول از برداشت دوم حاصل شد. در واقع دلیل عملکرد پروتئین بیشتر در زمان برداشت دوم علی‌رغم ثابت بودن عملکرد دانه را می‌توان به تجمع بیشتر پروتئین در زمان برداشت دوم نسبت داد (جدول ۵). هم‌زمان با رسیدگی بذر متابولیسم داخل دانه همچنان ادامه دارد و ترکیبات داخلی دانه به ترکیبات با سطح احیای بالاتری تبدیل می‌شوند و لذا بر میزان ترکیباتی چون پروتئین افزوده می‌شود (که دلیل این امر را می‌توان با کسر تنفسی ترکیبات پروتئینی و یا اسیدهای چرب مرتبط دانست که با افزایش سطح احیای مواد میزان کسر تنفسی آنها کاهش می‌یابد که در پروتئین‌ها کمتر از کربوهیدرات‌ها است).

تجزیه روغن

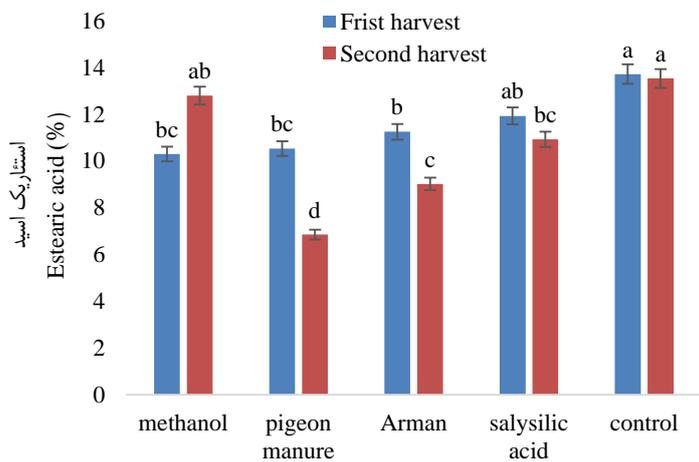
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر متقابل محلول‌پاشی و زمان برداشت بر استتاریک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود همچنین اثر محلول‌پاشی بر لینولئیک اسید و پالمیتیک اسید در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. زمان برداشت بر لینولئیک اسید در سطح یک درصد و بر اولئیک اسید در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۴). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که تمام مواد محلول‌پاشی شده اثر مثبتی بر کیفیت روغن دانه گلرنگ داشتند به طوری که بهترین کیفیت روغن با افزایش ۱۳٪ در میزان لینولئیک اسید نسبت به شاهد، در محلول‌پاشی با عصاره کود کیوتری به دست آمد که با محلول‌پاشی متانول در یک گروه آماری بود (شکل ۲). یکی از مهم‌ترین اسیدهای چرب غیراشباع از نظر تغذیه لینولئیک اسید است. بیشترین درصد اولئیک اسید (۱۸/۵٪) از تیمار شاهد در سال اول به دست آمد که با سالیسیلیک اسید در یک گروه آماری بود (شکل ۳). طبق نتایج مقایسه میانگین بیشترین درصد پالمیتیک اسید (۱۵/۱۶٪) از تیمار شاهد به دست آمد (شکل ۴). بیشترین درصد استتاریک اسید (۱۳/۷۲٪) از تیمار شاهد طی زمان برداشت اول به دست آمد که با شاهد در زمان برداشت دوم، متانول طی برداشت دوم و سالیسیلیک اسید طی برداشت اول در یک گروه آماری بود (شکل ۵). ژن‌های تاثیرگذار بر میزان و نوع اسیدهای چرب (Ashaar ghadim, and Gharanjik, 2018) مستقل از ژن‌های مربوط به عملکرد هستند. محلول‌پاشی محرک‌های رشدی از قبیل کود کیوتری به لحاظ دارا بودن میزان متناسبی از مواد مغذی از جمله نیتروژن باعث فعال‌سازی این ژن‌ها شده و در نتیجه میزان لینولئیک اسید افزایش پیدا کرده است و به تبع آن میزان اولئیک اسید کاهش یافته است. زمان برداشت در گیاهان علوفه‌ای، دارویی و روغنی حائز اهمیت فراوانی است چرا



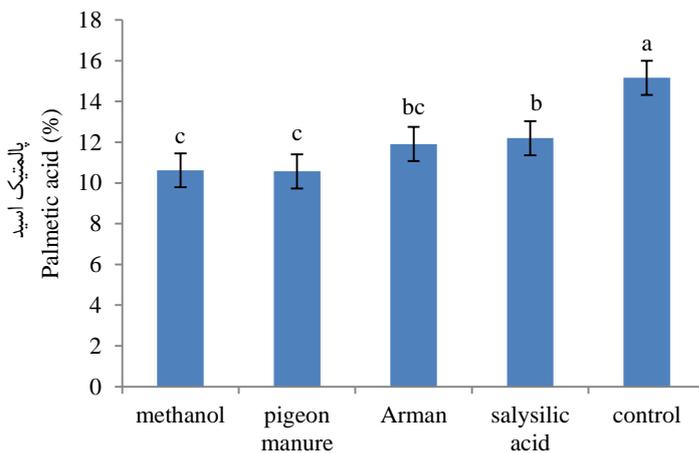
شکل ۳- برهمکنش اثر محلول پاشی در سال بر اولئیک اسید
Figure 3- Interaction of foliar application and year on oleic acid



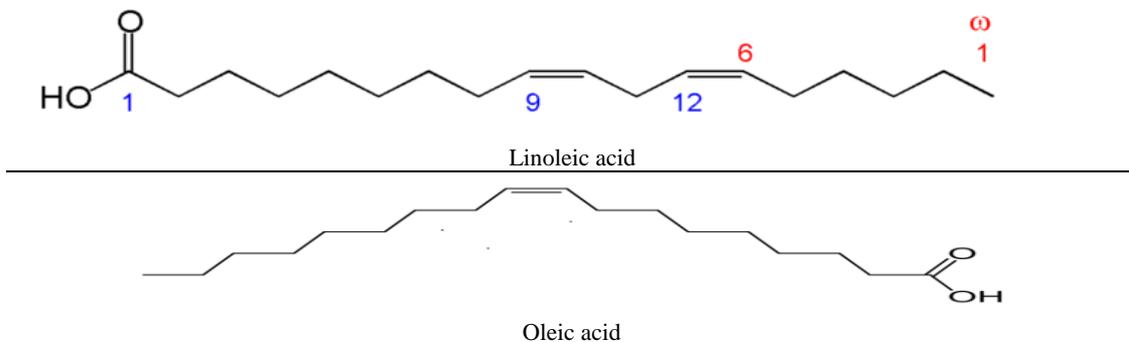
شکل ۲- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی بر لینولئیک اسید
Figure 2- Mean comparison of foliar on linoleic acid



شکل ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل محلول پاشی در زمان برداشت بر استتاریک اسید گلرنگ
Figure 5- Mean comparison of interaction of foliar and harvest time on stearic acid



شکل ۴- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی بر پالمیتیک اسید
Figure 4- Mean comparison of foliar on palmetic acid



شکل ۶- الف- لینولئیک اسید، ب- اولئیک اسید
Figure 6- (a) Linoleic acid, (b) Oleic acid

References

1. Amiri, A., Esmailzadeh Bahabadi, S., Yadollahi Dehcheshmeh, P., and Sirousmehr, A. 2017. The role of salicylic acid and chitosan foliar applications under drought stress condition on some physiological traits and oil yield of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Crop Ecophysiology 11 (1): 84-69. (in Persian with English abstract).
2. Amraei, B., Paknejad, F., Ebrahimian, M. A., and Sobhanan, H. 2017. Effect of methanol foliar application and drought stress on seed yield and growth indices of soybean (*Glycine max* L.). Journal of Plant Growth Physiology 9 (34): 111-129. (in Persian).
3. Ashaar ghadim, E., and Gharanjik, S. H. 2018. Cloning and bioinformatics analyses of the coding DNA sequence (CDS) of Delta 6 Desaturase gene from *Mortierella alpina* (CBS 754.68). Biological Journal of Microorganism 7 (26): 87-99. (in Persian with English abstract).
4. Ayoubzadeh, N., Laei, G., Amini Dehaghi, M., Masoud Sinaki, J., and Rezvan, S. 2018. Seed yield and fatty acids composition of sesame genotypes as affected by foliar application of iron Nano-chelate and fulvic acid under drought stress. Applied Ecology and Environmental Research 16 (6): 7585-7604. DOI: http://dx.doi.org/10.15666/aeer/1606_75857604
5. Baydar, H., and Erbaş, S. 2005. Influence of seed development and seed position on oil, fatty acids and total tocopherol contents in sunflower (*Helianthus annuus* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry 29: 179-186.
6. Downie, A., Miyazaki, S., Bohnert, H., John, P., Coleman, J., Parry, M., and Haslam, R. 2004. Expression profiling of the response of *Arabidopsis thaliana* to methanol stimulation. Phytochemistry 65 (16): 2305-2316.
7. Dreecer, M. F., Schapendonk, H. C. M., Oijen, M. V., Sanderpot, C., and Rabbinge, R. 2000. Radiation and nitrogen use at the leaf and canopy level by wheat and oilseed rape during the critical period for grain number definition. Australian Journal of Plant Physiology 27: 899-910.
8. Elias, S. G., and Copeland, L. O. 2001. Physiological and harvest maturity of canola in relation to seed quality. Agronomy Journal 93 (5): 1054-1058.
9. Esendel, E., Kevesoglu, K. E., Ulsa, N., and Aytac, S. 1992. Performance of late autumn and spring planted safflower under limited environment. In: Proceeding of the third International Safflower Conference, China. P. 221-280.
10. Fanaei, H. R., and Narouirad, M. R. 2013. Study of yield, yield components and tolerance to drought stress in safflower genotypes. Journal of Crop Production 7 (3): 33-51. (in Persian).
11. Farjam, S., Rokhzadi, A., Mohammadi, H., and Ghale-shakhani, S. 2014. Effect of cutting irrigation tension and foliar application of salicylic acid on growth, yield and yield components of three Safflower cultivars. Crop Physiology Journal 6 (23): 99-112. (in Persian).
12. Ghanbari Kashan, M., Mirzakhani, M., and Farid Hashemi, S. A. 2017. Effect of Organic and Chemical Fertilizers on Oil Content and other Agronomic Traits of Safflower (*Carthamus tinctorios*). Journal of Agricultural Science and Sustainable Production 27 (4): 203-216. (in Persian with English abstract).
13. Gout, E., Albert, S., Bligny, R., Rebeille, P., and Nonomura, A. R. 2000. Metabolism of methanol in plant cells. Plant Physiology 123: 287-296.
14. Habibpor, S., Naderi, A., Lake, S. H., Faraji, H., and Moghaddam, M. 2015. Effects of salicylic acid on yield and some physiological characteristics of sweet corn hybrids under water deficit stress condition. Iranian Plant Physiology and Biochemistry Journal 1 (2): 1-15. (in Persian).
15. Hajghani, M., Ghalavand, A., Modarres-Sanavy, S. A. M., and Asadipour, A. 2016. The response of safflower seed quality characteristics to organic and chemical fertilization. Biological Agriculture & Horticulture 32 (2): 139-147. <http://dx.doi.org/10.1080/01448765.2015.1094674>
16. Hemming, D., and Criddle, R. 1995. Effects of methanol on plant respiration. Journal of Plant Physiology 146: 193-198.
17. Izadi, Z., and Tadayion, A. 2015. Effect of salicylic acid and Spermidine in yield and yield component of *Ricinus communis* L. under drought stress. Environmental Stresses in Crop Science 8 (2): 159-167. (in Persian).
18. Khaki-Moghadam, A., and Rokhzadi, A. 2015. Growth and yield parameters of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as influenced by foliar methanol application under well-watered and water deficit conditions. Environmental and Experimental Biology 13: 93-97.
19. Khan, H. R., McDonald, G. K., and Rengel, Z. 2003. Zn fertilization improves water use efficiency, grain yield and seed Zn content in chickpea. Plant and Soil 241: 389-400.
20. Kimber, D., and Mc Gregor, D. I. 1995. Brassica oil seeds production and utilization. 2nd, CAB American Chemistry Society 55 (2): 272-274.
21. Maleki, S. 2017. Effect of priming, foliar application and harvesting date on qualitative and quantitative traits of Prines- feather (*Amaranthus hypochondriacus* L.). PhD. Thesis University of Urmia. 106Pp. (in Persian with English abstract).

22. Maleki, S., and Tajbakhsh, M. 2017. Study of morphological characteristics and forage quality of *Amaranthus hypochondriacus* L. under some seed priming. Iranian Journal of Field Crops Research 15 (1): 103-112. (in Persian).
23. Mansouri-far, S., Shaaban, M., Ghobadi, M., and Sabaghpour, S. H. 2012. Investigation of grain filling in chickpea cultivars (*Cicer arietinum* L.) under drought stress conditions and starter nitrogen fertilizer application. Iranian Journal of Field Crops Research 10 (3): 591-602. (in Persian).
24. Mehrafarin, A. NaqdiBadi, H., Qaderi, A., Labbafi, M. R., Zand, E., Noormohammadi, Gh., Qavami, N., and SeifSahandi, M. 2015. Changes in seed yield and mucilage of Fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in response to foliar application of methanol as a bio-stimulant. Journal of Medicinal Plants 2 (54): 86-100. (in Persian with English abstract).
25. Metcalf, L. C., Schmitz, A. A., and Pelka, J. R. 1996. Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography analysis. Analytical Chemistry 38: 514-515.
26. Mohammadi, K., and Rokhzadi, A. 2012. An integrated fertilization system of canola (*Brassica napus* L.) production under different crop rotations. Industrial Crops and Products 37: 264-269.
27. Mohammadi, M., Ghassemi-Golezani, K., Chaichi, M. R., and Safikhani, S. 2018. Seed oil accumulation and yield of Safflower affected by water supply and harvest time. Crop Ecology and Physiology 110 (2): 586-593.
28. Mohammadi, M., Tavakoli, A., and Saba, J. 2014. Effect of foliar application of 6-benzylaminopurine on yield and oil content in two spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Cultivars. Plant Growth Regulation 73: 219-226.
29. Monica, R. C., and Cremonini, R. 2009. Nanoparticles and higher plants. Karyology 62: 161-165.
30. Mosavi Mogaddam, S. L., Tajbakhsh, M., and Eivazi, A. 2013. Evaluation of harvesting dates on quantitative, qualitative and seed storage characteristics of spring Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) genotypes. Iranian Journal of Field Crops Research 11 (3): 454-459. (in Persian).
31. Movahhedy-Dehnavy, M., Modarres-Sanavy S. A. M., Mokhtassi-Bidgoli, A. 2009. Foliar application of zinc and manganese improves seed yield and quality of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) grown under water deficit stress. Industrial Crops and Products 30: 82-92.
32. Nadali, I., Paknejad, F., Moradi, F., and Vazan, S. 2010. Effect of methanol on yield and some quality characteristics of Sugar Beet (*Beta vulgaris* L.) cv. rasoul in drought and non-drought stress conditions. Journal of Seed and Plant Improvement 26: 95-108. (in Persian with English abstract).
33. Parvizi, S., Amirnia, R., Bernosy, I., Paseban Islam, B., Hasanzadeh Gorttapeh, A., and Raeii, Y. 2011. Evaluation of different plant densities effects on rate and process of grain filling, yield and yield components in varieties of dry bean. Journal of Plant Production 18 (1): 69-87. (in Persian with English abstract).
34. Ramberg, H. A., Bradley, J. S. C., Olson, J. S. C., Nishio, J. N., Markwel, L., and Osterman, J. C. 2002. The role of methanol in promoting plant growth: An Update. Review. Plant Biochemistry and Biotechnology 1: 113-126.
35. Rameshknia, Y., Tahmasebpoor, B., and SabbaghTazeh, E. 2013. Investigation the important traits of spring Safflower varieties through multivariate statistical methods. Bulletin of Environment, Pharmacology and Life Sciences 2 (8): 29-34.
36. Ramirez, I., Dorta, F., Espinoza, V., Jimenez, E., Mercado, A., and PenA-Cortes, H. 2006. Effects of foliar and root applications of methanol on the growth of Arabidopsis, Tobacco and Tomato plants. Journal of Plant Growth Regulation 25 (1): 30-44.
37. Rastegar, M. A. 2006. Agronomy of industrial plants brahmand publication, Tehran. Pp480. (in Persian).
38. Rezvani Moghaddam, P., Balandari, A., and Seyyedi, S. M. 2015. Effect of plant density and harvest time on forage yield of Chicory (*Cichorium intybus* L. cv. grasslands Puna). Iranian Journal of Crop Sciences 17 (2): 104-114. (in Persian).
39. Rezvani, E., Ghaderifar, F., Hamidi, A., and Soltani, E. 2016. Evaluation of various indicators related to physiological maturity, harvest time and highest seed quality determination in hybrid maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research 4 (2): 83-95. (in Persian with English abstract).
40. Soghani, M., Paknejad, F., Nadali, I., Elahipanah, F., and Ghafari, M. 2011. Effect of methanol on yield and yield component in chickpea. Journal of Crop and Weed Ecophysiology 15 (17): 79-88. (in Persian with English abstract).
41. Taghizadeh, Y., Jalilian, J., and Siavash Moghaddam, S. 2019. Do Fertilizers and Irrigation Disruption Change Some Physiological Traits of Safflower? Journal of Plant Growth Regulation. <https://doi.org/10.1007/s00344-019-09946-5>
42. Tajbakhsh, M., and Ghyassi, M. 2009. Seed Ecology. Jahad publications academic unit West Azerbaijan. Pp134. (in Persian).



Evaluation of Yield and Oil Quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seeds under Plant Growth Motivate Foliar Application and Harvest Time

P. Khalili^{1*}, M. Tajbakhsh²

Received: 11-12-2018

Accepted: 26-06-2019

Introduction: The global approach to produce oilseed is sustainable agricultural system, and their management practices such as the use of organic and biological fertilizers to enhance the quantitative and qualitative performance of oilseed crops. Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) a multipurpose plant and cultivate mainly due to the high quality of its oil, and it belonged to the Asteraceae family. Foliar application of plant growth motivate is an effective way of stimulate plant growth and yields. Harvesting date is one of the most important variables of production. Sunflower oil content increased rapidly after 15 days and reached the highest level at 30 to 35 days after flowering. This study was performed to compare the effects of plant growth motivate foliar application and harvest time on yield component and oil content and fatty acid composition of safflower.

Materials and Methods: A trial was conducted as a randomized complete block design with 10 treatments and four replications in 2015-2016, and was repeated in 2016-2017. The treatments included: pigeon manure extract (1:10), salicylic acid (1 mmol), methanol (2 g.l⁻¹), Arman (3 g.l⁻¹) and control (distilled water). Arman (Brand) is a completely organic and nutritious compound for plants that is a mixture of several non-toxic elements. Plants were harvested in two stages, when seed reached to the physiological and technological maturity. Evaluated traits were including biological and seed yield, thousand seed weight, oil (percent and yield), protein (percent and yield), and oil analysis. The statistical analysis of the design was done using SAS software version 9.4 and the comparison of the means by LSD test at 5% probability.

Results and Discussion: The results of the analysis of variance showed that effect of foliar application on biological and seed yield, 1000 seed weight, oil percentage and yield, protein percentage and yield were significant at ($p \leq 1\%$). The effect of harvesting time on biological yield, oil percentage, oil yield, protein percentage and protein yield was significant at ($p \leq 1\%$), and on 1000 seed weight at ($p \leq 5\%$). Also the interaction between foliar application and harvesting time was significant on the palmitic acid and stearic acid at ($p \leq 1\%$), and the effect of foliar application was significant on the linoleic acid at ($p \leq 1\%$), and interaction of foliar application and year was significant on the oleic acid at ($p \leq 5\%$). The results of oil analysis showed that all materials applied had a positive effect on the quality of safflower seed oil, so that foliar application with pigeon manure extract caused 13% increase in the linoleic acid in second harvest amount compare to the control, which was in a statistical group with Arman, and methanol. According to the results of the mean comparison the highest biological yield, seed yield, thousand seed weight, oil percent and yield, belonged to applied to the foliar application with pigeon manure extract. According to the mean comparison, the highest value of palmitic acid and stearic acid was obtained from the control in the first harvest harvesting time (seeds physiological maturity). Extract of pigeon manure increases the level of green vegetation, photosynthetic activity and plant heights, which is an effective factor in increasing yield. Also, the highest biological yield, thousand seed weight belonged to the first harvest time, and the highest oil (percent and yield), protein (percent and yield) belonged to the second harvest time. The grain weight increases until the morphological maturity, but after that, the transfer of the material to the seed is cut off and the internal composition of the grain becomes the material with a higher recovery level, therefore, a slight decrease in the grain weight reasonable seems. The amount of oil usually reaches a stable level at physiological maturity, and has a slight change up to the time of seed maturity, and the observed differences are due to environmental factors, especially the temperature.

Conclusions: According to the results, spraying of pigeon manure extract, Arman, methanol, and salicylic acid showed an increase of yield compared to the control in climatic conditions of Urmia. Foliar application improved the yield components by increasing the yield of oil and protein. Finally, it can be stated that spraying with the extract of pigeon manure had a more effective and efficient effect on the quality and quantity of safflower than other treatments. The second harvest date preferable.

Keywords: Fatty acid, Harvest date, Oil yield, Pigeon manure extract

1- PhD Student of Agronomy, Urmia University, Urmia, Iran

2- Professor of Agronomy, Urmia University, Urmia, Iran

(*- Correspond Author Email: pkhali95@yahoo.com)

بررسی واکنش ارقام گندم دیم (*Triticum aestivum* L.) در دو منطقه نیمه‌خشک و نیمه‌مرطوب استان گلستان

علی‌راحمی کاریزکی^{۱*}، هادی رضایی^۲، عبداللطیف قلی‌زاده^۳، علی نخ‌زری مقدم^۴، معصومه نعیمی^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

چکیده

یکی از جنبه‌های بسیار مهم در به‌نژادی گندم، ثبات و پایداری ارقام تحت شرایط مختلف محیطی است. به همین منظور جهت بررسی واکنش ارقام گندم دیم در دو منطقه نیمه‌خشک (مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس) و نیمه‌مرطوب (مزرعه‌ای در گرگان) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار و با ۷ رقم گندم دیم (آفتاب، آذر ۲، سرداری، قابوس، کریم، کوهدشت و لاین ۱۷) در سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ اجرا شد. در این آزمایش صفات فنولوژیکی (روز از کاشت تا گرده‌افشانی، روز از کاشت تا رسیدگی، طول دوره پر شدن، سرعت دوره پر شدن)، حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد و اجزای عملکرد (تعداد پنجه در متر مربع، دانه در سنبله، سنبلچه در سنبله، دانه در متر مربع، میانگین وزن دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت) ارقام در دو منطقه مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج تحقیق نشان داد که در هر یک از مناطق گنبد و گرگان ارقام متفاوتی به عملکرد دانه بالا دست یافتند. به نحوی که در منطقه گنبد لاین ۱۷ با ۳۷۵ گرم در متر مربع و در منطقه گرگان رقم کوهدشت با ۵۴۶ گرم در متر مربع از بالاترین عملکرد برخوردار بودند. در منطقه گرگان رقم کریم با ۱۹۱ روز و در منطقه گنبد لاین ۱۷ با ۱۷۴ روز، زمان کمتری برای سپری نمودن از کاشت تا رسیدگی به ثبت رساندند. بنابراین با توجه به نتایج می‌توان بیان داشت که رقم کوهدشت در گرگان و لاین ۱۷ در گنبد نسبت به سایر ارقام از برتری قابل ملاحظه‌ای برخوردار بودند.

واژه‌های کلیدی: عملکرد و اجزای عملکرد، فنولوژی، گندم، مورفولوژی

مقدمه

می‌کند. زراعت گندم به دلیل سهمی که در تأمین غذای مردم و کمک به زراعت‌های دیگر و تحکیم زیربنای اقتصادی کشور دارد به‌تنهایی بیش از ۵۰ درصد اراضی کشاورزی کشور را به خود اختصاص داده است (Ghobakhlou, 2015). بر اساس گزارش‌های موجود میزان سطح زیر کشت، عملکرد و تولید گندم در استان گلستان برای زراعت آبی ۱۵۹۶۸۸ هکتار، ۴۴۷۶ کیلوگرم و ۷۱۴۶۹۰ تن و در زراعت دیم ۲۲۰۳۱۱ هکتار، ۳۶۱۱ کیلوگرم و ۷۹۵۶۰۷ تن بوده است (Ahmadi, 2016). اقلیم استان گلستان برخلاف عموم که آن را معتدل می‌دانند، دارای چندین نوع آب و هوای متفاوت می‌باشد. از این بین اقلیم گرگان بر اساس روش کوپن آب و هوای مدیترانه‌ای، بر اساس روش آمبرژه نیمه‌مرطوب معتدل و اقلیم گنبد نیز بر اساس روش کوپن سرد مدیترانه‌ای و بر اساس روش آمبرژه نیمه‌خشک تعیین گردیده است.

یکی از جنبه‌های بسیار مهم در به‌نژادی گندم، ثبات و پایداری ارقام تحت شرایط مختلف محیطی است (Bakhshayeshi, 2011). پایداری یک محصول در واقع عبارت از توانایی آن در جهت بقا در محیطی خاص در طی زمان می‌باشد. به عبارت دیگر یک گیاه بایستی قادر باشد سرما، گرما، کمبود یا بیش‌بود آب، تغییرات طول روز، شدت نور و دامنه وسیعی از شرایط شیمیایی و فیزیکی خاک را تحمل نماید (Kouchaki et al., 2004). محیط به مجموعه شرایط آب و هوایی، خاک، ارگانیسم‌ها و حتی شرایط مدیریتی که در تولید یک محصول

بشر تمام غذای خود را به شکل مستقیم و غیرمستقیم از گیاهان به‌دست می‌آورد و هزاران سال است که گیاهان متعلق به خانواده غلات در تأمین غذای بشر نقش حیاتی ایفا می‌کنند. به‌طور کلی بیشترین سطح زیر کشت محصولات در جهان متعلق به گیاهان خانواده غلات می‌باشد (Kazemi Arbat, 2011). گندم (*Triticum aestivum*) از عمده‌ترین گیاهان مورد کشت در سراسر جهان می‌باشد (Hamam, 2008). گندم با سطح زیر کشت ۶/۶ میلیون هکتار در سال بیشترین میزان پروتئین گیاهی را در کشور تولید

- ۱- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
- ۲- دانشجوی کارشناسی ارشد آگروکولوژی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
- ۳- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
- ۴- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران
- ۵- استادیار گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه گنبد کاووس، ایران

(Email: alirahemi@yahoo.com)

(*- نویسنده مسئول)

DOI: 10.22067/gsc.v17i4.77484

زراعی دخیل هستند اطلاق می‌شود. در نتیجه ژنوتیپ تنها عامل به‌وجودآورنده فنوتیپ نمی‌باشد، بلکه محیط، یکی از عوامل مؤثر در ظهور فنوتیپ به‌شمار می‌رود (Mehari *et al.*, 2014). همچنین سازگاری عبارت از ظرفیت ژنتیکی یک رقم برای ظهور عملکرد بالا و پایدار در محیط‌های متفاوت می‌باشد (Kebriaei *et al.*, 2007). مطالعه و بررسی پایداری و سازگاری ارقام و لاین‌ها در شرایط محیطی مختلف در برنامه‌های اصلاحی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. عملکرد دانه یک ژنوتیپ در هر محیط در واقع شامل اثر اصلی ژنوتیپ، محیط و اثر متقابل ژنوتیپ در محیط است (Mehari *et al.*, 2014). برای توصیه ارقام، عملکرد دانه به‌تنهایی معیار مناسبی برای انتخاب نبوده و تخمین درجه سازگاری و ثبات عملکرد دانه معیار مطمئن‌تری نسبت به عملکرد می‌باشد (Bakhshayeshi, 2011). وزن دانه یکی از اجزای مهم عملکرد دانه گندم (*Triticum aestivum*) به‌شمار می‌رود و تحت تأثیر ساختار ژنتیکی گیاه و شرایط محیطی و اثرات متقابل آن‌ها قرار می‌گیرد. شبیه‌سازی تغییرات وزن دانه و بررسی اثر سرعت و دوره مؤثر بر شدن دانه بر روند این تغییرات، به‌خصوص در شرایط تنش، در تدوین برنامه‌های به‌نژادی و انتخاب صفت و صفات مؤثر بر وزن دانه اهمیت زیادی دارد (Rahemi karizaki, 2011). از لحاظ آماری در صورتی که عملکرد ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف به‌طور معنی‌داری تغییر یابد، اثرات متقابل ژنوتیپ و محیط رخ می‌دهد (Motamedi and Moradi, 2012). وجود اثر متقابل ژنوتیپ \times محیط سبب بروز تفاوت‌های قابل‌ملاحظه بین ژنوتیپ‌ها در محیط‌های مختلف می‌گردد. این اثر می‌تواند تا حدودی به علت تنش‌های زیستی و غیر زیستی نظیر خشکی یا بیماری‌ها باشد و لذا اصلاح مقاومت دارای اهمیت زیادی در اصلاح پایداری عملکرد است (Farshadfar, 1998). اثر متقابل ژنوتیپ در محیط در مورد صفاتی همچون عملکرد موجب شده است که نتوان یک رقم اصلاحی پرمحصول را برای مناطق مختلف توصیه کرد، به همین دلیل وجود اثر متقابل ژنوتیپ در محیط ضرورت معرفی ارقام پرمحصول با پایداری و سازگاری بالا را توجیه می‌کند (Jafari *et al.*, 2014). وجود این اثرات متقابل به‌نژادگر را ناگزیر می‌نماید که ژنوتیپ‌ها را در بیشتر از یک محیط (جهت ارزیابی واکنش هیبریدها در شرایط متفاوت محیطی) مورد بررسی قرار دهد (Bakhshayeshi and Bakhshayeshi, 2012). درباره سابقه بررسی ارقام نیز می‌توان به نتایج تحقیق برخی محققان اشاره کرد. کریمی و همکاران (Karimi *et al.*, 2012) بیان داشتند که ارقام گندم مورد بررسی در تعداد روز تا گلدهی، تعداد روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه و شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری داشتند اما در صفت تعداد سنبله در متر مربع اختلاف معنی‌داری در بین ارقام وجود نداشت. علی محمدی و همکاران (Alimohammadi *et al.*, 2016) پژوهشی جهت تعیین

مناسب‌ترین رقم گندم پاییزه دیم با مقایسه عملکرد و اجزای عملکرد برخی ارقام گندم مورد کشت در استان آذربایجان شرقی انجام دادند نتایج تحقیقات ایشان نشان داد که اختلاف عملکرد و اجزای عملکرد در بین ارقام مختلف با اطمینان ۹۹ درصد معنی‌دار بود که بیانگر وجود اختلاف بین ارقام گندم دیم مورد بررسی بود. همچنین ایشان دریافتند صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به‌عنوان مؤثرترین متغیرها بر روی عملکرد دانه و از مهم‌ترین صفات زراعی برای انتخاب ارقام گندم با عملکرد دانه بالا محسوب می‌شود. هوشمندی (Hooshmandi, 2015) در پژوهشی که به‌منظور ارزیابی شاخص‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد ارقام گندم نان انجام داد، بیان داشت که در بین صفات مورد بررسی وزن هزار دانه، عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد بیولوژیک، سرعت رشد نسبی، سرعت جذب خالص و سرعت رشد محصول در سطح احتمال یک درصد و صفات محتوای نسبی آب برگ پرچم و شاخص سطح برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود که بیانگر وجود اختلاف بین ارقام مورد بررسی از نظر این صفات است. نتایج این بررسی حاکی از آن است که صفات عملکرد بیولوژیک، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ به‌عنوان مؤثرترین صفات بر روی عملکرد دانه بودند و حدود ۸۰ درصد از تغییرات عملکرد دانه را توجیه کردند. از آنجایی که ارقام گندم دیم که در استان گلستان کشت می‌شوند در مناطق مختلف استان با توجه شرایط آب و هوایی متفاوت از عملکرد متغیری برخوردار می‌باشند. لذا مطالعه‌ای به‌منظور بررسی و تعیین مطلوب‌ترین رقم برای دو منطقه غالب از نظر آب و هوای نیمه‌مرطوب معتدل (گرگان) و نیمه‌خشک (گنبد) ضروری به‌نظر می‌رسد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در طی سال زراعی ۹۶-۱۳۹۵ و با استفاده از هفت رقم گندم دیم شامل کریم، کوهدشت، لاین ۱۷ (این لاین نیمه‌حساس به انواع زنگ گندم است)، قابوس، آفتاب، آذر ۲ و سرداری به‌صورت کرت‌های خردشده در مکان و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو منطقه شهرستان گرگان (شرایط معتدل نیمه‌مرطوب) و شهرستان گنبدکاووس (نیمه‌خشک) تحت شرایط دیم و عدم محدودیت عناصر غذایی و کنترل آفات، بیماری و علف‌های هرز به‌اجرا درآمد. مشخصات جغرافیایی گنبدکاووس، ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و ارتفاع ۴۵ متر بالاتر از سطح دریا و مشخصات جغرافیایی گرگان ۵۴ درجه و ۳۰ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۴۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۰۰ متر از سطح دریا می‌باشد. پس از تهیه زمین (شامل شخم و دیسک) آن را کرت‌بندی نموده و عملیات کشت در تاریخ ۱۵ آبان‌ماه سال ۱۳۹۵ در یک روز در دو مکان به‌صورت

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی روی ۲۰ بوته که به صورت تصادفی از هر کرت و پس از حذف اثرات حاشیه‌ای برداشت شد، صورت گرفت. نمونه‌ها توسط ترازو با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. همچنین برای اندازه‌گیری شاخص برداشت، با حذف حاشیه‌ها و در سطح ۱ متر مربع بوته‌ها کفبر شدند، وزن شدند و وزن بیولوژیک آن‌ها به کمک ترازو با دقت ۰/۰۱ گرم به دست آمد، سپس بعد از جدا کردن دانه‌ها، وزن دانه‌ها نیز مشخص گردید. در نهایت با تقسیم عملکرد دانه بر عملکرد بیولوژیک گیاه شاخص برداشت حاصل شد. صفت طول دوره پر شدن دانه از طریق محاسبه اختلاف روز از زمان گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک و میانگین سرعت پر شدن دانه از طریق تقسیم عملکرد دانه بر طول دوره پر شدن دانه برای هر رقم محاسبه گردید. داده‌های مربوط به صفات اندازه‌گیری شده در این تحقیق ابتدا جهت بررسی دو مکان آزمایش توسط آزمون Levene ارزیابی شد. از آنجایی که بین دو مکان از نظر اکثر صفات اختلاف معنی‌دار وجود داشت، لذا اطلاعات هر یک از مکان‌ها به صورت جداگانه مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد استفاده شد. تمام مراحل تجزیه و تحلیل در محیط نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۴ (Soltani, 2015) صورت گرفت. جداول نهایی با استفاده از نرم‌افزار Word ترسیم شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژی، خصوصیات رشد دانه و مراحل فنولوژی ارقام گندم نشان داد که اثر رقم در منطقه گنبد گرگان بر تمام صفات به جز سرعت پر شدن دانه در گرگان، در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

دستی انجام شد. هر کرت آزمایشی دارای پنج خط به طول چهار متر و به فاصله خطوط ۲۰ سانتی‌متر بود. میزان بذر برای کاشت بر اساس ۳۵۰ دانه در مترمربع و با توجه به وزن هزار دانه ارقام تنظیم شد. لازم به ذکر است که توصیه کودی با توجه به متوسط آمار عملکرد ده‌ساله گندم و معرفی شده ایستگاه تحقیقات گنبدکاووس در نظر گرفته شد. کود مطلوب ۱۵۰ کیلوگرم اوره در هکتار در نظر گرفته شد که یک سوم آن در زمان کاشت، یک سوم آن در زمان پنجه‌زنی و مابقی آن در مرحله طویل شدن ساقه‌ها به زمین داده شد. برای تأمین کود فسفره مورد نیاز گیاه ۹۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل در هکتار به صورت پایه به خاک اضافه شد.

به منظور حذف اثرات حاشیه‌ای، دو ردیف کناری و ۰/۵ متر از دو انتهای کرت به عنوان حاشیه در نظر گرفته شدند و در نمونه‌برداری مورد استفاده قرار نگرفتند. کنترل علف‌های هرز به صورت دستی در چندین مرحله در طول فصل رشد انجام گرفت. مراحل فنولوژیک طی فصل رشد از سبز شدن تا رسیدگی بر اساس روش زادوکس و همکاران (Zadox et al., 1974) تعیین شدند. برای این منظور در مراحل ابتدایی رشد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و علامت‌گذاری شد و مراحل فنولوژیک با بررسی بوته‌ها در فواصل زمانی مشخص ثبت گردید. به منظور ارزیابی سطح برگ، تا پایان زمستان تقریباً هر ۷ تا ۱۰ روز یک‌بار و از ابتدای بهار هر ۱۴ روز یک‌بار تعداد پنج بوته از هر کرت به صورت تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه انتقال داده شد. برای سنجش سطح برگ با واحد سانتی‌مترمربع از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل (DELTA-T) استفاده شد. جهت بررسی اجزای عملکرد (تعداد سنبله بارور در مترمربع، سنبلچه در سنبله اصلی، تعداد دانه در متر مربع و میانگین وزن دانه)

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مورفولوژی، خصوصیات رشد دانه و مراحل فنولوژی ارقام گندم

Table 1- Analysis of variance morphological and phenological traits and grain growth characteristics of wheat cultivars

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean of squares				
		روز تا گرده‌افشانی Day to anthesis	روز تا رسیدگی Day to maturity	سرعت پر شدن Grain filling rate	طول دوره پر شدن Grain filling period	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index
تکرار Replication	3	0.24	0.702	0.42	0.98	3.9**
رقم Cultivar	6	2.06**	35.36**	40.06**	23.87**	4.75**
خطا Error	18	0.27	1.035	1.18	0.93	0.62
C.V (%) ضریب تغییرات		0.4	0.6	10.1	3.2	18.8
تکرار Replication	3	0	1.75	8.93	1.75	5.43**
رقم Cultivar	6	62.48**	73.65**	33.99**	3.37*	3.4**
خطا Error	18	0	1.75	2.92	1.75	0.68
C.V (%) ضریب تغییرات		0	0.7	15.3	3.3	21.5

** and * are significant at 1% and 5%, respectively

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد

نداشت اما در منطقه گنبد کاووس و گرگان به ترتیب رقم قابوس (۵/۲۲) و کریم (۴/۹۳) بیشترین شاخص سطح برگ را دارا بودند در حالی که در هر دو منطقه کمترین مقدار برای رقم سرداری (۲/۱۵) و (۲/۰۹) به ثبت رسید (جدول ۲). حداکثر شاخص سطح برگ با طول دوره پر شدن دانه و ارتفاع بوته همبستگی منفی و با سرعت پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ۵). با توجه به نتایج عملکرد ارقام در دو منطقه و نتایج همبستگی صفات ذکر شده با حداکثر شاخص سطح برگ مشاهده می‌شود که رقم قابوس در منطقه گنبد هم از نظر سرعت پر شدن دانه، تعداد دانه در سنبله و تعداد سنبلچه در سنبله اصلی و هم از نظر حداکثر شاخص سطح برگ، از جمله ارقام برتر است که بالا بودن شاخص سطح برگ سبب بهبود و افزایش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیکی رقم در منطقه گردیده است. در منطقه گرگان نیز رقم کریم تقریباً دارای شرایط مشابه بوده است.

در غلات پس از تعیین تعداد دانه، عملکرد دانه با وزن دانه متناسب است، این صفت خود تابعی از سرعت و دوام پر شدن دانه است (Young et al., 2006). مقایسه میانگین طول دوره پر شدن دانه در بین ارقام مورد آزمایش نشان داد که بیشترین دوره پر شدن دانه در مکان اول (گنبد) به رقم سرداری (۳۳ روز) و کمترین آن به لاین ۱۷ (۲۶/۵ روز) تعلق داشت که تفاوت بین ارقام معنی‌دار بود. در گرگان نیز تفاوت بین ارقام از نظر این صفت معنی‌دار بود به طوری که بیشترین و کمترین دوره به ترتیب مربوط به رقم قابوس (۴۰/۷۵ روز) و رقم کوهدشت (۳۸ روز) بود (جدول ۲). عوامل ژنتیکی (رقم) تا حدود زیادی سرعت پر شدن دانه را تعیین کرده و عوامل محیطی (دما) تا حدود زیادی تعیین‌کننده طول دوره پر شدن دانه هستند (Rahemi Karizaki, 2011). همچنین ضریب همبستگی بین دوره پر شدن دانه و رسیدگی فیزیولوژیک مثبت و معنی‌دار بود ($r=0.953^{***}$) (جدول ۵). کنترل بهتر اثرات محیطی در برنامه‌های اصلاحی به منظور بهبود عملکرد، می‌تواند از طریق انتخاب غیرمستقیم برای صفاتی که همبستگی خوبی با عملکرد دانه داشته و کمتر به تغییرات محیطی حساس باشند، صورت گیرد (Dawari et al., 1991). پاک‌نژاد و همکاران (Behdad et al., 2012) در ارزیابی تأثیر تنش خشکی بر صفات مؤثر بر انباشت مواد در دانه ارقام مختلف گندم نیز نتیجه گرفتند که قوی‌ترین همبستگی بین دوره پر شدن دانه با عملکرد دانه وجود داشت. جدول ۲ مقایسه میانگین سرعت پر شدن دانه در واحد سطح (گرم در روز در متر مربع) را نشان می‌دهد. نتایج بیانگر آن بود که در هر دو مکان گنبد و گرگان تفاوت معنی‌دار بین ارقام وجود داشت. در گنبد رقم آذر ۲ دارای کمترین سرعت رشد دانه (۵/۸ گرم در روز در مترمربع) و لاین ۱۷ از بالاترین سرعت رشد دانه (۱۴/۱۷ گرم در روز در مترمربع) برخوردار بود. اما در گرگان رقم سرداری (۵/۴۶ گرم در روز در مترمربع) کمترین و رقم کوهدشت

بر اساس نتایج، به طور کلی میانگین روز تا گرده‌افشانی، در گرگان بیشتر از گنبد بود. در گنبد ارقام کریم، آفتاب و لاین ۱۷ با فواصل زمانی کمتری وارد مرحله گرده‌افشانی شدند، در حالی که در همین مکان ارقام سرداری و آذر ۲ به فاصله زمانی بیشتری وارد مرحله گرده‌افشانی شدند، اما بین اکثر ارقام از نظر این صفات تفاوت معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. همچنین مقایسه میانگین در گرگان بین ارقام مشخص نمود تفاوت معنی‌داری بین ارقام از نظر روز تا گرده‌افشانی وجود دارد و (همانند منطقه گنبد) ارقام آذر ۲ و سرداری با ۱۶۱ روز تا گرده‌افشانی، بیشترین مدت زمان را برای سپری نمودن روز تا گرده‌افشانی لازم داشتند. در مقابل رقم کریم با ۱۵۱ روز تا گرده‌افشانی، از کمترین مدت‌زمان برای پشت سر گذاشتن روز تا گرده‌افشانی برخوردار بود (جدول ۲). به طور میانگین رسیدگی در گنبد و گرگان به ترتیب ۱۷۸ و ۱۹۵ روز پس از کاشت اتفاق افتاد. نتایج مقایسه میانگین برای روز تا رسیدگی نشان داد در هر دو منطقه گرگان و گنبد بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود داشت به طوری که در گنبد رقم سرداری با ۱۸۲ و لاین ۱۷ با ۱۷۴ روز پس از کاشت به ترتیب از بیشترین و کمترین مدت زمان جهت سپری نمودن روز تا رسیدگی برخوردار بودند. در حالی که در گرگان بیشترین و کمترین تعداد روز تا رسیدگی به ترتیب مربوط به ارقام سرداری و آذر ۲ با ۲۰۱ و رقم کریم با ۱۹۱ روز پس از کاشت بود (جدول ۲). بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده می‌توان اظهار داشت که در مجموع ارقامی شامل کریم، کوهدشت، آفتاب و قابوس که مناسب شرایط گرمسیر و نیمه‌گرمسیر بودند شرایط بهتری نسبت به دو رقم سرداری و آذر ۲ که مناسب مناطق سردسیر هستند از نظر تطابق با شرایط محیطی هر دو منطقه داشتند. از بین ارقام، رقم کریم در هر دو منطقه مورد مطالعه از کمترین زمان از کاشت تا گرده‌افشانی و رسیدگی برخوردار بود و همان‌طور که اشاره شد ارقام آذر ۲ و سرداری نیازمند زمان بیشتری برای گذراندن مراحل فنولوژیکی از کاشت تا رسیدگی و برداشت بودند که در مجموع موجب شد تا از نظر عملکرد دانه نیز در رتبه‌های پایین‌تری قرار گیرند. اولین قدم برای به حداکثر رساندن عملکرد در مدیریت تولید یا اصلاح ژنتیکی گیاه اطمینان از مطابقت مطلوب فنولوژی گیاه زراعی با منابع محیطی است. این که در یک رقم خاص طول دوره هر یک از این مراحل چه اندازه به طول انجامد، بستگی به ژنوتیپ، شرایط محیطی و اثر متقابل آن‌ها دارد که البته نقش عوامل محیطی (به شکل عمده درجه حرارت و طول روز) در تعیین طول مراحل مختلف نمو متفاوت است (Rahemi karizaki, 2011). حداکثر شاخص سطح برگ در منطقه گنبد در اکثر ارقام ۱۱۸ روز پس از کاشت و تقریباً هم‌زمان با ظهور سنبله به وقوع پیوست در حالی که در منطقه گرگان از زمان سنبله‌دهی تا زمان گرده‌افشانی ثبت این شاخص ادامه داشت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین هرچند در بین اکثر ارقام از نظر این صفت تفاوت معنی‌داری وجود

در تعیین قدرت مقصد است (Rahemi karizaki, 2011; Soltani *et al.*, 2001). اما ضریب همبستگی بین سرعت و طول دوره پر شدن دانه معنی‌دار نبود ($r = -0.179$) که با نتایج راحمی کاریزکی (Rahemi karizaki, 2011) نیز مطابقت دارد. بر اساس نتایج، عملکرد دانه در گندم ناشی از اثرات تجمعی اجزای عملکرد می‌باشد که این اجزای تحت تأثیر مدیریت، ژنوتیپ و اثر متقابل محیط با ژنوتیپ قرار می‌گیرند (Aydin *et al.*, 2010)، سرعت پر شدن دانه به مقدار زیادی به وسیله ژنوتیپ کنترل می‌شود، ولی مدت پر شدن دانه تحت تأثیر محیط است (Mohammadi Gonbad *et al.*, 2016). بنابراین شناسایی این اجزا و روابط آن‌ها با عملکرد دانه می‌تواند در گزینش ارقام پر محصول مؤثر واقع شود.

(۱۴/۳۷ گرم در روز در مترمربع) بیشترین سرعت رشد دانه را در بین ارقام دارا بودند. همبستگی قوی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.847^{**}$) بین سرعت رشد دانه و عملکرد دانه نشان می‌دهد که سرعت پر شدن دانه در واحد سطح در ژنوتیپ‌های مناسب مناطق گرمسیر نسبت به ارقام مناسب مناطق سردسیر بیشتر بوده است (جدول ۵). از آنجایی که تنها دو رقم سرداری و آذر ۲ مناسب شرایط سردسیر هستند، شرایط بهتر پنج رقم دیگر که مخصوص مناطق گرمسیر هستند موجب حصول این ضریب همبستگی بالا شده است. به نظر می‌رسد در ارقامی که تعداد دانه بیشتری در واحد سطح داشتند، سرعت پر شدن دانه در واحد سطح بیشتر بود و همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.795^{**}$) نیز بین تعداد دانه در واحد سطح و سرعت پر شدن دانه در واحد سطح مشاهده شد (جدول ۵) که مبین نقش مهم تعداد دانه

جدول ۲- مقایسه میانگین صفات موفولوژیک، خصوصیات رشد دانه و مراحل فنولوژی ارقام گندم

Table 2- Mean comparison morphological traits, grain growth characteristics and phenological levels wheat cultivars

منطقه Zone	ارقام Cultivars	حداکثر شاخص سطح برگ Maximum leaf area index	سرعت دوره پر شدن Grain filling rate (g.day ⁻¹ m ⁻²)	طول دوره پر شدن Grain filling period (day)	روز تا رسیدگی Day to maturity	روز تا گرده‌افشانی Day to anthesis
گنبد Gonbad	آذر ۲ Azar 2	3.3bc	5.8d	32.5a	181.5a	149a
	آفتاب Aftab	4.31b	13.39a	27.5d	175.5d	148b
	سرداری Sardari	2.15c	7.25d	33a	182a	149a
	قابوس Qaboos	5.22a	12.66b	29c	176.5c	147.5bc
	کریم Karim	4.54a	11.72ab	31b	178.25b	147.25c
	کوه‌دشت Koohdasht	5.18a	10.46c	30.25bc	178.5b	148.25c
	لاین ۱۷ Lain 17	4.44ab	14.17a	26.5d	174e	147.5bc
LSD 0.05		1.166	1.611	1.435	1.512	0.766
گرگان Gorgan	آذر ۲ Azar 2	4.45ab	10.27a	40a	201a	161a
	آفتاب Aftab	4.38ab	11.39a	39ab	192cd	153c
	سرداری Sardari	2.09c	5.46b	40a	201a	161a
	قابوس Qaboos	3.7b	10.73a	40.75a	195.75b	155b
	کریم Karim	4.93a	13.39a	40a	191d	151d
	کوه‌دشت Koohdasht	3.82ab	14.37a	38b	193c	155b
	لاین ۱۷ Lain 17	3.41b	12.63a	39ab	192cd	153c
LSD 0.05		1.223	2.538	1.965	1.965	0.1

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.

In each column, averages with common letters are not significant at 5% level.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم
Table 3- Analysis of variance of yield and yield component wheat cultivars

منابع Sources of variation	درجه آزادی df	تعداد پنجه در متر مربع Number of tillers per m ²	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	تعداد سنبلچه در سنبله اصلی Spikelet per main spike	تعداد دانه در متر مربع Grain per m ²	میانگین وزن دانه Mean grain weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index	میانگین مربعات	
										C.V (%)	ضریب تغییرات
تکرار Replication	3	767.79	46.43*	2.24	534362	6.95	558.72	6385.93	8.78		
گنبد Gonbad	رقم Cultivar	6	1785.41	163.06**	15.71**	18257491**	59.25*	22050.57**	43084.98**	111.3**	
	خطا Error	18	1688.67	13.29	1.76	7035803	22.95	689.83	9374.12	5.57	
	C.V (%)		18.5	12.4	9.0	12.3	15.7	8.3	9.3	7.8	
تکرار Replication	3	1100.29	26.67	1.26	200457203.3**	84.83**	17097.56*	21381.46*	72.76		
گرگان Gorgan	رقم Cultivar	6	4902.17**	520.49**	25.24**	87189639.5*	180.01**	48809.82**	105444.17**	139.54**	
	خطا Error	18	1023.38	14.09	0.91	34538496	16.28	4213.83	5363.04	31.18	
	C.V (%)		16.5	12.3	6.7	22.95	11.4	14.7	7.1	13.2	

** و * به ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد
** and * are significant at 1% and 5% , respectively

داشتند و احتمالاً همین امر باعث کاهش تعداد دانه و در نهایت تعداد سنبلچه‌های بارور در سنبله شده است. مقایسه میانگین تعداد دانه در سنبله در ارقام مختلف نشان داد که بیشترین تعداد دانه در سنبله در گنبد و گرگان مربوط به رقم قابوس (به ترتیب ۳۷/۰۸ و ۴۳/۳۵ دانه در سنبله) و کمترین آن مربوط به رقم سرداری (به ترتیب ۱۷/۰۹ و ۱۴/۶۷ دانه در سنبله) بود (جدول ۴). همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین این صفت و عملکرد دانه مشاهده شد ($r=0.541^{**}$) (جدول ۵). این همبستگی بالا و مثبت نشان‌دهنده‌ی آن است که این صفت از طریق افزایش تعدد دانه در متر مربع در تشکیل عملکرد دانه نقش مهمی ایفا می‌کند. امام و همکاران (Emam et al., 2007) نیز در مطالعه خود گزارش کردند در شرایط مطلوب رشدی عملکرد بیشترین همبستگی را با تعداد دانه در سنبله داشت اما در شرایط خشکی بیشترین همبستگی عملکرد با تعداد سنبله در متر مربع بود. محمدی (Mohammadi, 2014) با مطالعه روابط بین عملکرد دانه و اجزای آن در ارقام گندم نان تحت شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی آخر فصل دریافت عملکرد دانه با صفات روز تا سنبله‌دهی، روز تا رسیدگی، ارتفاع بوته، تعداد سنبله در متر مربع و وزن هزار دانه همبستگی مثبت و معنی‌دار داشت. وجود همبستگی مثبت و معنی‌دار بین ارتفاع بوته و عملکرد دانه می‌تواند به دلیل ذخایر ساقه بیشتر و انتقال آن به دانه‌ها در طول پر شدن دانه‌ها

نتایج تجزیه واریانس نشان داد به جز صفت تعداد پنجه در متر مربع در گنبد کاووس، بین ارقام مورد بررسی در مورد تمامی صفات مرتبط با عملکرد در هر دو مکان در سطح یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). باروری گلچه‌ها متأثر از عوامل محیطی است. دمای زیاد و خشکی از طریق عقیم کردن گرده‌ها تأثیر نامطلوبی بر تشکیل اندام‌های زایشی دارد. گرده در مقایسه با سلول تخم و کلاله به شرایط نامطلوب حساسیت بیشتری دارد، بنابراین رطوبت کم و دمای زیاد و تشعشع مستقیم خورشید اثرات نامطلوبی بر جوانه‌زنی گرده دارند. دمای مطلوب گرده‌افشانی و تلقیح گندم بین ۱۸ تا ۲۴ درجه سانتی‌گراد است (Morinaka et al., 2006). در این آزمایش متوسط دما و حداکثر دما از شروع تا خاتمه گرده‌افشانی در مکان اول آزمایش به ترتیب ۱۵/۶ و ۳۰/۴ درجه سانتی‌گراد و در مکان دوم آزمایش به ترتیب معادل ۱۵/۹۸ و ۲۰/۸ درجه سانتی‌گراد بود. این اختلاف دمایی در دو مکان آزمایش بیانگر آن است که تعداد دانه در سنبله علاوه بر ژنوتیپ، تحت تأثیر محیط می‌باشد به عبارتی محیط از طریق باروری گلچه‌های هر سنبلچه روی تعداد دانه در هر سنبله تأثیرگذار می‌باشد. در این آزمایش بر خورد دوره گرده‌افشانی در مکان اول آزمایش با دماهای بالاتر از حد مطلوب باعث عقیم ماندن سنبلچه‌ها و به‌ویژه آن‌هایی شد که در ابتدا و انتهای سنبله قرار

زیاد نبوده که در وزن دانه‌ها تغییر جدی ایجاد نماید. مطالعات نشان داده که در طی اصلاح گندم، وزن هر دانه تغییرات بسیار کمی داشته است که البته در چند مورد هم کاهش قابل توجهی مشاهده می‌شود (Giamblawo *et al.*, 2010). دو فرضیه برای توجیه همبستگی معکوس بین تعداد دانه در متر مربع و وزن دانه وجود دارد: فرضیه اول این‌که با افزایش تعداد دانه در متر مربع قابلیت دسترسی به مواد فتوسنتزی برای هر دانه کمتر می‌شود که منجر به کاهش وزن تک دانه می‌گردد و فرضیه دوم این‌که افزایش تعداد دانه در سنبله باعث می‌شود تا تعداد دانه‌های بیشتری در موقعیت‌هایی از سنبله که پتانسیل پر کردن دانه آن‌ها پایین است (ابتدا و انتهای سنبله) قرار گیرد و این باعث کاهش وزن دانه می‌گردد. با توجه به همبستگی معنی‌دار اما ضعیف ($r=0/278^*$) (جدول ۵) بین عملکرد دانه و وزن دانه، نشان می‌دهد که در جریان بهبود عملکرد دانه، وزن دانه نقش کمتری داشت است. از سوی دیگر همبستگی مثبت و قوی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در سنبله بیان‌گر آن است که افزایش تعداد دانه در سنبله مبنای اصلی اختلاف عملکرد بین ارقام مورد آزمایش بوده است.

نتایج نشان داد که اثر رقم بر عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت معنی‌دار بود (جدول ۳). افزایش عملکرد ممکن است ناشی از افزایش عملکرد بیولوژیک (معمولاً کل ماده خشک بالای سطح خاک) یا شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد بیولوژیک) یا هر دوی آن‌ها باشد. مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بین ارقام و در مکان‌های اجرای آزمایش در جدول ۴ نشان داده شده است. عملکرد دانه و شاخص برداشت در مکان دوم (گرگان) نسبت به مکان اول (گنبدکاووس) بیشتر بود. افزایش شاخص برداشت را می‌توان نتیجه‌ی افزایش عملکرد دانه در واحد سطح دانست که این افزایش عملکرد در واحد سطح را می‌توان به تعداد دانه در سنبله و تعداد دانه در مترمربع بیشتر در مکان دوم آزمایش نسبت داد. مقایسه میانگین بین ارقام مختلف نشان داد که در مکان اول بین اکثر ارقام، از نظر عملکرد دانه در واحد سطح، عملکرد بیولوژیک در واحد سطح و شاخص برداشت اختلاف معنی‌دار وجود نداشت. اما در مکان دوم بین ارقام از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشت اما از نظر عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت بین بیشتر ارقام تفاوت معنی‌دار وجود نداشت. در گرگان ارقام کوهدشت و سرداری به ترتیب از بیشترین و کمترین عملکرد دانه در واحد سطح ($546/25$ و $218/33$ گرم در متر مربع) و شاخص برداشت ($50/32$ و $32/22$ درصد) برخوردار بودند (جدول ۴). بین عملکرد دانه با شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک همبستگی معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت، به طوری که ضریب همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک به ترتیب برابر $0/907^{**}$ و $0/665^{**}$ بود (جدول ۵). در اغلب تحقیقاتی

باشد. با بررسی همبستگی بین تعداد دانه و وزن هزار دانه نیز می‌توان دریافت که افزایش تعداد دانه باعث کاهش وزن هزار دانه شد. اسچیلینگر (Schillinger, 2005) نیز مهم‌ترین عوامل مؤثر در عملکرد گندم را به ترتیب تعداد سنبله و تعداد دانه در سنبله گزارش کرد. البته در مطالعات دیگر گزارش شده است که تعداد دانه در سنبله اهمیت بیشتری نسبت به سایر اجزای عملکرد دارد (Fischer, 2008). تعداد دانه در سنبله به چند طریق افزایش می‌یابد: افزایش تعداد سنبلچه در سنبله، تعداد دانه در سنبلچه و یا هر دو مورد. در این آزمایش با توجه به همبستگی بالا و معنی‌دار بین تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبله ($r=0/916^{**}$) (جدول ۵) می‌توان نتیجه گرفت که نقش تعداد سنبلچه در سنبله در افزایش تعداد دانه در سنبله بسیار مؤثر واقع شده است. رقم قابوس در هر دو منطقه گنبد و گرگان و به ترتیب با $17/59$ و $16/9$ سنبلچه در سنبله بیشترین تعداد و رقم سرداری به ترتیب با $11/19$ و $10/13$ سنبلچه در سنبله کمترین تعداد را دارا بودند (جدول ۵). بر اساس این نتایج، عملکرد بالقوه گندم در اکثر شرایط طی مرحله‌ی پر شدن دانه به خاطر محدودیت مخزن کم می‌شود. بنابراین افزایش قدرت مخزن (مثلاً تعداد دانه در سنبله) می‌تواند منجر به افزایش عملکرد گردد. تعداد دانه در واحد سطح در ارقام در هر دو مکان مورد مطالعه به طور معنی‌داری متفاوت بودند (جدول ۴). میانگین تعداد دانه در متر مربع از 11525 دانه در مترمربع در رقم آذر ۲ تا 3009 دانه در متر مربع در لاین ۱۷ در گنبدکاووس و از 18881 دانه در متر مربع در رقم سرداری تا 33089 دانه در متر مربع در لاین ۱۷ در گرگان متغیر بود (جدول ۴). ضریب همبستگی بالایی بین عملکرد دانه و تعداد دانه در واحد سطح ($r=0/784^{**}$) (جدول ۵) می‌تواند روند اختلاف عملکردی بین ارقام در تحقیق حاضر را توجیه کند که با نتایج تحقیقات انجام شده مطابقت دارد (Talebifar *et al.*, 2015). یکی دیگر از اجزای عملکرد دانه در گندم، وزن دانه است که به عنوان یک جزء مهم تعیین‌کننده‌ی عملکرد می‌باشد. نتایج جدول مقایسه میانگین صفات نشان داد که این جزء عملکرد در بین ارقام مورد آزمایش اختلاف معنی‌داری داشت (جدول ۴). در منطقه گنبدکاووس سبک‌ترین دانه‌ها با وزن $25/06$ میلی‌گرم و سنگین‌ترین دانه‌ها با وزن $35/5$ میلی‌گرم به ترتیب مربوط به ارقام قابوس و کریم بود. این در حالی است که در منطقه گرگان سبک‌ترین دانه‌ها با وزن $23/12$ میلی‌گرم و سنگین‌ترین دانه‌ها با وزن $43/11$ میلی‌گرم و به ترتیب به ارقام سرداری و کوهدشت تعلق داشت. البته بین اکثر ارقام از نظر میانگین وزن دانه از نظر آماری اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. گندم از جمله محصولات است که با تغییر اجزای عملکرد نمی‌توان میزان محصول را از یک حد نهایی بالاتر برد، زیرا تلاش در جهت افزایش تعداد دانه در سنبله تا اندازه‌ای از طریق کاهش در وزن تک دانه خنثی می‌گردد (Rahemi, 2011). به نظر می‌رسد افزایش تعداد دانه در سنبله آن قدر

زراعی نیز بالا است (Morinaka *et al.*, 2006)، اما در این تحقیق هر دو عامل باعث افزایش در عملکرد دانه شده‌اند. بر اساس عملکرد دانه در گندم ناشی از اثرات تجمعی اجزای عملکرد می‌باشد که این اجزای تحت تأثیر مدیریت، ژنوتیپ و اثر متقابل محیط با ژنوتیپ قرار می‌گیرند (Aydin *et al.*, 2010)، بنابراین شناسایی این اجزا و روابط آن‌ها با عملکرد دانه می‌تواند در گزینش ارقام پرمحصول مؤثر واقع شود.

که بر روی میانی فیزیولوژیکی افزایش عملکرد صورت گرفته‌اند، ارتباط بین عملکرد دانه و شاخص برداشت مثبت بوده، ولی بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک یا ارتباطی وجود نداشته یا ارتباط بسیار ضعیف بوده است (Morgounova *et al.*, 2010). به‌طور کلی علی‌رغم این‌که افزایش پتانسیل عملکرد غلات دانه‌ریز مانند گندم، برنج و جو در طی سال‌های گذشته با افزایش شاخص برداشت همراه بوده و همبستگی شاخص برداشت و عملکرد در بسیاری از گیاهان

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم

Table 4- Mean comparison yield and yield component wheat cultivars

منطقه Zone	ارقام Cultivars	تعداد پنجه در متر مربع Number of tillers per m ²	تعداد دانه در سنبله Grain per spike	تعداد سنبلچه در خوشه اصلی Spikelet per main spike	تعداد دانه در متر مربع Grain per m ²	میانگین وزن دانه Mean grain weight (mg)	عملکرد دانه Grain yield (g)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (g)	شاخص برداشت Harvest index (%)
گنبد Gonbad	آذر ۲ Azar 2	198.40a	25.86c	13.64c	11525c	32.888ab	188.13d	845.63c	22.53b
	آفتاب Aftab	210.40a	30.39bc	15.35bc	26293a	27.863bc	366.25a	10.88.75ab	33.66a
	سرداری Sardari	239.85a	17.09d	11.19d	14236c	34.24ab	239.13c	1048.5ab	22.81b
	قابوس Qaboos	205.15a	37.08a	17.59a	26550a	27.94bc	366.88a	1134.38a	32.37a
	کریم Karim	259.15a	31.42b	15.81ab	20783b	35.503a	363.13a	1090.63a	33.36a
	کوه‌دشت Koohdasht	221.05a	33.27ab	14.97bc	22073b	29.46abc	163.5b	945bc	33.52a
لاین ۱۷ Lain 17	220.26a	30.64bc	14.99bc	30009a	25.058c	375a	1103.13a	34.23a	
LSD 0.05		61.047	5.417	1.969	3940.5	7.117	39.018	143.83	3.505
گرگان Gorgan	آذر ۲ Azar 2	199.91b	14.9d	11.25c	25206abc	35.723bc	410.63c	956.25b	42.29abc
	آفتاب Aftab	214.55ab	31.1c	15.15b	22591bc	40.939ab	444.38bc	1118.75a	39.51cd
	سرداری Sardari	167.89bc	14.67d	10.13c	18881c	23.117d	218.33d	691.67a	32.22d
	قابوس Qaboos	150.55c	43.35a	16.9a	23877bc	37.569ab	436.88c	1088.75a	40.13bcd
	کریم Karim	179.25bc	38.3a	15.75ab	29762ab	36.065bc	535.63ab	1118.75a	47.87ab
	کوه‌دشت Koohdasht	257.96a	32.55bc	15.1b	25835abc	43.111a	546.25a	1091.25a	50.32a
لاین ۱۷ Lain 17	189.78bc	38ab	15.3b	33089a	30.516c	429.5abc	1153.75a	42.56abc	
LSD 0.05		47.524	5.577	1.421	8730.7	5.995	96.435	108.79	8.295

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، در سطح ۵ درصد اختلاف آماری معنی‌داری ندارند.
In each column, averages with common letters are not significant at 5% level

نتیجه‌گیری

یک از دو منطقه گنبد و گرگان برخی از ارقام عملکرد بالاتری داشتند. در منطقه گرگان رقم کوه‌دشت در مدت‌زمان کمتری مراحل فنولوژیک از کاشت تا رسیدگی را سپری نمود و عملکرد دانه بیشتری داشت. در منطقه گنبد قابوس نیز با وجود اینکه لاین ۱۷ در بیشتر صفات برتری نسبت به سایر ارقام نداشت اما عملکرد بیشتری به ثبت رساند و زمان کوتاه‌تری برای سپر کردن مراحل سنبله‌دهی تا رسیدگی و برداشت نیاز داشت.

در مجموع با توجه به این موضوع که به‌جز ارقام سرداری و آذر ۲ که مخصوص مناطق سردسیر هستند سایر ارقام سازگار با شرایط گرمسیر و نیمه‌گرمسیر می‌باشند و با توجه به شرایط آب و هوایی (میزان بارندگی و دمای هوا) دو منطقه گرگان و گنبد قابوس در طول دوره آزمایش که بیشتر منطبق با شرایط گرمسیر بود، در اکثر صفات مورد ارزیابی اختلاف اندک بین ارقام مشاهده شد. با این حال در هر

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین صفات فنولوژیک و عملکرد و اجزای عملکرد ارقام گندم
Table 5- Correlation coefficients between characteristics morphological, phenological and yield and yield component wheat cultivars

صفات Characteristics	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
۱- روز تا خروج اولین بوسک 1- Day to anthesis	1												
۲- روز تا رسیدگی فیزیولوژیک 2- Day to physiological maturity	0.939**	1											
۳- تعداد پنجه در متر مربع 3- Number of tillers per m ²	-0.305*	-0.338**	1										
۴- تعداد دانه در سنبله 4- Grain per spike	-0.388**	-0.208	-0.131	1									
۵- تعداد سنبله در خوشه اصلی 5- Spikelet per main spike	-0.497**	-0.371**	0.006	0.916**	1								
۶- تعداد دانه در متر مربع 6- Grain per m ²	0.031	0.059	-0.145	0.443**	0.368**	1							
۷- میانگین وزن دانه 7- Mean grain weight	0.126	0.269**	0.174	0.097	0.105	-0.359**	1						
۸- عملکرد دانه 8- Grain yield	0.128	0.264*	-0.081	0.541**	0.462**	0.784**	0.278*	1					
۹- عملکرد بیولوژیک 9- Biological yield	-0.379**	-0.251	0.116	0.544**	0.538**	0.526**	0.227	0.665**	1				
۱۰- شاخص برداشت 10- Harvest index	0.371**	0.462**	-0.166	0.385**	0.295*	0.709**	0.231	0.907**	0.298*	1			
۱۱- حداکثر شاخص سطح برگ 11- Maximum leaf area index	-0.262*	-0.277*	0.072	0.349**	0.426**	0.194	0.111	0.239	0.224	0.205	1		
۱۲- طول دوره پرشدن 12- Grain filling period	0.792**	0.953**	-0.333*	-0.028	-0.221	0.079	0.369**	0.359**	-0.113	0.497**	-0.262*	1	
۱۳- سرعت دوره پرشدن 13- Grain filling rate	-0.262*	-0.231	0.079	0.569**	0.599**	0.795**	0.056	0.847**	0.75**	0.682**	0.407**	-0.179	1

** و * به ترتیب معنی دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد
** and * are significant at 1% and 5%, respectively

References

- Ahmadi, K., Gholizadeh, H. A., Ebadzadeh, H. R., Hosseinpoor, R., Abdo Shah, H., Kazemian, A., and Rafiei, M. 2016. Agricultural statistics of the years 2015-2016. First volume of crops. Ministry of Agriculture. Deputy Director of planning and economics. Center for Information and Communication Technology. (in Persian).
- Alimohammadi, A., Ezzati, F., and Kuhi, R. 2016. Determination of the most suitable winter wheat cultivar by comparing yield and yield components of some wheat cultivars grown in the Varzaghan area of East Azarbaijan. National Conference on Knowledge and Technology of Agricultural Science, Natural Resources and Environment of Iran, Tehran.
- Aydin, N., Mut, Z., and Ozcan, H. 2010. Estimation of broad-sense heritability for grain yield and some agronomic and quality traits of bread wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Food, Agriculture and Environment 8 (2): 419-421.
- Bakhshayeshi Geshlagh, M. 2011. Study of adaptability and yield stability of wheat cultivars in cold and mountainous moderate-cold climate of Iran. Journal of Crops Improvement 13 (2): 41-49. (in Persian).
- Bakhshayeshi, M., and Bakhshayeshi, H. 2012. Study of interaction of genotype environment and stability of grain yield in bread wheat cultivars in Kurdistan province. New Finding in Agriculture 6 (4): 201-213. (in Persian with English abstract).
- Behdad, M., Paknejad, F., Vazan, S., Ardakani, M. R., and Sadeghi Shoaie, M. 2012. Evaluation of drought stress on effective traits at accumulative cumulative assimilate of grain in different cultivars of wheat. Iranian Journal of Agronomy and Plant Breeding 8 (3): 79-83. (in Persian with English abstract).
- Dawari, N. H., and Luthra, O. P. 1991. Character association studies under high and low environments in wheat. Indian Journal of Agricultural Research 25: 515-518.
- Emam, Y., Ranjbari, A., and Bohrani, M. J. 2007. Evaluation of grain yield and its components in wheat genotypes under drought stress condition after anthesis. Journal of Agriculture Natural Resource Science Technology 11: 317-327. (in Persian with English abstract).
- Farshadfar, A. S. 1998. Application of quantitative genetics in plant breeding. Taqobostan Publication, Razi University, Kermanshah. 396 p. (in Persian).
- Fischer, R. A. 2008. The importance of grain or kernel number in wheat: A reply to Sinclair and Jamieson. Field Crops Research 105: 15-21.
- Ghobakhlou, R. A. 2015. Planting wheat in cold regions (especially for dry farming and irrigated). Seed and Plant Improvement Research Institute, Dry Agricultural Research Institute, Agricultural Engineering Research Institute, Soil and Water Research Institute, Office for the Promotion of Agricultural and Natural Resources. Agricultural Education Publication. 39 p. (in Persian).
- Giambalwo, D., Ruisi, P. G., and Di-Miceli. 2010. Nitrogen use efficiency and nitrogen fertilizer recovery of durum wheat genotypes as affected by interspecific competition. Agronomy Journal 102 (2): 707-715.

13. Hamam, K. A. 2008. Pedigree selection in F₃ and F₄ generations for grain yield of durum wheat. *Assiut Journal of Agriculture Science* 39 (3): 1-11.
14. Hooshmandi, B. 2015. Evaluation some morphophysiological indices and yield of bread wheat cultivars. *Crop Physiology Journal* 7 (26): 121-134. (in Persian with English abstract).
15. Karimi, A., Meskarbashee, M., Nabipour, M., and Broomandnasab, S. 2012. The study of some quantity and quality characteristics of two wheat cultivars under different planting method and irrigation levels conditions. *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production* 21 (4): 95-104. (in Persian with English abstract).
16. Kazemi arbat, H. 2011. Private agronomy, Vol 1: Cereals. University Publication Center. (in Persian).
17. Kebriaei, A., Yazdani sepas, A., Keshavarz, S., Bihanta, M., and Najafi Mirak, T. 2007. Stability of grain yield in promising winter and facultative wheat (*Triticum aestivum* L.) lines. *Iranian Journal of Crop Sciences* 9 (3): 225-236. (in Persian with English abstract).
18. Kouchaki, A., Nassiri, M., Jahanbin, G. H., and Zare, A. 2004. Diversity of crop cultivars in Iran. *Desert (Biaban)*, 9 (1): 49-67. (in Persian with English abstract).
19. Mehari, M., Alamerew, S., and Lakew, B. 2014. Genotype environment interaction and yield stability of malt barley genotypes evaluated in Tigray, Ethiopia Using the Ammi Analysis. *Asian Journal of Plant Sciences* 13 (2): 73-79.
20. Mohammadi, S. 2014. Evolution of Grain Yield and its Components Relationships in Bread Wheat Genotypes under Full Irrigation and Terminal Water Stress Conditions Using Multivariate Statistical Analysis. *Iranian Journal of Field Crops Research* 12 (1): 99-109. (in Persian).
21. Mohammadi Gonbad, R., Esfahani, M., Roustaei, M., and Sabouri, H. 2016. Effect of planting dates on grain filling of bread wheat genotypes under rain-fed condition of Gonbad-e-Qabus region. *Cereal Research* 6 (3): 307-321. (in Persian with English abstract).
22. Morgounova, A., Zykinb, V., Belanb, I., Roseevab, L., Zelenskiyc, Y., Budakd, H., and Bekese, F. 2010. Genetic gains for grain yield in high latitude spring wheat grown in Western. Siberia in 1900-2008. *Field Crops Research* 117: 101-112.
23. Morinaka, Y., Sakamoto, T., Inukai, Y., Agetsuma, M., Kitano, H., Ashikari, M., and Matsuoka, M. 2006. Morphological alteration caused by brassinosteroid insensitivity increases the biomass and grain production of rice. *Plant Physiology* 141: 924-931.
24. Moshfeghi, N., Khazaei, H. R., and Kafi, M. 2015. The Study of phenological and morphophysiological traits of new and old barely (*Hordeum vulgare* L.) shoot cultivars. *Iranian Journal of Field Crops Research* 13 (1): 92-100. (in Persian with English abstract).
25. Motamedi, M., and Moradi, M. 2012. Evaluation of yield and yield components of bread wheat cultivars under different environmental conditions. *Crop physiology Journal* 4 (14): 45-58. (in Persian with English abstract).
26. Rahemi karizaki, A. 2011. Investigation the changes of physiological and morphological traits associated with wheat (*Triticum aestivum* L.) yield. Thesis of Ph.D. Agronomy. Department of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. 104 p. (in Persian with English abstract).
27. Schillinger, W. F. 2005. Tillage method and sowing rate relations for dry land spring wheat, barley and oat. *Crop Science* 45: 2636-2643.
28. Shahkuie, A. 2017. The study of the role of climate in tourism planning in Golestan Province. *Sepehr, Journal of the Geographic Organization of the Armed Forces* 79: 52-57. (in Persian).
29. Soltani, A. 2015. Application of SAS in statistical analysis. *Jehad Daneshgahi Publisher*. P. 182. (in Persian).
30. Soltani, A., Rezaei, A., Khajeh Pour, M. R., and Mirlohi, A. 2001. Relationship and contribution of various morphological and physiological traits in yield formation of sorghum. *Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources* 7 (4): 85-94. (in Persian with English abstract).
31. Talebifar, M., Taghizadeh, R., and Kamali Kivi, S. E. 2015. Determination of relationships between yield and yield components in wheat varieties under water deficit stress in different growth stages through Path analysis. *Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi)* 108: 107-113.
32. Yung, S. J., Gyenism, L., Bossolini, E., Hayes, P. M., Matus, I. K., Smith, P., Steffenson, B. J., Tuberosa, R., and Muehlbauer, G. J. 2006. Validation of quantitative trait loci for multiple resistances in barley using advanced backcross lines developed with a wild barley. *Crop Science* 46: 1179-1186.
33. Zadox, J.C., Change, T. T., and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.



Study of the Response of Rainfed Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars in Semi-arid and Semi-humid Regions of Golestan Province

A. Rahemi karizaki^{1*}, H. Rezaei², A. Gholizadeh³, A. Nakhzari Moghadam⁴, M. Naeemi⁵

Received: 16-12-2018

Accepted: 10-07-2019

Introduction: Wheat (*Triticum aestivum* L.) is one of the world's largest cultivated plants and one of the most important aspects in wheat breeding is the stability of cultivars under various environmental conditions. The stability of a product is, in fact, its ability to survive in a particular environment. In other words, a plant must be able to tolerate cold, heat, shortage or excess water, changes in the length of the day, the intensity of light, and a wide range of chemical and physical conditions of the soil.

Materials and Methods: In order to study the response of rainfed wheat cultivars in semi-arid and semi-humid regions of Golestan province, an experiment was conducted at the research farm of Gonbad Kavous University (semi-arid area) and a field in Gorgan (semi-humid area) based on the randomized complete block design with four replications and with seven wheat cultivars (Aftab, Azar 2, Sardari, Qaboos, Karim, Koohdasht and Line 17) in 2015-2016. In this experiment, the phenological traits (days from planting to anthesis, physiological maturity), morphological traits (grain filling period, grain filling rate, maximum leaf area index), yield and yield components (number of tillers per square meter, grain per spike, spikelet per spike, grain per square meter, mean grain weight, grain yield, biological yield and harvest index) of cultivars were evaluated in two regions. To compare the means, LSD test was used at the 5% probability level. All analytical steps were performed in SAS software version 9.4.

Results and Discussion: The results of analysis of variance showed that the effect of cultivar in Gonbad and Gorgan regions on all traits except grain filling rate in Gorgan and number of tillers per m² in Gonbad-Kavous was significant at 1% and 5% levels. The average period of examination in Gonbad-Kavous was 178 days and in Gorgan 195 days after planting. In Gonbad-Kavous, Sardari cultivar (33 days) had the highest and Line 17 (27 days) had the least grain filling period. But in Gorgan, the Qaboos cultivar (41 days) was the highest and the Koohdasht cultivar (38 days) had the least grain filling period. The results also showed that there was a significant difference between the cultivars in both locations in terms of grain filling rate. In Gonbad-Kavous, Azar 2 had the lowest grain filling rate (5.8 g.day.m⁻²), and Line 17 had the highest grain filling rate (14.2 g.day.m⁻²). But in Gorgan, Sardari cultivar had the lowest (5.5 g.day.m⁻²) and Koohdasht cultivar had the highest (14.37 g.day.m⁻²) grain filling rate. Correlation coefficient between grain filling period and grain yield ($r=0.359^{**}$) and grain yield and grain filling rate ($r=0.847^{**}$) were positive and significant. Grain yield and harvest index were higher in Gorgan than Gonbad-Kavous. In Gonbad-Kavous, there was no significant difference between grain yield per unit area, biological yield per unit area and harvest index in most of the cultivars. In Gorgan, there was a significant difference between cultivars for grain yield, but there was no significant difference between biological yield and harvest index among more cultivars. In Gorgan, Koohdasht and Sardari cultivars had the highest and lowest grain yield per unit area (564.2 and 218.3 g.m⁻²) and harvest index (50.32 and 32.2%) respectively. There was a significant correlation between grain yield and harvest index ($r=0.907^{**}$) and biological yield ($r=0.665^{**}$) in the level of 1%.

1- Assistant Professor, Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

2- M.Sc. Student, Agroecology, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

3- Assistant Professor, Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

4- Assistant Professor, Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

5- Assistant Professor, Department of plant production, Faculty of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gonbad Kavous University, Golestan, Iran

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

Conclusions: In general, due to the fact that other than cultivars Sardari and Azar 2, which are special for cold regions, other cultivars are compatible with tropical and semi-arid conditions. According to the climatic conditions (rainfall and temperature), two regions of Gorgan and Gonbad-Kavous were observed during the experimental period which were more in line with the tropical conditions. In most traits, there was a slight difference between the cultivars. Different cultivars achieved high grain yield in Gonbad and Gorgan. In Gorgan region, Koohdasht cultivar had a shorter time from planting to maturity and this cultivar had higher grain yield. In Gonbad Kavous region, although the Qaboos cultivar had no superiority in most traits than other cultivars, it had the highest yield and shorter time from planting to maturity and harvest.

Keywords: Morphology, Phenology, Wheat, Yield and yield components

اثر تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک بر برخی از متابولیت‌های ثانویه، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ

فاطمه محتشمی^۱، محمودرضا تدین^{۲*}، پرتو روشندل^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۰۹/۳۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۰

چکیده

به‌منظور بررسی تیمارهای کم‌آبیاری و محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک بر میزان فنول کل، میزان فلاونوئید کل، فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، عملکرد دانه و عملکرد روغن ژنوتیپ‌های گلرنگ، آزمایشی به‌صورت طرح کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در بهار ۱۳۹۶ انجام شد. در این آزمایش سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گلرنگ) به‌عنوان فاکتور اصلی و سه ژنوتیپ گلرنگ (محلی اصفهان، فرامان و سینا) به‌عنوان فاکتور فرعی و محلول‌پاشی با سه سطح شامل (شاهد، محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی‌مولار و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور فرعی انتخاب شدند. نتایج نشان داد که اثرهای اصلی تیمار کم‌آبیاری، ژنوتیپ و محلول‌پاشی بر تمامی صفات مورد بررسی در این پژوهش معنی‌دار شد. به‌طوری‌که بیشترین عملکرد دانه (۱۶۸۷ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۴۶۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ سینا و کمترین عملکرد دانه (۱۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) و عملکرد روغن (۳۳۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان شد. نتایج نشان داد محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک میزان عملکرد دانه و روغن به‌ترتیب ۵/۹ و ۱۱/۵۳ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی افزایش یافت. مقدار فنیل آلانین آمونیا لیاز در ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری ۲۶/۱۸ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و ژنوتیپ محلی اصفهان افزایش یافت. همچنین میزان فنول و فلاونوئید کل در ژنوتیپ سینا و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به‌ترتیب ۵۰/۳۵ درصد و ۴۰/۲۳ درصد در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد مقدار فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنول و فلاونوئید کل در اثر برهم‌کنش محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ ۱۰/۹۱ درصد، ۴۴/۳۹ و ۵۵/۳۲ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول‌پاشی و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت. نتایج نشان داد که می‌توان با انتخاب ژنوتیپ و ترکیبات مناسب عملکرد دانه و روغن و اثرات دارویی گیاه گلرنگ را افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: آنتی‌اکسیدان، فلاونوئید، فنول، فنیل آلانین آمونیا لیاز

مقدمه

کمک می‌کنند تا بتوانند در مقابل شرایط نامساعد محیطی (مانند خشکی و یا شرایط نامساعد خاک) مقاومت کنند و به حیات خود ادامه دهند (Ramakrishna and Ravishankar, 2011).

استفاده از ایسیستورهایی با منشأ زیستی مانند (اسید جاسمونیک، اسید سالیسیلیک و اسید آسکوربیک) و یا غیر زیستی مانند (نمک و فلزات سنگین) از طریق القای پاسخ‌های دفاعی موجب بیوستزی و انباشت متابولیت‌های ثانویه و کاهش اثرات نامطلوب تنش خشکی بر عملکرد اقتصادی گیاهان می‌شوند (Zaho et al., 2005).

ایسیستورهایی مانند جاسمونات‌ها و استر متیل آن‌ها گروه جدیدی دیگر از تنظیم‌کنندگان رشد گیاهان و از مشتقات اسید لینولنیک محسوب می‌شوند که از طریق مسیر بیوستزی اکتادکانوئید سنتز می‌شوند (Schaller, 2001). اسید جاسمونیک مهم‌ترین هورمون مقاومت به تنش‌های زیستی و غیر زیستی است (Bari and Jones, 2009). این ترکیبات منجر به القای فعالیت آنزیم‌های ویژه‌ای می‌شوند که واکنش‌های بیوستزی مربوط به تولید ترکیبات دفاعی مانند پلی فنل‌ها، آلکالوئیدها و پروتئین‌های مربوط به میکروبی‌های

خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زنده ایجادکننده خسارت در گیاهان و به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد و تولید شناخته شده است (Fanaie et al., 2015). پژوهش‌ها نشان می‌دهند، اثر زمان تنش خشکی به اندازه شدت آن بر عملکرد گیاه اثر می‌گذارد. تنش خشکی در طول مرحله گلدهی، گرده‌افشانی و نمو دانه ممکن است تعداد دانه تشکیل شده را به شدت کاهش دهد (Sio-Se et al., 2006). تحقیقات نشان داده که یکی از مهم‌ترین عوامل تأثیرگذار در میزان متابولیت‌های ثانویه موجود در گیاهان، تنش‌های محیطی اعمال شده بر آن‌هاست، این ترکیبات به گیاهان

۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۲- دانشیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

۳- استادیار، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد

(Email: Mrtadayon@yahoo.com)

*- نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v17i4.77709

دستیابی به افزایش تولید و بهبود اقتصاد آن باشد. در مقایسه با روش‌های به‌نژادی که اغلب بلندمدت و هزینه‌بردار هستند، استفاده از مواد شیمیایی شامل اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک آسان‌تر و ارزان‌تر است. تاکنون در ارتباط با جنبه‌های فیزیولوژی و بیوشیمیایی تنش خشکی تحت تاثیر جاسمونیک اسید و اسید آسکوربیک و بررسی روابط متقابل این صفات با عملکرد و میزان متابولیت‌های ثانویه گلرنگ نتایجی گزارش نشده است. از طرفی توصیه رژیم آبیاری مناسب گیاه گلرنگ با توجه به شرایط خشک و نیمه‌خشک کشور ضروری است. بنابراین هدف از این پژوهش بررسی تاثیر ترکیباتی مانند جاسمونیک اسید و آسکوربات در جهت مقاومت به تنش خشکی در ژنوتیپ‌های گلرنگ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد (با طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی و با ارتفاع ۲۰۵۰ متر از سطح دریا) طراحی و اجرا شد. جهت مطالعه اثر سطوح مختلف آبیاری روی عملکرد گلرنگ آزمایشی به صورت کرت‌های دو بار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد در بهار ۱۳۹۶ اجرا گردید. فاکتور اصلی شامل سه سطح آبیاری (۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی گلرنگ) که تیمارهای کم‌آبیاری گلرنگ از مرحله ۶ برگی اعمال شد و فاکتور فرعی آزمایش شامل سه ژنوتیپ گلرنگ (محلی اصفهان، فرامان و سینا) بود که از شرکت توسعه کشت گیاهان روغنی اصفهان تهیه شد. فاکتور فرعی فرعی مربوط به سه سطح محلول‌پاشی شامل (شاهد، محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک با غلظت ۰/۵ میلی مولار (Mahabub Alam et al., 2014) و محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک با غلظت ۲۰ میلی‌مولار بود. در این پژوهش با توجه به این که افزایش تعداد سطوح محلول‌پاشی با توجه به طرح آزمایشی اسپلیت- اسپلیت پلات موجب افزایش تعداد تیمارها در مزرعه می‌شد و کنترل مزرعه و تجزیه تحلیل داده‌ها و تفسیر نتایج پیچیده می‌شد، لیکن با توجه به بررسی پژوهش‌های مختلف در رابطه با گلرنگ غلظتی از اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک انتخاب شد که بیشترین تاثیر را در افزایش عملکرد دانه گلرنگ داشت و محلول‌پاشی دو مرتبه به فاصله یک هفته در مرحله گلدهی گلرنگ توسط سمپاش دستی تا زمان جاری شدن قطره‌های محلول مورد استفاده بر روی برگ‌های گیاه ادامه یافت. قبل از آماده‌سازی زمین، نمونه مرکبی از خاک مزرعه تهیه شده و جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه ارسال گردید نتیجه تجزیه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

بیماری‌زا را کاتالیز می‌کنند (Creelman and Mullet, 1995). گزارش شده است که کاربرد خارجی اسید جاسمونیک موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدان مانند اسید آسکوربیک در گیاهان مختلف شده است و ممکن است که اسید جاسمونیک یکی از هورمون‌های گیاهی مؤثر در متابولیسم اسید آسکوربیک باشد (Chen et al., 2007). اسید آسکوربیک یک مولکول کوچک و قابل حل در آب است که در گیاهان و حیوانات دیده می‌شود. بنابر پژوهش‌های انجام شده، این ماده نقش مهمی در حفاظت از گیاهان در برابر تنش‌های محیطی از قبیل کم‌آبی، فلزات سنگین و شوری دارد (Vwioke et al., 2008). مشاهده شده که کاربرد خارجی اسید آسکوربیک به‌عنوان یک آنتی‌اکسیدان می‌تواند اثرات زیان‌بار ناشی حاصل از تنش شوری را در گیاه کلزا (*Brassica napus*) کاهش دهد و سبب بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد شود (Dolatabadian et al., 2009). دانشمند (Daneshmand, 2014) گزارش کرد که کاربرد خارجی آسکوربات می‌تواند موجب افزایش محتوای ترکیبات فنلی در گیاه سیب‌زمینی شود. مطابق با نتایج هرناوند و همکاران (Hernandes et al., 2004) میزان آسکوربات تحت شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد بنابراین این احتمال وجود دارد که آسکوربات به‌عنوان ترکیب محرک سنتز ترکیبات فنلی است.

مسیر اصلی بیوسنتز فنیل پروپانویدها از مسیر شیکمیک اسید (Shicmik acid) (مسیر بیوسنتزی آمینواسیدهای حلقوی مانند فنیل آلانین و تیروزین) شروع می‌شود. آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز (PAL) یک آنزیم حد واسط بین متابولیسم‌های اولیه و ثانویه (فنیل پروپانوید) است. فعالیت آنزیم PAL تحت تاثیر pH محیط قرار می‌گیرد، اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک با افزایش فعالیت آنزیم PAL، واکنش‌های مسیر فنیل پروپانوید را تحریک کرده و باعث افزایش ترکیبات فنلی می‌شوند (Winkle-Shirley, 2001). متابولیت‌هایی که در نتیجه فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز به‌وجود می‌آیند به‌عنوان مشتقات فنلی طبقه‌بندی می‌شوند که شامل کومارین‌ها، اسانس‌ها، فلاونوئیدها، لیگنین و تانن هستند. این ترکیبات در جهت درمان بیماری‌های مختلف مورد استفاده قرار می‌گیرند (Bagal et al., 2012).

گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius*)، بیشتر برای تولید دانه و استخراج روغن خوراکی کشت می‌شود، ولی در برخی کشورها از جمله چین و هند گل‌های آن در رنگ و طعم دادن به غذاها و تهیه رنگ پارچه استفاده می‌گردد و همچنین به دلیل کاربردهای دارویی متعدد کشت می‌شود (Asqarpanh and Kazemivash, 2013).

با توجه به اهمیت گیاه گلرنگ از نظر کاربردهای متنوع آن در صنایع روغن‌کشی، رنگ‌رزی و مصارف دارویی به نظر می‌رسد، که افزایش عملکرد دانه در واحد سطح در کشور راهکار مناسبی برای

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه مورد مطالعه
Table 1- Some physical and chemical properties of field soil

Chemical properties				Physical properties	
EC (dS.m ⁻¹)	pH	%N	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	17% clay, 42% silt and 41% sand
1.1	7.7	0.09	7.1	296	Loam

زمانی که رطوبت خاک به حد پایینی رطوبت سهل الوصول (θ_{MAD}) رسید، عمق آب آبیاری بر اساس کمبود رطوبت خاک مطابق با معادله ۲ اعمال شد.

$$d = (\theta_{FC} - \theta_{soil}) \cdot D \quad (2)$$

$$V = d \times A \times 1000 \quad (3)$$

در این رابطه: d= عمق آب مورد نیاز (m)، D: عمق مؤثر ریشه گیاه (m)، θ_{soil} رطوبت خاک پیش از آبیاری (m/m)، A سطح کرت (m²)، V حجم آبیاری (L).

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی

در این پژوهش فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از آزمایش بتا کاروتن- لینولئیک اسید به دست آمد. در این روش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، با میزان مهار اکسیداسیون لینولئیک اسید و جلوگیری از ایجاد ترکیبات فرار و هیدرو پراکسیدهای کونژوگه، مورد سنجش قرار گرفت. برای انجام آزمایش ابتدا یک محلول پایه از بتاکاروتن- لینولئیک اسید به صورت زیر تهیه گردید: ۰/۵ میلی گرم بتاکاروتن در ۱ میلی لیتر کلروفرم حل شد و سپس ۲۵ میکرولیتر لینولئیک اسید و ۲۰۰ میلی گرم توئین ۴۰ به آن اضافه گردید و کاملاً مخلوط شد. سپس با تبخیر در خلأ کلروفرم تبخیر گردید و ۱۰۰ میلی لیتر آب مقطر اشباع شده از اکسیژن (۳۰ دقیقه تحت فشار ۱۰۰ میلی لیتر در دقیقه) همراه با تکان شدید به آن اضافه شد. ۲/۵ میلی لیتر از محلول تهیه شده فوق به لوله آزمایش منتقل شد و ۳۵۰ میکرولیتر از عصاره (غلظت ۲ گرم در لیتر در اتانول) به لوله آزمایش اضافه گردید. تمامی این مراحل در مورد بوتیلیند هیدروکسی تولوئن به عنوان شاهد مثبت و بلانک (فقط حاوی ۳۵۰ میکرولیتر اتانول) انجام شد. بعد از ۴۸ ساعت گرم‌خانه‌گذاری در دمای اتاق، جذب نوری نمونه‌ها در ۴۹۰ نانومتر قرائت گردید و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی، از مقایسه جذب نوری نمونه‌ها با زمان صفر و از روی میزان پایداری رنگ زرد بتا کاروتن به درصد مورد سنجش قرار گرفت (Kartal et al., 2007). به منظور عصاره‌گیری از روش تغییر یافته چن و همکاران (Chen et al., 2007) استفاده شد. ۱۰۰ میلی گرم پودر گلبرگ در ۱۰ میلی لیتر متانول ۸۰٪ با استفاده از امواج فراصوت تولید شده توسط دستگاه Ultrasonic (مدل WUC-D10H ساخت کره) با قدرت ۴۰ kHz به مدت ۲۰ دقیقه در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد عصاره‌گیری شد. سپس مخلوط فوق با سرعت ۳۰۰۰ rpm سانتریفوژ و روشناور برای سنجش خاصیت آنتی‌اکسیدانی جدا گردید.

هر کرت شامل نه خط کاشت به طول سه متر بود. فاصله بوته‌ها روی خط پنج سانتی‌متر و تراکم بوته در هر کرت ۴۰ بوته در متر مربع بود. کشت در اوایل اردیبهشت و پس از رسیدن رطوبت مزرعه به حد ظرفیت زراعی و تامین دمای پایه برای جوانه‌زنی بذرهای گلرنگ انجام شد. کلیه عملیات داشت شامل مبارزه با علف‌های هرز و آفات، سله‌شکنی به صورت دستی به موقع اجرا شد. تغذیه گیاه گلرنگ بر اساس توصیه آزمون خاک (کود پایه: ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تربیل) و همچنین ۷۵ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع کود اوره حاوی ۴۶ درصد نیتروژن خالص) در سه نوبت (نوبت اول زمان دو تا چهار برگی، نوبت دوم زمان ساقه‌دهی و نوبت سوم زمان گل‌دهی) بود.

آبیاری کرت‌های آزمایش تا قبل از اعمال تیمار کم آبیاری برحسب شرایط آب و هوایی و تخلیه رطوبتی خاک و براساس تخلیه آب سهل الوصول انجام شد. نیاز آبیاری گیاه بر پایه اندازه‌گیری تغییرات رطوبت خاک با دستگاه رطوبت‌سنج تاپروپ مدل SM300 و مطابق روش فرشی (Farshi, 2003) برآورد شد. با استفاده از این دستگاه میزان رطوبت خاک تعقیب شده و زمان رسیدن به حد رطوبت تخلیه مجاز (Management Available Deficit) مشخص گردید. تیمارهای ۷۵ و ۵۰ درصد به ترتیب به میزان ۷۵ و ۵۰ درصد آب مصرفی تیمار شاهد آب دریافت کردند. مقدار رطوبت MAD، طبق معادله (۱) محاسبه شد.

$$\theta_{MAD} = \theta_{FC} - (\theta_{FC} - \theta_{PWP}) \cdot MAD \quad (1)$$

در این رابطه: θ_{FC} = رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه (%)، θ_{PWP} = رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم (%)، MAD = ضریب تخلیه مجاز.

میزان رطوبت حجمی در نقطه پژمردگی دائم در گیاه گلرنگ با توجه به بافت لوم خاک ۱۴ درصد است.

میزان ضریب تخلیه مجاز برای گیاه گلرنگ ۶۵ درصد است.

عمق مؤثر ریشه ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

قبل از آبیاری از عمق (۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتی‌متری) خاک نمونه‌برداری و جهت اندازه‌گیری رطوبت خاک به آزمایشگاه ارسال شد. قابل ذکر است که مقدار رطوبت خاک در حد فاصل رطوبت حجمی در ظرفیت زراعی مزرعه و نقطه پژمردگی دائم در بافت‌های مختلف خاک توسط فرشی (Farshi, 2003) در کتاب رابطه آب و خاک و گیاه نیز گزارش شده است.

میانگین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار SAS مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

فعالیت آنتی‌اکسیدانی

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس فعالیت آنتی‌اکسیدانی بر اساس درصد بازدارندگی اسید لینولئیک تحت تأثیر اثرهای ساده تیمار کم‌آبیاری، ژنوتیپ، محلول‌پاشی و همچنین تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم‌آبیاری \times محلول‌پاشی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین اثر تیمار کم‌آبیاری بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی نشان داد که بیشترین (۹۳/۶۹ درصد بازدارندگی لینولئیک اسید) و کمترین آن (۶۶/۷۷ درصد بازدارندگی لینولئیک اسید) فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب در تیمارهای ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ به‌دست آمد (جدول ۳). به‌طوری‌که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری ۲۸/۷۳ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت (جدول ۳). آنتی‌اکسیدان‌های گیاهی طبیعی شامل ترکیبات فنولی، بتاکاروتن، ویتامین‌های C و E هستند که در بخش‌های مختلف گیاه، اثر سودمندی روی جمع‌آوری رادیکال‌های آزاد اکسیژن دارند. به‌طور کلی تنش‌های غیر زیستی مسیره‌های درگیر در بیوسنتز دو گروه اصلی از متابولیت‌های ثانویه با ویژگی آنتی‌اکسیدانی، شامل ترپن‌ها و فنول‌ها را تحت تأثیر قرار می‌دهند و موجب افزایش میزان فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شوند (Mittler, 2004). سجادی و همکاران (Sajadi *et al.*, 2012) گزارش کردند که تنش خشکی موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های گلرنگ شد. مطالعات متعددی حاکی از افزایش تجمع گونه‌های فعال اکسیژن تحت تنش خشکی گزارش شده است. بنابراین گیاهان جهت کاهش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن از طریق سازوکارهایی تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی را افزایش می‌دهند (Miller *et al.*, 2010; Daneshmand, 2014).

در تیمار مربوط به ژنوتیپ‌های گلرنگ بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ سینا و فرامان و کمترین آن مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان بود به‌طوری‌که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ سینا و فرامان به‌ترتیب ۱۲/۶۵ درصد و ۸/۶ درصد در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان بیشتر بود (جدول ۳). به‌نظر می‌رسد، تفاوت‌های ژنتیکی ژنوتیپ‌های گیاهی می‌تواند موجب تفاوت در میزان بیان ژن‌های تولیدکننده ترکیبات آنتی‌اکسیدانی آنزیمی و غیر آنزیمی شود و ژنوتیپی که میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی بیشتری داشته باشد به میزان بیشتری می‌تواند موجب کاهش فعالیت گونه‌های فعال اکسیژن شود و از این ویژگی گیاهان می‌توان در جهت گزینش ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی استفاده کرد. سجادی و

میزان فنل کل بر اساس روش رنگ‌سنجی با استفاده از گالیک اسید به‌عنوان استاندارد اندازه‌گیری شد (Marrinova *et al.*, 2005). سپس به ۰/۲ میلی‌لیتر از عصاره‌های گیاهی یا محلول‌های استاندارد (غلظت‌های $100-0 \text{ mg ml}^{-1}$ گالیک اسید (GAE) در آب مقطر) حدود ۱/۸ میلی‌لیتر آب مقطر و ۰/۲ میلی‌لیتر معروف فولین-سیو کالتیو رقیق (۱:۱۵ v/v) اضافه شد. بعد از ۵ دقیقه، با افزودن ۳ میلی‌لیتر از محلول ۷٪ سدیم کربنات حجم مخلوط واکنش با آب مقطر به ۵ میلی‌لیتر رسانده شد و بعد از ۹۰ دقیقه نگهداری در دمای آزمایشگاه جذب آن‌ها در طول موج ۷۵۰ نانومتر تعیین و مقدار فنل کل از روی منحنی استاندارد بر حسب $\text{mg GAE g}^{-1}\text{DW}$ محاسبه شد (Marrinova *et al.*, 2005).

میزان فلاونوئید کل با روش رنگ‌سنجی آلومینیوم کلراید اندازه‌گیری و ۰/۱ گرم از نمونه‌های گیاهی در ۱۰ میلی‌لیتر متانول عصاره‌گیری شد. به ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره حاصل، آب مقطر اضافه شد تا حجم ۵ میلی‌لیتر به‌دست آید. سپس به محلول حاصل ۰/۳ میلی‌لیتر سدیم نیتريت ۵ درصد و پس از ۵ دقیقه، ۰/۶ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم ۱۰ درصد اضافه گردید. در نهایت ۲ میلی‌لیتر هیدروکسید سدیم ۱ مولار و ۲ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه و شدت جذب در طول موج ۵۱۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. غلظت نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد کوئرستین به‌دست آمد (Ebrahimzade *et al.*, 2008).

جهت اندازه‌گیری فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیااز ۰/۵ گرم از بافت تازه گلچه گلرنگ توزین و در ۶/۵ میلی‌لیتر بافر تریس-هیدروکلریک ۵۰ میلی‌مولار (اسیدیته ۸/۸) که حاوی بتا مرکاپتو اتانول ۱۵ میلی‌مولار می‌باشد، ساییده شد و عصاره حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در 5000 g سانتریفوژ گردید. محلول رویی برای شناسایی استفاده شد. مخلوطی از یک میلی‌لیتر بافر استخراجی بالا، ۰/۵ میلی‌لیتر فنیل آلانین ۱۰ میلی‌مولار، ۰/۴ میلی‌لیتر آب و ۰/۱ میلی‌لیتر از عصاره آنزیمی در حمام آب گرم ۳۷ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت قرار داده شد. سپس واکنش توسط ۰/۵ میلی‌لیتر کلریدریک اسید ۶ مولار متوقف گردید. در نهایت، به محلول حاصل ۱۵ میلی‌لیتر اتیل استات افزوده و فاز روغنی تشکیل شده جدا و باقی‌مانده در دمای آزمایشگاه قرار داده شد تا تبخیر شود. سپس باقی‌مانده، که همان سینامیک اسید است در ۳ میلی‌لیتر سود ۰/۰۵ مولار حل شد و غلظت سینامیک اسید با اندازه‌گیری میزان جذب در طول موج ۲۹۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی $9500 \text{ M}^{-1} \text{ cm}^{-1}$ به‌دست آمد. فعالیت این آنزیم بر اساس سرعت تبدیل فنیل آلانین به ترانس سینامیک اسید تعیین شد. یک واحد از فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیااز معادل ۱ میکرومول از سینامیک اسید تولید شده در یک دقیقه است (Wang *et al.*, 2006). تجزیه واریانس صفات با استفاده از نرم‌افزار SAS (نسخه ۹) انجام گرفت و

تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم آبیاری × محلول پاشی نیز قرار گرفتند (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در تیمار کم آبیاری بیشترین میزان فلاونوئید کل و فنول کل به ترتیب مربوط به ژنوتیپ سینا و فرامان و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ بود و کمترین میزان صفات مذکور مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گیاه گلرنگ بود (جدول ۴) به طوری که میزان فنول و فلاونوئید کل در ژنوتیپ سینا و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری به ترتیب ۵۰/۳۵ درصد و ۴۰/۲۳ درصد در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت (جدول ۴). بیشترین میزان فلاونوئید و فنول کل مربوط به تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ بود (جدول ۵). به طوری که میزان فنول کل در تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ ۴۴/۳۹ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت (جدول ۵). همچنین میزان فلاونوئید کل در تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و در اثر محلول پاشی با اسید جاسمونیک و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ به ترتیب ۵۵/۳۲ درصد و ۵۴/۱۴ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت (جدول ۵).

بیشترین میزان فنیل آلانین آمونیاکاز مربوط به ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری و کمترین میزان آن مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ بود (جدول ۴) به طوری که میزان فنیل آلانین آمونیاکاز در ژنوتیپ سینا و تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری ۲۶/۱۸ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و ژنوتیپ محلی اصفهان افزایش یافت (جدول ۴). میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاکاز در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری و ژنوتیپ سینا با ژنوتیپ فرامان و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۴). در اثر محلول پاشی بیشترین میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاکاز به ترتیب مربوط به محلول پاشی با اسید آسکوربیک و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود. به طوری که میزان فعالیت آنزیم مذکور در اثر محلول پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک به ترتیب ۱۵/۰۹ درصد و ۱۰/۵۰ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافت (جدول ۳).

تحت شرایط تنش خشکی میزان تولید ترکیباتی مانند اسید جاسمونیک افزایش می‌یابد (Edwards et al., 1985; Campbell and Ellis, 1992) و این ترکیب به عنوان یک پیامبر ثانویه موجب فعال شدن ژن‌های آنزیم فنیل آلانین آمونیاکاز (PAL) می‌شود (Koukal and Conn, 1961). این آنزیم نقش کلیدی در جهت

همکاران (Sajadi et al., 2012) نیز تفاوت فعالیت آنتی‌اکسیدانی در ژنوتیپ‌های گلرنگ را گزارش نموده‌اند.

نتایج نشان داد در اثر برهمکنش محلول پاشی و تیمار کم آبیاری بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی مربوط به تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و سپس مربوط به تیمار محلول پاشی با اسید جاسمونیک و ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ بود به طوری که فعالیت آنتی‌اکسیدانی در اثر برهمکنش محلول پاشی با اسید آسکوربیک و تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ ۱۰/۹۱ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی و تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ افزایش یافت (جدول ۵).

اسید آسکوربیک ترکیبی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی بوده و به عنوان ماده اولیه در مسیرهای چرخه‌ای، برای سمیت زدایی و خنثی کردن رادیکال‌های سوپراکسید و اکسیژن منفرد نقش دارد. همچنین به عنوان یک آنتی‌اکسیدان ثانویه در باز چرخ آلفا توکوفرول و دیگر آنتی‌اکسیدان‌های چربی دوست، نقش ایفا می‌کند و موجب افزایش میزان فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌شود (Vwioko et al., 2008). در سال‌های اخیر بسیاری از گزارش‌ها نشان می‌دهد که کاربرد خارجی اسید آسکوربیک در حفاظت از گیاهان در تنش‌های زیست محیطی مانند تنش شوری و خشکی نقش دارد. مشاهده شده که کاربرد خارجی اسید آسکوربیک به عنوان یک آنتی‌اکسیدان می‌تواند اثرات زیان‌آور ناشی از تنش شوری را در گیاه کلزا (*Brassica napus*) کاهش دهد و سبب بهبود رشد گیاه و افزایش عملکرد دانه در شرایط تنش شوری در مقایسه با گیاهان شاهد شود (Dolatabadian et al., 2009).

اسید جاسمونیک یک مولکول پیام‌رسان ثانویه گیاهی است که طیف گسترده‌ای از واکنش‌های گیاهی را تحت تأثیر قرار داده و موجب افزایش بیان ژن‌های متابولیت‌های ثانویه با خواص آنتی‌اکسیدانی می‌شود و سطح ترکیبات آنتی‌اکسیدانی را افزایش می‌دهد و موجب تنظیم فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه می‌شود (Mahmood et al., 2012). گزارش شده کاربرد خارجی اسید جاسمونیک از طریق افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی موجب کاهش رادیکال‌های آزاد اکسیژن ناشی از تنش خشکی می‌شود (Mahmood et al., 2012).

فنول کل، فلاونوئید کل، فنیل آلانین آمونیاکاز

اثرهای ساده تیمار کم آبیاری، ژنوتیپ و محلول پاشی بر میزان فلاونوئید کل، فنول کل و فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاکاز (PAL) معنی دار شد (جدول ۲) و میزان فلاونوئید کل و فنول کل و میزان فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیاکاز تحت تأثیر برهمکنش تیمار کم آبیاری × ژنوتیپ (جدول ۴) و میزان فنول کل و فلاونوئید کل

محلول پاشی با اسید آسکوربیک عملکرد دانه ۵/۹ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافت (جدول ۳).

کاهش عملکرد دانه تحت تأثیر تیمار کم آبیاری در گیاه گلرنگ به دلیل افزایش رقابت بین گیاهان برای آب و کاهش تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد غوزه و وزن هزار دانه گیاه است (Khalili *et al.*, 2016). همچنین کم آبیاری باعث ایجاد تنش اکسیداتیو و اختلال در ساختار کلروپلاست و کاهش محتوای کلروفیل شده و در نتیجه منجر به کاهش فعالیت فتوسنتزی و عملکرد دانه گیاه شده است (Amini and Bahrami, 2013). بین ژنوتیپ‌های گلرنگ تفاوت‌های معنی‌داری از نظر عملکرد دانه در واحد سطح گزارش شده است (Behdani and Jami Al-Mahdi, 2010). علت افزایش عملکرد دانه تحت تأثیر محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک احتمالاً به علت خواص آنتی‌اکسیدانی این ترکیبات بوده که موجب کاهش اختلال در ساختار کلروپلاست و بهبود محتوای کلروفیل شده و با بهبود فتوسنتز در مقایسه با شرایط تنش خشکی موجب افزایش تخصیص مواد فتوسنتزی به آغازه‌های رویشی شاخه‌ها شده و تعداد شاخه‌ها افزایش یافته و زمینه را جهت افزایش تعداد غوزه و حفظ غوزه‌ها در بوته گلرنگ فراهم نموده، همچنین از سقط دانه‌ها جلوگیری کرده و طول دوره پر شدن دانه را نیز افزایش داده و در نهایت با توجه به موارد بیان شده این ترکیبات (اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک) موجب افزایش عملکرد دانه شده‌اند. عرب و همکاران (Arab *et al.*, 2016) گزارش کردند که محلول پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش عملکرد دانه در گیاه گلرنگ شد. همچنین مرادی توچالی و همکاران (Moradi Tochali *et al.*, 2017) گزارش کردند که محلول پاشی با اسید آسکوربیک موجب افزایش درصد روغن و عملکرد دانه در گیاه بادام زمینی (*Arachis hypogaea*) شد. گزارش شده که محلول پاشی با اسید جاسمونیک موجب افزایش عملکرد دانه گلرنگ می‌شود (Ghassemi-Golezani and Hosseinzadeh, 2015).

عملکرد روغن

اثرهای ساده تیمار کم آبیاری، ژنوتیپ و محلول پاشی بر میزان عملکرد روغن معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که تنش کم آبیاری موجب کاهش عملکرد روغن شد به طوری که بیشترین عملکرد روغن (۴۳۰ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین میزان عملکرد روغن (۳۳۵ کیلوگرم در هکتار) مربوط به تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ شد (جدول ۳). میزان عملکرد روغن در ژنوتیپ سینا، فرامان و محلی اصفهان متفاوت بود، به طوری که بیشترین عملکرد روغن (۴۶۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ سینا و کمترین آن (۳۳۲ کیلوگرم در هکتار) مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان شد (جدول ۳).

تنظیم ساخت ترکیبات فنیل پروپانوئیدی دارد به طوری که آنزیم PAL موجب تجزیه ترکیبات غیر اکسیداتیو فنیل آلانین به ترانس سینامیک اسید و آمونیاک می‌شود. ترانس سینامیک اسید به عنوان پیشگام برای مسیرهای تولید ترکیبات لیگنینی و فلاونوئیدی است که مسیر بسیار پیچیده‌ای است (Ritter and Schulz, 2004). گزارش شده افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز با افزایش ترکیبات فنیل پروپانوئیدی همبستگی دارد (Ozeki and Komamine, 1985). در پژوهش حاضر نیز به نظر می‌رسد افزایش فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیلایز موجب افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی مانند فنول و فلاونوئید کل شده است.

در این پژوهش اسید آسکوربیک موجب افزایش فعالیت آنزیم PAL و افزایش میزان فنول و فلاونوئید کل شد. با توجه به این که فعالیت آنزیم PAL تحت تأثیر pH محیط قرار می‌گیرد، بنابراین ترکیبی مانند اسید آسکوربیک با افزایش آنزیم PAL، واکنش‌های مسیر فنیل پروپانوئید را تحریک کرده و باعث افزایش ترکیبات فنولی شده است (Winkle-Shirley, 2001). گزارش شده که که کاربرد خارجی اسید آسکوربیک موجب افزایش فنول کل و فلاونوئید کل در ژنوتیپ‌های مختلف گیاه ذرت (*Zea mays*) می‌شود (Salama *et al.*, 2013).

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش کم آبیاری، ژنوتیپ و محلول پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک بر عملکرد دانه معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه از تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ و کمترین آن از تیمار آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ به دست آمد (جدول ۳). عملکرد دانه در تیمار ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ ۱۴/۱ درصد در مقایسه با تیمار ۱۰۰ درصد نیاز آبی کاهش یافت (جدول ۳).

بین ژنوتیپ‌های گلرنگ نیز از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری در سطح یک درصد وجود داشت (جدول ۲). به طوری که بیشترین عملکرد دانه (۱۶۸۷ کیلوگرم در هکتار) و کمترین آن (۱۳۴۱ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب مربوط به ژنوتیپ سینا و ژنوتیپ محلی اصفهان بود (جدول ۳). بین ژنوتیپ محلی اصفهان و فرامان نیز از نظر عملکرد دانه تفاوت معنی‌داری وجود داشت (جدول ۳).

مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در اثر محلول پاشی بیشترین عملکرد دانه گلرنگ به ترتیب به میزان ۱۵۴۲ و ۱۵۳۷ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و کمترین آن ۱۴۵۰ کیلوگرم در هکتار مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۳) به طوری که در تیمار

مدت زمان لازم برای ذخیره سازی روغن در دانه، کاهش یافته است و با در نظر گرفتن این که عملکرد روغن از حاصل ضرب عملکرد دانه و درصد روغن به دست می آید و با توجه به این که تحت شرایط تنش کم آبیاری عملکرد دانه ژنوتیپ سینا و فرامان در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان کاهش کمتری داشته است، بنابراین عملکرد روغن ژنوتیپ سینا و فرامان در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان بیشتر شده است. در آزمایشی که با تیمارهای سطوح مختلف آبیاری بر اساس ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبیاری بر روی گلرنگ انجام گرفت، بیشترین عملکرد روغن به مقدار (۴۰۷ کیلوگرم در هکتار) با تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری و کمترین عملکرد روغن نیز به مقدار (۲۹۷/۷ کیلوگرم در هکتار) با تأمین ۵۰ درصد نیاز آبیاری گیاه به دست آمد (Ferasat et al., 2008). با توجه به اینکه محلول پاشی با اسید آسکوربیک و اسید جاسمونیک موجب افزایش عملکرد دانه شد بنابراین به احتمال زیاد یکی از دلایل مهم افزایش عملکرد روغن به علت افزایش عملکرد دانه بوده است.

به طوری که میزان عملکرد روغن در ژنوتیپ سینا در مقایسه با ژنوتیپ محلی اصفهان ۲۸/۱۳ درصد بیشتر بود (جدول ۳). بیشترین عملکرد روغن به ترتیب مربوط به تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و کمترین آن مربوط به تیمار بدون محلول پاشی بود (جدول ۳) به طوری که در تیمار محلول پاشی با اسید آسکوربیک و محلول پاشی با اسید جاسمونیک میزان عملکرد روغن به ترتیب ۱۱/۵۳ درصد و ۱۰/۶۷ درصد در مقایسه با تیمار بدون محلول پاشی افزایش یافت (جدول ۳).

در این پژوهش مشاهده شد که تنش کم آبیاری موجب کاهش عملکرد روغن شد، به نظر می رسد که تنش کم آبیاری موجب کاهش سنتز مواد فتوسنتزی شده بنابراین آسمیلات کمتری به اجزای تشکیل دهنده عملکرد دانه مانند وزن هزار دانه، تعداد غوزه در بوته، تعداد دانه در غوزه اختصاص یافته که در نهایت موجب کاهش عملکرد دانه شده است و همچنین به نظر می رسد به دلیل این که با کاهش رطوبت مورد نیاز گیاه، دوره پر شدن دانه کوتاه شده، بنابراین،

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس اثر محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک بر برخی از صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، عملکرد دانه و روغن ژنوتیپ های گلرنگ تحت تنش کم آبی

Table 2. Results of variance analysis effect of foliar application with jasmonic acid and ascorbic acid on some physiological trait, biochemical traits, grain yield and oil yield of safflower genotypes under deficit irrigation

منبع تغییرات Source of variation	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean square					
		فعالیت آنتی اکسیدان کل Antioxidant activity	فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاز Phenylalanine ammonia lyase	فلاونوئید کل Total flavonoid	فنول کل Total phenol	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد روغن Oil yield
تکرار Rep.	2	245.19	121.76	105.1	367.33	11037.97	3815.38
تنش آبی Water stress	2	390.79**	1677.79**	99.87**	676.3**	350746.004**	31979.66**
اشتباه اصلی Ea	4	18.79	5.65	1.34	4.5	21106.64	3234.55
ژنوتیپ Genotype	2	722.27**	165.57**	32.45**	376.84**	821163.43**	112202.11**
ژنوتیپ × تنش آبی Water stress × Genotype	4	12.12 ^{ns}	9.81**	3.41*	29.78**	11456.11 ^{ns}	1221.95 ^{ns}
اشتباه فرعی Eb	12	12.18	3.46	0.79	2.81	13458.006	659.43
محلول پاشی Foliar application	2	566.83**	57.2**	84.22**	136.51**	158694.01**	18898.04**
ژنوتیپ × محلول پاشی Foliar application × Genotype	4	8.74 ^{ns}	1.80 ^{ns}	2.29 ^{ns}	1.43 ^{ns}	12618.61 ^{ns}	2717.55 ^{ns}
کم آبی × محلول پاشی Foliar × Water stress	4	41.31*	0.58 ^{ns}	4.75**	2.59 ^{ns}	14879.74 ^{ns}	460.16 ^{ns}
تنش کم آبیاری × محلول پاشی × ژنوتیپ Foliar × Water stress × Genotype	8	3.6 ^{ns}	2.21 ^{ns}	1.68 ^{ns}	1.96 ^{ns}	13545.76 ^{ns}	1025.09 ^{ns}
اشتباه فرعی فرعی Eb	36	2.5	1.36 ^{ns}	1.12	1.35	12783.49	1194.49
ضریب تغییرات (%) CV		5.1	6.6	12.8	4.7	7.5	8.6

^{ns} عدم تفاوت معنی دار، * و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد
ns, * and **: Not-significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively

جدول ۳- مقایسه میانگین اثرات اصلی تنش کم‌آبیاری و محلول‌پاشی بر برخی از صفات فیزیولوژیکی، بیوشیمیایی، عملکرد روغن و دانه زینتیپ‌های گلرنگ

Table 3- Mean comparison of main effect of deficit irrigation and foliar application on some physiological trait, biochemical traits, oil yield and grain yield of safflower genotypes

تیماژ Treatment	فعالیت آنتی‌اکسیدانی Antioxidant activity (Percent inhibition of linoleic acid)	فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لیاژ Phenylalanine ammonia lyase (μmol. g ⁻¹ FW. Min)	فنول کل Total phenol (mg GA. g ⁻¹ dw)	فنول کل Total phenol (mg GA. g ⁻¹ dw)	عملکرد دانه Grain yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (kg.ha ⁻¹)
تنش آبی Water stress						
تیماژ آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبیاری 100% water requirement	66.77b	10.19c	6.16c	19.51c	1609.27a	430.03a
تیماژ آبیاری ۷۵ درصد نیاز آبیاری 75% water requirement	82.98a	16.56b	8.31b	24.36b	1513.29a	404.48b
تیماژ آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری 50% water requirement	93.69a	26.06a	10.19a	29.74a	1382.22c	335.14c
ژنوتیپ Genotype						
فرامان Faraman	71.80b	17.36b	8.33b	24.56b	1476.35b	401.59b
محلی اصفهان Local Isfahan	65.62c	15.38c	7.17c	21.93c	1341.21c	333.03c
سینا Sina	75.13a	20.08a	9.18a	28.39a	1687.24a	462.18a
محلول‌پاشی Foliar application						
بدون محلول‌پاشی Without foliar application	65.86c	16.09c	6.31c	22.39c	1450.18c	368.92b
محلول‌پاشی با اسید جاسمونیک Foliar application with jasmonic acid	73.77a	17.78b	8.83b	25.08b	1537.53b	412.07a
محلول‌پاشی با اسید آسکوربیک Foliar application with ascorbic acid	73.93a	18.95a	9.53a	26.42a	1542.09a	416.66a

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the similar letters have not significant differences by Duncan test.

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل تیماژ آبیاری و ژنوتیپ بر برخی از صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی، عملکرد دانه و عملکرد روغن

Table 4- mean comparison of interaction of deficit irrigation and genotype on some physiological trait, biochemical traits, oil yield and grain yield

تیماژ Treatment	تیماژ Genotype	فعالیت فنیل آلانین آمونیا لیاژ Phenylalanine ammonia lyase (μmol.g ⁻¹ FW. Min)	صفات Trait	صفات Trait
آبیاری Irrigation	ژنوتیپ Genotype	فعالیت فنیل آلانین آمونیا لیاژ Phenylalanine ammonia lyase (μmol.g ⁻¹ FW. Min)	فلاونوئید کل Total flavonoid (mg quercetin. Gr ⁻¹ dw)	فنول کل Total phenol (mg GA. g ⁻¹ dw)
۱۰۰ درصد نیاز آبیاری 100% water requirement	Sina سینا	11.38f	6.65e	20.94d
	Faraman فرامان	10.80f	6.59e	20.1d
	محلی اصفهان Local Isfahan	8.4g	5.25f	17.6e
۷۵ درصد نیاز آبیاری 75% water requirement	Sina سینا	20.28c	8.87c	28.79b
	Faraman فرامان	16.07d	8.57c	24.23c
	محلی اصفهان Local Isfahan	13.34e	7.51d	20.88d
۵۰ درصد نیاز آبیاری 50% water requirement	Sina سینا	28.57a	12.07a	35.45a
	Faraman فرامان	25.21b	9.77b	29.45b
	محلی اصفهان Local Isfahan	24.4b	8.74c	24.33c

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Means followed by the similar letters have not significant differences by Duncan test.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل تیمار کم آبیاری و محلول پاشی بر برخی از صفات بیوشیمیایی
Table 5- Mean comparison of interaction of deficit irrigation and foliar application on some biochemical traits

Treatment	تیمار	Trait	صفات
آبیاری Irrigation	محلول پاشی Folier application	فعالیت آنتی اکسیدان Antioxidant activity (Percent inhibition of linoleic acid)	فنول کل Total phenol (mg GA. gr ⁻¹ dw) فلاونوئید کل Total flavonoid (mg quercetin. g ⁻¹ dw)
۱۰۰ درصد نیاز آبیاری 100% water requirement	بدون محلول پاشی Without foliar application	54.68f	17.58g
	محلول پاشی با اسید آسکوربیک Foliar application with ascorbic acid	69.38e	20.83f
	محلول پاشی با اسید جاسمونیک Foliar application with jasmonic acid	78.78c	20.14f
۷۵ درصد نیاز آبیاری 75% water requirement	بدون محلول پاشی Without foliar application	76.49d	22.60e
	محلول پاشی با اسید آسکوربیک Foliar application with ascorbic acid	86.14a	26.73c
	محلول پاشی با اسید جاسمونیک Foliar application with jasmonic acid	84.23b	24.56d
۵۰ درصد نیاز آبیاری 50% water requirement	بدون محلول پاشی Without foliar application	78.57c	27.06c
	محلول پاشی با اسید آسکوربیک Foliar application with ascorbic acid	86.85a	31.69a
	محلول پاشی با اسید جاسمونیک Foliar application with jasmonic acid	84.70b	30.54b

میانگین‌های هر ستون که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.
Means followed by the similar letters have not significant differences by Duncan test.

نتیجه گیری

آسکوربیک فعالیت آنتی اکسیدانی، فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایز، فنول کل، فلاونوئید کل و محتوای آنتوسیانین، عملکرد دانه و عملکرد روغن را افزایش داد. بنابراین با توجه به نتایج این پژوهش انتخاب ژنوتیپ متحمل به تنش کم آبیاری و محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید آسکوربیک می‌تواند موجب تعدیل آثار نامطلوب تنش کم آبیاری شده و در بهبود عملکرد دانه و عملکرد روغن موثر باشد.

نتایج این پژوهش نشان داد که تحت تنش کم آبیاری ۵۰ درصد نیاز آبیاری گلرنگ بیشترین فعالیت آنتی اکسیدانی، فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایز، فنول کل، فلاونوئید کل و محتوای آنتوسیانین مربوط به ژنوتیپ سینا و کمترین صفات مذکور مربوط به ژنوتیپ محلی اصفهان بود. همچنین محلول پاشی با اسید جاسمونیک و اسید

References

- Amini, H., Arzani, A., and Bahrami, F. 2013. Seed yield and some physiological traits of safflower as affected by water deficit stress. *International Journal of Plant Production* 7 (3): 598-614.
- Arab, S., Baradaran Firouzabadi, M., Asghari, H., Gholami, A., and Rahimi, M. 2016. The effect of ascorbic acid and sodium nitroprusside foliar application on seed yield, oil and some agronomical traits of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) under water deficit stress. *Environmental Stresses Crop Sciences* 9 (1): 15-27. (in Persian with English abstract).
- Asqarpanh, J., and Kazemivash, N. 2013. pharmacology and medicinal properties of (*Carthamus tinctorius* L.). *Chines Journal of integrative Medicine* 19 (2): 53-59.
- Behdani, M., and Jami Al-Mahdi, M. 2010. Response of Spring Safflower Cultivars to Irrigation Intervals in Birjand Condition. *Iranian Journal Field Crops Research* 8 (2): 315-335. (in Persian with English abstract).
- Bagal, U. R., Leebens mack, J. H., Walter Lorenz, W., and Dean, J. F. D. 2012. The phenylalanine ammonia lyase (PAL) gene family shows a gymnosperm specific line age. *BioMed Central Genomics* 13 (3): 1471-2164.
- Bari, R., and Jones, J. D. 2009. Role of plant hormones in plant defense responses. *Plant Molecular Biology* 69: 473-488.
- Campbell, M. M., and Ellis, B. E. 1992. Fungal elicitor-mediated responses in pine cell cultures: III. Purification and characterization of phenylalanine ammonia-lyase. *Plant Physiology* 98: 62-70.

8. Chen, Y., Xie, M. Y., and Gong, X. F. 2007. Microwave-assisted extraction used for the isolation of total triterpenoid saponins from *Ganoderma atrum*. *Journal of Food Engineering* 81: 162-170.
9. Creelman, R. A., and Mullet, J. E. 1995. Jasmonic acid distribution and action in plants: regulation during development and response to biotic and abiotic stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 92: 4114-4119.
10. Daneshmand, F. 2014. The effect of ascorbic acid on reduction of oxidative stress caused by salinity in potato. *Journal of Plant Researches* 27 (3): 417-426.
11. Dixon, R. A., Ferreira, D., and Genistein, S. 2002. The phenylpropanoid pathway and plant defense - a genomics perspective. *Molecular Plant Pathology* 3: 371-390.
12. Dolatabadian, A., Modares Sanavy, A. M., and Asilan, K. 2009. Effect of ascorbic acid foliar application on yield, yield component and several morphological traits of grain corn under water deficit stress conditions. *Journal of Notulae Scientia Biologicae* 2 (3): 45-50.
13. Ebrahimzadeh, M., Hosseinimehr, S., Hamidinia, A., and Jafari, M. 2008. Antioxidant and free radical scavenging activity of Feijoa sallowiana fruits peel and leaves. *Pharm ecology online* 1: 7-14.
14. Edwards, K., Cramer, C. L., Bolwell, G. P., Dixon, R. A., Schuch, W., and Lamb, C. J. 1985. Rapid transient induction of phenylalanine ammonia-lyase mRNA in elicitor-treated bean cells. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 82: 6731-6735.
15. Fanaie, H. M., Keikha, H., and Piri, E. 2015. Effect of seed priming on grain and oil yield of Safflower under irrigation deficit conditions. *Iranian Journal of Seed Science and Research* 2 (2): 49-59. (in Persian with English abstract).
16. Farshi, A. A. 2003. *Irrigation Water Management at the Field*. Iranian National Committee on Irrigation and Drainage. Ahvaz. (Persian Book).
17. Ferasat, M., Sajadi, M. A., Mirzakhani, M. 2008. Response of agriculture traits to drought stress condition in four safflower genotypes. *New Finding in Agriculture* 3: 67-81.
18. Ghassemi-Golezani, K., and Hosseinzadeh-Mahootchi, A. 2015. Improving physiological performance of safflower under salt stress by application of salicylic acid and jasmonic acid. *Walia Journal* 31: 104-109.
19. He, Q., and Luo, Y. 2007. Enzymatic browning and its control in fresh-cut produce. *Stewart Postharvest Review* 3: 123-132.
20. Hernandez, I., Alegre, L., and Munne-Bosch, S. 2004. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular weight antioxidants in *Cistus chisii* grown under Mediterranean field conditions. *Tree Physiology* 24: 1303-1311.
21. Kartal, N., Sokmen, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., and Sokmen, A. 2007. Investigation of the antioxidant properties *Ferula orientalis* L. using a suitable extraction procedure. *Food Chemistry* 100 (2): 584-589.
22. Khalili, M., Naghavi, M. R., and Pour-Aboughadareh, A. 2016. Evaluation of Grain Yield and Some of Agro-Morphological Characters in Spring Safflowers Genotypes under Irrigated and Rainfed Conditions. *Journal of Crop Breeding* 7 (16): 139-138. (in Persian with English abstract).
23. Koukal, J., and Conn, E. E. 1961. The metabolism of aromatic compounds in higher plants. IV. Purification and properties of the phenylalanine deaminase of *Hordeum vulgare*. *Journal of Biological Chemistry* 236: 2692-2698.
24. Mahabub Alam, M. D., Kamrun, N., Hasanuzzaman, M., and Masayuki, F. 2014. Exogenous jasmonic acid modulates the physiology, antioxidant defense and glyoxalase systems in imparting drought stress tolerance in different Brassica species. *Journal of Plant Biotechnology Reports* 8: 279-293.
25. Mahmood, M., Bidabadi, S. S., Ghobadi, C., and Gray, D. J. 2012. Effect of methyl jasmonate treatments on alleviation of polyethylene glycol-mediated water stress in banana (*Musa acuminata*) shoot tip cultures. *Plant Growth Regulation* 68: 161-169.
26. Marinova, D., Ribarov, F., and Atanassova, M. 2005. Total phenolic and total flavonoids in Bulgarian fruits and vegetables. *Journal of the University of Chemical Technology and Metallurgy* 40 (3): 255-260.
27. Miller, G., Suzuki, N., and Ciftci-Yilmaz, S. 2010. Reactive oxygen species homeostasis and signaling during drought and salinity stresses. *Plant Cell and Environment* 33: 453-467.
28. Mittler, R. 2004. Oxidative stress, antioxidants and stress tolerance. *Trends in Plant Science* 7: 405-410.
29. Moradi Tochali, M., Seiphzade, S., Zakerin, H. M., and Valadabadi, A. R. 2017. Investigation the effect of methanol and ascorbic acid foliar application on growth and yield of peanut (*Arachis hypogaea* L.). *Crop Physiology Journal* 9 (36): 65-82. (in Persian with English abstract).
30. Ozeki, Y., and Komamine, A. 1985. Changes in activities of enzymes involved in general phenylpropanoid metabolism during the induction and reduction of anthocyanin synthesis in a carrot suspension culture as regulated by 2,4-D. *Plant Cell Physiology* 26: 903-911.
31. Ramishkrishna, A., Ravishankar, G. A. 2011. Influence of abiotic stress signals on secondary metabolites in plant. *Journal of plant Signaling and Behavior* 6: 1720-1731.

32. Ritter, H., and Schulz, G. E. 2004. Structural basis for the entrance into the phenylpropanoid nucleic metabolism catalyzed by phenylalanine ammonia-lyase. *Plant Cell* 16 (12): 3426-3436.
33. Sajadi, N. M., Ferasat, M., and Mirzakhani, M. 2012. Impact of water deficit stress on biochemical characteristics of safflower cultivars. *Physiology and Molecular Biology of Plants* 18 (4): 323-329.
34. Salama Zeinab, A., El-Fouly, M. M., and Gaafor, A. A. 2013. Mitigation of the adverse effect of salinity through stimulation some secondary metabolites and antioxidant enzymes of metabolic extract of maize cultivars by exogenous ascorbic acid. *Journal of food, Agriculture of Environment* 11: 1328-1335.
35. Schaller, F. 2001. Enzymes of the biosynthesis of octadecanoid-derived signaling molecules. *Journal Experimental Botany* 52: 11-23.
36. Sio- Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crop Research* 98: 222-229.
37. Vwioko, E. D., Osawaru, M. E., and Erugun, O. L. 2008. Evaluation of okro (*Abelmoschus esculentus* L. Moech). Exposed to paint waste contaminated soil for growth, ascorbic acid and metal concentration. *African Journal of General Agriculture* 4 (1): 39-48.
38. Wang, J. W., Zheng, L. P., Wu, J. Y., and Tan, R. Y. 2006. Involvement of nitric oxide in oxidative burst, phenylalanine ammonia-lyase activation and Taxol production induced by low-energy ultrasound in *Taxus yunn* an ensicell suspension cultures. *Journal of Nitric Oxide* 15: 351-358.
39. Winkle-Shirley, B. 2001. Flavonoid biosynthesis. A colorful model for genetics, biochemistry, cell biology, and biotechnology. *Plant Physiology* 126: 485-493.
40. Zhao, J., Davis, L. C., Verpoorte, R. 2005. Elicitor signal transduction leading to production of plant secondary metabolites. *Biotechnology Advances* 23 (4): 283-333.



Effect of Deficit Irrigation Regimes and Foliar Application of Jasmonic Acid and Ascorbic Acid on Some Secondary Metabolites, Oil Yield and Grain Yield of Safflower Genotypes

F. Mohtashamii¹, M. R. Tadayon^{2*}, P. Roshandel³

Received: 21-12-2018

Accepted: 01-09-2019

Introduction

Safflower is an annual plant native to the Mediterranean countries and cultivated in Europe and U.S. Safflower petals are very important as a source of medicinal preparations, natural food color and dyes for coloring fabrics. Water deficit stress severely limits crop growth especially in arid and semiarid regions of the world as it affects all stages of plant growth and development. Exposure to environmental stresses such as drought stress, heat stress, cold stress, salt stress and plant diseases often leads to the production of reactive oxygen species and other toxic compounds that diminish a plant's performance. Reactive oxygen species (ROS) are highly toxic to plant cells and in an absence of any protective mechanism they can react with proteins, lipids and DNA and this can inactivate an antioxidant defense system. Plants have an elaborate system of enzymatic and non-enzymatic scavenging pathways or detoxification systems that working together function as an extremely efficient system to counter the deleterious effects of ROS. Higher plants have active oxygen-scavenging systems consisting of several antioxidant enzymes, and some low molecules of non-enzyme antioxidants, such as phenolic compounds, flavonoids, anthocyanins and ascorbic acid. Water deficit is considered to be a major abiotic factor affecting many aspects of plant physiology and biochemistry causing a significant reduction in agricultural production and changes its behavior regarding the biosynthesis of bioactive compounds such as phenolic compounds, flavonoids and anthocyanins in safflower. Ascorbic Acid is a major metabolite in plants. It is an antioxidant, in association with other components of the antioxidant system, protects plants against oxidative damage resulting from aerobic metabolism. Jasmonic acid (JA) is a plant-signaling molecule that shows a wide range of plant responses, with effects at the morphological to molecular levels. Many morphological, physiological, and biochemical processes occurring within the plants can be regulated by jasmonic acid. Previous studies have documented that foliar application of JA and ascorbic acid could modulate plant physiological responses towards abiotic stress tolerance. Considering the importance of safflower plant in terms of quantity and quality of oil, and its various applications in the oil, dyeing and pharmaceutical industries in the semi-arid regions of the world, it seems that increasing yield per unit area in low-irrigated conditions is a good way to increase the production of this plant and improve the economic conditions of farmers. Compared to breeding methods that are often long-term and costly, some agricultural management practices, such as the use of chemicals like ascorbic acid, jasmine acid and other compounds, are easier, cheaper and faster. Therefore, the aim of this study was to determine the effects of jasmonic acid and ascorbic acid on grain yield and Changes in antioxidant compounds of safflower genotypes under drought stress conditions.

Materials and Methods

This experiment was carried out as a split-split plot in a completely randomized block design with three replications at Shahrekord University Agricultural Research Station during spring planting season 2017. The main plots consisted of three levels of irrigation of 100%, 75% and 50% of the plant's water requirement of safflower and sub-plots including safflower genotypes including Sinai, Isfahan local and Faramanand sub-sub-plots including foliar application with three levels including (control, foliar application of jasmonic acid with 0.5mM concentration and foliar application of ascorbic acid with 20 mM concentration. In this study, the amount of total flavonoid, total phenol, antioxidant activity, ammonialase enzyme activity, grain yield and oil yield were measured.

Results and Discussion

The results showed that simple effects of low irrigation treatment, genotype and foliar application were significantly in all traits studied in this study. The highest grain yield ($1609 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and oil yield ($430 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) obtained in 100% of the plant's water requirement and the least of grain yield ($1382 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) and oil yield ($335 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) obtained in 50% of the plant's water requirement. The interaction of genotype \times deficit irrigation

1- PhD student, Agronomy Department, Agriculture Faculty, Shahrekord University

2- Associate Professor, Agronomy Department, Agriculture Faculty, Shahrekord University

3- Assistant Professor, Agronomy Department, Agriculture Faculty, Shahrekord University

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

treatments on total phenol content, total flavonoid content, phenylalanine ammonialase enzyme activity and oil yield as well as interaction of low irrigation treatment \times foliar application on the amount of antioxidant activity, total phenol, total flavonoid content were significant. The results show that the highest total phenol content (35.4 mg GA. g⁻¹ DW), total flavonoid content (12.1 mg quercetin .g⁻¹ DW), phenylalanine ammonialase enzyme activity (28.6 μ mol.g⁻¹FW. min) obtained in interaction 50% of the plant's water requirement and sina genotype and the least amount of total phenol content (17.6 mg GA. g⁻¹ DW), total flavonoid content (5.2mg quercetin . g⁻¹DW), phenylalanine ammonialase enzyme activity (8.4 μ mol.g⁻¹FW. min) obtained in interaction 100% of the plant's water requirement and Isfahan genotype. Foliar application with jasmonic acid and ascorbic acid increased antioxidant activity, total phenol, total flavonoid, phenylalanine ammonialase enzyme activity, oil yield and grain yield. So that, the highest amount of antioxidant activity (85.9 % inhibition of linoleic acid), total phenol (31.7 mg GA. g⁻¹ DW) and total flavonoid (11.7 mg quercetin . g⁻¹ DW) related to 50% of the plant's water requirement and foliar application with ascorbic acid and the least amount of antioxidant activity (54.7 antioxidant activity), total phenol (17.6 mg GA. g⁻¹DW) and total flavonoid (5.2 mg quercetin . g⁻¹ DW) related to 100% of the plant's water requirement and without foliar application.

Conclusions

Results indicated that deficit irrigation stress could increase antioxidant activity, Phenylalanine ammonia lyase (PAL) activity, Total phenol, total flavonoid and anthocyanin content in safflower genotype but, grain yield decreased. The increase in tolerance to drought in sina genotype is associated with antioxidant enzyme and non-enzyme activity. Also foliar application of jasmonic acid and ascorbic acid increase antioxidant activity, Phenylalanine ammonia lyase (PAL) activity, Total phenol, Total flavonoid, anthocyanin content and grain yield. According to these results, it may be suggested that increased activity of antioxidant enzymes and non-enzymes can reduce the harmful effects of reactive oxygen species and improve plant drought tolerance, therefore antioxidant enzymes and non-enzymes can be taken as indices of drought tolerance in plants.

Keywords: Anthocyanin, Flavonoid, Phenol, Phenylalanine ammonialase

واکنش برخی صفات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی توده‌های مرزه به سطوح تنش شوری و برگ‌زدایی

فاطمه مجیدی^{۱*}، الهام عزیزی^۲، منصوره کرمانی^۳، عباس ابهری^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۱/۱۸

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۱۹

چکیده

تنش‌های شوری و برگ‌زدایی از جمله تنش‌های محیطی مهم هستند که خواص گیاه و در نتیجه تولیدات آن را تحت تأثیر قرار می‌دهند. مرزه گیاهی معطر با خواص دارویی با نام علمی *Satureja hortensis* و بومی مدیترانه‌ی شرقی و جنوب آسیا می‌باشد. به منظور تعیین میزان مقاومت توده‌های مرزه‌ی مورد مطالعه در این پژوهش به دو تنش شوری و برگ‌زدایی و برنامه‌ریزی برای برنامه‌های اصلاحی در آینده، آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، با چهار سطح شوری (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح تنش برگ‌زدایی (۰، ۲۵ و ۵۰ درصد) و پنج توده مرزه (کلات، اصفهان، همدان، درگز، مشهد) با سه تکرار به صورت گلخانه‌ی در شرایط گلخانه در دانشگاه پیام نور واحد مشهد در سال ۱۳۹۶ انجام شد که صفات مورد بررسی میزان آب نسبی برگ، ضریب ثابت غشاء، پرولین، کربوهیدرات و صفات مورفولوژیکی گیاه مرزه بود. نتایج حاصل از این بررسی نشان داد که تنش برگ‌زدایی سبب آثار منفی بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری توده‌های مرزه شد. با افزایش سطوح شوری نیز، صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه و همچنین وزن تر و خشک اندام‌های مختلف مرزه کاهش یافت. همچنین با اعمال تنش شوری محتوای پرولین و قندهای محلول افزایش یافت و بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات در توده‌ی مشهد مشاهده شد که با توجه به این دو صفت می‌توان توده مشهد را به عنوان توده مقاوم به شوری معرفی کرد. همچنین بیشترین میزان ضریب ثابت غشاء در توده‌ی همدان و بیشترین میزان آب نسبی برگ در توده‌ی کلات بود.

واژه‌های کلیدی: آب نسبی، پرولین، ضریب ثابت غشاء، کربوهیدرات، مشهد

مقدمه

که مهم‌ترین آن‌ها، آلودگی هوا، فلزات سنگین، آفت‌کش‌ها، سموم، اسیدپته خاک و شوری می‌باشد.

شوری یکی از تنش‌های اصلی و شایع در جهان کنونی است که سبب کاهش تولیدات کشاورزی و نقصان رستنی‌های طبیعی در نواحی وسیعی از سطح زمین می‌شود. براساس برآورد انجام شده ۷ درصد از اراضی جهان شور و ۳ درصد بسیار شور است (Poustini, 1995). شوری از مهم‌ترین عوامل تنشی سرزمین ما نیز هست، به طوری که حدود نیمی از اراضی ایران به نحوی با مشکل شوری مواجه‌اند. گفته شده است که اگر غلظت نمک به حدی باشد که باعث تقلیل پتانسیل آب به اندازه ۰/۰۵ تا ۰/۱ مگاپاسکال (۰/۵- تا -۱ بار) گردد به آن تنش ناشی از نمک گفته می‌شود (Levitt, 1980). مهم‌ترین واکنش گیاه به شوری خاک، کاهش رشد است. با افزایش غلظت املاح به بیش از آستانه تحمل گیاه، هم آهنگ رشد کاهش می‌یابد و هم اندازه گیاه کوچک می‌شود. گیاهان مبتلا به شوری اغلب ظاهری معمولی دارند ولی عموماً کوتاه‌تر بوده و برگ آن‌ها ضخیم‌تر، پرآب‌تر و به رنگ سبز تیره هستند.

برگ‌زدایی یکی دیگر از منابع بزرگ تنش‌های گیاهان است. این تنش، نوعی تنش زیستی برای گیاهان است که موجب تغییر در صفات گیاه از جمله خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مورفولوژیک شده و باعث کاهش تناسب اندام‌های گیاهی می‌شود (Agrawal et al.,

تنش‌های محیطی مهم‌ترین عامل کاهش‌دهنده عملکرد محصولات کشاورزی در سطح جهان هستند. افزایش جمعیت جهان و نیاز روزافزون به فرآورده‌های غذایی برای مردم جهان از یک سو و سرعت فوق‌العاده زیاد توسعه علمی و ورود صنایع و تکنولوژی صنعتی و استفاده از سوخت‌های فسیلی از سوی دیگر زمینه پیدایش انواع تنش برای گیاهان را فراهم نموده است. مجموعه‌ی این تنش‌ها رشد و توسعه گیاهان را به شدت کاهش داده و در صورتی که در این زمینه مطالعه‌ای به طور اصولی و با یک برنامه منظم انجام نشود، حیات همه موجودات زنده و به‌ویژه زندگی انسان‌ها در مخاطره جدی قرار خواهد گرفت (Mesri et al., 2014). عوامل تنش‌زا را می‌توان در سه گروه کلی فیزیکی، شیمیایی و زیستی تقسیم‌بندی کرد. از تنش‌های فیزیکی می‌توان به مواردی چون خشکی، دما، تابش، غرقاب شدن، باد و میدان‌های مغناطیسی اشاره کرد. تنش‌های شیمیایی نیز متعدّدند

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه پیام نور، ایران

۲- دانشیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۳- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

۴- استادیار، گروه علوم کشاورزی، دانشگاه پیام نور، ایران

(Email: fmajidi66@yahoo.com

*) نویسنده مسئول:

DOI: 10.22067/gsc.v17i4.79081

ایجاد تنش برگ‌زدایی و کاهش تعداد برگ، توانایی فتوسنتز و توانایی گیاه برای بقا کاهش یافته است (Valaie and Hosseini Cici, 2014). همچنین محدودیت منابع فتوسنتزی در اثر برگ‌زدایی طی رشد دانه بر روی گیاه مادری موجب کاهش وزن خشک گیاهچه‌های تولیدی می‌شود (Abdoli et al., 2013). از طرفی، اثر افزایشی تنش برگ‌زدایی بر میزان درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و بنیه در بذور تولیدی ذرت (*Zea mays*) نیز بررسی شده‌است (Heidari, 2012).

با توجه به اهمیت تنش شوری و همچنین جهت فراهم آوردن اطلاعاتی از تاثیرات تنش برگ‌زدایی بر توده‌های بومی گیاه مرزه، این پژوهش به منظور تعیین میزان مقاومت توده‌های مرزه‌ی مورد مطالعه به دو تنش شوری و برگ‌زدایی و بررسی برخی خصوصیات مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی توده‌های مختلف مرزه در شرایط تنش شوری و برگ‌زدایی اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی، با چهار سطح شوری با تیمار تهیه شده از نمک NaCl و آب مقطر (۰، ۳، ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر)، سه سطح تنش برگ‌زدایی (۰، ۲۵ و ۵۰ درصد قطع اندام هوایی با قیچی) و پنج توده‌ی مرزه (کلات، اصفهان، همدان، درگز، مشهد) با سه تکرار در خرداد ماه سال ۱۳۹۶ در گلخانه دانشگاه پیام نور واحد مشهد انجام گردید. پس از تهیه گلدان‌های مربوطه به تعداد ۱۸۰ عدد، برای پرکردن گلدان‌ها از خاکی با نسبت‌های ماسه بادی: ۲، کود آلی: ۱ و خاک زراعی: ۲ استفاده شد و با فاصله یکسانی در کنار یکدیگر قرار گرفتند. آنالیز خاک مورد استفاده در گلدان‌ها (جدول ۱) حاکی از لومی شنی^۱ بودن بافت خاک بود.

کاشت به صورت بذری بود و حدود ۲۰-۱۵ گیاه در داخل هر گلدان قرارداشت. ابعاد گلدان‌ها ۲۰*۱۷*۱۷ بود.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

تنش شوری و برگ‌زدایی (قطع اندام‌های هوایی گیاه با قیچی) پس از رسیدن گیاه به مرحله هشت برگی اعمال شد و هر توده با تیمار خاص خود آبیاری شد. یک ماه قبل از برداشت هر دو هفته از هر گلدان به طور تصادفی یک بوته انتخاب و نمونه‌برداری شد و صفاتی نظیر ارتفاع، تعداد شاخه‌های جانبی و برگ‌ها اندازه‌گیری شد و در یک مرحله وزن تر و خشک ریشه، وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک برگ‌ها به تفکیک گونه‌ها ثبت شد. نمونه‌هایی که نیاز به خشک شدن داشتند در داخل آون و درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک شدند.

(1999; Karban and Baldwin, 1997). به طور کلی تغذیه حشرات، پاتوژن‌ها، پستانداران و حتی سرزنی گیاه توسط انسان در جوامع گیاهی را گیاه‌خواری یا برگ‌زدایی می‌نامند. برگ‌زدایی شبیه‌سازی شده، روشی است که در آن توسط قیچی بخشی از اندام گیاهی در دوره‌های خاصی حذف می‌شود. برگ‌زدایی می‌تواند اثرات زیان‌بار شدیدی بر رشد، تولیدمثل و حتی بقای گیاهان باقی‌گذار. حذف بافت برگ توسط گیاه‌خواران، فتوسنتز در گیاه را کاهش می‌دهد (Mabry and Wayne, 1997). به علاوه، با کاهش رشد در گیاه به شدت گله‌ی تحت تاثیر قرار می‌گیرد و در عین حال خسارت جبران‌ناپذیری بر بقای گیاه در فصل رشد آتی آن می‌گذارد.

یکی از گیاهان مهم و معطر با خاصیت دارویی که تحت تاثیر این تنش‌های محیطی مضر است، مرزه (*Satureja Hortensis L.*) است. مرزه، گیاهی بومی مدیترانه شرقی و جنوب غربی آسیا (از جمله ایران) از خانواده نعنائیان، که در فاصله ماه‌های تیر تا شهریور در ایران به گل می‌نشیند. برگ‌های آن نرم و متقابل و تقریباً بدون دمبرگ و باریک و دارای تارهای غده‌ای فراوان اسانس‌دار و سرشاخه‌های آن بوی معطر و اثر نیرودهنده و تسهیل‌کننده عمل هضم، درمان دردهای عصبی، افزایش فاکتورهای انعقادی خون، کاهش چربی و وزن و مقوی معده دارد و دارای ترکیبات ضد درد برای درمان سوختگی‌ها و درد دندان می‌باشد (Rechinger, 1982; Jafri and Gadi, 1985).

با توجه به اهمیت این گیاه، مطالعات متعددی در رابطه با بررسی تنش‌های محیطی از جمله تنش شوری بر روی آن انجام شده است. بررسی اثر شوری بر شاخص‌های جوانه‌زنی بذور گیاهان دارویی مرزه و بادرشبو (*D. moldavica*) مشخص کرده‌است که با افزایش سطوح تنش شوری، سرعت و درصد جوانه‌زنی گیاهان کاهش خواهد یافت (Khalasro et al., 2016). همچنین اثر کاهشی تنش شوری بر طول گیاهچه، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی مرزه (Seghatoleslami, 2010) و اثر افزایشی تنش شوری بر میزان کارتنوئید نیز بررسی شده‌است (Fabriki-Ourang and Mehrabad, 2016). بررسی‌ها همچنین نشان داده‌است که تنش شوری بر صفات درصد جوانه‌زنی، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، ریشه‌چه و وزن خشک مرزه (Saadatian et al., 2012) اثر کاهشی ولی بر میزان پرولین نمونه‌ها اثر افزایشی (Vojodi Mehrabani et al., 2017) دارد.

هرچند با توجه به مطالعات ما گزارشی مبنی بر بررسی تنش برگ‌زدایی بر گیاه مرزه وجود ندارد، اما این تنش روی سایر گیاهان مورد ارزیابی قرار گرفته است که نتایج آن‌ها می‌تواند به مطالعه حاضر کمک کند. در مطالعه‌ای که در ارتباط با تحمل به برگ‌زدایی (توان گیاهان برای کاهش اثرات منفی حذف برگ بر رشد آن‌ها) شبیه‌سازی شده در علف هرز شنگ (*Sheng*) انجام شد، نتایج نشان داد که با

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده در گلدان‌ها
Table 1- Physical and chemical properties of soil used in pots

	pH	EC (dS.m ⁻¹)	Mineral N (mg.kg ⁻¹)	Total N (%)	P (mg.kg ⁻¹)	K (mg.kg ⁻¹)	OC (%)	OM (%)	TNV (%)
Result test نتیجه آزمون	8.19	1.42	28	0.2	150	900	3.31	5.71	13.25
Optimal amount of agricultural soil حد مطلوب خاک زراعی	6.5-7.5	<2	50	0.15-0.25	15	180-250	>1.5%	26-5	<10
		Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)	Soil texture	CEC (cmol ⁺ .kg ⁻¹)			
		70.96	18.56	10.48	Sandy loam	16.66			

خشک برگ‌ها (DW) محاسبه شود. در نهایت محتوای نسبی آب برگ طبق معادله ۲ محاسبه گردید.

$$RWC = \frac{FW - DW}{TW - DW} \times 100 \quad (2)$$

محتوای پرولین: برای استخراج و سنجش پرولین از روش بیس و همکاران (Bates *et al.*, 1973) استفاده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت پرولین در محلول محاسبه شد. بدین صورت که ابتدا ۰/۱ گرم ماده‌ی تر گیاهی را با هاون خرد کرده و درون یک تیوب ریخته شد. سپس ۱۰ میلی‌لیتر سولفوسالیسیلیک اسید ۰/۰۳ با آن اضافه گردید. تیوب‌ها به مدت ۱۰ دقیقه در دمای چهار درجه سانتی‌گراد سانتریفیوژ شدند. سپس ۲ میلی‌لیتر از محلول شناور سانتریفیوژ شده را درون لوله‌های آزمایش ریخته و ۲ میلی‌لیتر اسید ناین‌هیدرین و ۲ میلی‌لیتر اسید استیک گلاسیال به آن اضافه گردید. محلول حاصل به مدت یک ساعت در حمام آب گرم و در دمای ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد. سپس برای پایان یافتن واکنش، لوله‌های آزمایش در داخل بستر یخی قرار گرفته و ۴ میلی‌لیتر تولوئن به هر لوله اضافه گردید. لوله‌های آزمایش مربوطه به مدت ۲۰ ثانیه ورتکس شدند. غلظت اسیدآمینه پرولین آزاد نمونه‌ها با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر تعیین و در نهایت بر اساس منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های مختلف پرولین بر حسب میکرومول بر گرم وزن تر محاسبه شد.

محتوای کربوهیدرات محلول: برای به‌دست آوردن کربوهیدرات محلول برگ‌ها از روش شلیگل (Sheligl, 1986) استفاده شد. تعدادی برگ تازه و توسعه‌یافته را انتخاب و بعد از خشک کردن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد، محتوای کربوهیدرات محلول در طول موج ۴۸۵ نانومتر در دستگاه اسپکتوفتومتر قرائت شد و منحنی استاندارد رسم شد. سپس میزان جذب در نمونه‌های گیاهی را قرائت نموده و با قرار دادن در معادله خط، مقدار آن بر حسب میلی‌گرم بر گرم ماده خشک به‌دست آمد.

اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی

در طی مراحل روشی، پارامترهای میزان محتوای آب نسبی برگ، ضریب ثابت غشاء (درصد نشت الکترولیت‌ها از برگ)، میزان پرولین در نمونه‌های گیاهی و میزان کربوهیدرات محلول برگ‌ها اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری پارامترهای مختلف در آزمایشگاه از تیمارهای مختلف مرزه در گلخانه، گلدان‌های هر تکرار و برگ‌ها جهت اندازه‌گیری پارامترهای مختلف بیوشیمیایی مورد آزمایش قرار گرفتند.

ضریب ثابت غشاء^۱: جهت سنجش ضریب ثابت غشاء، از روش پرمچاندرا و همکاران (Permachandra *et al.*, 1990) استفاده شد. لوله آزمایش اول که حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه و ۰/۱ گرم برگ بود، به مدت ۳۰ دقیقه در بن ماری ۴۰ درجه سانتی‌گراد و لوله آزمایش دوم که حاوی ۱۰ میلی‌لیتر آب دیونیزه و ۰/۱ گرم برگ بود، به مدت ۱۰ دقیقه در بن ماری ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفت. سپس لوله‌ها جهت کاهش دما و رسیدن به دمای محیط در یخچال گذاشته شدند و پس از تعدیل دما، میزان نشت الکترولیت آن‌ها با دستگاه EC^۲ متر خوانده شده و طبق معادله ۱ میزان MSI آن‌ها سنجیده شد.

$$MSI = 1 - \frac{EC_{40}}{EC_{100}} \quad (1)$$

محتوای نسبی آب برگ (RWC^۳): جهت سنجش میزان نسبی آب برگ طبق روش بار و واترلی (Barr and Wetherley, 1962)، ابتدا یک برگ از هر گیاه جدا و وزن تر (FW) آن اندازه‌گیری شد. سپس همان برگ در ظرف حاوی آب مقطر غوطه‌ور شد. پس از ۱۶ ساعت، برگ‌ها از آب خارج شده و به‌وسیله دستمال کاغذی خشک شده و توزین شدند تا وزن برگ‌ها در شرایط اشباع رطوبتی (TW) به‌دست آید. سپس برای تعیین وزن خشک، برگ‌ها در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار گرفته و مجدداً توزین شدند تا وزن

- 1- Membrane stability index
- 2- Electric Conductivity
- 3- Relative water content

تجزیه آماری داده‌ها

تجزیه و تحلیل آماری این داده‌ها با استفاده از نرم‌افزارهای Minitab و Mstac انجام شد و سپس مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

اثرات ساده تنش شوری، تنش برگ‌زدایی و توده‌های بومی مرزه و همچنین اثرات متقابل بین آن‌ها بر ارتفاع، تعداد برگ و تعداد

انشعابات (جدول ۲) از لحاظ آماری دارای تفاوت معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$). همچنین تاثیر افزایش میزان سطوح برگ‌زدایی بر روند کاهشی تمامی صفات مورفولوژیکی دارای تفاوت معنی‌دار بود. در مجموع با افزایش سطوح برگ‌زدایی، مقادیر همه صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه کاهش نشان دادند به طوری که بیشترین مقادیر این صفات در سطح برگ‌زدایی صفر درصد و کمترین مقادیر آن‌ها در سطح ۵۰ درصد برگ‌زدایی مشاهده شد.

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر توده، شوری و برگ‌زدایی بر برخی صفات مورفولوژیکی توده‌های مختلف مرزه

Table 2- Analysis of variance of landrace, salinity and herbivory stresses on some morphological traits of different Landrace of Savory

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		مرحله اول نمونه‌برداری The first step of sampling			مرحله دوم نمونه‌برداری The second step of sampling		
		ارتفاع Height	تعداد برگ Leaves no.	تعداد انشعابات Branches no.	ارتفاع Height	تعداد برگ Leaves no.	تعداد انشعابات Branches no.
توده Landrace	4	285.381**	40.706**	2.984**	488.732**	233.968**	26.041**
شوری Salinity	3	67.508**	1.264**	0.824**	398.780**	253.037**	14.740**
توده*شوری Landrace * Salinity	12	68.674**	14.955**	1.410**	153.223**	91.668**	6.713**
برگ‌زدایی Herbivory	2	252.008**	187.517**	15.001**	3022.234**	1463.018**	133.597**
توده*برگ‌زدایی Landrace * Herbivory	8	26.255**	13.168**	0.728**	192.292**	85.066**	11.689**
شوری*برگ‌زدایی Salinity * Herbivory	6	13.096**	5.494**	0.535**	212.121**	76.656**	9.912**
توده*شوری*برگ‌زدایی Herbivory * Salinity * Landrace	24	34.845**	5.108**	0.827**	90.244**	43.524**	3.252**
خطا Error	120	1.016	0.235	0.098	1.633	0.860	0.060
ضریب تغییرات %CV	-	8.9	11.6	21.3	10.4	11.6	9.9

ns، * و ** در هر ستون به ترتیب عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح ۵٪ و ۱٪ هستند.
ns, * and **: Non significant and significant at 5 and 1 % probability levels, respectively.

ارتفاع، تعداد برگ در بوته و تعداد انشعابات در بوته مشاهده گردید، به طوری که با افزایش سطوح شوری از صفر تا ۹ دسی‌زیمنس بر متر، ارتفاع گیاه تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر روند کاهشی داشت و سپس در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر افزایش یافت. صفات تعداد برگ در بوته و تعداد انشعاب در بوته نیز تا شوری ۳ دسی‌زیمنس بر متر روند کاهشی داشت و در شوری ۶ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر روند افزایشی داشتند. اما در مرحله دوم نمونه‌برداری با افزایش سطوح شوری طبق جدول ۲، مقادیر برای صفات مورفولوژیکی مذکور کاهش

طبق نتایج جدول ۳، بیشترین میزان ارتفاع برای توده‌های درگز و همدان و کمترین میزان ارتفاع برای توده‌ی اصفهان گزارش شد. بیشترین و کمترین تعداد برگ در بوته به ترتیب در توده‌های همدان و اصفهان مشاهده شد. بر پایه‌ی این یافته‌ها، با نزدیک شدن به مراحل انتهایی مرحله رشد رویشی در بین توده‌های مورد مطالعه، بیشترین مقادیر برای صفات مورفولوژیکی مورد مطالعه در توده همدان مشاهده شد. با اعمال تنش شوری، در مرحله اول نمونه‌برداری تفاوت معنی‌داری بین سطوح صفر و ۹ دسی‌زیمنس بر متر برای صفات

یافت که این مطلب می‌تواند نشان‌دهنده توان جبرانی گیاه در مراحل اولیه رشد در اثر تنش شوری باشد. شوری به دلیل کاهش مواد فتوسنتزی در مرحله پر شدن دانه، کاهش شدت رشد در اثر پتانسیل اسمزی را باعث می‌شود (Francois, 1994). توقف رشد گیاه مرزه به علت کم بودن پتانسیل آب، سمیت یونی و عدم تعادل دفع توسط شوری در اثر تنش شوری گزارش شده است (Greenway and

Munns, 1980) که در پژوهش ما نیز با افزایش سطوح شوری و برگ‌زدایی صفات مورفولوژیکی کاهش یافتند. طبق نتایج ولایی و همکاران نیز، با ایجاد تنش برگ‌زدایی و کاهش تعداد برگ، توانایی فتوسنتز و توانایی گیاه برای بقا کاهش خواهد یافت (Valaie and Hosseini Cici, 2014).

جدول ۳- اثر توده، شوری و برگ‌زدایی بر برخی صفات مورفولوژیکی توده‌های مختلف مرزه در مرحله دوم نمونه‌برداری
Table 3- Effects of landrace, salinity and herbivory stresses on some morphological traits of different Landrace of Savory in two step of sampling

تیمار Treatment	سطوح تیمار Levels	مرحله اول نمونه‌برداری The first step of sampling			مرحله دوم نمونه‌برداری The second step of sampling		
		ارتفاع Height (cm)	تعداد برگ در بوته Leaves no.	تعداد انشعابات در بوته Branches no.	ارتفاع Height (cm)	تعداد برگ در بوته Leaves no.	تعداد انشعابات در بوته Branches no.
توده Landrace	کلات Kalat	12.282 ^{bc}	4.355 ^c	1.620 ^a	11.842 ^c	8.943 ^b	3.123 ^a
	اصفهان Isfahan	13.403 ^a	4.829 ^a	1.574 ^{ab}	6.153 ^d	4.188 ^d	1.167 ^d
	همدان Hamadan	11.840 ^c	4.722 ^{ab}	1.694 ^a	14.761 ^a	10.954 ^a	3.218 ^a
	درگز Dargaz	12.412 ^b	4.583 ^b	1.472 ^b	15.148 ^a	8.954 ^b	2.753 ^b
	مشهد Mashhad	6.319 ^d	2.278 ^d	0.972 ^c	13.764 ^b	7.028 ^c	2.111 ^c
	LSD	0.470	0.226	0.146	0.596	0.433	0.114
شوری Salinity (dSm ⁻¹)	0	12.048 ^a	4.317 ^a	1.619 ^a	16.616 ^a	11.106 ^a	3.173 ^a
	3	10.767 ^b	3.996 ^b	1.322 ^b	12.074 ^b	8.633 ^b	2.706 ^b
	6	9.757 ^c	4.022 ^b	1.389 ^b	10.528 ^c	6.044 ^c	1.944 ^d
	9	12.433 ^a	4.278 ^a	1.537 ^a	10.116 ^c	6.269 ^c	2.074 ^c
	LSD	0.421	0.202	0.131	0.533	0.387	0.102
برگ‌زدایی Herbivory (%)	0	13.279 ^a	6.105 ^a	1.967 ^a	19.584 ^a	12.959 ^a	3.959 ^a
	25	11.294 ^b	3.697 ^b	1.467 ^b	12.017 ^b	7.997 ^b	2.489 ^b
	50	9.181 ^c	2.658 ^c	0.967 ^c	5.400 ^c	3.083 ^c	0.975 ^c
	LSD	0.364	0.175	0.113	0.462	0.335	0.088

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different in 5% probability level.

خشک ریشه روند کاهشی نشان داد اما سطوح برگ‌زدایی صفر و ۲۵ درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند. در مجموع نتایج به‌دست آمده از این مطالعه و سایر پژوهش‌های انجام شده نشان داد گیاهانی که در معرض برگ‌زدایی قرار می‌گیرند نسبت به سایر گیاهان که این نوع تنش را دریافت نکرده‌اند، به‌طور معنی‌داری کوتاه‌تر می‌باشند. این نتایج با نتایج ثقه‌الاسلامی، سعادتیان و همکاران و خلیلی و همکاران که طی تحقیقات خود اعلام کردند که تنش شوری موجب کاهش طول گیاهچه، طول ساقه‌چه، طول ریشه‌چه و وزن خشک گیاهچه مرزه شده و سرعت و درصد جوانه‌زنی آن را کاهش می‌دهد (Seghatoleslami, 2010; Saadatian *et al.*, 2012; Khalili *et al.*, 2014)، مطابقت دارد.

نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثرات توده، شوری و برگ‌زدایی بر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ گیاه مرزه در جدول ۴ نشان داده شده است. همه‌ی اثرات ساده توده، تنش شوری و تنش برگ‌زدایی و همچنین اثرات متقابل بین آن‌ها بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف گیاه مرزه در سطح ۰/۰۱ معنی‌دار گردید.

نتایج اثرات توده، شوری و برگ‌زدایی بر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ گیاه مرزه (جدول ۵) حاکی از این است که توده‌های کلات و همدان در مقدار وزن خشک تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند. همچنین توده‌ی همدان به لحاظ آماری با توده‌ی درگز در وزن خشک برگ تفاوت معنی‌داری نداشت. بیشترین مقادیر برای وزن تر و خشک صفات مورد بررسی در توده‌ی کلات و کمترین مقادیر آن‌ها در توده‌ی مشهد مشاهده شد. با افزایش میزان برگ‌زدایی، وزن تر و

جدول ۴- تجزیه واریانس اثر توده، شوری و برگ‌زدایی بر وزن تر و خشک اندام‌های مختلف گیاه مرزه

Table 4- Analysis of variance of landrace, salinity and herbivory stresses on the fresh and dry weight of different organs of Savory

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS					
		وزن تر ریشه Root fresh weight	وزن تر ساقه Stem fresh weight	وزن تر برگ Leaf fresh weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک برگ Leaf dry weight
توده Landrace	4	0.00025**	0.030**	0.035**	0.000**	0.002000**	0.00075**
شوری Salinity	3	0.00030**	0.016**	0.005**	0.000**	0.001000**	0.00000**
توده*شوری Landrace * Salinity	12	0.00080**	0.007**	0.005**	0.000**	0.000333**	0.00008**
برگ‌زدایی Herbivory	2	0.00050**	0.055**	0.054**	0.000**	0.002000**	0.00100**
توده*برگ‌زدایی Landrace * Herbivory	8	0.00000**	0.006**	0.007**	0.000**	0.000125**	0.00000**
شوری*برگ‌زدایی Salinity* Herbivory	6	0.00016**	0.016**	0.011**	0.000**	0.000500**	0.00017**
توده*شوری*برگ‌زدایی Landrace * Salinity * Herbivory	24	0.00012**	0.007**	0.005**	0.000**	0.000167**	0.00012**
خطا Error	120	0.00000	0.000	0.000	0.000	0.000008	0.00000
ضریب تغییرات %CV	-	13.2	12.1	12.7	11.4	22.4	12.6

ns و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ هستند.

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

جدول ۵- اثر توده، شوری و برگ‌زدایی بر وزن تر و خشک ریشه، ساقه و برگ گیاه مرزه

Table 5- Effects of landrace, salinity and herbivory stresses on the fresh and dry weight of root, stem and leaf of Savory

تیمار Treatment	سطوح تیمار Levels	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)
توده Landrace	کلات Kalat	0.007 ^a	0.087 ^a	0.087 ^a	0.003 ^a	0.022 ^a	0.013 ^a
	اصفهان Isfahan	0.003 ^d	0.061 ^b	0.040 ^c	0.002 ^b	0.011 ^b	0.004 ^c
	همدان Hamadan	0.006 ^b	0.051 ^c	0.059 ^b	0.003 ^a	0.010 ^c	0.007 ^b
	درگز Dargaz	0.004 ^c	0.048 ^d	0.034 ^d	0.001 ^{bc}	0.012 ^b	0.007 ^b
	مشهد Mashhad	0.001 ^e	0.007 ^e	0.003 ^e	0.001 ^c	0.001 ^d	0.001 ^d
	LSD	0.0005	0.0005	0.0007	0.0007	0.0013	0.0018
شوری Salinity (dSm ⁻¹)	0	0.007 ^a	0.075 ^a	0.060 ^a	0.003 ^a	0.018 ^a	0.009 ^a
	3	0.003 ^b	0.054 ^b	0.046 ^b	0.002 ^b	0.009 ^b	0.006 ^b
	6	0.002 ^c	0.030 ^d	0.037 ^c	0.001 ^c	0.009 ^b	0.005 ^c
	9	0.004 ^b	0.044 ^c	0.036 ^d	0.001 ^c	0.008 ^b	0.006 ^b
	LSD	0.0006	0.0004	0.0007	0.0006	0.0012	0.0004
برگ‌زدایی Herbivory (%)	0	0.005 ^a	0.082 ^a	0.076 ^a	0.002 ^a	0.016 ^a	0.010 ^a
	25	0.005 ^a	0.048 ^b	0.041 ^b	0.003 ^a	0.011 ^b	0.006 ^b
	50	0.002 ^b	0.022 ^c	0.017 ^c	0.001 ^b	0.005 ^c	0.003 ^c
	LSD	0.0005	0.0004	0.0005	0.0004	0.0010	0.0007

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different in 5% probability level.

نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت و تنش شوری و برگ‌زدایی تاثیر منفی و روند کاهشی بر صفات مورد مطالعه داشتند. همچنین این نتایج منطبق بر نتایج ولایی و همکاران است که کاهش تقریباً ۵۰ درصدی را در وزن خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی علف هرز شنگ گزارش کردند (Valaie and Hosseini Cici, 2014).

نتایج تجزیه واریانس اثرات ساده تنش شوری، تنش برگ‌زدایی و توده‌های بومی مرزه و همچنین اثرات متقابل بین آن‌ها (جدول ۶) حاکی از معنی‌داری این اثرات بر همه صفات بیوشیمیایی مورد مطالعه در سطح ۰/۰۱ بود.

طبق نتایج ثقه الاسلامی (Seghatoleslami, 2010) سطوح بالای شوری درصد جوانه‌زنی مرزه را کاهش داد اما پایین‌ترین سطح شوری (EC2) جوانه‌زنی آن را تحریک کرد و اثر معنی‌داری بر جوانه‌زنی کنگر (*Cynara scolymus* L.) و کاسنی (*Nerium oleander*) نداشت. همچنین سرعت جوانه‌زنی مرزه کاهش یافت و مشخص شد فرآیند جوانه‌زنی مرزه نسبت به دو گیاه کنگر و کاسنی نسبت به شوری حساس‌تر است. همچنین نجفی و همکاران طی بررسی‌های خود شاهد کاهش وزن تر و خشک گیاه مرزه در اثر افزایش شوری بودند (Najafi and Khavari-Nejad, 2010) که با

جدول ۶- تجزیه واریانس اثر توده، شوری و برگ‌زدایی بر برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی گیاه مرزه
Table 6- Analysis of variance of landrace, salinity and herbivory stresses on some biochemical traits of Savory

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS			
		میزان آب نسبی برگ RWC%	ضریب ثابت غشاء MSI%	پرولین Proline (mg.g ⁻¹)	کربوهیدرات Carbohydrate (μmol.g ⁻¹)
توده Landrace	4	11259.844**	3.996**	4271.110**	401.693**
شوری Salinity	3	1293.364**	4.414**	2501.544**	186.539**
توده*شوری Landrace * Salinity	12	3564.791**	1.472**	2120.811**	188.160**
برگ‌زدایی Herbivory	2	10155.465**	6.022**	7337.590**	687.979**
توده*برگ‌زدایی Landrace * Herbivory	8	2369.810**	0.618**	923.333**	81.439**
شوری*برگ‌زدایی Salinity * Herbivory	6	4343.943**	0.490**	1543.976**	162.205**
توده*شوری*برگ‌زدایی Herbivory * Salinity* Landrace	24	1192.583**	0.500**	914.826**	91.855**
خطا Error	120	3.297	0.005	0.212	0.051
ضریب تغییرات %CV		5.130	11.830	2.180	3.480

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح ۵٪ و ۱٪ هستند.

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

نداشته است و همچنین تجمع پرولین، حاصل تغییر در سرعت بیوستنز یا تجزیه این اسیدآمین می‌باشد که در این زمینه میزان فعالیت آنزیم‌های مربوط، غلظت مؤثر پیش‌سازها و فرآورده‌های آن مهم می‌باشند. همچنین افزایش درصد برگ‌زدایی بر تمام صفات بیوشیمیایی اثر معنی‌دار داشته است. میزان رطوبت نسبی به‌عنوان معیار قابل اعتمادی جهت اندازه‌گیری وضعیت آب در بافت‌های گیاهی مطرح است که تحت تأثیر شوری و ژنوتیپ قرار می‌گیرد. پاک نیت و همکاران (Pakniat et al., 2003) و داداشی و همکاران (Dadashi et al., 2007) در بررسی واکنش ارقام جو (*Hordeum*

نتایج بررسی اثرات توده، شوری و برگ‌زدایی بر روی صفات بیوشیمیایی (جدول ۷) حاکی از این است که از نظر توده‌ها، توده مشهد از نظر اکثر صفات بیوشیمیایی برتری دارد و از نظر شوری افزایش سطوح شوری بر میزان نسبی آب برگ، ضریب ثابت غشاء اثر کاهشی و بر محتوای پرولین و کربوهیدرات تا سطح ۶ دسی‌زیمنس اثر افزایشی ولی در شوری ۹ دسی‌زیمنس اثر کاهشی معنی‌داری بر این دو فاکتور دارد. می‌توان این‌گونه نتیجه‌گیری کرد که گیاه تا سطح ۶ دسی‌زیمنس با افزایش پرولین و کربوهیدرات پتانسیل اسمزی خود را تنظیم کرده ولی در سطح شوری بالاتر توان مقابله با این تنش را

and Sharma, 2005) نیز گزارش شده است. پرولین جزء متابولیت‌های محافظ با وزن مولکولی پایین است که سبب افزایش مقاومت و جلوگیری از خسارت ناشی از تنش شوری می‌شود (Santa Maria and Epsetin, 2001). همچنین انباشت قندهای محلول و پرولین در جو، برنج (*Oriza savita*) و سورگوم بیانگر حساسیت نسبی رقم در برابر تنش شوری گزارش شده است (Lauchi and Epsetin, 1984). مجدم و همکاران (Majdam et al., 2007) نیز طی تحقیقات خود اعلام کرد که شوری موجب بالا رفتن محتوای پرولین و قندهای محلول می‌شود که با نتایج تحقیق حاضر مطابقت داشت. به‌طور کلی براساس مطالب بیان شده می‌توان گفت پرولین نقش فیزیولوژیکی مهمی را در تنش شوری ایفا می‌نماید و با افزایش شوری میزان پرولین نیز افزایش می‌یابد.

vulgare) به تنش شوری نیز به نتایج مشابهی دست یافتند. تنش اسمزی ناشی از تنش شوری، فشار آماس را کاهش داده و منجر به پژمردگی گیاه می‌شود (Fricke and Peters, 2002). در مطالعه‌ای که تنش شوری در گیاه گندم بررسی شد، کاهش رطوبت نسبی در اندام‌های هوایی این گیاه گزارش شد (Houshmand et al., 2005) که در پژوهش حاضر نیز با افزایش میزان شوری، میزان آب نسبی کاهش یافت. این نتایج، با نتایج راسکیو و همکاران (Rascio et al., 2001) روی گندم (*Tricum*) و مور و همکاران (More et al., 2004) بر روی ذرت نیز همخوانی دارد. افزایش میزان کربوهیدرات‌ها به‌عنوان راهکاری برای کاهش اثرات تنش اسمزی و یونی و در نهایت سازگاری گیاهان به این شرایط گزارش شده‌است (Prado et al., 2000). افزایش میزان پرولین در جوانه‌های تحت تنش شوری گیاه سورگوم (*Sorghum*) (Takur

جدول ۷- اثر توده، شوری و برگ‌زدایی بر برخی صفات بیوشیمیایی و فیزیولوژیک گیاه مرزه

Table 7- Effects of Landrace, Salinity and Herbivory stresses on some biochemical traits of Savory

تیمار Treatment	سطوح تیمار Levels	میزان آب نسبی برگ RWC %	ضریب ثابت غشاء MSI %	پرولین Proline (mg.g ⁻¹)	کربوهیدرات Carbohydrate (μmol.g ⁻¹)
توده Landrace	کلات Kalat	56.104 ^a	0.379 ^d	25.996 ^b	7.739 ^b
	اصفهان Isfahan	26.345 ^d	0.184 ^e	5.443 ^e	1.946 ^c
	همدان Hamadan	31.833 ^c	1.017 ^a	16.608 ^d	4.762 ^d
	درگز Dargaz	50.065 ^b	0.806 ^b	23.153 ^c	6.983 ^c
	مشهد Mashhad	12.758 ^e	0.681 ^c	34.556 ^a	10.872 ^a
	LSD	0.847	0.33	0.215	0.105
شوری Salinity (dSm ⁻¹)	0	41.428 ^a	0.952 ^a	17.395 ^c	6.397 ^c
	3	37.826 ^b	0.783 ^b	26.310 ^b	6.602 ^b
	6	29.096 ^d	0.467 ^c	28.358 ^a	8.912 ^a
	9	33.335 ^c	0.253 ^d	12.542 ^d	3.931 ^d
	LSD	0.758	0.029	0.192	0.094
برگ‌زدایی Herbivory (%)	0	48.102 ^a	0.869 ^a	29.325 ^a	8.996 ^a
	25	36.057 ^b	0.713 ^b	25.561 ^b	7.770 ^b
	50	22.105 ^c	0.259 ^c	8.568 ^c	2.615 ^c
	LSD	0.656	0.026	0.166	0.082

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد ندارند.

Means with the same letters in each column are not significantly different in 5% probability level.

توده‌های کلات و همدان از نظر آماری نسبت به سطوح مختلف تنش شوری و برگ‌زدایی برای پارامترهای صفات مورفولوژیکی و وزن تر و خشک اندام‌های مختلف مرزه برتری داشتند. با اعمال تنش شوری، محتوای پرولین و قندهای محلول افزایش یافت. به‌طوری‌که با افزایش شوری، روند کاهشی در صفات مورفولوژیکی مورد بررسی مشاهده شد و همین‌طور وزن تر و خشک اندام‌های مختلف مرزه کاهش یافت. بیشترین میزان پرولین و کربوهیدرات، در توده مشهد و

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق بیان‌کننده آن است که با نزدیک شدن به مراحل انتهایی مرحله‌ی رشد رویشی در بین توده‌های مورد مطالعه، بیشترین مقادیر برای صفات مورفولوژیکی در توده همدان و بیشترین مقادیر برای وزن تر و خشک صفات مورد بررسی در توده‌ی کلات و کمترین مقادیر آن‌ها در توده‌ی مشهد مشاهده شد. از این رو،

سایر بررسی‌ها، اگر فقط این صفات مد نظر قرار بگیرند می‌توان توده‌ی مشهد را به‌عنوان توده‌ی مقاوم به شوری معرفی کرد.

بیشترین میزان ضریب ثابت غشاء در توده همدان مشاهده شد. میزان آب نسبی برگ نیز در توده کلات دارای بیشترین مقدار بود. با توجه به افزایش میزان پرولین و کربوهیدرات در توده مشهد و مقایسه با

References

1. Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Kazemi-Gavar, H., Heidari, A., and Hashemzade, H. 2013. The role of current photosynthesis on grain yield formation, some agronomic characteristics and germination traits in two bread wheat cultivars under terminal drought stress condition. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5 (14): 1585-1594.
2. Agrawal, A. A., Tuzun, S., and Bent, E. (Eds.). 1999. *Induced plant defenses against pathogens and herbivores: biochemistry, ecology, and agriculture* (No. Sirsi) i9780890542422). St. Paul, MN: APS Press. 95-115.
3. Barr, H. D., and Weatherley, P. E. 1962. Are-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. *Australian Journal of Biological Sciences* 15 (3): 413-428.
4. Bates, L. S. 1972. Rapid determination of free proline for water-stress studies. *Plant and Soil* 39: 205-207.
5. Dadashi M. R., Majidi Hervean, L. Solati, A., and Noorinia, A. A. 2007. Evaluation of different genotypes of barley to salinity stress. *Journal of Agricultural Science* 181-190. (in Persian with English abstract).
6. Fabriki-Ourang, S., and Mehribad Pourbanab, S. 2016. Effect of drought and salinity stress on morphological and biochemical characteristics of savory medicinal herb. *ECO Phytochemistry of Medicinal Plants* 4 (3). (in Persian).
7. Francois, L. E., Grieve, C. M., Mass, E. V., and Lesch, S. M. 1994. Time of salt stress affects growth and yield components of irrigated wheat. *Agronomy Journal* 86 (1): 100-107.
8. Fricke, W., and Peters, W. S. 2002. The biophysics of leaf growth in salt-stressed. A study at the cell level. *Plant Physiology* 129: 374-388.
9. Greenway, H., and Munns, R. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. *Annual Review of Plant Physiology* 31 (1): 149-190.
10. Heidari, H. 2012. Effect of defoliation intensity on maize yield, yield components and seed germination. *Life Science Journal* 9 (4): 1594-1598.
11. Houshmand, S., Arzani, A., Maibody, S. A., and Feizii, M. 2005. Evaluation of salt tolerant genotypes of durum wheat derived from in vitro and field experiments. *Field Crops Research* 91: 345-354.
12. Karban, R., and Baldwin, I. T. 1997. *Induced Responses to Herbivory*. University of Chicago Press, Chicago.
13. Kholesro, Sh., Malekian, H., and Mahdavi, B. 2016. Effect of chitosan and salinity stress on seed germination characteristics of savory (*Satureja hortensis* L.) and dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). *Iranian Journal of Seed Science and Research* 3 (3): 23. (in Persian with English abstract).
14. Khalili, N., Kamkar, B., and Khodabakhshi, A. H. 2014. Quantification and analysis of germination reactions of *satureja hortensis* to temperature and salinity stress. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 8 (1): 83-92. (in Persian).
15. Jafri, S. M. H., and Gadi, E. 1985. *Flora of Libya*, Al Faateh University, Faculty of Science, Department of Botany: Tripoli, Libya, 118: 88-92.
16. Lauchi, A., and Epesetin, E. 1984. Mechanism of salt tolerance in plants. *California Agriculture* 38: 18-25.
17. Levitt, T. 1980. Marketing success through differentiation-of anything (pp. 83-91). Graduate School of Business Administration, Harvard University.
18. Mabry, C. M., and Wayne, P. W. 1997. Defoliation of the annual herb *Abutilon theophrasti*: Mechanisms underlying reproductive compensation. *Oecologia* 111 (2): 225-232.
19. Majdam, M., Naderi, A., Nourmohammadi, Gh., Siadat, A., and Ayneband, V. 2007. The Effect of Drought Stress and Nitrogen Use Management on Yield, Yield Components and Water Use Efficiency of Maize in Khuzestan Climate. *Scientific Journal of Agricultural Sciences*. Thirteenth year. (in Persian).
20. Mesri, F., Keyghobadi, M., and Sargolzayi, M. 2014. Study of stresses in plants and studying some of the mechanisms of resistance to stress, the first national conference of medicinal plants, traditional medicine and organic farming, Hamedan, Hegmatane Environmental Assessment Center, Arya Hegmatan Conferences Development Center. (in Persian with English abstract).
21. More, S. D., Hangarge, D. S., Raghavaiah, C. V., and Joshi, B. M. 2004. Performance of different safflower, *carthamus tinctorius* L. genotypes with varied soil salinity levels. *Journal of Oilseeds Research* 21: 196-197.
22. Najafi, F., and Khavari-Nejad, R. A., 2010. The effects of salt stress on certain physiological parameters in summer savory (*Satureja hortensis* L.) plants. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry* 6 (1).
23. Pakniat, H., Kazemipour, A., and Mohamadi, G. A. 2003. Variation in salt tolerance of cultivated (*Hordeum vulgare* L.) and wild (*H. spontaneum* C. Koch) barley genotypes from Iran. *Iran Agricultural Research* 22: 45-62. (in Persian).

24. Poustini, K. 1995. Physiological Responses of Two Wheat Cultivars to Salinity Stress. Iranian Journal of Agriculture Science 26: 2. (in Persian with English abstract).
25. Prado, F. E., Boero, C., Gallardo, M., and Gonzalez, J. A. 2000. Effect of NaCl on germination, growth, and soluble sugar content in *Chenopodium quinoa* Wild. seeds. Botanical Bulletin of Academia Sinica 41: 27.
26. Premachandra, G. S., Saneoka, H., and Ogata, S. 1990. Cell membrane stability, an indicator of drought tolerance, as affected by applied nitrogen in soybean. The Journal of Agricultural Science 115 (1): 63-66.
27. Rascio, A., Russo, M., Mazzucco, L., Plantain, C., Nicastro, G., and Fonz, N. D. 2001. Enhanced osmo tolerance of wheat selected for potassium accumulation. Plant Science 160: 441-448.
28. Rechinger, K. H. 1982. *Satureja* in FI Iranica. Akademische Druck-u Verlagsanstalt, Graz 150: 495-504.
29. Saadatian, B., Ahmadvand, G., and Soleimani, F. 2012. Seed priming effect on germination components of *Satureja hortensis* under drought and salinity stress. Science and Technology Seed 2 (2). (in Persian).
30. Santa Maria, G. E., and Epsetin, E. 2001. Potassium sodium selectivity in wheat and amphiploid cross wheat xlophopym elongation. Plant Science 160: 523-534.
31. Seghatoleslami, M. J. 2010. Effect of salinity on germination of three types of medicinal herbs savory (*Satureja hortensis* L.) Chicory (*Cichorium intybus* L.) and Artichoke (*Cynara scolymus* L.). Iranian Journal of Field Crops Research 8 (5): 818-823. (in Persian).
32. Sheligl, H. Q. 1986. Die verwertung orgngischer souren durch chlorella lincht. Planta Journal 47-51.
33. Takur, M., and Sharma, A. D. 2005. Induced proline accumulation in germinating embryos: Evidence suggesting a role of proline in seed germination. 2005. Journal of Arid Environments 62: 512-523.
34. Valaie, N., and Hosseini Cici, S. Z. 2014. Tolerance of Salsify (*Tragopogon graminifolius*) to Simulated Herbivory. Journal of Crop Ecophysiology 8 (3). (in Persian with English abstract).
35. Vojodi Mehrabani, L., Hassanpour aghdam, M. B., and Valizadeh Kamran, R. 2017. Growth and Some Physiological Characteristics of Savory (*Satureja hortensis* L.) as Affected by Salinity Stress. Journal of Crop Ecophysiology 11 (1). (in Persian with English abstract).



The Response of Some Morphological and Physiological Traits of Landraces of Savory (*Satureja hortensis* L.) to Levels of Salinity and Defoliation Stress

F. Majidi^{1*}, E. Azizi², M. Kermani³, A. Abhari⁴

Received: 07-02-2019

Accepted: 10-07-2019

Introduction: Environmental stresses are the most important factor in reducing the yield of agricultural products worldwide. Salinity and defoliation stresses are the most important environmental stresses that affect the properties and production of plants. Salinity stress is also considered as a hyperionic stress and is a major abiotic stress limiting growth and productivity of plants in many areas of the world due to increasing use of poor quality of water for irrigation and soil salinization and defoliation stress is removing leaves from plant or area of land for agricultural purposes that reduces plant fitness. Savory is a medicine herb which its scientific name is *Satureja hortensis* and is native to the eastern mediterranean and southwestern Asia (Iran). Savory is from the Labatae family, which runs through the months of July to september in Iran. It has soft and rectangular leaves and almost petiolate and narrow and have a lot of essential glandular fibers. Winter savory is *Satureja montana* and summer savory is *Satureja hortensis* that are two important species of savory and it has pink to blue-white flowers that attract honey bees. Savory has properties treats nerve pain, increases blood coagulation factors, decreases fat and weight.

Materials and Methods: To determine the resistance of the savory landraces in this study to salinity and defoliation stresses and planning for breeding programs in the future, a factorial experiment randomized complete design was carried out with three replications in greenhouse conditions in Payame Noor University of Mashhad, in 2017 and 2018. Treatments consisted of four levels of salinity (0, 3, 6 and 9 dS.m⁻¹), three levels of defoliation stress (0, 25 and 50%) and five savory landrace (Kalat, Isfahan, Hamedan, Dargaz, and Mashhad). The traits of this project contained height, number of leaves, number of branches, fresh, dry weight of root, stem and leaf, leaf relative water content, membrane constant coefficient, proline and carbohydrate. Salinity and defoliation stress was applied to the plant after 8-leaf level. Statistical analysis of these data was done using Minitab and MSTAT-C software and then comparison of the meanings by LSD method was done at a significant level of 5%.

Results and Discussion: The results of this study indicated that defoliation stress has significant effect on all traits of savory measured landraces and the maximum and minimum values of these traits were observed zero and 50 % at defoliation level. So the values of the morphological traits and fresh and dry weight of savory organs were decreased by increasing the salinity levels. Also the content of proline and soluble sugars were increased by salinity stress. According to research of Santa Maria *et al.* (2001), proline is a low molecular weight protective metabolite that increases resistance and prevents damage from salt stress. Prado *et al.* (2000) also considered carbohydrate increase as a way to reduce the effects of osmotic and ionic stress and, ultimately, adapt plants to these conditions. According to Greenwich and Mon (1980), due to the salinity stress, the growth of the Sorghum plant is stopped due to low water potential, ionic toxicity and excretion imbalance by salinity, which in our study also reduced the morphological traits by increasing salinity and defoliation stress levels.

Conclusions: According to the results, Kalat and Hamedan landraces were superior to various levels of salinity and defoliation stress for morphological traits and fresh and dry weight of different *Satureja* organs. The maximum amounts of proline and carbohydrate were observed in Mashhad landrace. Due to these two traits, Mashhad landrace is known as a salt-resistant landrace. The maximum value of membrane constant coefficient was observed in Hamedan landrace. The highest value of leaf relative water content was observed in Kalat landrace.

Keywords: Carbohydrate, Leaf relative water, Mashhad, Membrane constant coefficient, Proline

1- MSc student in Plant Breeding, Payame Noor University, Iran

2- Associate Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Iran

3- Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agricultural Sciences, Payame Noor University, Iran

(*- Corresponding Author Email: fmajidi66@yahoo.com)



بررسی اثر کلرید کلسیم و سلینیوم بر مقاومت به دمای بالا در گندم (*Triticum aestivum* L.)

حسین نوروزی^۱، مجید نبی پور^{۲*}، افراسیاب راهنما قهفرخی^۳، حبیب اله روشنفکر^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۰

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۰

چکیده

جهت بررسی چگونگی اثر برخی ترکیبات شیمیایی از جمله کلسیم و سلینیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه گندم در ایجاد مقاومت در مقابل افزایش دمای محیط، آزمایشی در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. این آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در این آزمایش سه عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول (کرت‌های اصلی): سه تاریخ کاشت شامل (۲۰ آبان به‌عنوان تاریخ کاشت معمول، ۲۰ آذر و ۲۰ دی)، عامل دوم (کرت‌های فرعی): محلول‌پاشی ترکیبات شیمیایی مختلف شامل (۱) آب شهری (شاهد)، (۲) کلرید کلسیم (۱۰ میلی‌مولار) (۳) سلینیوم (۴ میلی‌گرم در لیتر) و عامل سوم (کرت‌های فرعی): ارقام مختلف گندم شامل (چمران و استار) بود. با توجه به نتایج به‌دست آمده، در زمان استفاده از کلرید کلسیم برای محلول‌پاشی، در تاریخ کشت سوم تعداد دانه در سنبله نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان فقط ۱۲ درصد کاهش پیدا کرد در حالی که در تیمارهای شاهد و سلینیوم تعداد دانه در سنبله ۳۶ درصد کاهش یافت. در تاریخ کاشت سوم، عملکرد دانه در تیمار شاهد ۴۹/۳ درصد و در تیمار سلینیوم ۴۹/۹ درصد نسبت به تاریخ کاشت اول کاهش نشان داد در حالی که در تیمار کلرید کلسیم کاهش عملکرد ۲۳/۸ درصد بود. در هر سه تاریخ کاشت، در زمانی که از کلرید کلسیم به‌عنوان محلول‌پاشی استفاده شد دوره پر شدن دانه نسبت به تیمارهای شاهد و سلینیوم طولانی‌تر بود. طولانی شدن دوره پر شدن دانه در زمان استفاده از کلرید کلسیم می‌تواند یکی از مهم‌ترین عواملی باشد که منجر به کاهش کمتر وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به بقیه تیمارها شده است. چون در این شرایط زمان کافی برای انجام فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد به دانه‌های در حال پر شدن وجود دارد. در نهایت می‌توان نتیجه گرفت که محلول‌پاشی کلرید کلسیم می‌تواند از طریق کاهش اثرات منفی تنش گرما در زمان گرده‌افشانی، افزایش دوره پر شدن دانه و وزن هزاردانه نقش مهمی در کاهش اثرات تنش گرمای آخر فصل در گندم داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: تاریخ کاشت، تعداد دانه در سنبله، سلینیوم، عملکرد دانه، کلرید کلسیم

مقدمه

حرارت بالاتر از ۳۰ درجه سانتی‌گراد دوره پر شدن دانه در گندم را کاهش و سرعت پر شدن دانه را افزایش می‌دهد (Dupont and Altenbach, 2003). بنابراین یکی از عوامل مهم و تأثیرگذار در گیاهانی که به‌موقع کشت می‌شوند طولیل شدن مرحله رویشی آن‌ها می‌باشد چون این گیاهان زمان کافی برای افزایش ارتفاع و ذخیره مواد غذایی را دارند (Mondal et al., 2016). تنش گرما تولید نشاسته را کاهش داده و باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود (Farooq et al., 2011). بیشترین آسیب وارده ناشی از تنش گرما در مرحله زایشی به‌صورت کاهش تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه می‌باشد (Rahman et al., 2009). در اقلیم‌های گرمسیری، تنش دمای بالا مهمترین عامل محدودکننده و مؤثر بر رشد گیاه است. در غلات هنگامی که گیاه برای دوره کوتاهی در طول دوره پر شدن دانه در معرض دمای بالا قرار می‌گیرد، پیری تسریع شده، تشکیل میوه کاهش می‌یابد و وزن دانه و عملکرد نیز کاهش می‌یابد (Wahid et al., 2007). سلینیوم به دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدان آن به‌ویژه در محیط‌های تحت تنش اثرات مثبتی بر رشد و توسعه گیاهان دارد (Nawaz et al., 2015). کاربرد سلینیوم بیوماس گیاهان را هم در شرایط تنش و هم غیر تنش بهبود بخشید (Malik et al., 2011).

گندم (*Triticum aestivum* L.) یکی از گیاهان مهم خانواده غلات می‌باشد که بیش از ۳۰ درصد سطح زیرکشت و نزدیک به ۲۶ درصد از کل غلات جهان را به‌خود اختصاص داده است (FAO, 2017). افزایش درجه حرارت در زمان گلدهی و پر شدن دانه در نواحی خشک و نیمه‌خشک دنیا شدیداً بر تولید گندم تأثیر می‌گذارد (Brestic et al., 2014). کشت دیر هنگام گندم باعث می‌شود دوره پر شدن دانه در معرض درجه حرارت بالا قرار گیرد (Pandey et al., 2014). گیاهان در تمام طول دوران زندگی خود با انواع مختلفی از تنش‌های زیستی و غیر زیستی مواجه می‌شوند. مرحله گلدهی و پر شدن دانه از حساس‌ترین مراحل نمو گندم به تنش‌ها است (Abdoli et al., 2013). درجه حرارت بهینه مورد نیاز برای گلدهی و پر شدن دانه در گندم بین ۱۲ تا ۲۲ درجه سانتی‌گراد می‌باشد. درجه

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

۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز

۳- دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشگاه شهید چمران اهواز

*- نویسنده مسئول: (Email: m.nabipour@scu.ac.ir)

است که این میزان مصرف، ایران را در جایگاه ششم قرار می‌دهد (Mosavi, 2014). بنابراین با توجه به اهمیت استراتژیک گندم و همچنین بر خورداری این محصول از وزن قابل توجه در الگوی مصرف خانوارها، به‌ویژه در کشورهای در حال توسعه، دستیابی به حدودی از خودکفایی در تولید گندم برای کشور ما مستلزم استفاده از روش‌های نوین جهت کاهش اثرات تنش‌های محیطی جهت دستیابی به حداکثر محصول می‌باشد. با توجه به حساسیت گندم به گرمای بعد از گلدهی و وجود این وضعیت در نیمه جنوبی به‌ویژه در استان خوزستان، این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی ترکیبات شیمیایی مختلف بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد در دو رقم گندم جهت بهبود مقاومت به گرمای انتهای فصل اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶، به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه آزمایشی گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز اجرا شد. در این آزمایش سه عامل مورد بررسی قرار گرفت. عامل اول (کرت‌های اصلی): سه تاریخ کاشت شامل: ۱) ۲۰ آبان (تاریخ کاشت اول) به‌عنوان تاریخ کاشت معمول منطقه، ۲) ۲۰ آذر (تاریخ کاشت دوم) و ۳) ۲۰ دی (تاریخ کاشت سوم)، عامل دوم (کرت‌های فرعی): محلول‌پاشی ترکیبات شیمیایی مختلف شامل: ۱) آب شهری (شاهد)، ۲) ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم (Asadi Nasab et al., 2019) و ۳) ۴ میلی‌گرم در لیتر سلیوم (Muhammad et al., 2015) و عامل سوم (کرت‌های فرعی): ارقام مختلف گندم شامل: ۱) چمران (متوسط‌رس) و ۲) استار (دیررس). در این آزمایش طول هر کرت آزمایشی یک متر و عرض آن دو متر در نظر گرفته شد. فاصله بین کرت‌های آزمایش ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بین تکرارها یک متر بود برای هر کرت آزمایشی ۱۰ خط کاشت ۱ متری با فاصله ۲۰ سانتی‌متر از هم در نظر گرفته شد و سپس ۵۰۰ بذر ضدعفونی شده با سم ویتاواکس در یک متر مربع به صورت دستی کاشته شد. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک قبل از اجرای آزمایش از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر خاک تعیین و در جدول ۱ ارائه شده است. مقدار کود مصرفی براساس نتایج آزمون خاک قبل از کاشت، ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت اوره، ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به صورت سوپرفسفات تریپل و ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم به صورت سولفات پتاسیم بود. در هر یک از مراحل نمو انتهای پنجه‌زنی و آبستنی نیز ۶۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به صورت اوره به‌عنوان کود سرک مصرف شد. در طول دوره رشد، آبیاری کرت‌ها به‌طور منظم و به نحوی انجام شد که گیاه با تنش کم‌آبی مواجه نشود. کاربرد ترکیبات شیمیایی دو هفته قبل از گلدهی (Asadi Nasab et al., 2019) به صورت محلول‌پاشی برگ‌

کاربرد سلیوم به‌وسیله افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (Saidi et al., 2014) و غیرآنزیمی (Pandey et al., 2014) باعث کاهش خسارت گونه‌های اکسیژن واکنش‌گر شد. محلول‌پاشی سلیوم بر روی برگ گیاهان زراعی میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داده و مقاومت به خشکی را بالا می‌برد (Dhillon, 2002). محمد و همکاران (Muhammad et al., 2015) گزارش دادند محلول‌پاشی چهار میلی‌گرم در لیتر سلیوم در دو رقم گندم تحت تنش گرما تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. نتایج برخی پژوهش‌های دیگر توسط تیموتی (Timothy, 2001) نشان می‌دهد که تیمار گیاه با سلیوم می‌تواند مقاومت گیاه به خشکی را افزایش دهد به‌طوری‌که این افزایش مقاومت می‌تواند به دلیل افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان باشد. در گیاهان مختلف اثر کلرید کلسیم در کاهش اثرات مضر تنش‌های محیطی مختلف گزارش شده است (Shoresh et al., 2011). در مطالعه‌ای که توسط هیرات و خورانا (Hairat and Khurana, 2015) بر روی ارقام مختلف گندم انجام شده بود مشخص گردید با کاربرد کلرید کلسیم وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرده بودند. آن‌ها گزارش دادند که افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با کلرید کلسیم می‌تواند به دلیل فعالیت فتوسنتزی بهتر در این شرایط باشد. مصرف کلسیم تحت تنش خشکی می‌تواند رسیدگی گندم را به‌طور معنی‌داری به تأخیر بیندازد. همچنین مصرف کلسیم نه تنها تحمل گندم به‌باره به تنش خشکی را افزایش می‌دهد بلکه پیری برگ‌ها را به تأخیر می‌اندازد (Ma et al., 2005). در برخی از گراس‌های مناطق سرد تحت تنش گرما، کلسیم برای نگهداری فعالیت آنتی‌اکسیدان‌ها ضروری است. کاربرد خارجی کلسیم مقاومت به تنش گرما را افزایش می‌دهد. کاربرد کلسیم به شکل CaCl_2 قبل از تیمار تنش گرما موجب افزایش تولید مواد ممانعت‌کننده پراکسیداسیون لیپیدها می‌شود (Wahid et al., 2007). کلسیم در بهبود گلدهی، بلوغ و انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به اندام‌های زایشی نقش دارد (Marschner, 1995). کلسیم کوعامل آنزیم‌های آمیلاز و ATP-ase بوده و در پایداری و مقاومت دیواره سلولی و فعالیت طبیعی بسته شدن روزنه‌ها مؤثر است. این عنصر به فعالیت اکسین کمک کرده و در تقسیم سلولی و طولی شدن سلول‌ها، جوانه‌زنی و رشد لوله کرده تأثیرگذار است (Fageria, 2009). اگرچه نقش کلسیم در تحمل به تنش گرما دقیقاً مشخص نشده است، ولی برخی مطالعات بیان می‌کنند که کلسیم ممکن است در انتقال پیام (MCAInsh et al., 1996) و بیان ژن (Trofimova et al., 1999) تحت تنش گرما دخیل باشد. دیگر محققین دریافتند که کلسیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داده و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاءهای سلولی را کاهش می‌دهد (Gong et al., 1998). مقدار سرانه‌ی مصرف گندم در ایران بالغ بر ۱۲۱ کیلوگرم در سال

با دقت ۰/۰۱ استفاده شد. برای بررسی صفاتی مانند تعداد دانه در سنبله، تعداد سنبلچه در سنبله، و وزن کاه از هر کرت ۲۰ ساقه به صورت تصادفی انتخاب و سپس اندازه‌گیری‌ها صورت گرفت. در حالی که برای بررسی تعداد سنبله و عملکرد نهایی اندازه‌گیری‌ها در یک مترمربع از هر کرت آزمایشی انجام گردید. در این پژوهش فاصله بین گرده‌افشانی تا رسیدن فیزیولوژیکی به‌عنوان دوره پر شدن دانه در نظر گرفته شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد انجام و شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند.

اعمال شد. برای تشخیص و ثبت مراحل فنولوژیک گیاه به‌خصوص برای تعیین زمان دو هفته قبل از گلدهی جهت اعمال محلول‌پاشی از سیستم کد بندیزیداکس (Zadoks *et al.*, 1974) استفاده شد. محلول‌پاشی‌ها در ساعت هشت صبح و در هوای صاف و ملایم طوری که برگ‌های گیاه کاملاً خیس شدند، انجام شد. در این آزمایش ویژگی‌هایی مانند عملکرد بیولوژیک، اجزای عملکرد شامل: تعداد سنبله در مترمربع، تعداد دانه در سنبله، وزن هزاردانه، تعداد سنبلچه در سنبله، شاخص برداشت، دوره پر شدن دانه، تعداد روز از کاشت تا ظهور سنبله و تعداد روز از کاشت تا رسیدگی فیزیولوژیک اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری وزن هزار دانه از ترازوی دیجیتالی

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil

پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر P (mg.kg ⁻¹)	درصد ماده آلی Organic matter (%)	نیتروژن N (%)	pH	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
270.3	12.46	0.49	0.3	7.52	1.5

جدول ۲- میانگین درجه حرارت حداکثر، حداقل و رطوبت نسبی ماهیانه در دوره رشد گندم در اهواز

Table 2- Monthly maximum, minimum temperature and relative humidity for wheat growth duration in Ahwaz

Month	ماه	حداقل دما		حداکثر دما		میانگین رطوبت نسبی	
		Minimum temperature (°C)		Maximum temperature (°C)		Relative humidity (%)	
		سال ۱۳۹۶-۹۷	میانگین ده سال قبل	سال ۱۳۹۶-۹۷	میانگین ده سال قبل	سال ۱۳۹۶-۹۷	میانگین ده سال قبل
Nov.	آبان	16.8	16.24	33.21	31	46.4	48.45
Dec.	آذر	9.62	10.1	23.6	23	56.7	60.3
Jan.	دی	9.88	8	21.7	20.1	51.6	64.73
Feb.	بهمن	10.36	9.47	24.2	21.98	51.6	59.01
Mar.	اسفند	15.1	13	28.6	27	51	48.86
Apr.	فروردین	18.4	17.18	34	32.4	43.3	44.1
May	اردیبهشت	23.3	23.13	37.5	40	37.2	32.8

نتایج و بحث

تعداد دانه در سنبله

دیگر (دوم و سوم) بین تیمار کلسیم و تیمارهای شاهد و سلیوم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار بود در حالی که بین تیمارهای شاهد و محلول‌پاشی سلیوم اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد. در تاریخ کاشت سوم، بیشترین (۳۶) و کمترین (۲۵) تعداد دانه در سنبله به ترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی با کلرید کلسیم و شاهد به دست آمد. در بررسی برهمکنش رقم و محلول‌پاشی، در زمان استفاده از تیمارهای شاهد و سلیوم به‌عنوان محلول‌پاشی بین دو رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی در زمان استفاده از کلرید کلسیم برای محلول‌پاشی بین دو رقم اختلاف معنی‌دار بود. بیشترین (۴۰) و کمترین (۳۲) تعداد دانه در سنبله به ترتیب در تیمارهای رقم چمران و محلول‌پاشی با کلرید کلسیم و ارقام چمران و استار در زمانی که از تیمارهای شاهد و سلیوم برای محلول‌پاشی استفاده شد، به دست آمد. تعداد دانه در

طبق نتایج به دست آمده از این آزمایش بین ارقام مورد بررسی، تیمارهای محلول‌پاشی و تاریخ کاشت از نظر تعداد دانه در سنبله اختلاف معنی‌دار وجود داشت ($P \leq 0.01$). همچنین برهمکنش تاریخ کاشت و محلول‌پاشی بر صفت تعداد دانه در سنبله از لحاظ آماری معنی‌دار بود و واکنش متفاوت ارقام در تیمارهای مختلف محلول‌پاشی موجب شد که برهمکنش رقم و محلول‌پاشی برای تعداد دانه در سنبله در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار گردد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین در تاریخ کاشت اول بین تیمارهای مختلف محلول‌پاشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد ولی در دو تاریخ کشت

سنبله یکی از اجزای بسیار مهم در ارتباط با عملکرد می‌باشد (شکل ۱).

وزن هزار دانه

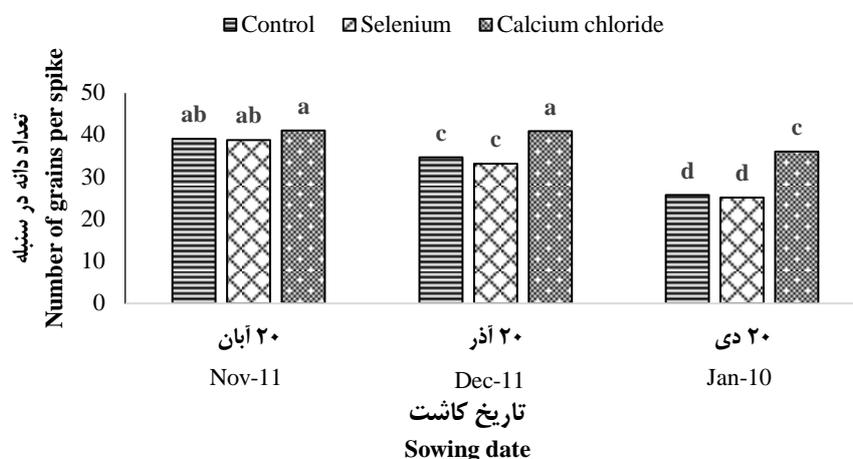
نتایج تجزیه واریانس صفت وزن هزار دانه نشان داد که اثر تاریخ کاشت، محلول‌پاشی، رقم و برهمکنش تاریخ کاشت و محلول‌پاشی در سطح احتمال (P≤۰/۰۱) و برهمکنش محلول‌پاشی و رقم در سطح احتمال (P≤۰/۰۵) معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین برهمکنش تاریخ کاشت و محلول‌پاشی مشخص شد که در

تاریخ کاشت اول بین تیمار کلرید کلسیم و تیمارهای شاهد و سلنیوم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار وجود داشت در حالی که بین تیمارهای شاهد و سلنیوم در این تاریخ کاشت تفاوت معنی‌داری دیده نشد. در تاریخ کاشت‌های اول و دوم بین تیمارهای کلسیم اختلافی وجود نداشت و همچنین در این دو تاریخ کاشت بین تیمارهای شاهد سلنیوم تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در تاریخ کاشت سوم، بیشترین (۳۷ گرم) و کمترین (۲۹ گرم) وزن هزار دانه به ترتیب در تیمار کلرید کلسیم و تیمارهای شاهد و سلنیوم به دست آمد (شکل ۲).

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات اندازه‌گیری شده
Table 3- Analysis of variance of measured traits

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Mean squares							
		تعداد سنبله در مترمربع Number of spikes per m ²	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن هزار دانه 1000- grain weight	تعداد سنبلچه در سنبله Number of spikelets per spike	عملکرد دانه Grain yield	طول دوره پر شدن دانه Grain filling duration	عملکرد بیولوژیک Biological yield	شاخص برداشت Harvest index
تکرار Replication	2	382.46 ^{ns}	8.13 ^{ns}	14.68 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.44 ^{ns}	16.3 ^{ns}	13.74 ^{ns}	35.57 ^{ns}
تاریخ کاشت Sowing date	2	3297.91 ^{**}	534.69 ^{**}	148.51 ^{**}	93.85 ^{**}	29.72 ^{**}	157.6 ^{**}	71.17 ^{**}	521.87 [*]
خطا Error a	4	198.07	6.44	5.49	4.19	0.38	6.7	5.5	52.56
محلول‌پاشی Foliar application	2	126.13 ^{ns}	258.02 ^{**}	166.26 ^{**}	28.91 ^{**}	15.94 ^{**}	187 ^{**}	49.20 ^{**}	138.61 ^{**}
رقم Cultivar	1	2.67 ^{ns}	21.41 ^{**}	30.38 ^{**}	6.69 [*]	2.48 ^{**}	22.5 ^{**}	4.73 ^{**}	11.59 ^{ns}
تاریخ کاشت × محلول‌پاشی Sowing date × Foliar application	4	92.57 ^{ns}	37.07 ^{**}	13.19 ^{**}	3.24 ^{ns}	0.86 ^{**}	20.3 ^{**}	3.54 ^{**}	16.06 [*]
تاریخ کاشت × رقم Sowing date × Cultivar	2	3.39 ^{ns}	2.02 ^{ns}	2.35 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.05 ^{ns}	3.01 ^{ns}	0.77 ^{ns}	7.19 ^{ns}
محلول‌پاشی × رقم Foliar application × Cultivar	2	15.06 ^{ns}	10.57 [*]	9.43 [*]	6.24 [*]	1.02 ^{**}	13.5 [*]	2.6 ^{**}	18.21 [*]
تاریخ کاشت × محلول‌پاشی × رقم Sowing date × Foliar application × Cultivar	4	6.11 ^{ns}	0.52 ^{ns}	0.53 ^{ns}	0.74 ^{ns}	0.03 ^{ns}	0.9 ^{ns}	0.6 ^{ns}	1.52 ^{ns}
خطا Error bc	30	55.93	2.37	2.48	1.65	0.08	2.8	0.52	6.37
ضریب تغییرات Coefficient variation (%)		1.8	4.4	4.4	9.2	5.5	6.0	5.1	7.0

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد
ns, * and ** respectively, non-significant and significant at levels of 5% and 1%



شکل ۱- برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر تعداد دانه در سنبله گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

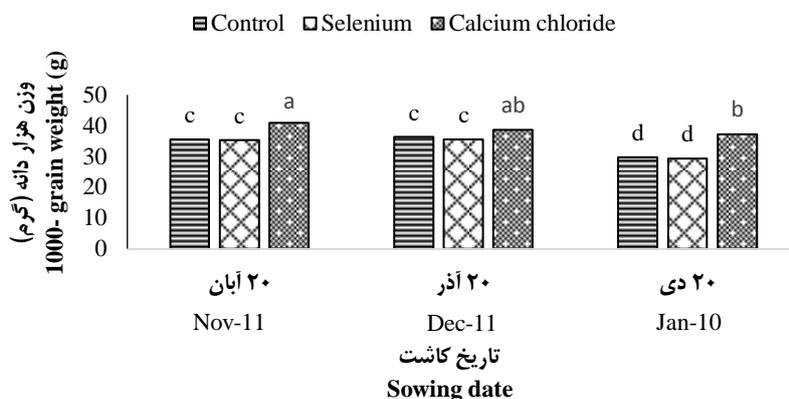
Figure 1- Interaction of sowing date and foliar application on number of grains per spike of wheat

The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)

تیمارهای شاهد و سلنیوم بین دو رقم اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که در تیمار کلرید کلسیم بین دو رقم از لحاظ تعداد سنبلچه در سنبله تفاوت معنی‌دار بود. بیشترین (۱۶/۳) و کمترین (۱۲/۷) تعداد سنبلچه در سنبله به ترتیب در رقم چمران و تیمار کلرید کلسیم و رقم استار و تیمار سلنیوم به دست آمد (شکل ۳).

تعداد سنبلچه در سنبله

تجزیه واریانس داده‌های صفت تعداد سنبلچه در سنبله نشان داد اثر تاریخ کاشت و محلول پاشی در سطح احتمال یک درصد و اثر رقم و برهمکنش محلول پاشی و رقم در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). نتایج مقایسه میانگین نشان داد در زمان استفاده از



شکل ۲- برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر وزن هزار دانه گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Figure 2- Interaction of sowing date and foliar application on 1000-grain weight of wheat

The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)

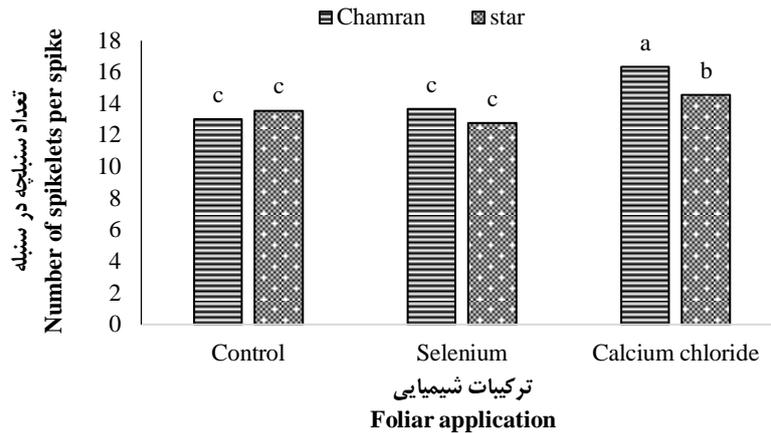
غیر معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشاهده شد در هر سه تاریخ کاشت تیمار کلرید کلسیم از لحاظ آماری با تیمارهای شاهد و سلنیوم اختلاف معنی‌داری نشان داد. به طوری که بالاترین عملکرد دانه (۶/۹۶ تن در هکتار) در زمانی که از کلرید کلسیم استفاده شده است به دست آمد. در تاریخ کاشت سوم اختلاف بین تیمارهای محلول پاشی محسوس‌تر بود به گونه‌ای که در این

عملکرد دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های عملکرد دانه نشان داد اثر تاریخ کاشت، محلول پاشی و رقم بر عملکرد دانه معنی‌دار بود ($P \leq 0.01$). همچنین برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی و برهمکنش محلول پاشی و رقم تأثیر معنی‌داری بر این صفت داشتند ($P \leq 0.01$). در حالی که برهمکنش تاریخ کاشت و رقم بر عملکرد دانه

محلول‌پاشی شاهد و سلیوم از لحاظ عملکرد دانه بین دو رقم اختلاف غیرمعنی دار بود در حالی که در مورد کلرید کلسیم بین دو رقم تفاوت معنی‌دار وجود داشت. عملکرد رقم چمران در تیمار کلرید کلسیم ۶/۷۳ و در رقم استار ۵/۷۵ تن در هکتار بود (شکل ۵).

تاریخ کاشت عملکرد دانه در تیمار شاهد ۴۹/۳ درصد و در تیمار محلول‌پاشی با سلیوم ۴۹/۹ درصد نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان کاهش نشان داد در حالی که در تیمار محلول‌پاشی با کلرید کلسیم کاهش عملکرد ۲۳/۸ درصد بود (شکل ۴). با توجه به نتایج برهمکنش محلول‌پاشی و رقم، در زمان استفاده از تیمارهای



شکل ۳- برهمکنش رقم و محلول‌پاشی بر تعداد سنبلچه در سنبله گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Figure 3- Interaction of cultivar and foliar application on number of spikelets per spike of wheat
The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)

کاشت اول بین تیمارهای شاهد و سلیوم اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد در حالی که تیمار محلول‌پاشی با کلرید کلسیم با تیمارهای شاهد و سلیوم تفاوت معنی‌دار بود. در مورد استفاده از کلرید کلسیم به‌عنوان محلول‌پاشی بین تاریخ‌های دوم و سوم اختلاف معنی‌داری دیده نشد (شکل ۷).

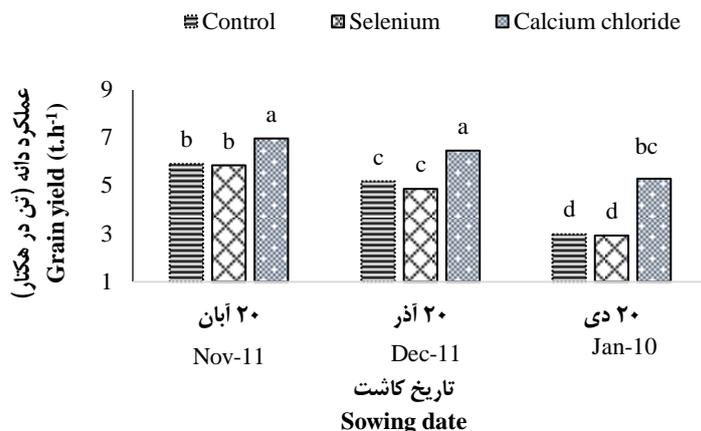
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌های شاخص برداشت (جدول ۳) نیز نشان داد که بین تیمارهای مربوط به محلول‌پاشی اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.01$) و بین تیمارهای تاریخ کاشت، اثرات متقابل تاریخ کاشت و محلول‌پاشی و محلول‌پاشی و رقم اختلاف معنی‌دار ($P \leq 0.05$) بود. با توجه به نتایج مقایسه میانگین در دو تاریخ کاشت اول و دوم بین تیمارهای محلول‌پاشی از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد در حالی که در تاریخ کاشت سوم بین تیمار کلرید کلسیم و تیمارهای شاهد و سلیوم از لحاظ آماری اختلاف معنی‌دار بود. در بررسی برهمکنش رقم و محلول‌پاشی در تیمارهای شاهد و سلیوم بین ارقام اختلاف غیر معنی‌دار بود، در حالی که در زمان استفاده از کلرید کلسیم برای محلول‌پاشی بین دو رقم اختلاف معنی‌دار وجود داشت که بیشترین شاخص برداشت (۴۰/۸۲ درصد) در رقم چمران و کمترین آن (۳۷/۶۹ درصد) در رقم استار به‌دست آمد (شکل ۸).

دوره پر شدن دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمارهای تاریخ کاشت، محلول‌پاشی، رقم و برهمکنش تاریخ کاشت و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش محلول‌پاشی و رقم در سطح احتمال ۵٪ بر صفت دوره پر شدن دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین در هر سه تاریخ کاشت، در زمانی که از کلرید کلسیم به‌عنوان محلول‌پاشی استفاده شد دوره پر شدن دانه نسبت به تیمارهای شاهد و سلیوم طولانی‌تر بود. به‌طوری‌که میانگین دوره پر شدن دانه در زمان استفاده از کلرید کلسیم در تاریخ کاشت اول، ۴ روز، در تاریخ کاشت دوم و سوم، ۶/۵ روز بیشتر از تیمار شاهد بود. در تاریخ کاشت دوم، بیشترین دوره پر شدن دانه (۳۶/۳ روز) در تیمار کلرید کلسیم و کمترین آن (۳۰/۱۷ روز) در تیمار سلیوم مشاهده گردید (شکل ۶).

عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت

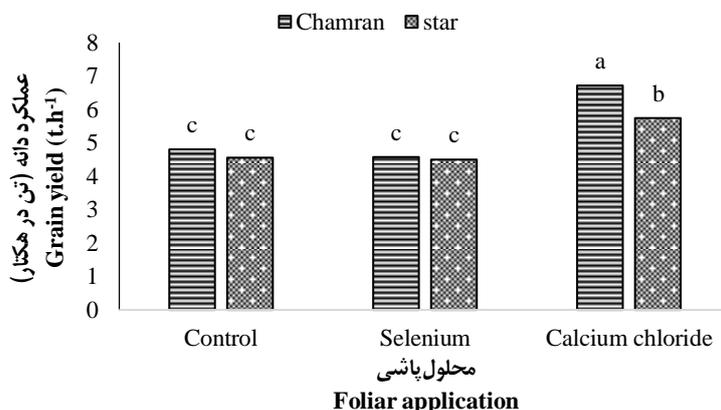
اثر تاریخ کاشت، محلول‌پاشی، ارقام، اثرات متقابل تاریخ کاشت و محلول‌پاشی و محلول‌پاشی و رقم بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار ($P \leq 0.01$) بود (جدول ۳). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد بیولوژیک به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین مشخص شد که در تاریخ



شکل ۴- برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر عملکرد دانه گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

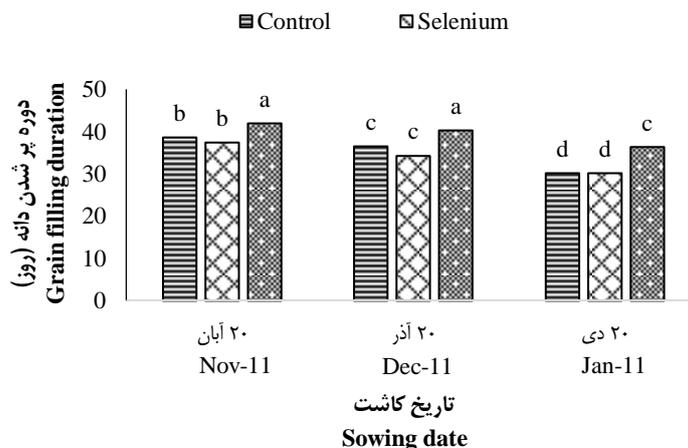
Figure 4- Interaction of sowing date and foliar application on grain yield of wheat
The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)



شکل ۵- برهمکنش رقم و محلول پاشی بر عملکرد دانه گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

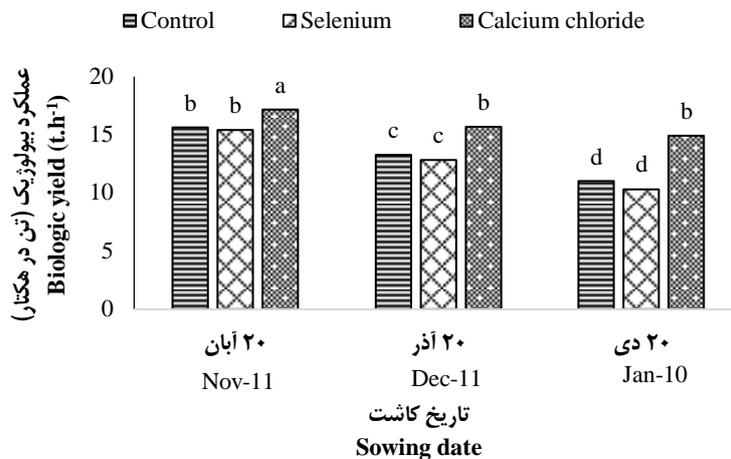
Figure 5- Interaction of cultivar and foliar application on grain yield of wheat
The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)



شکل ۶- برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر دوره پر شدن دانه گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

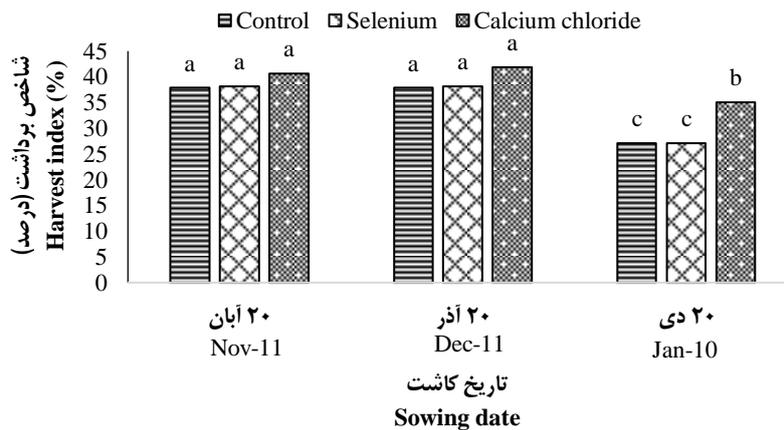
Figure 6- Interaction of sowing date and foliar application on grain filling duration of wheat
The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)



شکل ۷- برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر عملکرد بیولوژیک گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Figure 7- Interaction of sowing date and foliar application on biologic yield of wheat
The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)



شکل ۸- برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی بر شاخص برداشت گندم

میانگین‌های با حروف مشترک اختلاف معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن ندارند.

Figure 8- Interaction of sowing date and foliar application on harvest index of wheat
The means with the same letter are not significantly different by Duncan test ($p < 0.05$)

به ترتیب در تیمارهای محلول پاشی با کلرید کلسیم و شاهد به دست آمد به طوری که در زمان استفاده از کلرید کلسیم برای محلول پاشی در تاریخ کشت سوم، تعداد دانه در سنبله نسبت به تاریخ کاشت ۲۰ آبان تنها ۱۲ درصد کاهش یافت در حالی که در تیمارهای شاهد و سلیوم تعداد دانه در سنبله ۳۶ درصد کاهش یافت (شکل ۱). بیشترین تعداد دانه در سنبله (۴۰) در رقم چمران و محلول پاشی با کلرید کلسیم و کمترین تعداد دانه در سنبله (۳۲) در ارقام چمران و استار در زمانی که از تیمارهای شاهد و سلیوم برای محلول پاشی استفاده شد، به دست آمد. تعداد دانه کمتر در سنبله نشانه تأثیر تنش گرما بر گیاه و کاهش باروری دانه‌ها به دلیل عدم تلقیح مناسب و کمبود مواد فتوسنتزی کافی و رقابت میان دانه‌ها برای جذب مواد غذایی می‌باشد. نتایج

در استان خوزستان، گندم با وجود شرایط آب و هوایی مناسب، در فصل پاییز و زمستان رشد رویشی خوبی داشته و پتانسیل عملکرد آن بالاست، ولی با افزایش ناگهانی دما در مراحل گلدهی تا رسیدگی فیزیولوژیک با تنش گرمای انتهایی فصل رشد مواجه می‌شود و عملکرد آن کاهش می‌یابد. نتایج نشان داد که در شرایط تنش گرمای انتهایی فصل رشد گندم در اهواز، صفات تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه، عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت به طور معنی‌داری نسبت به تاریخ کاشت اول (تاریخ کاشت معمول منطقه) کاهش یافتند و محلول پاشی کلرید کلسیم دو هفته قبل از گلدهی سبب بهبود این صفات گردید. با توجه به نتایج به دست آمده در تاریخ کاشت سوم، بیشترین (۳۶) و کمترین (۲۵) تعداد دانه در سنبله

نشان داد که محلول پاشی کلرید کلسیم در این شرایط، سبب بهبود باروری دانه‌ها و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله شد. درجه حرارت بالا انتقال کربوهیدرات به داخل بساک را متوقف می‌نماید و از این رو نمو دانه گرده را در این شرایط مختل کرده و باعث افزایش مرگ میر دانه‌های گرده می‌شود (Zhang *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که توسط هیرات و خورانا (Hairat and Khurana, 2015) انجام شده بود مشخص شد که کاربرد کلسیم قبل از تنش گرما می‌تواند سطح آسیب را کاهش دهد و سرعت بازیابی اندام‌ها را پس از تنش گرما افزایش دهد. در مطالعه‌ای که توسط اسدی نسب و همکاران (Asadi Nasab *et al.*, 2019) بر روی گندم صورت گرفت تعداد دانه در سنبله در تیمار محلول پاشی ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در شرایط تنش گرما نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۷۶ درصد افزایش یافت. همچنین این محققین دریافتند محلول پاشی ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدهی در شرایط تنش گرما سبب بهبود باروری دانه‌ها و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله شد. نجاتا و همکاران (Nejata *et al.*, 2009) گزارش دادند کاربرد ۱۸ گرم در هکتار سلینیوم، تعداد دانه در سنبله را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین در مطالعه تیموری و همکاران (Teimouri *et al.*, 2013) اثر مثبت محلول پاشی سلینیوم بر روی تعداد دانه در سنبله گندم در شرایط تنش خشکی گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت ندارد. با توجه به نتایج برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی (شکل ۲)، در تاریخ کاشت سوم، بیشترین (۳۷ گرم) و کمترین (۲۹ گرم) وزن هزار دانه به‌ترتیب در تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم و تیمارهای شاهد و سلینیوم به‌دست آمد. در تاریخ کاشت اول، وزن هزار دانه در تیمارهای شاهد، سلینیوم و کلرید کلسیم نسبت به تیمارهای مشابه خود در تاریخ کاشت سوم به‌ترتیب ۱۶/۶، ۱۷/۱۴ و ۹/۷۵ درصد افزایش پیدا کرد. در تاریخ کاشت اول و دوم بین تیمارهای محلول پاشی شاهد و سلینیوم از لحاظ وزن هزار دانه اختلاف غیر معنی‌دار بود (شکل ۲). ممکن است کاربرد کلرید کلسیم از طریق بهبود انتقال تولیدات فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها به‌عنوان مقصدهای فیزیولوژیک و همچنین افزایش دوره پر شدن دانه باعث افزایش وزن هزار دانه شده باشد. کمبود مواد فتوسنتزی به دلیل تنش گرما در زمان پر شدن دانه‌های گندم، وزن دانه را به دلیل اختلال در انتقال مواد به دانه‌ها کاهش می‌دهد. تنش گرما در مراحل اولیه پر شدن دانه موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و کاهش ظرفیت مقصد برای تجمع ماده خشک می‌شود. بنابراین، حتی اگر گیاه در ادامه در تولید مواد فتوسنتزی کمبودی نداشته باشد، محدودیت جذب منبع به دلیل کاهش اندازه مقصد در گیاه اتفاق می‌افتد و کاهش وزن دانه را در پی خواهد داشت (Nabipour *et al.*, 2011). کلسیم در بهبود گلدهی، بلوغ و انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به اندام‌های زایشی نقش دارد (Marschner, 1995). اسدی نسب و همکاران (AsadiNasab *et al.*, 2019) بیان کردند وزن هزار دانه و وزن دانه در بوته در تیمار محلول پاشی ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدهی در شرایط تنش گرما نسبت به تیمار شاهد به‌ترتیب ۲۱/۹۲ و ۲۳/۰۷ درصد افزایش یافتند. نتایج برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی نشان داد با مصرف کلرید کلسیم، در تاریخ کشت اول عملکرد دانه نسبت به تیمار شاهد ۱۷ درصد افزایش یافت در حالی‌که بین تیمارهای شاهد و سلینیوم اختلاف معنی‌دار نبود. در تاریخ کاشت سوم، کاهش عملکرد نسبت به تاریخ کاشت اول در تیمار شاهد ۴۹/۳ درصد، تیمار سلینیوم ۴۹/۹ و تیمار کلرید کلسیم ۲۳/۸۵ درصد بود (شکل ۳). تنش گرمای انتهایی فصل از یک طرف با تسریع در مراحل رشد و نمو و کاهش طول دوره رشد زایشی گیاه و از طرف دیگر با تأثیر منفی بر اندام‌های زایشی (قابلیت زنده ماندن دانه گرده و مادگی) و جلوگیری از باروری مطلوب باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. مدرسی و همکاران (Modarresi *et al.*, 2010) و آل اوتیک (Al-Otayk, 2010) نیز نتایج مشابهی گزارش کرده‌اند. در گیاهان مختلف اثر کلرید کلسیم در کاهش اثرات مضر تنش‌های محیطی مختلف گزارش شده است (Shoresh *et al.*, 2011). با توجه به نتایج برهمکنش محلول پاشی و رقم، در زمان استفاده از تیمارهای محلول پاشی شاهد و سلینیوم از لحاظ عملکرد دانه بین دو رقم اختلاف غیرمعنی‌دار بود در حالی‌که در مورد کلرید کلسیم بین دو رقم تفاوت معنی‌دار وجود داشت. عملکرد رقم چمران در تیمار کلرید کلسیم ۶/۷۳ و در رقم استار ۵/۷۵ تن در هکتار بود (شکل ۵). در مطالعه‌ای که توسط هیرات و خورانا (Hairat and Khurana, 2015) بر روی ارقام مختلف گندم انجام شده بود مشخص گردید با کاربرد کلرید کلسیم وزن هزار دانه و عملکرد دانه به‌طور قابل توجهی افزایش پیدا کرده بودند. آن‌ها گزارش دادند که افزایش عملکرد در گیاهان تیمار شده با کلرید کلسیم می‌تواند به دلیل فعالیت فتوسنتزی بهتر در این شرایط باشد. چون استفاده از کلرید کلسیم باعث افزایش کارایی فتوسیستم دو شده و در نهایت عملکرد فتوسنتزی را بهبود می‌بخشد. در مطالعه تیموری و همکاران (Teimouri *et al.*, 2013) عملکرد دانه گندم در تیمار محلول پاشی با سلینیوم (۱۸ میلی‌گرم در لیتر) در شرایط تنش خشکی با تیمار شاهد اختلاف معنی‌دار نداشت در حالی‌که اختلاف عملکرد دانه در تیمار محلول پاشی با ۳۶ میلی‌گرم در لیتر سلینیوم با تیمار شاهد معنی‌دار بود. سلینیوم به دلیل ویژگی‌های آنتی‌اکسیدان آن به‌ویژه در محیط‌های تحت تنش اثرات مثبتی بر رشد و توسعه گیاهان دارد (Nawaz *et al.*, 2015). کاربرد سلینیوم به‌وسیله افزایش آنتی‌اکسیدان‌های آنزیمی (Saidi *et al.*, 2014) و غیر آنزیمی (Pandey *et al.*, 2014) باعث کاهش خسارت گونه‌های اکسیژن‌واکنش‌گر شد. محلول پاشی سلینیوم بر روی برگ گیاهان زراعی میزان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان را افزایش داده و مقاومت به خشکی را بالا می‌برد (Dhillon, 2002). با توجه

نشان داد که محلول پاشی کلرید کلسیم در این شرایط، سبب بهبود باروری دانه‌ها و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله شد. درجه حرارت بالا انتقال کربوهیدرات به داخل بساک را متوقف می‌نماید و از این رو نمو دانه گرده را در این شرایط مختل کرده و باعث افزایش مرگ میر دانه‌های گرده می‌شود (Zhang *et al.*, 2012). در مطالعه‌ای که توسط هیرات و خورانا (Hairat and Khurana, 2015) انجام شده بود مشخص شد که کاربرد کلسیم قبل از تنش گرما می‌تواند سطح آسیب را کاهش دهد و سرعت بازیابی اندام‌ها را پس از تنش گرما افزایش دهد. در مطالعه‌ای که توسط اسدی نسب و همکاران (Asadi Nasab *et al.*, 2019) بر روی گندم صورت گرفت تعداد دانه در سنبله در تیمار محلول پاشی ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در شرایط تنش گرما نسبت به تیمار شاهد ۲۲/۷۶ درصد افزایش یافت. همچنین این محققین دریافتند محلول پاشی ۱۰ میلی‌مولار کلرید کلسیم در زمان دو هفته قبل از گلدهی در شرایط تنش گرما سبب بهبود باروری دانه‌ها و در نتیجه تعداد دانه در هر سنبله شد. نجاتا و همکاران (Nejata *et al.*, 2009) گزارش دادند کاربرد ۱۸ گرم در هکتار سلینیوم، تعداد دانه در سنبله را نسبت به تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد. همچنین در مطالعه تیموری و همکاران (Teimouri *et al.*, 2013) اثر مثبت محلول پاشی سلینیوم بر روی تعداد دانه در سنبله گندم در شرایط تنش خشکی گزارش شده است که با نتایج حاصل از این پژوهش مطابقت ندارد. با توجه به نتایج برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی (شکل ۲)، در تاریخ کاشت سوم، بیشترین (۳۷ گرم) و کمترین (۲۹ گرم) وزن هزار دانه به‌ترتیب در تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم و تیمارهای شاهد و سلینیوم به‌دست آمد. در تاریخ کاشت اول، وزن هزار دانه در تیمارهای شاهد، سلینیوم و کلرید کلسیم نسبت به تیمارهای مشابه خود در تاریخ کاشت سوم به‌ترتیب ۱۶/۶، ۱۷/۱۴ و ۹/۷۵ درصد افزایش پیدا کرد. در تاریخ کاشت اول و دوم بین تیمارهای محلول پاشی شاهد و سلینیوم از لحاظ وزن هزار دانه اختلاف غیر معنی‌دار بود (شکل ۲). ممکن است کاربرد کلرید کلسیم از طریق بهبود انتقال تولیدات فتوسنتزی از برگ‌ها به دانه‌ها به‌عنوان مقصدهای فیزیولوژیک و همچنین افزایش دوره پر شدن دانه باعث افزایش وزن هزار دانه شده باشد. کمبود مواد فتوسنتزی به دلیل تنش گرما در زمان پر شدن دانه‌های گندم، وزن دانه را به دلیل اختلال در انتقال مواد به دانه‌ها کاهش می‌دهد. تنش گرما در مراحل اولیه پر شدن دانه موجب کاهش تعداد سلول‌های آندوسپرم و کاهش ظرفیت مقصد برای تجمع ماده خشک می‌شود. بنابراین، حتی اگر گیاه در ادامه در تولید مواد فتوسنتزی کمبودی نداشته باشد، محدودیت جذب منبع به دلیل کاهش اندازه مقصد در گیاه اتفاق می‌افتد و کاهش وزن دانه را در پی خواهد داشت (Nabipour *et al.*, 2011). کلسیم در بهبود گلدهی، بلوغ و انتقال کربوهیدرات‌ها از برگ‌ها به اندام‌های زایشی نقش دارد (Marschner, 1995). اسدی نسب و همکاران

به نتایج مقایسه میانگین در هر سه تاریخ کاشت، در زمانی که از کلرید کلسیم به عنوان محلول پاشی استفاده شد دوره پر شدن دانه نسبت به تیمارهای شاهد و سلیوم طولانی تر بود. به طوری که میانگین دوره پر شدن دانه در زمان استفاده از کلرید کلسیم در تاریخ کاشت اول، ۴ روز، در تاریخ کاشت دوم و سوم، ۶/۵ روز بیشتر از تیمار شاهد بود. در تاریخ کاشت دوم، بیشترین دوره پر شدن دانه (۳۶/۳ روز) در تیمار کلرید کلسیم و کمترین آن (۳۰/۱۷ روز) در تیمار سلیوم مشاهده گردید (شکل ۶). طولانی شدن دوره پر شدن دانه در زمان استفاده از کلرید کلسیم می تواند یکی از مهم ترین عواملی باشد که منجر به کاهش کمتر وزن هزار دانه و عملکرد دانه نسبت به بقیه تیمارها شده است. چون در این شرایط زمان کافی برای انجام فتوسنتز جاری و انتقال مجدد مواد به دانه های در حال پر شدن وجود دارد. کشت دیر هنگام گندم باعث می شود دوره پر شدن دانه در معرض درجه حرارت بالا قرار گیرد (Pandey et al., 2014). مندل و همکاران (Mondal et al., 2016) نتایج مشابهی گزارش دادند. در مطالعه ای که توسط ما و همکاران (Ma et al., 2005) بر روی گندم صورت گرفت تعداد روز از کاشت تا رسیدگی در تیمار شاهد ۹۷ روز و در تیمار کلرید کلسیم ۱۱۳ روز بود. مصرف کلسیم تحت تنش خشکی می تواند رسیدگی گندم را به طور معنی داری به تأخیر بیندازد. همچنین مصرف کلسیم نه تنها تحمل گندم به باره به تنش خشکی را افزایش می دهد بلکه پیری برگ ها را به تأخیر می اندازد (Ma et al., 2005). مقایسه میانگین داده ها نشان داد که با تأخیر در تاریخ کاشت عملکرد بیولوژیک به طور معنی داری کاهش یافت. با توجه به نتایج مقایسه میانگین صفت عملکرد بیولوژیک، در تاریخ کاشت اول بین تیمارهای شاهد و سلیوم اختلاف غیر معنی دار بود، در حالی که میان تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم با تیمارهای شاهد و سلیوم تفاوت معنی دار بود. در مورد استفاده از کلرید کلسیم به عنوان محلول پاشی، بین تاریخ کاشت های دوم و سوم اختلاف معنی داری دیده نشد. با توجه به نتایج برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی، در تاریخ کاشت سوم، عملکرد بیولوژیک در تیمارهای محلول پاشی شاهد، سلیوم و کلرید کلسیم نسبت به تاریخ کاشت اول در همان تیمارها به ترتیب ۳۱/۲۵، ۳۳/۳ و ۱۱/۷۶ درصد کاهش یافت (شکل ۷). با توجه به نتایج برهمکنش تاریخ کاشت و محلول پاشی در دو تاریخ کاشت اول و دوم بین تیمارهای محلول پاشی از نظر شاخص برداشت اختلاف معنی داری مشاهده نشد، در حالی که در تاریخ کاشت سوم بین تیمار کلرید کلسیم و تیمارهای شاهد و سلیوم از لحاظ آماری اختلاف معنی دار بود. در تاریخ کاشت سوم، در تیمار کلرید کلسیم شاخص برداشت ۱۳ درصد بیشتر از تیمارهای شاهد و سلیوم بود. در بررسی برهمکنش رقم و محلول پاشی در تیمارهای شاهد و سلیوم بین ارقام اختلاف غیر معنی دار بود در حالی که در زمان استفاده از کلرید کلسیم برای محلول پاشی بین دو رقم اختلاف معنی دار بود و بیشترین شاخص

برداشت (۴۰/۸۲ درصد) در رقم چمران و کمترین آن (۳۷/۶۹ درصد) در رقم استار به دست آمد (شکل ۸). در مطالعه ای که توسط پراسد و همکاران (Prasad et al., 2011) انجام شده بود مشاهده کردند که در گندم رشد کرده تحت تنش گرما (۳۱ درجه سانتی گراد دمای روز و ۱۸ درجه دمای شب) تعداد دانه در سنبله ۵۰ درصد، وزن خشک کل ۲۰ درصد، عملکرد دانه ۳۹ درصد و شاخص برداشت ۲۴ درصد در مقایسه با درجه حرارت مطلوب (۲۴ درجه روز و ۱۴ درجه سانتی گراد شب) کاهش پیدا کردند. درجه حرارت های بالا ممکن است از طریق تجزیه کلروفیل منجر به کاهش ظرفیت فتوسنتز شوند که این امر انتقال مواد فتوسنتزی (انتقال کربوهیدرات) از اندام های هوایی سبز (منبع) به دانه (مقصد) را مختل کرده و باعث مرگ و میر بالای دانه های گرده و در نهایت کاهش عملکرد دانه می شوند. کلسیم کوعامل آنزیم های آمیلاز و ATP-ase بوده و در پایداری و مقاومت دیواره سلولی و فعالیت طبیعی بسته شدن روزنه ها مؤثر است. این عنصر به فعالیت اکسین کمک کرده و در تقسیم سلولی و طولیل شدن سلول ها، جوانه زنی و رشد لوله گرده تأثیرگذار است (Fageria et al., 2009). اگرچه نقش کلسیم در تحمل به تنش گرما دقیقاً مشخص نشده است، ولی برخی مطالعات بیان می کنند که کلسیم ممکن است در انتقال پیام (MC Ainsworth et al., 1996) و بیان ژن (Trofimova et al., 1999) تحت تنش گرما دخیل باشد. دیگر محققین دریافتند که کلسیم فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدان را افزایش داده و پراکسیداسیون لیپیدهای غشاءهای سلولی را کاهش می دهد (Gong et al., 1998). محمد و همکاران (Muhammad et al., 2015) گزارش دادند محلول پاشی چهار میلی گرم در لیتر سلیوم در دو رقم گندم تحت تنش گرما تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را به طور معنی داری نسبت به تیمار شاهد افزایش داد. اگرچه در مطالعات زیادی به نقش محلول پاشی سلیوم در کاهش اثرات منفی تنش گرما و خشکی در گندم اشاره شده است ولی در پژوهش حاضر محلول پاشی چهار میلی گرم در لیتر تأثیر معنی داری بر صفات مورد بررسی نداشت و ممکن است این امر متأثر از زمان محلول پاشی و یا میزان دوز مصرفی (کمیا زیاد بودن دوز) در این پژوهش باشد.

توجیه اقتصادی

با توجه به این که سطح زیر کشت گندم در استان خوزستان ۳۸۰۰۰۰ هکتار می باشد اگر با فرض این که هر سال تقریباً ده درصد (۳۸۰۰۰ هکتار) سطح زیر کشت گندم به دلیل محدودیت های زراعی و آب و هوایی در دی (کاشت دیر هنگام) کشت گردد و با توجه به این که اختلاف عملکرد بین تیمار شاهد (۳ تن در هکتار) و تیمار کلرید کلسیم (۵/۳ تن در هکتار) در تاریخ کشت سوم ۲/۳ تن در هکتار می باشد. بنابراین سود ناخالص ناشی از مصرف کلرید کلسیم برای محلول پاشی تقریباً ۱۱۳ میلیارد تومان می باشد. از آنجایی که

فصل (تاریخ کشت سوم) در تیمار شاهد ۴۹/۳ درصد، در تیمار محلول پاشی با سلنیوم ۴۹/۵ درصد و تیمار محلول پاشی با کلرید کلسیم ۲۱ درصد کاهش یافت. همچنین در زمان استفاده از کلرید کلسیم برای محلول پاشی در تاریخ کشت سوم تعداد دانه در سنبله نسبت به تاریخ کاشت اول تنها ۱۲ درصد کاهش یافت در حالی که در تیمارهای شاهد و سلنیوم تعداد دانه در سنبله ۳۶ درصد کاهش یافت. بنابراین می توان نتیجه گرفت که محلول پاشی کلرید کلسیم می تواند از طریق کاهش اثرات منفی تنش گرما در زمان گرده افشانی، افزایش دوره پر شدن دانه و وزن هزار دانه نقش مهمی در کاهش اثرات تنش گرمای آخر فصل در گندم داشته باشد از طرف دیگر از آنجایی که نتایج به دست آمده با محلول پاشی سلنیوم با تیمار شاهد اختلاف معنی داری نداشتند لذا این امر می تواند به دلیل کم یا زیاد بودن دوز مصرفی در این تحقیق باشد.

هزینه اجرای این تحقیق ۵۳ میلیارد تومان برآورد شده است (هزینه یک کیلوگرم کلرید کلسیم ۹۰ هزار تومان و هزینه یک هکتار محلول پاشی ۵۰ هزار تومان در نظر گرفته شده است) که با کسر سود ناخالص از هزینه ها، این طرح می تواند تقریباً ۶۰ میلیارد تومان برای کشاورزان استان سود داشته باشد. لازم به ذکر می باشد با توجه به این که، این یک طرح تحقیقاتی بوده و احتمال خطا در آن نسبت به کاشت در سطح وسیع کمتر می باشد لذا در صورتی که نصف این مبلغ (۳۰ میلیارد تومان) برای کشاورزان استان سود داشته باشد اجرای این طرح می تواند از لحاظ اقتصادی توجیه کننده باشد.

نتیجه گیری

با توجه به نتایج به دست آمده در تاریخ کشت سوم (۲۰ دی) به دلیل محدودیت رشد رویشی و همزمانی گرده افشانی با دمای بالای محیطی صفات مورد بررسی در این تحقیق کاهش پیدا کردند. به طوری که میزان عملکرد دانه در اثر مواجه شدن گیاه با گرمای آخر

References

1. Abdoli, M., Saeidi, M., Jalali-Honarmand, S., Mansourifar, S., and Ghobadi, M. E. 2013. Investigation of some physiological and biochemical traits and their relationship with yield and its components in advanced bread wheat cultivars under post-pollinated water stress conditions. *Journal of Environmental Stresses in Crop Sciences* 6 (1): 63-47. (in Persian).
2. Al-Otayk, S.M. 2010. Performance of yield and stability of wheat genotypes under high stress environments of the central region of Saudi Arabia. *Environmental and Arid Land Agriculture. Sciences* 21: 81-92.
3. Asadinasab, N., Nabipour, M., Roshanfekar, H., and Rahnama Ghahfarokhi, A. 2019. Effect of Calcium Chloride Application Time on Reducing the Effects of Heat Exhaustion on Yield and Yield Components of Wheat in Ahvaz. *Iranian Journal of Field Crops Research* 16 (4): 833-846.
4. Brestic, M., Zivcak, M., Olsovska, K., Kalaji, H. M., Shao, H., and Hakeem, K. R. 2014. Heat signaling and stress responses in photosynthesis. *Plant signaling: Understanding the molecular crosstalk*. Springer India, New Delhi, 241-256.
5. Dhillon K. S. 2002. Selenium enrichment the soil plant system for a seleniferous region of northwest India. *Journal of Hydrology* 272: 120-130.
6. Dupont, F., and Altenbach, S. 2003. Molecular and biochemical impacts of environmental factors on wheat grain development and protein synthesis. *Journal of Cereal Science* 38: 133-146.
7. Fageria, N. K. 2009. *The use of nutrients in crop plants*. Oxford University Press.
8. FAO. 2017. FAOSTA. <http://www.fao.org/faostat/en/#home>
9. Farooq, M., Bramley, H., Palta, J. A., and Siddique, K. H. M. 2011. Heat stress in wheat during reproductive and grain-filling phases. *Critical Reviews in Plant Sciences* 30: 1-17.
10. Gong, M., Vander Liut, A. H., Knight, M. R., and Trewavas, A. J. 1998. Heat-shock-induced changes in intracellular Ca^{2+} level in tobacco seedlings in relation to thermos tolerance. *Plant Physiology* 116: 429-437.
11. Hairat, S., and Khurana, P. 2015. Improving photosynthetic responses during recovery from heat treatments with brassinosteroid and calcium chloride in Indian bread wheat cultivars. *American Journal of Plant Sciences* 6: 1827-1849.
12. Ma, R., Zhang, M., Li, B., Du, G., Wang, J., and Chen, J. 2005. The effects of exogenous Ca^{2+} on endogenous polyamine levels and drought-resistant traits of spring wheat grown under arid conditions. *Journal of Arid Environments* 39: 177-190.
13. Malik, J. A., Kumar, S., Thakur, P., Sharma, S., Kaur, N., Kaur, R., Pathania, D., Bhandhari, K., Kaushal, N., Singh, K., Srivastava, A., and Nayyar, H. 2011. Promotion of growth in mung bean (*Phaseolus aureus Roxb.*) by selenium is associated with stimulation of carbohydrate metabolism. *Biological Trace Element Research* 143: 530-539.
14. Marschner, H. 1995. *Mineral nutrition of higher plants*. Academic Press, London, UK.
15. McAinsh, M. R., Clayton, H., Mansfield, T. A., and Hertherington, A. M. 1996. Changes in stomatal behavior and guard cell cytosolic free calcium in response to oxidative stress. *Plant Physiology* 111: 1031-1042.

16. Modarresi, M., Mohammadi, V., Zali, A., and Mardi, M. 2010. Response of wheat yield and yield related traits to high temperature. *Cereal Research* 38: 23-31.
17. Mondal, S., Singh, R. P., Mason, E. R., Huerta-Espino, J., Autrique, E., and Joshi, A. K. 2016. Grain yield: adaptation and progress in breeding for early-maturing and heat-tolerant wheat lines in South Asia. *Field Crops Research* 192: 78-85.
18. Mosavi, S. H. 2014. Positive agricultural and food trade model with ad valorem tariffs. *Journal Agriculture Science* 16: 1481-1492.
19. Muhammad, I., Iqbal, H., Hena, L., Ashraf, M. A., Rizwan, R., and Rahman, R. 2015. Exogenously applied selenium reduces oxidative stress and induces heat tolerance in spring wheat. *Plant Physiology and Biochemistry* P: 32.
20. Nabipour, M., Atlasi Pak, V., Abdeshahian, M., Hasibi, P., and Saeedipour, S. 2011. Crop responses and adaptations to temperature stress (Translation). Shahid Chamran University of Ahvaz Publications. P: 380. (in Persian).
21. Nawaz, F., Ashraf, M. Y., Ahmad, R., Waraich, E. A., Shabbir, R. N., and Bukhari, M. A. 2015. Supplemental selenium improves wheat grain yield and quality through alterations in biochemical processes under normal and water deficit conditions. *Food Chemistry* 175: 350-357.
22. Nejata, F., Dadniya, M., Shirzadi, M. H., and Lak, S. 2009. Effects of drought stress and Selenium application on yield and yield components of two maize cultivars. *Plant Ecophysiology* 2: 95-102.
23. Pandey, G. C., Mamrutha, H. M., Tiwari, R., Sareen, S., Bhatia, S., Siwach, P., Tiwari, V., and Sharma, I. 2014. Physiological traits associated with heat tolerance bread wheat (*Triticum aestivum* L.). *Physiology and Molecular Biology of Plants* 21: 93-99.
24. Prasad P. V. V., Isipati, S. R., Momčilović, I., and Ristic, Z. 2011. Independent and combined effects of high temperature and drought stress during grain filling on plant yield and chloroplast EF-Tu Expression in spring wheat. *Journal of Agronomy Crop Science* 197: 430-441.
25. Rahman, M. A., Chikushi, J., Yoshida, S., and Karim, A. J. M. S. 2009. Growth and yield components of wheat genotypes exposed to high temperature stress under control environment. *Bangladesh Journal Agriculture Research* 34: 361-372.
26. Saidi, I., Chtourou, Y., and Djebali, W. 2014. Selenium alleviates cadmium toxicity by preventing oxidative stress in sunflower (*Helianthus annuus*) seedlings. *Journal Plant Physiology* 171: 85-91.
27. Sasan, T., Hasanpour, J., and Tajali, A. A. 2013. Effect of Selenium spraying on yield and growth indices of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress condition. *International journal of Advanced Biological and Biomedical Research* 2 (6): 2091-2103.
28. Shores, M., Spivak, M., and Bernstein, N. 2011. Involvement of calcium mediated effects on ROS metabolism in the regulation of growth improvement under salinity. *Free Radical Biologic* 51: 1221-1234.
29. Timothy, P. 2001. Effect of selected selenium status: Implications of oxidative stress. *Biochemical Pharmacology* 62: 273-281.
30. Trofimova, M. S., Andreev, I. M., and Kuznestsov, V. V. 1999. Calcium is involved in regulation of the synthesis of HSPs in suspension-cultured sugar beet cells under hyperthermia. *Journal of Physiology Plant* 105: 67-73.
31. Wahid, A., Gelani, S., Ashraf, M., and Foolad, M. R. 2007. Heat tolerance in plants: An overview. *Environmental and Experimental Botany* 61: 199-223.
32. Zadoks, J. C., Chang, T. T., and Konzak, C. F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research* 14: 415-421.
33. Zhang, H., Xua, C., He, Y., Zong, J., Yang, X., Si, H., Sun, Z., Hud, J., Liang, W., and Zhang, D. 2012. Mutation in CSA creates a new photoperiod-sensitive genic male sterile line applicable for hybrid rice seed production. *Proceeding of the National Academy of Science of the United State of America* 110: 76-81.



Study of the Effect of Calcium Chloride and Selenium on High Temperature Resistance Wheat (*Triticum aestivum* L.)

H. Noroozi¹, M. Nabipour^{2*}, A. Rahnama Ghahfarokhi³, H. Roshanfekr³

Received: 01-03-2019

Accepted: 01-09-2019

Introduction: The negative effects of heat stress on plants are seriously problems, which often cause damage to crops throughout the world. High temperature driven degradation of chlorophyll reduces photosynthetic capacity. Moreover, impaired transport of photosynthate (carbohydrate mobilization) from green organs (source) to anther tissues (sink) leads to high pollen mortality and thereby decreases grain yield. In environmental stress, plant tolerance should be increased. Therefore some chemical compounds are used to improve the metabolic activity of the plant, which calcium chloride is one of them. For this purpose, the present experiment was conducted to investigate the effect of calcium chloride and selenium foliar application on reducing the effects of heat stress on yield and yield components of two wheat cultivars.

Materials and Methods: This experiment was carried out as a split factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications at the experimental farm of Shahid Chamran University of Ahvaz during growing season 2017-2018. Three factors were investigated in this experiment. First factor including three planting dates (Nov 11, Dec 11, and Jan 10) was allocated in main plot. The second factor was three solution types (foliar application of tap water (control), foliar application of selenium (4 mg L^{-1}), and foliar application of calcium chloride (10 mM) and third factor was two wheat cultivars (Chamran and Star) which were assigned in sub plots.

Results and Discussion: According to the results of third planting date, the highest number of grains per spike (36) was obtained in the foliar application of calcium chloride and the least number of seeds per spike (25) was observed in control and selenium foliar application treatments. In calcium chloride foliar application in third planting date, the number of grains per spike decreased by 12% compared to the first planting date but in the control and selenium foliar application treatments, the number of grains per spike decreased by 36%. In the third planting date, the difference between treatments was more evident in grain yield. So, in this planting date, the decrease in grain yield compared to the first planting date was 49.3% and 49.9% in the control and selenium foliar application treatments, while in calcium chloride foliar application, yield reduction was 23.8%. In all three planting dates, when calcium chloride was used as foliar application, the grain filling duration was longer than treatments of control and selenium foliar application. Grain filling duration was prolonged when calcium chloride applied. This could be one of the most important factors that resulted in lower 1000 grain weight and grain yield than the other treatments. While in this condition, there is sufficient time to carry out photosynthesis and transfer the material to the filling grains. Finally, it can be concluded that the calcium chloride application can have a significant effect on reduction the effects of last season's heat stress on wheat by reducing the negative effects of heat stress during pollination, increasing the grain filling period and 1000 grain weight. The number of smaller seeds per spike indicates the effect of heat stress on the plant and reduced fertility of the seeds due to lack of proper inoculation and lack of sufficient photosynthetic material and the competition between the seeds for absorption of food. Increasing yield in calcium chloride treated plants can be due to better photosynthetic activity in these conditions. Because the use of calcium chloride increases the efficiency of the photosystem II and ultimately improves the function of photosynthesis.

Conclusions: Calcium chloride may increase the 1000 grain weight by improving the transfer of photosynthetic products from leaves to seeds as physiological reservoirs, as well as increased grain filling duration. Therefore, it can be concluded that the calcium chloride application can have a significant effect on reducing the effects of last-season heat stress on wheat by reducing the negative effects of heat stress during pollination, increasing the grain filling duration and 1000 grain weight.

Keywords: Calcium chloride, Grain yield, Number of grains per spike, Planting date, Selenium

1- PhD Student of Crop Physiology, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

2- Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

3- Associate Professor, Department of Production Engineering and Plant Genetics, Shahid Chamran University of Ahvaz, Iran

(*- Corresponding Author Email: m.nabipour@scu.ac.ir)

تأثیر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج (*Oryza sativa* L.)

فرشید علیپور ابوخیلی^۱، قربان نورمحمدی^{۲*}، حمید مدنی^۳، حسین حیدری شریف آباد^۴، حمیدرضا مبصر^۵

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۲/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۴/۰۵

چکیده

این پژوهش با هدف بررسی اثر تقسیط نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج انجام شد و بدین منظور آزمایشی به صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهرستان قائم‌شهر طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح تراکم بوته (۱۶، ۲۵ و ۳۳ بوته در متر مربع) به‌عنوان عامل اصلی و پنج سطح تقسیط نیتروژن (S₁: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت^۱ یا پایه، S₂: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی^۲، S₃: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین^۳، S₄: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S₅: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل^۴) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان دادند که ارقام هاشمی و کوهسار در سال دوم به‌ترتیب کاهش ۹/۲۱ درصدی و افزایش ۲۳/۷۴ درصدی عملکرد دانه را نسبت به سال اول داشتند. همچنین سال دوم نسبت به سال اول کاهش ۱۱/۶۲ درصدی و ۳۰/۳۶ درصدی عملکرد کاه را به‌ترتیب در ارقام هاشمی و کوهسار نشان داد. عملکرد دانه و شاخص برداشت با افزایش تراکم در رقم هاشمی به‌ترتیب افزایش و کاهش یافتند. عملکرد کاه در هر دو رقم با افزایش تراکم افزایش نشان دادند. کمترین عملکرد کاه و بیشترین شاخص برداشت در هر دو رقم، با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل حاصل آمد. اثر متقابل بین عامل‌ها در ارقام مورد مطالعه نشان داد که در هر دو سال زراعی تعداد خوشه در متر مربع با افزایش تراکم افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: رقم، زمان مصرف نیتروژن، سال، عملکرد دانه، فواصل کاشت

مقدمه

شده که معادل ۴/۷ درصد کل سطح برداشت محصولات زراعی و ۶/۴ درصد از کل سطح برداشت غلات می‌باشد که استان مازندران با دارا بودن سهم ۳۸/۸ درصدی از سطح برداشت اراضی زیرکشت برنج مقام نخست کشور را به خود اختصاص داده است و استان گیلان نیز با برداشت ۳۱/۷ درصد از اراضی شالی‌کاری کشور در جایگاه دوم قرار گرفته است. این دو استان جمعاً ۷۰/۵ درصد از سطح برداشت انواع شلتوک کشور را دارا هستند (Agricultural Statistics, 2013).

تراکم مطلوب یکی از عوامل بسیار مهم در دستیابی به حداکثر عملکرد و کیفیت می‌باشد که رعایت آن در مورد کلیه محصولات کشاورزی الزامی است؛ بنابراین یکی از مسائل اصلی در رابطه با کشت گیاهان زراعی، انتخاب مناسب‌ترین تراکم بوته در واحد سطح می‌باشد (Sarmadnia and Koocheki, 2005). محققین بر این باورند که یک رابطه جبرانی بین اجزای عملکرد و تراکم بوته برنج وجود دارد (Gu et al., 2012). کاهش فواصل ردیف کاشت باعث پوشاندن سریعتر سطح زمین توسط برگ‌ها، کاهش تبخیر از سطح خاک، بهبود جذب مواد غذایی از خاک و جلوگیری از رشد علف‌های هرز می‌شود؛ همچنین دیگر محققین گزارش کرده‌اند که هرچه فاصله بین ردیف‌ها بیشتر باشد به‌دلیل کاهش یکنواختی در توزیع بوته‌ها،

برنج (*Oryza sativa* L.)، یکی از محصولات استراتژیک دنیا، به‌ویژه آسیا محسوب می‌شود و در حال حاضر غذای حدود نیمی از جمعیت ۷ میلیارد نفری جهان را تأمین می‌کند (Emam, 2007). بنابراین برای تأمین تقاضای رو به رشد برنج، افزایش ۷۵-۷۰٪ در تولید کل کشور امری اجتناب‌ناپذیر است. در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ سطح انواع واریته‌های شلتوک در کشور حدود ۵۶۵ هزار هکتار برآورد

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۲- استاد، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳- دانشیار، گروه زراعت، واحد اراک، دانشگاه آزاد اسلامی، اراک، ایران

۴- استاد، گروه زراعت، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۵- استادیار، گروه زراعت، واحد قائم‌شهر، دانشگاه آزاد اسلامی، قائم‌شهر، ایران

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

DOI: 10.22067/gsc.v17i4.79545

6- 3 leaves unfolded

7- Beginning of tillering: first tiller detectable

8- Panicle formation: panicle 1-2 mm in length

9- End of panicle emergence: neck node level with the flag leaf auricle, anthers not yet visible

رقابت بین بوته‌ها روی یک ردیف زودتر اتفاق خواهد افتاد و جذب تشعشعات خورشیدی به حداقل می‌رسد (Andrade and Calvino, 2002). محمدیان‌روشن و همکاران (Mohammadian Roshan et al., 2011) با مطالعه عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم علی‌کاظمی تحت فواصل بوته و تعداد نشاء مختلف در کپه بیان داشتند که بالاترین عملکرد دانه تحت فواصل کاشت 20×20 سانتی‌متر به‌دست آمد. بزرگی و همکاران (Bozorgi et al., 2011) نیز با بررسی اثر تراکم بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج رقم طارم هاشمی گزارش دادند، بالاترین عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیک و شاخص برداشت از آرایش کاشت 20×20 سانتی‌متر مربع و بیشترین تعداد پنجه در متر مربع و طول خوشه و کوتاه‌ترین بوته‌ها از آرایش کاشت 25×25 سانتی‌متر مربع حاصل شد.

از طرف دیگر برنج برای تولید عملکردهای بیشتر نیازمند عناصر غذایی بیشتر است که در این میان نیتروژن مهمترین عنصر غذایی و یک نهاده کلیدی است (Shaiful Islam et al., 2009). نیتروژن یک عنصر غذایی اصلی و جزء مهمی از بسیاری از ترکیبات آلی می‌باشد (Sandhu et al., 2015). عدم جذب این عنصر در هر مرحله از رشد گیاه باعث کاهش عملکرد خواهد شد (Haefel et al., 2006). مدیریت نیتروژن و تقسیم آن جهت بهینه‌سازی میزان نیتروژن در راستای تولید دانه بالاتر بسیار مهم است (Sathiya and Ramesh, 2009). مطالعات نشان داده‌اند که کاربرد نیتروژن در زمان‌های مختلف اثر معنی‌داری بر ارتفاع گیاه، تعداد پنجه در متر مربع و وزن خشک کل در ۳۰، ۶۰، ۹۰ روز بعد از کاشت و زمان برداشت داشت (Ani et al., 2018). محققین نشان دادند که با تقسیم نیتروژن به مقدار یکسان در ۱۵، ۳۰ و ۴۵ روز بعد از کاشت بیشترین تعداد پنجه کل و پنجه بارور در کپه، طول خوشه و خوشه‌چه پر در خوشه حاصل آمد و بیشترین خوشه‌چه پوک در خوشه تحت تقسیم نیتروژن به مقدار یکسان در ۲۵ و ۵۰ روز بعد از کاشت به‌دست آمد (Kamruzzaman et al., 2013). این پژوهش با هدف بررسی اثر تقسیم نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج انجام شد.

۵۱/۲ متر از سطح دریا واقع شده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت و داده‌های هواشناسی ثبت شده در طول دوره آزمایش در هر دو سال زراعی به‌ترتیب در جداول ۱ و ۲ آمده است. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح تراکم بوته (۱۶، ۲۵ و $33/3$ بوته در متر مربع به‌ترتیب با رعایت فواصل کاشت 25×25 ، 20×20 و 10×30 سانتی‌متر) به‌عنوان عامل اصلی و پنج سطح تقسیم نیتروژن (S_1 : مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S_2 : ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S_3 : ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S_4 : ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S_5 : ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل) به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. مزرعه محل آزمایش در سال قبل زیر کشت برنج بود و در اواخر بهمن به‌وسیله گاواهن برگردان دار شخم زده شد و در اردیبهشت قبل از نشاءکاری عملیات کامل شخم بهاره، روتیواتور، ماله کشیدن و تسطیح انجام گردید و بعد از آن بر اساس نقشه طرح، زمین به سه تکرار مساوی (هر تکرار دارای ۱۵ کرت آزمایشی به ابعاد 5×2 متر مربع بود) تقسیم شد. کاشت برنج در سال‌های زراعی اول و دوم به‌ترتیب در تاریخ ۲۵ و ۱۳ اردیبهشت‌ماه انجام شد. بعد از عملیات نشاءکاری، کرت‌ها بلافاصله به‌صورت غرقاب درآمدند. جهت جلوگیری از خروج آب و کود اوره، دیواره‌های هر کرت تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با پوشش نایلونی محصور شدند. زمان نشاءکاری، هر کپه (شامل سه نشاء) بر اساس تیمارهای تراکم با فواصل مشخص تیماری در کرت‌های مورد نظر نشاء شدند. کوددهی بر اساس نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مشخص شد. فسفر به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل، پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع کلرور پتاسیم و نیتروژن از منبع کود اوره به میزان ۱۵۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار به‌ترتیب برای ارقام هاشمی و کوهسار در نظر گرفته شد. کودهای فسفر و پتاسیم بعد از آماده‌سازی زمین و قبل از نشاءکاری مصرف شدند؛ اما نیتروژن بعد از نشاءکاری بر اساس تیمارهای تقسیم به کرت‌های مورد نظر داده شد. به‌منظور مبارزه شیمیایی با علف‌های هرز از علف‌کش انتخابی بوتاکلر (۳ تا ۴ لیتر در هکتار)، در ۴ روز پس از نشاءکاری استفاده شد و در طول آزمایش در صورت حضور علف هرز در کرت‌ها، مبارزه به‌صورت دستی انجام گرفت. همچنین برای مبارزه با کرم ساقه‌خوار برنج دو بار از سم دیازینون (گرانول ۵٪) به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار در مرحله انتهای پنجه‌دهی و مرحله گلدهی استفاده شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تقسیم نیتروژن و تراکم‌های مختلف بوته بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه دو ژنوتیپ برنج، آزمایشی به‌صورت کرت‌های یک‌بار خرد شده (Split-Plot) در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی واقع در شهر ارطه از توابع شهرستان قائم‌شهر در ۱۰ کیلومتری غرب شهرستان ساری طی سال‌های ۹۳-۱۳۹۲ و ۹۴-۱۳۹۳ اجرا شد. محل اجرای آزمایش در امتداد ساحل دریای خزر با ۳۶ درجه و ۲۸ دقیقه عرض شمالی و ۵۲ درجه و ۵۳ دقیقه طول شرقی با ارتفاع

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش قبل از کاشت
Table 1- Physical and chemical properties of soil before planting

Soil characteristics	خصوصیات خاک	Unit	واحد	۱۳۹۲-۹۳ (2013-14)	۱۳۹۳-۹۴ (2014-15)
Soil depth	عمق خاک	cm		0-30	0-30
Electrical conductivity	هدایت الکتریکی	dS.m ⁻¹		0.43	0.34
pH	اسیدیته خاک/گل اشباع	-		7.72	6.94
Organic matter	ماده آلی	%		1.91	2.85
Organic carbon	کربن آلی	%		1.11	1.65
T.N.V	درصد مواد خنثی شونده	%		1.5	2.5
N total	ازت کل	%		0.11	0.16
Available P	فسفر قابل جذب	ppm		42	36
Available K	پتاسیم قابل جذب	ppm		213	181
Sand	شن	%		42	32
Silt	لای	%		30	39
Clay	رس	%		28	29
Soil texture	بافت خاک	-		C.L.L	C.L.L

جدول ۲- داده‌های هواشناسی محل آزمایش در طول دوره رشد برنج
Table 2- Meteorological data of the site during the rice growth period

ماه‌های سال	فروردین	اردیبهشت	خرداد	تیر	مرداد	شهریور		
Months of the year	April	May	June	July	August	September		
حداقل Minimum	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	11.1	14.0	19.5	22.6	22.2	23.1	
	۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	8.9	16.4	20.7	23.6	23.9	23.8	
	متوسط دما Average temperature (°C)	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	20.3	25.2	29.5	31.7	30.3	30.4
		۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	20.3	27.5	30.8	32.1	34.5	32.9
		میانگین Average	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	15.7	19.6	24.5	27.2	26.2
	۱۳۹۳-۹۴ 2014-15		14.6	21.9	25.8	27.8	29.2	28.3
مجموع بارش Precipitation total (mm)	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	18.2	58.8	7.6	4.8	49.8	26.3	
	۱۳۹۳-۹۴ 2014-15	80.7	6.2	60.9	17.0	1.8	10.4	
	مجموع ساعات آفتابی ماهانه Total sunny hours monthly (hour)	۱۳۹۲-۹۳ 2013-14	147.4	252.6	243.3	259.6	136.8	158.6
۱۳۹۳-۹۴ 2014-15		208.9	211.7	244.3	196.2	280.3	192.3	

از میانگین ۲۰ خوشه برای هر کرت محاسبه شدند. تعداد خوشه در متر مربع با برداشت تمام کپه‌ها از ۲ متر مربع برای هر کرت به دست آمد. وزن هزار دانه با شمارش ۱۰ نمونه صدتایی و توزین آن‌ها براساس رطوبت ۱۴٪ برای هر کرت به دست آمد. عملکرد دانه (براساس رطوبت ۱۴٪) با برداشت تمام بوته‌ها از چهار متر مربع از قسمت میانی برای هر کرت محاسبه شد. عملکرد کاه از تفاضل

نمونه‌ها به صورت تصادفی و با حذف اثرات حاشیه‌ای برای هر کرت (تیمار آزمایشی) انتخاب شدند و صفات مورد نظر، تحت مطالعه و بررسی قرار گرفتند (Islam et al., 2007). صفات اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع نهایی، طول خوشه، تعداد پنجه بارور در کپه، تعداد خوشه در متر مربع، تعداد خوشه‌چه پر در خوشه، وزن هزار دانه، عملکرد دانه (شلتوک)، عملکرد کاه و شاخص برداشت بودند. ارتفاع بوته (قبل از برداشت) و تعداد پنجه بارور در کپه با استفاده از میانگین ۱۲ بوته برای هر کرت و طول خوشه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه با استفاده

عملکرد بیولوژیک^۱ و عملکرد دانه به دست آمد. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد بیولوژیک حاصل شد و به صورت درصد بیان گردید. داده‌های به دست آمده با نرم‌افزار آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسات میانگین با آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. نمودارها و جداول به ترتیب با نرم‌افزارهای Excel و Word ترسیم شدند.

نتایج و بحث

ارتفاع بوته

تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که ارتفاع بوته در هر دو رقم تحت اثر ساده سال و تقسیم نیتروژن در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر ساده تراکم در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر متقابل سال \times تقسیم و تراکم \times تقسیم به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات در جدول ۴ نشان دادند که بلندترین بوته‌ها در ارقام هاشمی و کوهسار برای سال دوم زراعی (به ترتیب ۱۵۴/۲ و ۱۰۶/۳ سانتی‌متر) بودند. داده‌های هواشناسی در جدول ۲ نشان داد که در طول دوره رشد رویشی سال دوم، بوته‌های برنج به لحاظ میانگین دمایی شرایط بهتر و به لحاظ نوری رقابت بیشتری را نسبت به سال اول داشتند که هر دوی این عوامل باعث افزایش ارتفاع در سال دوم شد. همچنین بلندترین بوته‌های برنج (۱۵۱/۳ سانتی‌متر) در رقم هاشمی با رعایت کمترین تراکم بوته حاصل شد. با توجه به این که در برنج برخلاف سایر گیاهان زراعی که رقابت اصلی بین بوته‌ها برای دریافت نور می‌باشد، رقابت بیشتر بین نشاءها برای جذب مواد غذایی است بنابراین با افزایش تراکم کاشت، رشد رویشی گیاه کم و ارتفاع آن کاهش می‌یابد و به تدریج با کاهش تراکم، به علت در اختیار بودن فضای بیشتر برای نشاءها، ارتفاع بوته افزایش خواهد یافت. دیگر نتایج نشان دادند که کمترین ارتفاع بوته برای ارقام هاشمی (۱۴۵/۶ سانتی‌متر) و کوهسار (۹۹/۱۱ سانتی‌متر) با تقسیم نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل به دست آمد؛ که دلیل کاهش ارتفاع عدم دسترسی به مقدار کود مناسب در مرحله رشد رویشی بود چراکه دو سوم کود مصرفی اختصاص به رشد زایشی داشت. اثر برهمکنش بین عامل‌ها برای رقم هاشمی در جدول ۵ نشان داد که با تقسیم نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل در سال اول (۱۳۹/۶ سانتی‌متر) و با تقسیم نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ابتدای پنجه‌دهی در سال دوم (۱۵۶/۷ سانتی‌متر) به ترتیب کوتاه‌ترین و بلندترین بوته‌های برنج حاصل آمدند. همچنین بلندترین و کوتاه‌ترین

بوته‌های برنج به ترتیب با مصرف تمام نیتروژن در ابتدای کاشت توأم با تراکم ۱۶ بوته در متر مربع (۱۵۴/۵ سانتی‌متر) و با تقسیم نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل توأم با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع (۱۴۳/۲ سانتی‌متر) به دست آمدند. لی (Lee, 2001) اعلام کرد که دما، تشعشع خورشیدی و آب، سه نیاز بحرانی برای رشد برنج به شمار می‌آیند به طوری که رشد برنج تحت رژیم‌های مختلف دمایی بسیار متفاوت می‌باشد. دمای پایین می‌تواند مراحل نمو و فتوسنتزی گیاه برنج را تحت تأثیر قرار دهد چنان‌که، رشد آن کاهش می‌یابد و باعث کاهش عملکرد گیاه می‌شود (Wang et al., 1996). وقوع دمای پایین در مرحله رویشی موجب کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت رشد گیاهچه، زرد شدن برگ‌ها، کاهش ارتفاع و پنجه‌زنی، افزایش طول دوره رشد و در برخی موارد باعث توقف رشد و مرگ گیاه خواهد شد (Shimono et al., 2002). طی مطالعاتی که بزرگی و همکاران (Bozorgi et al., 2011) در منطقه لاهیجان بر روی برنج رقم هاشمی و خیری و همکاران (Kheyri et al., 2016) در شهرستان آمل (مازندران) بر روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده‌اند افزایش ارتفاع بوته برنج با افزایش فاصله کاشت یا کاهش تراکم تأیید شد. اسماعیل‌زاده-میردانی و همکاران (Esmailzadeh-Moridani et al., 2013) طی تحقیقی در شهرستان لنگرود (گیلان) اثر معنی‌دار تقسیم نیتروژن بر ارتفاع بوته برنج ارقام هاشمی و بهار ۱ را گزارش کردند که با نتایج شیقول اسلام و همکاران (Shaiful Islam et al., 2009) مطابقت داشت. طی تحقیقی که خورگامی و همکاران (Khourgami et al., 2012) در روستای میانکوه استان تنکابن بر روی برنج رقم طارم حسن‌سرائی انجام دادند، اثر برهمکنش بین تراکم و تقسیم نیتروژن را بر ارتفاع بوته برنج معنی‌دار دیدند.

طول خوشه

طول خوشه برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر ساده تراکم به ترتیب در سطح احتمال ۵ و یک درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر ساده تقسیم نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات در جدول ۴ نشان دادند که طولانی‌ترین خوشه‌های برنج در ارقام هاشمی و کوهسار برای سال دوم زراعی (به ترتیب ۳۰/۶۵ و ۱۸/۳۹ سانتی‌متر) ثبت شدند. با توجه به این که میانگین‌های طول خوشه در ارقام مورد مطالعه در یک گروه آماری قرار نگرفتند می‌توان بیان نمود اگرچه طول خوشه یک صفت ژنتیکی است، ولی می‌تواند تا حدودی تحت تأثیر عوامل محیطی قرار بگیرد. داده‌های هواشناسی در جدول ۲ نشان دادند که در زمان خوشه‌آغازین ارقام مورد مطالعه، میانگین دما در سال اول نسبت به سال دوم پایین‌تر بود که علت کاهش طول

خوشه بود. همچنین با رعایت کمترین تراکم کاشت طول‌ترین خوشه‌های برنج برای ارقام هاشمی (۳۰/۲۴ سانتی‌متر) و کوهسار (۱۸/۴۱ سانتی‌متر) به‌دست آمد. نتایج نشان دادند که طول‌ترین خوشه‌ها در تراکم‌های پایین‌تر مشاهده شدند که به‌خاطر سهم بیشتر هر بوته از عوامل محیطی بود و با افزایش تراکم از طول خوشه کاسته شد که می‌توان به رقابت درون گونه‌ای نسبت داد به‌طوری‌که در تراکم‌های بالا رقابت بین بوته‌های برنج افزایش یافته و سهم هر بوته از عوامل محیطی کمتر خواهد شد. دیگر نتایج نشان دادند که با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۳۰/۲۷ سانتی‌متر) و در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین (۳۰/۳۷ سانتی‌متر) طول‌ترین خوشه‌ها برای رقم هاشمی به‌دست آمد که این نتایج به اهمیت مصرف نیتروژن در زمان خوشه‌آغازین تأکید دارد. وقوع دماهای پایین از طریق تأثیر بر برخی اجزای عملکرد مانند طول خوشه کاهش عملکرد را در پی دارد (Farrell et al., 2006b). گزارش شده است که به‌ازای هر یک واحد کاهش دما از ۲۶ درجه سانتی‌گراد، عملکرد برنج، ۶ درصد کاهش خواهد یافت و علت آن به تأثیر دما و شدت تشعشع خورشیدی بر اجزای عملکرد همچون تعداد دانه در بوته، تعداد خوشه در بوته و طول خوشه نسبت داده شد (Sheehy et al., 2006). طی مطالعاتی که کامروزمان و همکاران (Kamruzzaman et al., 2013) در بنگلادش بر روی برنج رقم BRR1 dhan30 و کائوشال و همکاران (Kaushal et al., 2010) در مرکز تحقیقات کشاورزی هند بر روی برنج رقم IR64 انجام داده‌اند، دریافته‌اند که بیشترین طول خوشه با تقسیط سه مرحله‌ای نیتروژن به‌دست آمد.

تعداد پنجه بارور در کپه

جدول ۳ تجزیه واریانس نشان داد که تعداد پنجه بارور در کپه برای هر دو رقم تحت اثر ساده سال و تراکم بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد و تنها برای رقم کوهسار تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات (جدول ۴) نشان دادند که بیشترین پنجه بارور در ارقام هاشمی و کوهسار برای سال اول زراعی (به‌ترتیب ۱۹/۷۷ و ۱۹/۰۶ پنجه) و تراکم ۱۶ بوته در متر مربع (به‌ترتیب ۲۱/۳۳ و ۲۱/۶۷ پنجه) بود. از آن‌جایی‌که نور یکی از فاکتورهای بسیار مهم در افزایش پنجه‌زنی در برنج می‌باشد لذا با توجه داده‌های هواشناسی در جدول ۲ می‌توان دریافت که بوته‌های برنج حین پنجه‌دهی از میزان نور کمتری در سال دوم نسبت به سال اول برخوردار بودند لذا تعداد پنجه بارور در سال دوم کاهش یافت. همچنین با افزایش تراکم و کاهش فاصله کاشت به‌دلیل رقابت بیشتر بین نشاءها و بوته‌های برنج برای جذب مواد غذایی، از تعداد پنجه بارور در کپه کاسته خواهد شد. بیشترین تعداد پنجه بارور برای رقم

تعداد خوشه در متر مربع

همان‌طوری‌که در جدول ۳ تجزیه واریانس ملاحظه شد، تعداد خوشه در متر مربع برای ارقام هاشمی و کوهسار در سطح احتمال یک درصد تحت اثر ساده سال و تراکم و در سطح احتمال پنج درصد تحت اثر متقابل سال × تراکم قرار گرفت و به‌ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین تعداد خوشه در متر مربع برای ارقام هاشمی و کوهسار در سال اول زراعی (به‌ترتیب ۴۷۳/۶ و ۴۵۰/۴ خوشه) و در تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مربع (به‌ترتیب ۵۰۲/۱ و ۵۱۰/۵ خوشه) مشاهده شد. همچنین بیشترین تعداد خوشه در متر مربع برای ارقام هاشمی و کوهسار با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۴۴۳/۸ خوشه) و مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین

(۴۴۷/۸ خوشه) به‌دست آمد (جدول ۴). تعداد خوشه در متر مربع تحت اثر سال و تقسیط نیتروژن تابعی از تعداد پنجه‌های بارور در هر بوته بود و به موازات افزایش پنجه بارور در هر بوته تعداد خوشه در متر مربع نیز افزایش یافت که در نتایج به‌وضوح مشهود بود. دیگر نتایج نشان دادند که تعداد خوشه در متر مربع تحت اثر تراکم تابع تعداد بوته در متر مربع بود به‌طوری‌که کمترین تراکم بوته (بیشترین فواصل کاشت) کمترین تعداد خوشه در متر مربع را سبب شد و به‌تدریج با افزایش تعداد بوته در متر مربع (کاهش فواصل کاشت) به‌علت افزایش تعداد ساقه در واحد سطح بر تعداد خوشه در متر مربع نیز افزوده شد. اثر برهمکنش بین عامل‌ها در ارقام هاشمی و کوهسار نشان دادند که بیشترین (به‌ترتیب ۵۷۴/۳ و ۵۶۸/۵ خوشه) و کمترین (به‌ترتیب ۳۱۷/۹ و ۳۲۰/۶ خوشه) تعداد خوشه در متر مربع به‌ترتیب با اعمال تراکم حداکثری در سال اول و تراکم حداقلی در سال دوم حاصل شد (جدول ۵). فقدان تشعشع خورشیدی کافی در مرحله قبل از خوشه‌دهی (از مرحله کاشت تا مرحله آبستنی) موجب کاهش تعداد خوشه بارور و نهایتاً کاهش عملکرد خواهد شد (Qi-hua et al., 2014; Liu et al., 2007). بین شدت تشعشع خورشیدی و تعداد خوشه همبستگی مثبتی وجود دارد (Deng et al., 2015) به‌طوری‌که در شدت نورهای پایین تعداد خوشه در برنج کاهش می‌یابد (Gbadamosi and Daniel, 2014). طی مطالعاتی که آسامانو (Asmamaw, 2017) در مرکز بین‌المللی تسوکوبا^۱ ژاپن روی برنج رقم Nerica-4، بزرگی و همکاران (Bozorgi et al., 2011) در منطقه لاهیجان روی برنج رقم هاشمی و خیری و همکاران (Kheyri et al., 2016) در شهرستان آمل روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده‌اند، افزایش تعداد خوشه در متر مربع با افزایش تراکم (کاهش فواصل کاشت) تأیید شد که با یافته‌های پژوهش حاضر نیز مطابقت داشت. طی تحقیقی که رضایی‌نوپاشانی و امین‌پناه (Rezaei-Noupashani and Aminpanah, 2018) در صومعه‌سرا (گیلان) بر روی برنج رقم هاشمی انجام دادند نتایجی مشابه با نتایج پژوهش حاضر به‌دست آمد به‌طوری‌که کمترین تعداد خوشه در متر مربع با مصرف تمام نیتروژن در زمان کاشت مشاهده شد.

تعداد خوشه‌چه‌ها

تعداد خوشه‌چه‌ها بر برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده تراکم در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر ساده سال به‌ترتیب در سطح احتمال پنج و یک درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر متقابل تراکم × تقسیط قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات (جدول ۴) نشان دادند که بیشترین خوشه‌چه‌ها بر در ارقام هاشمی (۷۵/۳۲ خوشه‌چه) و کوهسار (۶۹/۶۰ خوشه‌چه) به‌ترتیب در

سال‌های دوم و اول زراعی و همچنین با رعایت ۱۶ بوته در متر مربع (به‌ترتیب ۷۷/۶۶ و ۷۰/۸۰ خوشه‌چه) مشاهده شد. تعداد دانه بیشتر در خوشه نشان‌دهنده تخصیص بهتر مواد فتوسنتزی از کل ماده خشک تولید شده به خوشه‌چه‌هاست. با توجه به داده‌های هواشناسی که در جدول ۲ آمده است، بالا بودن میانگین دما در سال دوم شرایط بهتری را برای انتقال مواد فتوسنتزی در طول زمان بر شدن دانه به خوشه‌چه‌ها فراهم کرد لذا طبیعتاً بایستی باعث بالا بردن تعداد خوشه‌چه‌ها بر در خوشه‌ها شود که این اتفاق در رقم هاشمی مشهود بود؛ اما در رقم کوهسار چنین نبود که با بررسی روزانه داده‌های هواشناسی در دو سال زراعی مشخص شد که در دهه سوم بر شدن خوشه‌چه‌ها، میزان بارندگی برای سال اول نسبت به سال دوم بیشتر بوده که این اتفاق به‌جهت طولانی کردن دوره بر شدن و افزایش انتقال مواد فتوسنتزی به خوشه‌چه‌ها و نهایتاً بالا بردن تعداد خوشه‌چه‌های بر در خوشه مؤثر بود. در عین حال دلیل مهم‌تر این بود که زمان خروج خوشه‌ها برای رقم کوهسار در سال دوم با بارندگی شدیدی هم‌زمان شد که این اتفاق باعث بالا بردن درصد پوک و کاهش تعداد خوشه‌چه‌های بر در خوشه شد. دلیل افزایش تعداد خوشه‌چه‌ها بر در خوشه با کاهش تراکم بوته این بود که در تراکم کمتر با فواصل بیشتر بین بوته‌ها به‌علت مساعد بودن عوامل محیطی و رقابت کمتر بین نشاءهای مجاور جهت دریافت مواد فتوسنتزی در مرحله بر شدن خوشه‌چه‌ها، شرایط برای تشکیل و بر شدن خوشه‌چه‌ها بیشتر و بهتر فراهم شده و خوشه بیشتر بارور می‌شود. ولی با بیشتر شدن تراکم به‌دلیل بسته‌تر شدن فاصله و سایه‌اندازی بیشتر، رقابت برای نور افزایش می‌یابد که به‌دلیل تغییر یافتن شدت نور و کیفیت آن، رشد مطلوب گیاه زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و در نتیجه باروری گلچه‌ها کاهش و تعداد خوشه‌چه‌ها بر در خوشه نیز کاهش می‌یابد. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۳، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد خوشه‌چه‌ها بر را در رقم هاشمی نشان داد، به‌طوری‌که بیشترین و کمترین خوشه‌چه‌ها بر به‌ترتیب با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین (۷۵/۷۷ خوشه‌چه) و مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل (۶۹/۵۳ خوشه‌چه) به‌دست آمد که به لحاظ آماری با سایر تیمارها تفاوت معنی‌داری نداشتند (جدول ۴). اثر برهمکنش بین عامل‌ها برای رقم هاشمی در جدول ۵ نشان داد که حداکثر و حداقل خوشه‌چه‌ها بر به‌ترتیب با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ابتدای پنجه‌دهی و ظهور خوشه‌آغازین توأم با تراکم ۱۶ بوته در متر مربع (۸۱/۷۳ خوشه‌چه) و تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل توأم با تراکم ۲۵ بوته در متر مربع (۶۱/۸۹ خوشه‌چه) حاصل آمدند. تعداد دانه در خوشه به‌عنوان جزئی مهم در عملکرد دانه می‌باشد (Sacks et al., 2010).

بودن شرایط دمایی در طول پر شدن خوشه‌چه‌ها برای هر دو رقم، با بررسی روزانه مجموع ساعات آفتابی به‌ویژه در ۲۰ روز قبل از رسیدگی فیزیولوژیکی مشخص شد که مجموع ساعات آفتابی نیز برای هر دو رقم به‌ویژه رقم هاشمی در سال دوم بیشتر از سال اول بود. با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت و ظهور خوشه‌آغازین (۲۴/۸۷ گرم) و در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل (۲۴/۶۱ گرم) سنگین‌ترین دانه‌ها برای رقم هاشمی به‌دست آمد. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۳، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تراکم کاشت بر وزن هزار دانه را در رقم کوهسار نشان داد، به‌طوری‌که با افزایش تراکم بوته در واحد سطح وزن هزار دانه برای رقم کوهسار کاهش یافت (جدول ۴). وزن هزار دانه تحت تأثیر شرایط اقلیمی متفاوت به لحاظ دما و شدت تشعشع خورشیدی قرار نمی‌گیرد چراکه این صفت بیشتر تحت تأثیر عوامل ژنتیکی قرار دارد و اندازه دانه به‌وسیله اندازه پسته دانه (لما و پالتا) محدود می‌شود (Sheehy et al., 2006; Yoshida, 1981)، در نتیجه در اغلب مناطق وزن هزار دانه برنج یکی از پایدارترین خصوصیت وارثه‌ای به‌شمار می‌رود (Dowling et al., 1998). وقوع دماهای پایین در مرحله زایشی به‌ویژه در مرحله آستن و خوشه‌دهی باعث افزایش طول دوره گلدهی، عقیمی گلچه‌ها، کاهش کارایی باروری، رشد ناقص بذر، کاهش وزن هزار دانه و در نهایت کاهش عملکرد خواهد شد (Jiang et al., 2010; Shimono et al., 2002). همچنین فقدان تشعشع خورشیدی کافی بعد از مرحله خوشه‌دهی موجب کاهش میزان فتوسنتز، کاهش تجمع ماده خشک، کاهش ظرفیت منبع و کاهش وزن هزار دانه خواهد شد (Qi-hua et al., 2014). نتایج مطالعات محققینی همچون آسمامانو (Asmamaw, 2017) روی رقم Nerica-4 در مرکز بین‌المللی تسوکوبا (Tsukuba International Center) در ژاپن، سالتانا و همکاران (Saltana et al., 2012) روی رقم BRR1 dhan45 در دانشگاه کشاورزی بنگلادش و نیک‌نژاد و همکاران (Niknejad et al., 2017) بر روی لاین ۸۶۱۵ در مؤسسه تحقیقات برنج کشور، با یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر عدم معنی‌داری وزن هزار دانه تحت اثر تراکم بوته مطابقت داشت. کاظمی-پشت مساوی و همکاران (Kazemi Posht Mosavi et al., 2007) در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (آمل - مازندران) بر روی ارقام مختلف برنج انجام داده‌اند، اثر غیر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه تأیید شد. این در حالی است که طی مطالعه‌ای که هیرزل و همکاران (Hirzel et al., 2011) در جنوب مرکزی شیلی انجام داده‌اند مشخص شد که با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل کاشت، پنجه‌زنی و خوشه‌آغازین، بیشترین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه حاصل آمد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت.

وزن هزار دانه

اسمیت (Smith, 1983) پوکی دانه و درصد باروری را با عوامل آب و هوایی در هنگام گرده‌افشانی مرتبط می‌داند و سهم این عوامل را بین ۶۰ تا ۹۷ درصد بیان کرد. در برنج تعداد دانه پر در خوشه به مقدار فعالیت منبع و اندازه مخزن و یا قابلیت گلچه‌ها در جذب کربوهیدرات و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ بستگی دارد (Thakur et al., 2010)، در نتیجه، وقوع دماهای پایین و کاهش شدت تشعشع خورشیدی از طریق تأثیرگذاری بر تولید و انتقال مواد فتوسنتزی از برگ‌ها به گلچه‌ها بر تعداد دانه پر اثر می‌گذارد (Seyoum et al., 2011). همچنین دماهای پایین در مرحله زایشی برنج باعث ایجاد اختلال در باروری گلچه‌ها شده و بر تعداد گلچه‌های بارور اثرگذار می‌باشد (Thakur et al., 2010). دمای پایین باعث تجزیه مواد فتوسنتزی شده که بر کمیت و کیفیت عملکرد تأثیر گذاشته و یا با تغییر رابطه منبع و مخزن موجب کاهش میزان دانه پر در خوشه خواهد شد (Thakur et al., 2010). همچنین فقدان تشعشع خورشیدی کافی بعد از مرحله خوشه‌دهی موجب کاهش میزان فتوسنتز، کاهش تجمع ماده خشک، کاهش ظرفیت منبع و کاهش تعداد دانه پر خواهد شد (Qi-hua et al., 2014). خیری و همکاران (Kheyri et al., 2016) طی مطالعه‌ای که در شهرستان آمل بر روی برنج رقم طارم امراللهی انجام داده‌اند، دریافتند که تعداد دانه پر در پانیکول با کاهش تراکم بوته و افزایش فاصله کاشت افزایش یافت که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. با تحقیقی که رضایی-نوپاشانی و امین‌پناه (Rezaei-Noupashani and Aminpanah, 2018) در صومعه‌سرا بر روی برنج رقم هاشمی و کاظمی-پشت مساوی و همکاران (Kazemi Posht Mosavi et al., 2007) در مؤسسه تحقیقات برنج کشور (آمل - مازندران) بر روی ارقام مختلف برنج انجام داده‌اند، اثر غیر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر تعداد خوشه‌چه پر در خوشه تأیید شد. این در حالی است که طی مطالعه‌ای که هیرزل و همکاران (Hirzel et al., 2011) در جنوب مرکزی شیلی انجام داده‌اند مشخص شد که با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل کاشت، پنجه‌زنی و خوشه‌آغازین، بیشترین تعداد خوشه‌چه پر در خوشه حاصل آمد که با یافته‌های این پژوهش مطابقت داشت.

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که وزن هزار دانه برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال قرار گرفت و در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد و فقط برای رقم هاشمی تحت اثر ساده تقسیط نیتروژن قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات در جدول ۴ نشان دادند که بیشترین وزن هزار دانه برای ارقام هاشمی و کوهسار متعلق به سال دوم زراعی (به‌ترتیب ۲۴/۷۳ و ۳۰/۳۴ گرم) بود، که طبق داده‌های هواشناسی (جدول ۲) علت آن علاوه بر مساعد

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر متقابل بین عامل‌ها بر روی برخی صفات برنج
Table 5- Comparison of mean interactions between agents on some traits of rice

سال Year	تراکم کاشت Planting density (Plants/Sq. M)	تعداد خوشه در متر مربع		تراکم کاشت Planting density (Plants/Sq. M)	تقسیم نیتروژن Nitrogen splitting	ارتفاع بوته (هاشمی) Plant height (cm) (Hashemi)	تعداد خوشه‌چه پر (هاشمی) Number of spikelets filled (Hashemi)		
		(هاشمی) Number of Panicle/Sq. M (Hashemi)	(کوهسار) Number of Panicle/Sq. M (Koohsar)						
2013-14	16 Sq. M.	369.4d	367d	16	S1	154.5a	78.29a-c		
	25 Sq. M.	477b	415.6bc			S2	150.3bc	80.07ab	
	33.3 Sq. M.	574.3a	568.5a			S3	150.9bc	73.65b-d	
16 Sq. M.	317.9e	320.6e	S4			152.6ab	81.73a		
25 Sq. M.	395.5cd	389.2cd	S5			148.3cd	74.55a-c		
2014-15	33.3 Sq. M.	429.9c	452.6b		S1	144.1ef	70.75cd		
	16 Sq. M.	317.9e	320.6e		S2	148.1cd	74.18a-c		
	25 Sq. M.	395.5cd	389.2cd		S3	147.9cd	71.97b-d		
	33.3 Sq. M.	429.9c	452.6b		S4	149.8bc	73.21b-d		
	16 Sq. M.	317.9e	320.6e		S5	143.2f	61.89e		
2013-14	تقسیم نیتروژن Nitrogen splitting		ارتفاع بوته (هاشمی) Plant height (cm) (Hashemi)		25	S1	143.6de	70.75cd	
	S2		141.6ef			S2	148.1cd	74.18a-c	
	S3		144.8d			S3	147.9cd	71.97b-d	
	S4		146.1d			S4	149.8bc	73.21b-d	
	S5		139.9f			S5	143.2f	61.89e	
2014-15	تقسیم نیتروژن Nitrogen splitting		ارتفاع بوته (هاشمی) Plant height (cm) (Hashemi)		33.3	S1	153.7bc	72.32b-d	
	S2		156.7a			S2	148.9cd	65.83de	
	S3		153.6bc			S3	148.8cd	72.41b-d	
	S4		155.5ab			S4	150bc	72.38b-d	
	S5		151.4c			S5	145.4d-f	72.15b-d	

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشد.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncan's test.

S₁: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S₂: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S₃: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S₄: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S₅: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل.

S₁: 100% At the beginning of planting, S₂: 50% At the beginning of planting + 50% Beginning of tillering, S₃: 50% At the beginning of planting + 50% Panicle formation, S₄: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Beginning of tillering + 33.33% Panicle formation and S₅: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Panicle formation + 33.33% End of panicle emergence.

عملکرد دانه

عملکرد دانه برای ارقام رقم هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال قرار گرفت و به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد و فقط برای رقم هاشمی تحت اثر ساده تراکم قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۶). مقایسه میانگین اثرات ساده صفات نشان دادند که بیشترین عملکرد دانه برای ارقام هاشمی (۶۷۵۴) کیلوگرم در هکتار) و کوهسار (۴۶۳۹) کیلوگرم در هکتار) به ترتیب در سال‌های اول و دوم زراعی به دست آمد. همچنین با افزایش تراکم در رقم هاشمی، عملکرد دانه روند افزایشی داشت (جدول ۷). عملکرد نهایی دانه به اجزای عملکرد آن وابسته می‌باشد. در رقم هاشمی بیشترین عملکرد دانه را در سال اول داشتیم که تنها دلیل آن برخورد مرحله پنجه‌دهی به شرایط نوری مناسب و افزایش پنجه مؤثر در هر بوته و به تبع آن افزایش تعداد خوشه در متر مربع بود که در نهایت به افزایش عملکرد دانه در این رقم منجر شد و البته همین شرایط نیز برای رقم پر محصول کوهسار حکم‌فرما بود ولی دلیل کاهش عملکرد دانه در این رقم وجود خسارت گنجشک در سال اول بود که به خاطر زودرس بودن رقم کوهسار، محصول در دام این خسارت افتاد و در مدت زمان کمی خسارت بالایی به محصول کرت‌های کوهسار وارد آورد که نتیجتاً باعث کاهش شدید عملکرد دانه در سال اول شد. با افزایش تراکم کاشت، هر چند تعداد پنجه بارور در کپه و تعداد خوشه‌چه پر در خوشه به دلیل رقابت بیشتر

کاهش یافت ولی به خاطر افزایش تعداد بوته در واحد سطح، تعداد خوشه در متر مربع افزایش معنی‌داری داشت که این امر سبب افزایش عملکرد دانه در واحد سطح شد. اگرچه پتانسیل رشد و عملکرد گیاهان به عوامل ژنتیکی وابسته است، ولی برای دستیابی به حداکثر پتانسیل تولید، متغیرهای محیطی همچون شرایط آب و هوایی بر رشد و نمو و عملکرد محصولات زراعی به‌ویژه برنج تأثیرگذار می‌باشند (Singh et al., 2013; Liu et al., 2013). به‌طور کلی، در شرایط مشابه از نظر مدیریت زراعی و نوع ژنوتیپ، تنها شرایط اقلیمی منطقه، میزان پتانسیل عملکرد ارقام را تعیین می‌کند (Shrestha et al., 2013). وقوع دماهای پایین از طریق تأثیر بر برخی اجزای عملکرد همچون تعداد خوشه، تعداد کل دانه در خوشه، تعداد دانه پر در خوشه و طول خوشه، کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت (Farrell et al., 2006b). همچنین بسیاری از محققین اثر مثبت شدت تشعشع خورشیدی بر عملکرد دانه را گزارش نمودند (Peng et al., 2004). برتری تولید (در تراکم بالاتر) را می‌توان به تعداد کافی بوته‌ها یا کپه‌های برنج و در عین حال سهم نسبی بالاتر ساقه اصلی و پنجه‌های اولیه در عملکرد دانه نسبت داد (Mohaddesi et al., 2010) و از طرف دیگر عدم جبران فاصله زیاد کشت با تعداد پنجه بیشتر و افزایش رقابت بین پنجه‌ها می‌تواند توجیه کاهش عملکرد با افزایش فاصله کاشت یا کاهش تراکم بوته باشد (Niknejad et al., 2017). یافته‌های پژوهش حاضر مبنی بر

بیشترین مقدار را در سال اول داشت. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۶، آزمون دانکن اثر معنی‌دار تراکم کاشت بر عملکرد کاه را برای رقم کوهسار نشان داد به طوری که مانند رقم هاشمی به موازات افزایش تراکم بوته عملکرد کاه نیز افزایش یافت که این روند به خاطر تعداد خوشه در متر مربع بود. کمترین عملکرد کاه در ارقام هاشمی (۶۵۶۳ کیلوگرم در هکتار) و کوهسار (۶۱۲۲ کیلوگرم در هکتار) با تقسیم نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل به دست آمد که علت آن عدم دسترسی به مقدار کود مناسب در مرحله رشد رویشی بود چراکه دو سوم کود مصرفی به رشد زایشی اختصاص داشت که در نتیجه ارتفاع و تعداد پنجه در بوته‌های برنج کمترین مقدار را داشتند که منتج به عملکرد پایین کاه در برنج شد. طی مطالعه‌ای که بزرگی و همکاران (Bozorgi et al., 2011) در منطقه لاهیجان بر روی برنج رقم هاشمی داشتند، دریافتند که بیشترین عملکرد کاه در تراکم بالا با فواصل کاشت کمتر حاصل شد که با نتایج پژوهش حاضر مطابقت داشت. کائوشال و همکاران (Kaushal et al., 2010) طی مطالعه‌ای بر روی برنج رقم IR64 در مرکز تحقیقات کشاورزی هند، نشان دادند که بیشترین عملکرد کاه در هکتار با تقسیم نیتروژن در مراحل پایه، پنجه‌دهی و خوشه‌آغازین به دست آمد.

افزایش عملکرد دانه با افزایش تراکم بوته با نتایج مطالعات محققینی همچون ساندهو و همکاران (Sandhu et al., 2015) در منطقه پنجاب (هند) بر روی برنج رقم PAU201، یزدانی و همکاران (Yazdani et al., 2015) در شهرستان آمل بر روی برنج رقم کوهسار و خیری و همکاران (Kheyri et al., 2016) در شهرستان آمل بر روی برنج رقم طارم امراللهی مطابقت داشت. طی تحقیقی که رضایی‌نوپاشانی و امین‌پناه (Rezaei-Noupashani and Aminpanah, 2018) در صومعه‌سرا بر روی رقم هاشمی برنج انجام دادند نتایج مشابه با پژوهش حاضر مبنی بر اثر غیر معنی‌دار تقسیم نیتروژن بر عملکرد دانه را گزارش کردند.

عملکرد کاه

همان طوری که در جدول ۶ تجزیه واریانس ملاحظه شد عملکرد کاه برای ارقام هاشمی و کوهسار تحت اثر ساده سال در سطح احتمال یک درصد و تحت اثر ساده تقسیم نیتروژن به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار شد و فقط در رقم هاشمی تحت اثر ساده تراکم قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات که در جدول ۷ آمده نشان داد که بیشترین عملکرد کاه در ارقام هاشمی و کوهسار متعلق به سال اول زراعی (به ترتیب ۷۳۷۷ و ۷۷۹۰ کیلوگرم در هکتار) بود. عملکرد کاه در ارقام مورد مطالعه مستقیماً تحت تأثیر تعداد پنجه قرار گرفت و

جدول ۶- تجزیه واریانس عملکرد دانه، عملکرد کاه و شاخص برداشت برنج تحت تیمارهای آزمایشی
Table 6- Analysis of variance of grain yield, straw yield and harvest index of rice under experimental treatments

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	عملکرد دانه Grain yield		عملکرد کاه Straw yield		شاخص برداشت Harvest index	
		هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar
سال Year	1	8698466.18**	17804908.02*	16556792.37**	125882213.06**	8.46ns	4038.22**
تکرار در سال Repeat in year	4	690100.59	5764459.83	1077984.38	1444177.26	7.74	240.35
تراکم کاشت Planting density	2	16435806.44**	4777505.44ns	32062777.70**	8352067.97ns	23.08ns	1.82ns
سال * تراکم کاشت Year * Planting density	2	1188662.55ns	3777170.86ns	1363604.81ns	3363904.19ns	1.72ns	8.64ns
خطا Error	8	580496.27	2211752.67	1008210.80	2460393.82	5.97	32.68
تقسیم نیتروژن Nitrogen splitting	4	282567.81ns	94939.19ns	1143566.80**	2134619.37*	7.10ns	23.89ns
سال * تقسیم نیتروژن Year * Nitrogen splitting	4	453613.12ns	469899.22ns	301820.71ns	1233730.63ns	2.39ns	9.89ns
تراکم کاشت * تقسیم نیتروژن Planting density * Nitrogen splitting	8	261316.22ns	289649.74ns	78916.14ns	194817.57ns	1.72ns	4.98ns
سال * تراکم کاشت * تقسیم نیتروژن Year * Planting density * Nitrogen splitting	8	405933.80ns	279366.27ns	528987.96ns	950017.45ns	4.41ns	10.33ns
خطا مرکب Compound error	48	272571.48	452523.50	227534.30	591433.39	2.94	11.46
ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation (%)	-	8.1	16.0	6.9	11.6	3.6	8.6

ns, **, *: non-statistically significant and significant at 1% and 5%, respectively

۶. مقایسه میانگین اثرات ساده صفات (جدول ۷) نشان دادند که شاخص برداشت در رقم کوهسار برای سال دوم زراعی (۴۵/۸۴ درصد) بیشتر بود. شاخص برداشت از نسبت عملکرد دانه به عملکرد

شاخص برداشت

شاخص برداشت از نظر آماری تنها در رقم کوهسار تحت اثر ساده سال قرار گرفت و در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول

کمترین آن از آرایش کاشت 15×15 سانتی‌متر مربع حاصل شد. در همین زمینه مرادپور و همکاران (Moradpour *et al.*, 2013) با بررسی عملکرد برنج رقم فجر عدم معنی‌داری شاخص برداشت را تحت اثر تراکم بوته نشان دادند. دیگر نتایج نشان دادند که بیشترین شاخص برداشت برای ارقام هاشمی و کوهسار (به ترتیب $49/29$ و $40/92$ درصد) با تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل به‌دست آمد (جدول ۷). در شرایط ثابت ماندن عملکرد دانه، بین عملکرد کاه و شاخص برداشت رابطه عکس وجود دارد به‌طوری‌که تیمارهای دارای عملکرد کاه کمتر از شاخص برداشت بالاتری برخوردار خواهند بود که این رابطه در پژوهش حاضر نیز به‌وضوح مشاهده شد. شاخص برداشت دانه، شاخص مفیدی برای ارزیابی اثرات تیمار بر روی انتقال مواد فتوسنتزی به دانه در شرایط محیطی می‌باشد (Fageria, 2009). شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین سازه‌های رویشی گیاه و دانه می‌باشد (Majidian *et al.*, 2008).

بیولوژیک حاصل می‌شود و با افزایش عملکرد دانه افزایش می‌یابد. شاخص برداشت در رقم هاشمی تحت اثر سال قرار نگرفت و این بدان معنی است که در سال اول به نسبت افزایش عملکرد دانه عملکرد کاه نیز افزایش داشت؛ اما شاخص برداشت رقم کوهسار در سال دوم بیشتر بود که با توجه به افزایش عملکرد دانه و کاهش عملکرد کاه کاملاً طبیعی است. علی‌رغم عدم معنی‌داری در جدول ۶ آزمون دانکن اثر معنی‌دار تراکم کاشت بر شاخص برداشت را برای رقم هاشمی و اثر معنی‌دار تقسیط نیتروژن بر شاخص برداشت را برای هر دو رقم نشان داد، به‌طوری‌که کمترین شاخص برداشت برای رقم هاشمی در بالاترین تراکم ($47/20$ درصد) مشاهده شد. در تراکم‌های بالاتر به علت افزایش رقابت بین بوته‌ها و افزایش رشد رویشی، عملکرد کاه با شدت بیشتری نسبت به عملکرد دانه افزایش می‌یابد که به‌تبع آن عملکرد بیولوژیکی، زیاد و در نتیجه شاخص برداشت کاهش می‌یابد. بزرگی و همکاران (Bozorgi *et al.*, 2011) طی بررسی بر روی برنج رقم هاشمی در منطقه لاهیجان گزارش دادند که بیشترین شاخص برداشت از آرایش کاشت 20×20 سانتی‌متر و

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد دانه، عملکرد کاه و شاخص برداشت برنج تحت تیمارهای آزمایشی

Table 7- Comparison of average of grain yield, straw yield and harvest index of rice under experimental treatments

Experimental factors	عملکرد دانه		عملکرد کاه		شاخص برداشت	
	Grain yield (kg.ha ⁻¹)		Straw yield (kg.ha ⁻¹)		Harvest index (%)	
	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar	هاشمی Hashemi	کوهسار Koohsar
سال Year						
۱۳۹۲-۹۳ - 2013-14	6754a	3749b	7377a	7790a	-	32.44b
۱۳۹۳-۹۴ - 2014-15	6132b	4639a	6520b	5425b	-	45.84a
تراکم کاشت Planting density (Plants /Sq. M)						
۱۶ - 16	5762c	-	6060c	6008b	48.76a	-
۲۵ - 25	6338b	-	6703b	6811ab	48.67a	-
۳۳/۳ - 33.3	7231a	-	8083a	7003a	47.20b	-
تقسیم نیتروژن Nitrogen splitting						
S ₁	-	-	7053a	6445ab	47.79b	39.63ab
S ₂	-	-	6941a	6982a	47.79b	38.11b
S ₃	-	-	6929a	6613ab	48.19ab	38.69ab
S ₄	-	-	7256a	6874a	47.98b	38.35b
S ₅	-	-	6563b	6122b	49.29a	40.92a

اعداد با حروف مشترک در هر ستون دارای اختلاف معنی‌دار بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد نمی‌باشد.

Means followed by the same letter are not significantly different at the 0.05 level, using Duncan's test.

S₁: مصرف کامل (۱۰۰٪) در مرحله ابتدای کاشت یا پایه، S₂: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ابتدای پنجه‌دهی، S₃: ۵۰٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۵۰٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین، S₄: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ در مرحله ظهور خوشه‌آغازین و S₅: ۳۳/۳۳٪ در مرحله ابتدای کاشت یا پایه + ۳۳/۳۳٪ ظهور خوشه‌آغازین + ۳۳/۳۳٪ در مرحله خوشه‌دهی کامل.

S₁: 100% At the beginning of planting, S₂: 50% At the beginning of planting + 50% Beginning of tillering, S₃: 50% At the beginning of planting + 50% Panicle formation, S₄: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Beginning of tillering + 33.33% Panicle formation and S₅: 33.33% At the beginning of planting + 33.33% Panicle formation + 33.33% End of panicle emergence.

نتیجه‌گیری

کوهسار وارد آوردند که بلافاصله بعد از رویت مهار شدند و در سال دوم نیز مراقبت‌های لازم در برابر این خسارت صورت پذیرفت. دیگر نتایج حاکی از آن‌است که بهترین تراکم کاشت برای رقم هاشمی تراکم ۳۳/۳ بوته در متر مربع با عملکرد ۷۲۳۱ کیلوگرم در هکتار بود که در مقایسه با تراکم‌های ۱۶ و ۲۵ بوته در متر مربع به ترتیب ۲۰/۳۲ و ۱۲/۳۵ درصد افزایش تولید نشان داد که به نظر می‌آید در صورت عدم خسارت تولید در سال اول زراعی برای رقم کوهسار، اثر غیر معنی‌دار تراکم بر عملکرد دانه به‌واسطه تجزیه مرکب حاصل نمی‌شد و نتیجه‌ای مشابه با رقم هاشمی را رقم می‌زد چراکه تنها جزء عملکردی که افزایش تولید را با افزایش تراکم برای رقم هاشمی باعث شد تعداد خوشه در متر مربع بود که این نتایج منطبق با نتایج رقم کوهسار بودند. در پژوهش حاضر تقسیط نیتروژن به نسبت مساوی در مراحل ابتدای کاشت یا پایه، ظهور خوشه‌آغازین و خوشه‌دهی کامل بهترین نوع تقسیط با هدف کاهش عملکرد کاه و افزایش شاخص برداشت برای ارقام هاشمی و کوهسار به‌شمار می‌آید.

نتایج این پژوهش اهمیت تعداد خوشه در متر مربع را در افزایش عملکرد دانه نشان داد و آن‌را به‌عنوان مؤثرترین جزء عملکردی به‌منظور افزایش تولید برای ارقام هاشمی و کوهسار معرفی کرد. نتایج نشان دادند که بهترین سال زراعی جهت حصول عملکرد دانه بیشتر برای رقم هاشمی، سال زراعی اول بوده که به‌خاطر عدم رقابت نوری به‌ویژه حضور نور مناسب در مرحله پنجه‌دهی تعداد پنجه مؤثر در هر بوته و متعاقباً تعداد خوشه در متر مربع افزایش یافت که افزایش عملکرد دانه را نتیجه داد. علی‌رغم مناسب بودن سال زراعی اول جهت تولید بیشتر برای رقم هاشمی، به علت وجود آزمون و خطا بدترین سال زراعی برای رقم کوهسار به‌شمار می‌آمد چراکه به دلیل دوره رشد کوتاه (زودرس) رقم کوهسار نسبت به رقم هاشمی و ارقام دیگر کشت شده در منطقه، زودتر به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک رسید و غذای مناسبی برای خسارت گنجشک به‌شمار می‌آمد و به‌خاطر مساحت کم آزمایش در برابر حجم بالای گنجشک‌های حاضر در منطقه در مدت زمان بسیار کوتاهی خسارت زیادی را به محصول

References

1. Agricultural statistics. 2013. Ministry of Agriculture. Department of Planning and Economy. Center of information and communication technology.
2. Andrade, F. H., Calvino, P., Cirilo, A., and Barbieri, P. 2002. Yield responses to narrow rows depend on increased radiation interception. *Agronomy Journal* 94 (5): 975-980.
3. Anil, K., Yakadri, M., and Jayasree, G. 2018. Influence of Nitrogen Levels and Times of Application on Growth Parameters of Aerobic Rice. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* 7 (5): 1525-1529.
4. Asmamaw, B. A. 2017. Effect of planting density on growth, yield and yield attributes of rice (*Oryza sativa* L.). *African Journal of Agricultural Research* 12 (35): 2713-2721.
5. Bozorgi, H. M., Faraji, A., Khosravi Danesh, R., Keshavarz, A., Azarpour, E., and Tarighi, F. 2011. Effect of Plant Density on Yield and Yield Components of Rice. *World Applied Sciences Journal* 12 (11): 2053-2057.
6. Deng, N., Ling, X., Sun, Y., Zhang, C., Fahad, S., Peng, S., Cui, K., Nie, L., and Huang, J. 2015. Influence of temperature and solar radiation on grain yield and quality in irrigated rice system. *European Journal of Agronomy* 64: 37-46.
7. Dowling, N. G., Greenfield, S. M., and Fisher, K. S. 1998. Sustainability of Rice the Global Food System. International Rice Research Institute, 1st Ed. Los Banos, Philippines. 404 pages.
8. Emam, Y. 2007. Cereals Production. Shiraz, Univ. press. 199p.
9. Esmaeilzadeh Moridani, M., Eshraghi-Nejad, M., Galeshi, S., and Ashouri, M. 2012. The investigation of nitrogen fertilizer split application effect on quantity yield and grain quality of rice varieties (Hashemi and Bahar 1) in Guilan. *Journal of Crop Production* 4 (2): 121-138. (in Persian with English abstract).
10. Esmaeilzade-Moridani, M., Alami-Saeid, K., and Eshraghi-Nejad, M. 2013. Study of nitrogen split application on yield and grain quality on native and bred rice varieties. *Scientia Agriculture* 2 (1): 3-10.
11. Fageria, N. K. 2009. The Use of Nutrients in Crop Plants. New York: CRC Press. 448 Pages.
12. Farrell, T. C., Fox, K. M., Williams, R. L., Fukai, S., and Lewin, L. G. 2006b. Minimizing cold damage during reproductive development among temperate rice genotypes. Genotypic variation and flowering traits related to cold tolerance screening. *Australian Journal of Agricultural Research* 57 (1): 89-100.
13. Ganga Devi, M., Tirumala Reddy, S., Sumati, V., Pratima, T., and John, K. 2012. Nitrogen management to improve the nutrient uptake, yield and quality parameters of scented rice under aerobic culture. *International Journal of Applied Biology and Pharmaceutical Technology* 3 (1): 340-344.
14. Gbadamosi, A., and Daniel, M. M. 2014. Effect of light intensity on growth and yield of a Nigerian local rice variety-Ofada. *International Journal of Plant Research* 4 (4): 89-94.

15. Gu, X., Liang, Z., Huang, L., Ma, H., Wang, M., Yang, H., Liu, M., Lv, H., and Lv, B. 2012. Effects of plastic film mulching and plant density on rice growth and yield in saline-sodic soil of northeast China. *Journal of Food, Agriculture and Environment* 10 (2): 560-564.
16. Haefel, S. M., Naklang, K., Harnpichitvitaya, D., Jearakongman, S., Skulkhu, E., Romyen, P., Tabtim, S., and Suriya-Arunroj, S. 2006. Factor affecting rice yield and fertilizer response in rain fed lowlands of northeast Thailand. *Field Crop Research* 98 (1): 39-51.
17. Hirzel, J., Pedreros, A., and Cordero, K. 2011. Effect of nitrogen rates and split nitrogen fertilization on grain yield and its components in flooded rice. *Chilean Journal of Agricultural Research* 71 (3): 437-444.
18. Islam, M. S., Peng, Sh., Visperas, R. M., and Ereful, N. 2007. Lodging-related morphological traits of hybrid rice in a tropical irrigated ecosystem. *Field Crops Research* 101 (2): 240-248.
19. Jemberu, T., Togashi, M., and Urayama, H. 2015. Nitrogen fertilizer application timing on growth and yield of Nerica4 and Japanese rice variety toyohatamochi. *International Research Journal of Agricultural Science and Soil Science* 5 (3): 91-97.
20. Jiang, W., Lee, J., Chu, Sh., Ham, T. H., Woo, M. O., Cho, Y. I., Chin, J. H., Han, L., Xuan, Y., and Yuan, D. 2010. Genotype × environment interactions for chilling tolerance of rice recombinant inbred lines under different low temperature environments. *Field Crops Research* 117 (2-3): 226-236.
21. Kamruzzaman, M. D., Abdul Kayum, M. D., Mainul Hasan, M. D., Mahmudul Hasan, M. D., Jaime, A. T., and Silva, D. A. 2013. Effect of split application of nitrogen fertilizer on yield and yield attributes of transplanted aman rice (*Oryza sativa* L.). *Bangladesh Journal of Agricultural Research* 38 (4): 579-587.
22. Kaushal, A. K., Rana, N. S., Singh, A., Sachin, N., and Srivastav, A. 2010. Response of Levels and Split Application of Nitrogen in Green Manured Wetland Rice (*Oryza sativa* L.). *Asian Journal of Agricultural Sciences* 2 (2): 42-46.
23. Kazemi Posht Mosavi, H., Pirdashti, H. A., Bahmanyar, M. A., and Nasiri, M. 2007. Study the effects of nitrogen fertilizer rates and split application on yield and yield components of different rice (*Oryza sativa* L.) cultivars. *Quarterly pajouhesh-va-sazandegi* 20 (2): (75 in *Agronomy and Horticulture*) 68-77. (in Persian with English abstract).
24. Kheyri, N., Mobasser, H. R., Masoodi, B., and Yadollahi, P. 2016. Effect of plant density and planting pattern on yield components and yield of rice (*Oryza sativa* L.) var. Tarom Amrollahi. *Journal of Plant Ecophysiology* 8 (26): 26-34. (in Persian with English abstract).
25. Khourgami, A., Hoseini Varaki, M., Mobasser, H. R., and Nasrollahi, H. 2012. Study the Effect of Nitrogen Division and Plant Density on Morphological Characteristics Related to Lodging in Rice 'Tarom Hasansaraie' Cultivar. *International Journal of Science and Advanced Technology* 2 (4): 47-50.
26. Lee, M. H. 2001. Low Temperature Tolerance in Rice: The Korean Experience. *Increased Lowland Rice Production in the Mekong Region*; edited by Shu Fukai and Jaya Basnayake. *ACIAR proceeding* 101: 109-117.
27. Liu, L., Zhu, Y., Tang, L., Cao, W., and Wang, E. 2013. Impacts of climate changes, soil nutrients, variety types and management practices on rice yield in East China: A case study in the Taihu region. *Field Crops Research* 149: 40-48.
28. Liu, Q. H., Wu, X., Li, T., Ma, J. Q., and Zhou, X. B. 2013. Effects of elevated air temperature on physiological characteristics of flag leaves and grain yield in rice. *Chilean Journal of Agricultural Research* 73 (2): 85-90.
29. Liu, Q., Cai, J., Li, T., and Zhang, J. 2007. Response of grain-filling properties and quality in rice to weak light during initial period of young spike. *Acta Agriculture Universities Jiangxiensis* 29: 172-175.
30. Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar Haghighi, A. A., and Karimian, A. 2008. Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize CV. SC₇₀₄. *Quarterly Iranian Journal of Crop Sciences* 10 (3): 303-330. (in Persian with English abstract).
31. Mohaddesi, A., Abbasian, A., Bakhshipour, S., and Salehi, M. 2010. Effects of nitrogenous fertilizer and planting density on yield and yield components of 843 rice line. *Journal of Crop Ecophysiology* 2 (3): 198-208.
32. Mohammadian Roshan, N., Azarpour, E., and Moradi, M. 2011. Study of yield and yield components of rice in different Plant spacing and Number of Seedlings per Hill. *Middle-East Journal of Scientific Research* 7 (2): 136-140.
33. Moradpour, S., Koochi, R., Babaei, M., and Goldoust Khorshidi, M. 2013. Effect of planting date and planting density on rice yield and growth analysis (Fajr Variety). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences* 5 (3): 267-272.
34. Niknejad, Y., Zamani, M. H., Falah, A., and Nasiri, M. 2017. Evaluation of nitrogen fertilizer rates and planting space on agronomic traits of 8615 rice line. *Applied Field Crops Research (Pajouhesh and Sazandegi)* 29 (3-112): 1-8. (in Persian with English abstract).

35. Peng, S., Huang, J., Sheehy, J. E., Laza, R. C., Visperas, R. M., Zhong, X., Centeno, G. S., Khush, G. S., and Cassman, K. G. 2004. Rice yields decline with higher night temperature from global warming. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America* 101 (27): 9971-9975.
36. Qi-hua, L., Xiu, W., Bo-cong, C., Jia-qing, M., and Jie, G. 2014. Effects of low light on agronomic and physiological characteristics of rice including grain yield and quality. *Rice Science* 21 (5): 243-251.
37. Rezaei Noupashani, S., and Aminpanah, H. 2018. Effect of different crops rotation with rice, N rate and N split application on crop grain yield. *Journal of Plant Ecophysiology* 9 (31): 95-106. (in Persian with English abstract).
38. Sacks, W. J., Deryng, D., Foley, J. A., and Ramankutty, N. 2010. Crop planting dates: an analysis of global patterns. *Global Ecology and Biogeography* 19 (5): 607-620.
39. Sandhu, S. S., Mahal, S. S., and Kaur, A. 2015. Physicochemical, cooking quality and productivity of rice as influenced by planting methods, planting density and nitrogen management. *International Journal of Food, Agriculture and Veterinary Sciences* 5 (1): 33-40.
40. Sarmadnia, Gh., and Koocheki, A. 2005. *Crop Physiology*. Mashhad University Jihad Publications, 400p. (in Persian).
41. Sathiyar, K., and Ramesh, T. 2009. Effect of split application of nitrogen on growth and yield of aerobic rice. *Asian Journal of Experimental Sciences* 23 (1): 303-306.
42. Seyoum, M., Alamerew, S., and Bantte, K. 2011. Evaluation of upland NERICA rice genotypes for grain yield and yield components along an altitude gradient in southwest Ethiopia. *Journal of Agronomy* 10 (4): 105-111.
43. Shaiful Islam, M. D., Hasanuzzaman, M., Rokonuzzaman, M., and Nahar, K. 2009. Effect of split application of nitrogen fertilizer on morphophysiological parameters of rice genotypes. *International Journal of Plant Production* 3 (1): 51-61.
44. Sheehy, J. E., Mitchell, P., Allen, L., and Ferrer, A. B. 2006. Mathematical consequences of using various empirical expressions of crop yield as a function of temperature. *Field Crops Research* 98 (2): 216-221.
45. Shimono, H., Hasegawa, T., and Iwama, K. 2002. Response of growth and grain yield in paddy rice to cool water at different growth stages. *Field Crops Research* 73 (2-3): 67-79.
46. Shrestha, S., Asch, F., Brueck, H., Giese, M., Dusserre, J., and Ramanantsoanirina, A. 2013. Phenological responses of upland rice grown along an altitudinal gradient. *Environmental and Experimental Botany* 89: 1-10.
47. Singh, R. P., Vara Prasad, P. V., and Reddy, K. R. 2013. Impacts of changing climate and climate variability on seed production and seed industry. *Advances in Agronomy* 118: 49-110.
48. Smith, W. H. 1983. *Symposium on Potential Productivity of Field Crops under Different Environments*. Int. Rice Res. Inst., 1983. Agricultural productivity. 526 pages.
49. Sultana, M. R., Rahman, M. M., and Rahman, M. H., 2012. Effect of row and hill spacing on the yield performance of boro rice (cv. BRRI dhan45) under aerobic system of cultivation. *Journal of the Bangladesh Agricultural University* 10 (1): 39-42.
50. Thakur, P., Kumar, S., Malik, J. A., Berger, J. D., and Nayyar, H. 2010. Cold stress effects on reproductive development in grain crops: an overview. *Environmental and Experimental Botany* 67 (3): 429-443.
51. Wang, Z., Quebedeaux, B., and Stutte, G. W. 1996. Partitioning of (14c) glucose into sorbitol and other carbohydrates in apple under water stress. *Australian Journal of Plant Physiology* 23 (3): 245-251.
52. Yazdani, A., Mobasser, H. R., Niknezhad, Y., and Kheyri, N. 2015. Effect of planting pattern and split application of nitrogen fertilizer on qualitative traits and grain yield of rice (*Oryza sativa* L.) var. Koohsar in second cropping. *Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology* 2 (1): 121-134. (in Persian).
53. Yoshida, S. 1981. Growth and development of rice plants In: *Fundamental of Rice Crop Science*. International Rice Research Institute (IRRI), Los Baños, Laguna, Philippines, 1-63.
54. Zhang, B., and Yamagishi, J. 2010. Response of spikelet number per panicle in rice cultivars to three transplanting densities. *Plant Production Science* 13 (3): 279-288.



Effect of Nitrogen Splitting and Plant Density on Yield and Grain Yield Components of Two Rice Genotypes (*Oryza sativa* L.)

F. Alipour Abookheili¹, Gh. Noormohammadi^{2*}, H. Madani³, H. Heidari Sharifabad⁴, H. Mobasser⁵

Received: 04-03-2019

Accepted: 26-06-2019

Introduction: Rice (*Oryza sativa* L.) is the main staple food for more than half of the world's population. In 2011, worldwide rice production exceeded 672 million mt. Iran ranked 20th in terms of rice production in the world. Plant spacing has an important role on growth and yield of rice. Optimum plant density ensures the plant to grow properly with their aerial and underground parts by utilizing more solar radiation and soil nutrients. Timing of nitrogen application had a significant role on reducing nitrogen losses, increasing nitrogen use efficiency and avoiding unnecessary vegetative growth.

Materials and Methods: In order to do this research, an experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications in a research farm located in Qaemshahr during the years 2013-14 and 2014-15. The experimental factors included three levels of plant density (16, 25 and 33.3 plants per m²) as the main factor and sub-factor was nitrogen splitting in 5 levels (S₁: 100% at the beginning of planting, S₂: 50% at the beginning of planting + 50% at the beginning of tillering, S₃: 50% at the beginning of planting + 50% at the panicle formation, S₄: 33.33% at the beginning of planting + 33.33% at the beginning of tillering + 33.33% at the panicle formation and S₅: 33.33% at the beginning of planting + 33.33% at the panicle formation + 33.33% at the end of panicle emergence).

Results and Discussion: The results showed that grain yield of Hashemi and Koohsar cultivars in the second year decreased 9.21% and increased 23.74% respectively, than the first year. Also, the second year compared to the first year, showed a decrease of 11.62% and 30.36% of straw yield, respectively, in Hashemi and Koohsar cultivars. Grain yield and harvest index were increased and decreased with increasing density in Hashemi cultivar, respectively. Straw yield in both cultivars increased with increasing density. The lowest straw yield and the highest harvest index were obtained in both cultivars, with nitrogen application in equal proportions at the basic stages, initial cluster and complete clustering. The interaction between the factors in the cultivars showed that in each two years, the number of cluster per square meter increased with increasing plant density.

Conclusions: The results of this study showed that in the studied cultivars, the highest effect of plant density and nitrogen splitting on yield components was related to the number of panicles per square meter, because ultimately increasing the number of plants per unit area and nitrogen splitting equally in the basic stages, beginning tillering and primary cluster emergence resulted in the highest grain yield per hectare by increasing the number of panicles per square meter.

Keywords: Cultivar, Grain yield, Nitrogen applying time, Planting distance, Year

1- Ph.D. Student Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
2- Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
3- Associate Professor, Department of Agronomy, Arak Branch, Islamic Azad University, Arak, Iran
4- Professor, Department of Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran
5- Assistant Professor, Department of Agronomy, Qaemshahr Branch, Islamic Azad University, Qaemshahr, Iran
(* - Corresponding Author Email: gnoorm@yahoo.com)

باشند، لذا روش‌های نوین می‌توانند این مشکل را برطرف کرده و میزان بهره‌وری را افزایش دهند (Abdi, 2005).

آبیاری تحت فشار از روش‌هایی است که موجب افزایش راندمان آبیاری، توزیع یکنواخت تر آب در محدوده ریشه گیاهان، افزایش عملکرد گیاهان و در نتیجه افزایش بهره‌وری در مصرف آب می‌شود. روش‌های آبیاری میکرو زیرسطحی از فناوری‌هایی با مزایای متعدد و منحصر به فرد از نظر مسائل زراعی، حفظ منابع آب و خاک هستند، این روش‌ها اقتصادی بوده و راه‌حل مناسبی برای سازگاری با کمبود آب به‌شمار می‌آیند. از مزایای آبیاری میکرو زیر سطحی می‌توان به کاهش مصرف آب، افزایش رشد، بالا رفتن عملکرد و کیفیت محصول، افزایش بهره‌وری آب، کاهش خطر شوری برای گیاهان، تعدیل کاربرد کود و مواد شیمیایی، کنترل رشد علف‌های هرز، کاهش در مصرف انرژی، تسهیل در عملیات کشاورزی، حفظ ساختمان خاک و حفاظت بیشتر از محیط‌زیست اشاره کرد. اخیراً روش‌های آبیاری زیرسطحی سفالی به دلیل وجود خشکی و بروز خشکسالی‌های متعدد، مورد توجه قرار گرفته است (Ghorbani vaghei et al., 2011). خاستگاه این روش آبیاری، ایران باستان است که بعدها به سایر کشورهای آسیایی و آفریقایی گسترش یافته است (Abu-Zreig et al., 2006; Bainbridg, 2001). در سالیان اخیر رویکرد گسترده‌ای به سمت استفاده مجدد از سفال به‌صورت منبع تغذیه نقطه‌ای و یا خطی برای طراحی روش‌های پهنه در تأمین رطوبت خاک ایجاد شده است (Bainbridg, 2001). در آبیاری زیرسطحی سفالی، سفال‌ها نقش گسیلنده دارند؛ به همین دلیل، ویژگی‌های فیزیکی، هیدرولیکی و چگونگی عملکرد آن‌ها، از عوامل اصلی و تعیین‌کننده کارایی آبیاری زیرسطحی سفالی است. بررسی نتایج تحقیقات انجام شده در ایران نشان می‌دهد که قطعات سفالی از کارایی مصرف آب خوبی نسبت به سایر روش‌های مرسوم برخوردار است (Bastani, 2003; Ghorbani, 2011). رودریک و همکاران (Rodericek et al., 2011) در پژوهشی نتیجه گرفتند که روش کم‌آبیاری تناوب خشکی و رطوبت در حدود ۳۸ درصد مصرف آب آبیاری شالیزار را بدون کاهش عملکرد و سود کشاورزان، کاهش داده است. ایگاز و همکاران (Iguaz et al., 2005) گزارش کردند که آبیاری در زراعت برنج از مهم‌ترین پارامترهای موثر در تولید، محسوب می‌شود، زیرا عملیات زراعی آن از قبیل نشاکاری، کوددهی، سمپاشی و کنترل علف‌های هرز بدون وجود آب کافی ممکن نخواهد بود.

بومان و همکاران (Bouman et al., 2007)، سینگسامر و همکاران (Singh Samar et al., 2008) و تانگ و بومان (Tuong and Buman, 2003) گزارش کردند برنج نسبت به دیگر گیاهان زراعی تحت آبیاری، بیشترین سطح زیر کشت را دارا بوده و بازده آبیاری آن نیز نسبت به دیگر غلات کمتر است، به‌طوری‌که برای تولید یک کیلوگرم برنج مقدار مصرف آب از ۵۰۰ تا ۲۰۰ لیتر متغیر

بوده که حدوداً سه برابر بیشتر از گندم است. مائو (Mao, 2001) در آزمایشی نشان داد که کاربرد روش آبیاری Alternate Wet Drying (تناوب خشکی و رطوبت)، بهره‌وری آب را به‌طور متوسط از ۱/۰۴ کیلوگرم بر متر مکعب در روش آبیاری غرقابی به ۱/۵۲ کیلوگرم متر مکعب در چهار استان چین، افزایش داد. این روش آبیاری، بهره‌وری آب را ۴۶ درصد و عملکرد دانه را تا ۶ درصد نسبت به روش سنتی (آبیاری غرقابی) افزایش داده است، در حالی‌که در روش Semi-Dry Cultivation (ترکیب آب کم‌عمق با تناوب خشکی و رطوبت) بهره‌وری آب، تا ۷۰ درصد و عملکرد دانه تا ۹ درصد نسبت به روش آبیاری غرقابی افزایش یافت. لی و بارکر (Li and Barker, 2004) گزارش کردند که کاربرد تکنیک AWD در بعضی از مناطق، به علت وجود مسائل بیوفیزیکی و اجتماعی - اقتصادی دچار مشکلات فراوانی شده است. شی و همکاران (Shi et al., 2002) در آزمایشی نشان دادند که می‌توان با حفظ رطوبت خاک در حد اشباع، در مرحله‌ای از مراحل رشد و یا در تمام مراحل رشد، همگام با حصول عملکرد مطلوب، در مصرف آب نیز صرفه‌جویی کرد. کمبود آب برای تولید محصولات کشاورزی روز به روز افزایش می‌یابد. بنابراین بهبود و افزایش بازده مصرف آب جهت حفظ امنیت غذایی در آینده ضروری به نظر می‌رسد. لذا پژوهش حاضر به‌منظور بررسی واکنش‌های دو ژنوتیپ 87.110 و AE121 از نظر صفات زراعی و فتوسنتزی در شرایط غرقاب و آبیاری زیرسطحی و مقایسه دو شرایط آبیاری زیرسطحی و غرقاب از نظر عملکرد انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۶ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه گنبد کاووس با عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۵ درجه و ۱۲ دقیقه شرقی و ارتفاع ۴۵ متر از سطح دریا انجام شد. به‌منظور بررسی دو ژنوتیپ 87.110 (لاین حاصل از انتخاب توده بومی زودرس هندی) و AE121 (رقم هوازی دریافت شده از موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج) از نظر صفات زراعی و فتوسنتزی در شرایط غرقاب و آبیاری زیرسطحی دو آزمایش طراحی شد. آزمایش اول در دو بخش جداگانه (زیرسطحی و غرقاب) انجام شد و هرکدام از بخش‌های آزمایش شامل ۱۸ تکرار بودند. برای هر کرت (تکرار) ابتدا نایلون‌های مخصوص در عمق ۴۰ سانتی‌متری قرار داده شد. سپس سیستم کپسول‌های متخلخل به همراه لوله‌های آبیاری متصل به آن‌ها روی نایلون‌ها قرار داده شد (Ghorbani et al., 2011) و نهایتاً داخل بلوک‌ها با خاک یکنواخت برای کلیه واحدهای آزمایشی پر شد. سپس نشاءها در داخل بلوک‌ها پس از نرم‌شدن خاک با استفاده از بیل، کشت شدند. با توجه به یکنواختی زمین مورد ارزیابی طرح پایه به‌صورت کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. خاک محل آزمایش از نوع لوم رسی سیلتی بود که دارای pH

به تعداد سه گیاهچه در هر کپه انجام شد. مقادیر کود مصرفی بر اساس آزمون خاک به صورت پایه و سرک به طور یکسان در کرت‌ها مصرف شدند. کود اوره به میزان ۱۲۰-۱۰۰ کیلوگرم در هکتار در دو نوبت (یک دوم در زمان کاشت و یک دوم در مرحله پنجه‌زنی)، کود پتاس و فسفر به ترتیب به میزان ۱۰۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار (قبل از کاشت) اضافه شد. برای کنترل علف‌های هرز در کشت اصلی علاوه بر استفاده از علف‌کش بوتاکلر به مقدار سه لیتر در هکتار، وجین دستی نیز انجام شد. در روش آبیاری غرقابی، زمین به صورت متداول آماده‌سازی شد. سیستم آبیاری در آزمایش زیرسطحی شامل ۳ خط لوله اصلی (به تعداد تیمارهای آبیاری) بود که در روی هر لوله اصلی یک شیر فلکه و یک کنتور حجمی (کنتور حجم‌سنج آب‌ر مدل DM با دقت یک لیتر) نصب گردید. لوله‌های اصلی در کنار زمین پهن شده و آب مورد نیاز برای هر تیمار با استفاده از لوله‌های ۱۶ میلی‌متری به ابتدای هر کرت برده شد. با قرار دادن فشارسنج در ابتدای خط لوله‌ها، در آبیاری زیرسطحی متوسط فشار کارکرد سیستم تنظیم گردید. کپسول‌های رسی متخلخل مورد نیاز از کارگاه ساخت و تولید قطعات سفالی دانشگاه تربیت مدرس تهیه شد. مشخصات ریخت‌شناسی و هیدرولیکی کپسول‌های رسی متخلخل در جدول ۲ ارائه شده است (Ghorbani vaghei *et al.*, 2011). برای تأمین آب آبیاری گیاهان از آب چاه غیر شرب (میزان فسفر و نیتروژن صفر، میزان نترات ۰/۲۲ و pH آب ۷/۵۸ بود) دانشگاه گنبد کاووس استفاده شد و برای تأمین فشار هیدروستاتیکی ۲۵ کیلوپاسکال در سیستم‌های آبیاری از یک تانکر دو جداره ضد جلبک ۱۰۰۰ لیتری نصب شده استفاده شد.

برابر با ۷/۶ و هدایت الکتریکی ۱/۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. مساحت واحدهای آزمایشی در این آزمایش ۳ متر مربع بود. آزمایش دوم نیز به منظور مقایسه عملکرد روش‌های آبیاری و ارقام با آزمایش اول در زمینی به مساحت بیشتر و معادل‌سازی آن با زمین‌های در دسترس کشاورزان، به صورت مرکب و در دو آزمایش جداگانه و در ۳ تکرار انجام شد. مساحت در هر آزمایش ۱۰۰ متر مربع در نظر گرفته شد. نظر به یکنواختی زمین و خاک مورد ارزیابی طرح پایه به صورت کاملاً تصادفی در نظر گرفته شد. با شروع فصل زراعی، خزانه‌گیری صورت گرفت. ابتدا بذرها در آب و نمک قرار گرفتند که در این حالت به علت اختلاف وزنی، بذر سنگین در ته و بذرهای سبک روی آب باقی ماندند. پس از جداسازی، بذرها با آب خالص شستشو داده شد و پس از قرار گرفتن در کیسه به مدت ۲ تا ۳ روز بذرها جوانه زده و آماده پاشیدن در خزانه شدند. بذرپاشی در خزانه با بذوری که دارای جوانه‌هایی به طول ۲-۳ میلی‌متر بودند با تراکم ۱۵۰ گرم در متر مربع در ۱۲ اردیبهشت ماه انجام گردید و در طول مرحله داشت در خزانه مراقبت‌های لازم از قبیل آبیاری، پاشیدن کود سرک، هوادهی و وجین انجام شد. لازم به ذکر است خزانه بدون پوشش پلاستیکی تهیه شد. در طول رشد گیاهچه‌ها در خزانه اقدام به آماده‌سازی زمین اصلی با توجه به طرح آزمایشی در کرت‌های مورد نظر گردید. در این طرح فاصله بین کرت‌ها یک متر و فاصله بین بلوک‌ها دو متر در نظر گرفته شد تا رطوبت کرت‌های مجاور اثری روی هم نداشته باشند. نشاکاری پس از ۳-۴ برگی شدن با انتخاب گیاهچه‌های سالم و یکنواخت در تاریخ ۲۰ خرداد در کرت‌ها با فاصله ۲۰×۲۰ سانتی‌متر و

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در مکان آزمایش
Table 1- Physical and chemical properties of soil at the test site

مشخصه	مقدار	
Characteristic	Value	
هدایت الکتریکی	Electric conductivity (dS.m ⁻¹)	2
pH		7.6
مواد خنثی‌شونده	Neutralizing agents (percent)	10.5
کربن آلی	Organic Carbon (percent)	0.84
نیتروژن کل	Total Nitrogen (percent)	0.08
فسفر قابل جذب	Absorbable Phosphorus (ppm)	16.4
پتاسیم قابل جذب	Absorbable Potassium (ppm)	195
سیلت	Si (percent)	35
رس	C (percent)	54
لوم	L (percent)	11
درصد رطوبت اشباع	Saturated moisture percent	48.5
آهن	Fe	4
منگنز	Mn	17.8
روی	Zn	0.7
مس	Cu	2

جدول ۲- مشخصات ریخت‌شناسی و هیدرولیکی کیسول‌های رسی متخلخل GB2
Table 2- Morphological and hydrolytic specification of porous clay capsules

قطر خارجی External diameter (cm)	قطر داخلی Inner diameter (cm)	ضخامت دیواره Wall thickness (cm)	Length (cm)	آبدهی Watering (Lit.h ⁻¹)			
				۲۵ کیلو پاسکال 25 kPa	۵۰ کیلو پاسکال 50 kPa	۸۰ کیلو پاسکال 80 kPa	۱۰۰ کیلو پاسکال 100 kPa
3.5	1.5	1.0	20.0	3.9	6.8	12.0	15.1

بررسی صفات زراعی و فتوسنتزی در آزمایش اول

تغییرات صفات در دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی مورد بررسی قرار گرفت (جدول ۳). تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی نشان داد اختلاف بین ژنوتیپ‌ها برای کلیه صفات به جز مساحت برگ پرچم، وزن دانه پر و سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم (ETR) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. این نتیجه بیانگر وجود اختلاف برای صفات ارزیابی شده در دو شرایط آبیاری غرقابی و زیرسطحی است. واکنش متفاوت ژنوتیپ‌های مورد بررسی نسبت به شرایط آبیاری موجب شد که اثر متقابل ژنوتیپ×شرایط کشت برای اکثر صفات به جز وزن کل، تعداد خوشه نابارور، طول خوشه اصلی، طول و عرض برگ پرچم، مساحت برگ پرچم، عملکرد در هکتار، F[']، Y (II) و qP در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار گردد. به عبارت دیگر روند تغییرات یا تفاوت ژنوتیپ‌ها از نظر هر خصوصیت در دو شرایط آبیاری غرقابی و زیرسطحی متفاوت بود. معنی‌دار شدن اثر متقابل نشان‌دهنده رفتار متفاوت ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی از نظر صفات مورد بررسی است و احتمالاً مکانیسم‌های متفاوت بین آن‌ها را در واکنش به شرایط مختلف کشت نشان می‌دهد که می‌تواند در انتخاب ژنوتیپ‌های مناسب برای هر شرایط کشت (غرقاب و زیرسطحی) مورد استفاده قرار گیرند. نظر به معنی‌دار شدن اثر متقابل ژنوتیپ شرایط کشت، ژنوتیپ‌ها به تفکیک در دو شرایط غرقاب و زیرسطحی مورد تجزیه واریانس (جدول ۴ و ۵) و مقایسه میانگین قرار گرفتند.

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط غرقاب نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در همه صفات به جز وزن دانه پر و کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (F^{'v}/F^{'m}) در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط غرقاب بیشترین ضریب تغییرات مربوط به تعداد خوشه نابارور و کم‌ترین ضریب تغییرات مربوط به F^m بود که این مطلب نشان‌دهنده این است که لاین‌های مورد بررسی از نظر تعداد خوشه نابارور دارای بیشترین تنوع فنوتیپی و از نظر F^m دارای کمترین تنوع فنوتیپی است (جدول ۴).

صفات زراعی اندازه‌گیری شده شامل ارتفاع بوته (بر حسب سانتی‌متر از محل یقه در سطح خاک تا انتهای خوشه مرکزی در زمان برداشت)، وزن کل بوته، تعداد خوشه نابارور، تعداد خوشه بارور، وزن کل خوشه‌ها، طول خوشه اصلی (با اندازه‌گیری فاصله بین گره خوشه تا نوک خوشه بدون احتساب ریشک بر حسب سانتی‌متر)، طول خروج خوشه از غلاف، طول، عرض و مساحت برگ پرچم، تعداد خوشه اولیه، تعداد دانه پر، تعداد دانه پوک، میزان باروری و وزن دانه پر و عملکرد بود. با استفاده از یک دستگاه فلورومتر (JUNIOR-PAM) پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری شد. اندازه‌گیری‌ها روی برگ‌های کاملاً رشدیافته، مستقر در راس شاخه اصلی (برگ پرچم) یک هفته پس از گلدهی انجام شد. پارامترهای اولیه فلورسانس کلروفیل شامل: فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (F_o) و قرار گرفته تحت نور اشباع (F_o'), فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (F_m) و نور اشباع (F_m'), فلورسانس ثابت (F[']) (Zhang *et al.*, 2011) و سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسیستم ۲ (ETR) اندازه‌گیری شدند. با توجه به پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری شده، تعدادی از پارامترهای دیگر شامل F_v=F_m-F_o یا فلورسانس متغیر در حالت سازگار شده به تاریکی (Krause *et al.*, 1991)، F_v/F_m=(F_m-F_o)/F_m یا حداکثر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Bolhar-Nordenkampf and Oquist, 1993)، F^{'v}/F^{'m}=(F^{'m}-F^{'o})/F^{'m} یا کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (Genty *et al.*, 1989)، NPQ=(F_m-F_m)/F_m-1 یا پراکنش غیر فتوشیمیایی فوتون‌های جذب شده (Bilger and Bjorkman, 1990)، qP=(F_m-F_o)/F_m-F_o یا پراکنش فتوشیمیایی انرژی جذب شده (Genty *et al.*, 1989)، Y (II)=(F_m-F_o)/F_m یا کارایی واقعی فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Gilmore, 2004)، qN=1-(F_m-F_o)/(F_m-F_o) یا ضریب خاموشی غیر فتوشیمیایی فلورسنت (Schreiber *et al.*, 1986)، qL=qP*F_o/F['] یا ضریب خاموشی فتوشیمیایی فلورسنت متصل به PSII (Kramer *et al.*, 2004) محاسبه شدند. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام شد.

نتایج و بحث

جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی
Table 3- Analysis of variance of traits in flooding and underneath conditions

منابع تغییر	df	ارتفاع	وزن کل	تعداد خوشه بارور	تعداد خوشه نابارور	وزن کل خوشه ها	طول خوشه اصلی	طول خروج خوشه از غلاف	طول برگ	عرض برگ	مساحت عرض برگ	تعداد خوشه اولیه	تعداد دانه پر	تعداد دانه بوج	وزن دانه پر	وزن کل دانه	
Source of variation	df	Height	Total weight	Number of fertile panicle	Number of infertile	Total weight of panicles	Main panicle length	Length of panicle from pod	Flag leaf length	Flag leaf width	Flag leaf area	Number of primary branches	Number of filled grain	Number of unfilled grain	Fertility	Weight of filled grain	All grain weight
شرایط کشت	1	1645.46**	2272.75**	33.55**	48.34**	399.47**	117.04**	15.26**	161.85**	0.20**	61.24**	60.50**	5134.22**	34060.50**	15447.60**	3.65**	5495.01**
خطا ۱	34	9.20 ^{ns}	31.38**	2.58**	0.44 ^{ns}	1.31**	1.07**	0.60**	1.22**	0.1**	6.82**	0.58*	3.62**	2.34**	0.02 ^{ns}	0.04**	3.54 ^{ns}
ژنوتیپ	1	2242.26**	3948.79**	734.72**	136.12**	1942.69**	371.73**	403.99**	63.93**	0.11 ^{ns}	0.15 ^{ns}	34.72**	4232.00**	684.50**	757.64**	0.01 ^{ns}	8646.12**
خطا ۲	34	5.56	13.48	0.35	0.33	0.44	0.41	0.11	0.19	0.01	0.97	0.28	1.18	0.28	0.22	0.01	4.57
ضریب تغییرات		2.6	6.6	2.2	11.52	2.9	3.9	6.55	1.9	5.6	6.4	6.8	1.3	1.4	0.6	3.9	2.7

* و ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^{ns} نبودن اختلاف معنی دار.
*** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

ادامه جدول ۳- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی
Continue to Table 3- Analysis of variance of traits in flooding and underneath conditions

منابع تغییر	df	عملکرد	رسیدگی	F'	Fm	Y(II)	ETR	F _O	qP	qN	QL	NPQ	F _o	F _m	Fv/Fm	Fv'/Fm'	Fv
Source of variation	df	Yield	Ripe														
شرایط کشت	1	12968815.21**	1870.68**	9127.50**	1646.74**	0.25**	1599.57**	5419.56**	0.78**	0.19**	0.99**	0.68**	5659.29**	260937.78**	0.25**	0.07**	57291.12**
خطا ۱	34	97647.49**	0.99 ^{ns}	1.27 ^{ns}	3.27 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.84 ^{ns}	1.07 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01*	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.87 ^{ns}	0.35 ^{ns}	0.01 ^{ns}	0.01 ^{ns}	4.72 ^{ns}
ژنوتیپ	1	23398135.50**	2139.01**	1707.87**	1627.66**	0.07**	172.25 ^{ns}	349.65**	0.14**	0.01**	0.13**	0.01*	2909.14**	9172.59**	0.01**	0.01**	1750.34**
خطا ۲	34	352434.74	0.95	1.42	2.98	0.01	0.74	0.62	0.01	0.01	0.01	0.01	0.75	2.65	0.01	0.01	3.69
ضریب تغییرات		12.7	0.2	0.9	0.7	1.3	2.7	1.4	1.4	8.1	3.3	3.30	1.0	0.6	0.6	0.5	1.1

* و ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^{ns} نبودن اختلاف معنی دار.
*** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط غرقاب
Table 4- Analysis of variance of traits in flooding conditions

منابع تغییر	df	ارتفاع	وزن کل	تعداد خوشه بارور	تعداد خوشه نابارور	وزن کل خوشه ها	طول خوشه اصلی	طول خروج خوشه از غلاف	طول برگ	عرض برگ	مساحت عرض برگ	تعداد خوشه اولیه	تعداد دانه پر	تعداد دانه بوج	وزن دانه پر	وزن کل دانه	
Source of variation	df	height	Total weight	Number of fertile panicle	Number of infertile	Total weight of panicles	Main panicle length	Length of panicle from pod	Flag leaf length	Flag leaf width	Flag leaf area	Number of primary branches	Number of filled grain	Number of unfilled grain	Fertility	Weight of filled grain	All grain weight
ژنوتیپ	1	1610.68**	3268.44**	476.69**	66.69**	1236.69**	208.32**	230.28**	36.70**	0.06**	0.11**	36.00**	3154.69**	128.44**	274.08**	0.10 ^{ns}	5954.69**
خطا	34	11.67	27.36	1.75	0.55	1.08	0.86	0.52	0.69	0.01	4.85	0.38	3.85	0.60	0.36	0.02	4.36
ضریب تغییرات		3.6	8.5	5.5	17.8	4.1	4.5	12.6	3.4	9.7	12.7	7.1	2.0	5.0	0.7	7.8	2.3

* و ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^{ns} نبودن اختلاف معنی دار.
*** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

ادامه جدول ۴- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط غرقاب
Continue to Table 4- Analysis of variance of traits in flooding conditions

منابع تغییر	df	عملکرد	رسیدگی	F'	Fm	Y(II)	ETR	F _O	qP	qN	qL	NPQ	F _o	F _m	Fv/Fm	Fv'/Fm'	Fv
Source of variation	df	Yield	Ripe														
ژنوتیپ	1	13357806.69**	11377.77**	809.08**	1217.23**	0.03**	216.90**	116.16**	0.07**	0.01**	0.10**	0.01**	926.86**	8000.30**	0.01**	0.01 ^{ns}	3481.00**
خطا	34	285543.50	0.75	1.45	4.05	0.01	0.95	0.92	0.01	0.01	0.01	0.01	1.10	1.75	0.01	0.01	3.23
ضریب تغییرات		10.5	0.9	1.0	0.8	1.1	2.6	1.5	1.2	9.1	3.1	1.11	1.4	0.5	0.6	0.6	0.9

* و ** به ترتیب معنی دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^{ns} نبودن اختلاف معنی دار.
*** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

دانه پر و کم‌ترین ضریب تغییرات مربوط به Fv'/Fm' بود که این مطلب نشان‌دهنده این است که لاین‌های مورد بررسی از نظر وزن دانه پر دارای بیشترین تنوع فنوتیپی و از نظر Fv'/Fm' دارای کمترین تنوع فنوتیپی است (جدول ۵).

تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط زیرسطحی نشان داد که اختلاف بین ژنوتیپ‌ها در همه صفات به‌جز مساحت برگ پرجم، وزن دانه پر qN و Fv در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در شرایط زیرسطحی بیشترین ضریب تغییرات مربوط به وزن

جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط زیرسطحی
Table 5- Analysis of variance of traits in underneath conditions

منابع تغییر Source of variation	df	ارتفاع Height	وزن کل Total weight	تعداد خوشه بارور Number of fertile panicle	تعداد خوشه نابارور Number of infertile	وزن کل خوشه‌ها Total weight of panicles	طول خوشه اصلی Main panicle length	طول خوشه از غلاف Length of panicle from pod	طول برگ Flag leaf length	عرض برگ Flag leaf width	مساحت برگ Flag leaf area	تعداد خوشه اولیه Number of primary branches	تعداد دانه پر Number of filled grain	تعداد دانه بوچ Number of unfilled grain	باروری Fertility	وزن دانه پر Weight of filled grain	وزن کل دانه All grain weight
ژنوتیپ Genotype	1	720.02**	1616.18**	272.25**	69.44**	738.00**	164.69**	175.52**	27.56**	0.05**	0.04 ^{ns}	5.44**	1284.02**	658.77**	500.46**	0.01 ^{ns}	2952.11**
خطا Error	34	2.90	17.50	1.19	0.22	0.67	0.61	0.20	0.72	0.01	2.93	0.47	1.22	2.03	0.09	0.02	3.75
ضریب تغییرات C.V		2.00	8.31	5.57	8.08	4.00	4.31	9.34	3.98	9.7	12.7	10.99	1.5	2.4	0.6	10.6	2.7

* و ** به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^{ns} نبودن اختلاف معنی‌دار.
*** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

ادامه جدول ۵- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در شرایط زیرسطحی
Continue to Table 5- Analysis of variance of traits in underneath conditions

منابع تغییر Source of variation	df	عملکرد Yield	رسیدگی Ripe	F'	Fm	Y(II)	EIR	F _O	qP	qN	qL	NPQ	F _o	Fm	Fv/Fm	Fv'/Fm'	Fv
ژنوتیپ Genotype	1	10150256.16**	10033.36**	900.00**	491.36**	0.03**	14.69**	245.44**	0.07**	0.01 ^{ns}	0.38**	0.01**	2100.69**	2116.00**	0.01**	0.01**	0.02 ^{ns}
خطا Error	34	164538.74	1.18	1.24	2.20	0.01	0.63	0.78	0.01	0.01	0.01	0.01	0.53	4.46	0.01	0.01	5.18
ضریب تغییرات C.V		9.6	1.4	0.8	0.6	1.6	2.9	1.8	1.5	9.5	3.1	3.3	0.8	0.9	0.8	0.5	1.6

* و ** به ترتیب معنی‌دار بودن در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد. ^{ns} نبودن اختلاف معنی‌دار.
*** Probability levels at 0.05 and 0.01, respectively, ns no significant difference.

زیرسطحی است؛ نتایج نیز نشان داد عملکرد در هکتار در شرایط غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری از نظر این صفت بین ژنوتیپ‌ها وجود داشت. طول، عرض و مساحت برگ پرجم در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط زیرسطحی بود. مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب و زیر سطحی نشان داد ژنوتیپ AE121 عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارد (جدول ۶). هوانگ و همکاران (Hwang *et al.*, 1989) نشان دادند که تنش آبی، طول خوشه را در برنج کاهش داد. جیانگ و همکاران (Jiang *et al.*, 1991) اختلاف معنی‌داری را برای عملکرد، تحت مدیریت‌های مختلف آبیاری در برنج مشاهده نمودند. میرلوحی و همکاران (Mirlohi *et al.*, 2004) نیز نشان دادند که در شرایط غرقاب بعضی عناصر غذایی به شکل محلول و قابل جذب گیاه تبدیل می‌شود، در نتیجه باعث رشد بهتر گیاه و افزایش عملکرد آن می‌گردد. با مقایسه آبیاری غرقاب و زیرسطحی تفاوت در پارامترهای فلورسانس کلروفیل مشاهده شد (جدول ۶). یکی از روش‌های تعیین اختلال در سیستم فتوسنتزی اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل است که بازتاب وضعیت فتوشیمیایی گیاه می‌باشد (Mohammadi *et al.*, 2008).

مقایسه میانگین: مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی نشان داد اجزای عملکرد شامل: وزن دانه پر، وزن کل دانه، تعداد خوشه بارور و اولیه و تعداد دانه پر در شرایط غرقاب دارای میانگین بالاتری نسبت به شرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری بین ژنوتیپ‌ها از نظر این صفات وجود داشت (جدول ۶). جورامی و همکاران (Juraimi *et al.*, 2009) در بررسی اثر رژیم‌های مختلف آبیاری بر رشد و عملکرد برنج گزارش کردند که ارتفاع بوته در شرایط آبیاری غرقاب دائم بیشتر از تیمارهای رژیم‌های مختلف آبیاری بود.

مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ AE121 از نظر ارتفاع کل و صفات مربوط به عملکرد مانند وزن کل خوشه‌ها، وزن دانه کل، تعداد خوشه بارور و تعداد دانه پر میانگین بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارد (جدول ۶). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط زیرسطحی نیز نشان داد ژنوتیپ AE121 دارای میانگین بالاتری از نظر ارتفاع و وزن کل، وزن کل خوشه‌ها، وزن کل دانه و دیگر صفات مربوط به عملکرد بود (جدول ۶). با توجه به بالا بودن صفات عملکردی در شرایط غرقاب طبیعی است که میانگین عملکرد در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط

جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی، غرقاب و زیرسطحی
Table 6- Mean comparison of traits in flooding and underneath conditions, flooding and underneath.

	ارتفاع Height (cm)	وزن کل Total weight (g)	تعداد خوشه بارور Number of fertile panicle	تعداد خوشه نا بارور Number of infertile	وزن کل خوشه ها Total weight of panicles (g)	طول خوشه اصلی Main panicle length (cm)	طول خروج خوشه از غلاف Length of panicle from pod (cm)	طول برگ برج Flag leaf length (cm)	عرض برگ برج Flag leaf width (cm)	مساحت برگ برج Flag leaf area (cm ²)	تعداد خوشه اولیه Number of primary branches	تعداد دانه پر Number of filled grain	تعداد دانه خالی Number of unfilled grain	وزن دانه پر Weight of filled grain (g)	وزن کل دانه All grain weight (g)	عملکرد Yield	رسیدی Ripening	
مقایسه شرایط غرقاب و زیرسطحی																		
Compare the conditions of flooding and underneath																		
Flooding	94.30 ^a	61.34 ^a	24.04 ^a	4.23 ^b	25.04 ^a	20.68 ^a	5.78 ^a	24.40 ^a	0.95 ^a	17.33 ^a	8.70 ^a	92.33 ^a	15.61 ^b	85.35 ^a	2.03 ^a	88.18 ^b	5069.84 ^a	88.41 ^a
Underneath	84.80 ^b	50.14 ^b	19.51 ^b	5.87 ^a	20.36 ^b	18.14 ^b	4.85 ^b	21.40 ^b	0.84 ^b	13.52 ^b	6.88 ^b	75.53 ^b	59.17 ^b	56.03 ^b	1.58 ^b	70.81 ^b	4223.14 ^b	78.62 ^a
مقایسه ارقام در شرایط غرقاب																		
Compare of varieties in flooding condition																		
87.110	87.79 ^b	53.44 ^b	20.50 ^b	5.56 ^a	19.33 ^b	18.34 ^b	8.24 ^a	25.38 ^a	0.91 ^b	17.27 ^b	7.72 ^b	83.22 ^b	17.44 ^a	82.67 ^b	1.97 ^a	75.67 ^b	4477.20 ^b	71.11 ^b
AE121	101.17 ^a	69.67 ^a	27.78 ^a	2.83 ^b	31.06 ^a	23.15 ^a	3.18 ^b	23.36 ^b	0.99 ^a	17.39 ^a	9.72 ^a	101.94 ^a	13.67 ^b	88.19 ^a	2.08 ^a	101.39 ^a	5695.40 ^a	106.67 ^a
مقایسه ارقام در شرایط زیرسطحی																		
Compare of varieties in underneath condition																		
87.110	80.44 ^b	43.62 ^b	16.83 ^b	7.22 ^a	15.96 ^b	16.06 ^b	7.00 ^a	22.25 ^a	0.80 ^b	13.49 ^b	6.50 ^b	69.72 ^a	63.33 ^a	52.40 ^b	1.60 ^a	62.00 ^b	3706.50 ^b	62.00 ^b
AE121	89.39 ^a	57.02 ^a	22.33 ^a	4.44 ^b	25.01 ^a	20.33 ^a	2.58 ^b	20.50 ^b	0.88 ^a	13.56 ^a	7.28 ^a	81.67 ^a	54.78 ^b	59.86 ^a	1.56 ^b	80.11 ^a	4768.50 ^a	95.39 ^a

ادامه جدول ۶- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی، غرقاب و زیرسطحی
Continue to Table 6- Mean comparison of traits in flooding and underneath conditions, flooding and underneath.

	F'	Fm	Y(II)	ETR	F0	qP	qN	qL	NPQ	Fo	Fm	Fv/Fm	Fv'/Fm	Fv
Flooding	113.57 ^b	237.58 ^a	0.52 ^a	37.13 ^a	65.73 ^a	0.72 ^a	0.14 ^b	0.42 ^a	0.16 ^b	76.32 ^b	277.14 ^a	0.72 ^a	0.72 ^b	200.82 ^a
Underneath	136.08 ^a	227.96 ^a	0.40 ^b	27.65 ^b	48.40 ^b	0.51 ^b	0.25 ^a	0.18 ^b	0.36 ^a	64.12 ^a	238.26 ^b	0.61 ^b	0.79 ^a	144.13 ^b
87.110	108.96 ^b	243.24 ^a	0.55 ^a	39.52 ^a	67.48 ^a	0.76 ^a	0.16 ^a	0.47 ^a	0.17 ^a	81.25 ^a	291.64 ^a	0.72 ^b	0.72 ^a	210.38 ^a
AE121	118.44 ^a	231.61 ^b	0.49 ^b	34.61 ^b	63.88 ^b	0.67 ^b	0.12 ^b	0.36 ^b	0.15 ^b	71.11 ^b	261.83 ^b	0.73 ^a	0.72 ^b	190.72 ^b
87.110	131.22 ^b	231.55 ^a	0.43 ^a	28.22 ^a	50.94 ^a	0.56 ^a	0.25 ^a	0.22 ^a	0.36 ^a	101.55 ^a	245.72 ^a	0.59 ^b	0.78 ^b	144.16 ^a
AE121	141.22 ^a	224.66 ^b	0.37 ^b	27.00 ^b	45.72 ^b	0.46 ^b	0.23 ^b	0.15 ^b	0.35 ^b	86.27 ^b	230.38 ^b	0.63 ^a	0.80 ^a	144.11 ^a

فلورسانس ثابت (F)، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به نور اشباع (Fm)، کارایی واقعی فتوسنتزی فتوسنتز (Y(II)، سرعت انتقال الکترون از طریق فتوسنتز (ERT)، فلورسانس پایه در حالت قرار گرفته تحت نور اشباع (Fo)، یا پراکنش فتوسنتزی انرژی جذب شده (qP)، ضریب خاموشی غیر فتوسنتزی فلورسانس (qN)، ضریب خاموشی فتوسنتزی متصل به PSII (qL)، پراکنش غیر فتوسنتزی فوتون‌های جذب شده (NPQ)، فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fv)، فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fm)، حداکثر کارایی فتوسنتزی فتوسنتز (Fv/Fm)، کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع (Fv'/Fm)، فلورسانس متغیر در حالت سازگار شده به تاریکی (Fv).

کمپلکس آنزیم تجزیه‌کننده آب و همچنین چرخه انتقال الکترون در درون یا اطراف فتوسنتز II ارتباط داشته باشد (Zlatev and Yordanov, 2004). ممنوعی و سید شریفی (Mamnoei and Seyed Sharifi, 2010) در بررسی تاثیر محدودیت آبی بر شاخص‌های فلورسانس کلروفیل ارقام مختلف جو بیان کردند که به دلیل افزایش Fo و کاهش Fm کارایی فتوسنتز II طی تنش آبی کاهش یافت. نتایج مقایسه میانگین در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی نشان داد در شرایط غرقاب مقدار پارامتر Fv بیشتر از شرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری بین دو شرایط آبیاری وجود دارد. مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ 87.110 دارای Fv بالاتری نسبت به ژنوتیپ AE121 است. در شرایط زیرسطحی هر دو ژنوتیپ در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۶). بالا بودن Fv نشان‌دهنده بالا بودن عملکرد در ژنوتیپ‌ها است (Rostaei et al., 2009). مقایسه میانگین عملکرد که در جدول ۶ مشاهده می‌شود نیز این امر را تایید می‌کند. سرعت انتقال الکترون از فتوسنتز (ETR) در حالت غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی بود. در شرایط فقدان تنش مقدار این پارامتر افزایش می‌یابد که بالا بودن آن در شرایط غرقاب حاکی از بهتر بودن شرایط نسبت به زیرسطحی است. کاهش میزان ETR را می‌توان به افزایش تراکم یون‌ها در سیتوسل و به دنبال آن از هم پاشیدگی پلاستوسیانین در مجموعه فتوسنتز ۱ نسبت داد که نتیجه آن کاهش انتقال الکترون بین فتوسنتز ۱ و ۲ است (De Lucena et al., 2012). مقایسه

فلورسانس پایه در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fo) در شرایط زیرسطحی بالاتر از شرایط غرقاب بود. فلورسانس حداکثر در حالت‌های سازگار شده به تاریکی (Fm) نیز در حالت غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی بود (جدول ۶). شاخص‌های Fo و Fm از پارامترهای مهم به‌شمار می‌روند که برای ارزیابی مقایسه‌ای دیگر پارامترهای فلورسانس اندازه‌گیری می‌شوند. گرچه این دو پارامتر اساس محاسبه دیگر متغیرهای فلورسانس را تشکیل می‌دهند اما مقدار آن‌ها متغیر است. افزایش Fo و کاهش Fm گویای آسیب رسیدن به انتقال فوتون‌های جذب شده از آنتن‌ها به مراکز واکنش است (Schreiber et al., 1998). بنابراین افزایش Fo مشاهده شده می‌تواند مربوط به آسیب دستگاه فتوسنتزکننده مانند غیر فعال شدن بخشی از مراکز واکنش فتوسنتز ۲ باشد که ممکن است برگشت‌پذیر یا غیرقابل جبران باشد (Yamane et al., 1997). بالا بودن Fm در حالت غرقاب نیز نشان‌دهنده بهتر بودن این شرایط نسبت به شرایط زیرسطحی برای این پارامتر مهم فلورسانس است. مقایسه این دو صفت در شرایط غرقاب برای دو ژنوتیپ نشان داد ژنوتیپ AE121 در Fo دارای میانگین کمتری نسبت به 87.110 بود که این امر دلیل بر برتر بودن ژنوتیپ AE121 از نظر این صفت است. Fm در ژنوتیپ 87.121 بالاتر از ژنوتیپ AE121 بود. در شرایط زیرسطحی مقدار Fo در ژنوتیپ AE121 کمتر از ژنوتیپ 87.110 بود و اما مقدار Fm در ژنوتیپ 87.110 بالاتر از ژنوتیپ AE121 بود (جدول ۶). افت Fm ممکن است با کاهش فعالیت

87.110 بود که این موضوع در شرایط زیرسطحی نیز تکرار شد (جدول ۴).

مقایسه میانگین شرایط غرقاب و زیرسطحی نشان داد میزان پارامتر qN در شرایط زیرسطحی بالاتر است (جدول ۳). میزان این پارامتر در شرایط غرقاب در ژنوتیپ 87.110 بالاتر است (جدول ۶)، در حالی که در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ AE121 دارای میزان qN بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارد. در گیاهانی که مقاومت بیشتری به تنش دارند میزان qP و $Y(II)$ بیشتر است و کمترین میزان هدر رفت انرژی (qN) وجود دارد (Baker and Horton, 1987). رتو و همکاران (Reto et al., 2004) گزارش کردند در سیب‌زمینی در شرایط تنش خشکی بین ژنوتیپ‌ها از نظر پارامتر Fv تفاوت معنی‌داری وجود دارد.

مقایسه عملکرد در دو آزمایش

نتایج مقایسه میانگین نشان داد در آبیاری غرقاب در هر دو آزمایش میزان عملکرد بالاتر از شرایط زیرسطحی است و اختلاف معنی‌داری بین دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی وجود دارد. مقایسه ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ AE121 دارای پتانسیل بالاتری از نظر عملکرد است. با توجه به نتایج به‌دست آمده در شرایط زیرسطحی نیز می‌توان مشاهده کرد ژنوتیپ AE121 در رسیدن به عملکرد بالا موفق‌تر از ژنوتیپ 87.110 است. با توجه به تکرار این نتیجه در شرایط غرقاب و زیرسطحی می‌توان ژنوتیپ AE121 را به‌عنوان ژنوتیپی با عملکرد بالاتر معرفی کرد (جدول ۷).

کارایی مصرف آب

آب به‌عنوان یکی از پارامترهای اساسی در تولید محصول، قابل بحث می‌باشد تا بتوان از آن برای دستیابی به بیشترین تولید، استفاده کرد. برای تعیین کارایی مصرف آب از مهم‌ترین تعریف آن در کشاورزی (عملکرد اقتصادی تولید شده به‌زای آب مصرف شده در واحد سطح) استفاده شد. نتایج نشان داد در آزمایش اول حداکثر کارایی مصرف آب مربوط به شرایط زیرسطحی است. این نتیجه در آزمایش دوم نیز تکرار شد. در شرایط غرقاب میزان آب مصرفی ۶۵۴۰ متر مکعب بیشتر از شرایط زیرسطحی بود، در آزمایش اول عملکرد در شرایط غرقاب ۸۶۴/۷۱ کیلوگرم بیشتر از شرایط زیرسطحی و این میزان در آزمایش دوم در شرایط غرقاب ۱۲۶۷/۳۴ کیلوگرم بیشتر از شرایط زیرسطحی بود (جدول ۷). استفاده از روش‌های آبیاری غیرغرقابی برای کاهش مصرف آب و به‌عنوان یکی از راهکارهای مقابله با کم‌آبی توسط محققان مورد تایید قرار گرفته است (Rezaei and Nahvi, 2003). حیدری (Heidari, 2011) با استفاده از آمار سطح زیرکشت محصولات انتخابی در مناطق مختلف و ارقام متوسط کارایی مصرف آب، نشان داد متوسط وزنی شاخص کارایی مصرف آب کشور ۱/۳۸ کیلوگرم بر متر مکعب آب می‌باشد.

میانگین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ 87.110 دارای میانگین بالاتری از نظر پارامتر ETR دارد. همچنین این مقایسه در شرایط زیرسطحی نیز بیانگر برتری این ژنوتیپ بر ژنوتیپ AE121 بود (جدول ۵). پتانسیل فتوشیمیایی فتوسیستم ۲ (Fv/Fm) بیانگر ظرفیت جذب انرژی القایی توسط برگ است و معمولاً به‌عنوان پیامد اثرات عوامل نامساعد محیطی مانند خشکی، شوری و سرما کاهش می‌یابد. در شرایطی که عوامل محیطی برای گیاه بازدارنده نباشند، نسبت Fv/Fm در دامنه ۰/۷۵ تا ۰/۸۵ (بسته به گونه گیاه) قرار دارد (Schreiber et al., 1998). کاهش نسبت مذکور به کمتر از مقدار طبیعی (۰/۷۵) حاکی از فتواکسیدان نوری و آسیب رسیدن به مراکز واکنش فتوسیستم ۲ است (Kaouther et al., 2012).

مقایسه دو شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی نشان داد پارامتر Fv/Fm در شرایط غرقاب بالاتر از شرایط زیرسطحی است (جدول ۶). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها برای صفت Fv/Fm در شرایط غرقاب نشان داد ژنوتیپ 87.110 دارای مقدار بالاتری است ولی در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ AE121 از نظر این صفات مقدار بالاتری را نشان داد (جدول ۶). سید (Sayed, 2003) گزارش کرد ژنوتیپ‌های با نسبت بالای Fv/Fm در شرایط تنش شدید کارایی فتوسنتزی بالاتری دارند. باسا و همکاران (Basu et al., 1998) بیان داشتند که تنش خشکی تاثیر معنی‌داری بر کارایی فتوشیمیایی فتوسیستم II سیب‌زمینی دارد و با افزایش شدت تنش مقدار آن کاهش می‌یابد، اما با رفع تنش در گیاه به حالت اولیه خود برمی‌گردد. کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی تحت نور اشباع ($F'v/F'm$) در شرایط غرقاب بیشتر از شرایط زیرسطحی بود که بالا بودن این پارامتر نشان‌دهنده مطلوب بودن شرایط آبیاری غرقاب نسبت به زیرسطحی است. اصطلاح $F'v/F'm$ به پارامتر جنتی (Genty) معروف است (De Lucena et al., 2012) و بیانگر کارایی تبدیل انرژی الکترون‌ها به انرژی شیمیایی توسط مراکز واکنش باز در فتوسیستم ۲ است (جدول ۶). پارامتر $F'v/F'm$ تغییرات در کارایی کوانتومی فتوسنتز را به‌خوبی آشکار می‌کند و کاهش آن نشان‌دهنده کاهش انتقال الکترون بین فتوسیستم ۱ و ۲ است (Baker and Horton, 1987). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها برای پارامتر $F'v/F'm$ در شرایط غرقاب هر دو ژنوتیپ را در یک گروه قرار داد (جدول ۶)، اما در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ 87.110 از نظر این صفت مقدار بیشتری را دارا بود (جدول ۶).

NPQ یا پراکنش غیرفتوشیمیایی انرژی جذب شده از پارامترهایی است که در شرایط عدم تنش مقدار پایینی دارد. در پژوهش حاضر نیز مقدار این پارامتر در شرایط غرقاب کمتر از شرایط زیرسطحی است که نشان‌دهنده مطلوب بودن شرایط غرقاب برای این پارامتر فلورسانس است (جدول ۳). مقایسه میانگین بین ژنوتیپ‌ها نشان‌دهنده بالاتر بودن پارامتر NPQ در شرایط غرقاب در ژنوتیپ

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد در مجموع شرایط غرقاب و زیرسطحی، غرقاب و زیرسطحی در دو آزمایش

Table 7- Mean comparison of yield in flooding and underneath conditions, flooding and underneath in both experiment

شرایط Conditions	آزمایش اول	آزمایش دوم
	First experiment	Second experiment
	عملکرد Yield (kg.ha ⁻¹)	عملکرد Yield (kg.ha ⁻¹)
مقایسه شرایط غرقاب و زیرسطحی Compare the conditions of flooding and underneath		
Flooding	50.69.84 ^a	5407.50 ^a
Underneath	4223.13 ^b	4140.16 ^b
مقایسه ارقام در شرایط غرقاب Compare of varieties in flooding condition		
87.110	4477.20 ^b	4705.00 ^b
AE121	5695.40 ^a	6110.00 ^a
مقایسه ارقام در شرایط زیرسطحی Compare of varieties in underneath condition		
87.110	3706.50 ^b	3633.33 ^b
AE121	4768.50 ^a	4247.00 ^a

جدول ۸- مقایسه کارکرد مصرف آب در دو آزمایش در شرایط غرقاب و زیرسطحی

Table 8- Comparison of water efficiency in two experiment under flooding and underneath conditions

روش آبیاری Irrigation method	میزان آب مصرفی Amount of water consumed (m ³ .ha ⁻¹)	آزمایش اول		آزمایش دوم	
		First experiment	Second experiment	First experiment	Second experiment
		عملکرد Yield (kg.ha ⁻¹)	کارایی مصرف آب Water efficiency (kg.m ⁻³ .ha ⁻¹)	عملکرد Yield (kg.ha ⁻¹)	کارایی مصرف آب Water efficiency (kg.m ⁻³ .ha ⁻¹)
غرقاب Flooding	13300	5069.84	0.3811	5407.50	0.4065
زیرسطحی Underneath	6850	4223.13	0.6165	4140.16	0.6044

نتیجه گیری

در آب استفاده از سیستم آبیاری زیر سطحی با کپسول‌های متخلخل می‌تواند راهکار بسیار موثری در ذخیره آب زیرزمینی باشد. در واقع نقطه بهینه‌ای برای بهره‌وری زمین و آب وجود دارد و این رابطه بدین معناست که افزایش کارایی مصرف آب ناشی از افزایش عملکرد همیشه مستقیم نبوده و بعد از نقطه بهینه با افزایش بیشتر عملکرد، کارایی مصرف آب پایین می‌آید.

سپاسگزاری

این مقاله مستخرج از طرح ملی توسعه، ترویج و تکثیر ارقام برنج به روش کم‌آبیاری در مناطق شمال شرق کشور می‌باشد. لذا بدین‌وسیله از معاونت علمی و فناوری ریاست جمهوری جهت حمایت‌های مالی و معنوی تشکر و قدردانی می‌شود. همچنین از جناب آقای دکتر مهدی ملاشاهی، سرکار خانم دکتر فاخترک طلایی، سرکار خانم مهندس شریفه محمدآلی، جناب آقای دکتر عبدالطیف قلیزاده، جناب آقای دکتر احمدرضا دادرس، جناب آقای مهندس عبدالله آتابای و جناب آقای مهندس محمد جواد بهروزبه تشکر و قدردانی می‌گردد.

نتایج تجزیه واریانس هر دو آزمایش در صفات مورد بررسی نشان داد بین شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی و همچنین بین ژنوتیپ‌ها در شرایط آبیاری غرقاب و زیرسطحی اختلاف وجود دارد. مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها در شرایط غرقاب و زیرسطحی نشان داد ژنوتیپ AE121 نسبت به ژنوتیپ 87.110 دارای پتانسیل بالاتری است و می‌توان کشت آن را برای دستیابی به عملکرد بالا توصیه نمود. در شرایط غرقاب و همچنین زیرسطحی ژنوتیپ AE121 دارای عملکرد بالاتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 بود. در شرایط غرقاب ژنوتیپ AE121 از نظر پارامترهای Fo، qN، Fv/Fm، Fv/Fm، F' و NPQ دارای برتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 بود. همچنین در شرایط زیرسطحی ژنوتیپ AE121 از نظر پارامترهای Fo، F'، Fv/Fm برتری نسبت به ژنوتیپ 87.110 بود.

نظر به این‌که در این بررسی میزان عملکرد در شرایط زیرسطحی با توجه به متوسط عملکرد برنج در منطقه قابل قبول می‌باشد و باتوجه به کاهش روزافزون منابع آب و میزان قابل توجه صرفه‌جویی

References

1. Abdi, P. 2005. Economic Performance Assessment of Small Agricultural Water Supply Structures. *Journal of Water and Soil Science* 19 (2): 301-302. (in Persian).
2. Abu-Zreig, M. M., Abe, Y., and Isoda, H. 2006. The auto-regulative capability of pitcher irrigation system. *Agricultural Water Management* 85 (3): 272-278.
3. Asadi, R., Rezaei, M., and Motamed, M. K. 2004. A simple solution for dealing with droughts in Mazandaran Rice Fields. *Journal of Drought and Agricultural Drought* 14: 87-90. (in Persian).
4. Bainbridge, D. A. 2001. Buried clay pot irrigation: A little known but very efficient traditional method of irrigation. *Agriculture Water Management* 48: 79-88.
5. Baker, N. R., and Horton, P. 1987. Chlorophyll fluorescence quenching during photoinhibition. In: *Photoinhibition* (D.J. Kyle, C.B. Osmond, C.J. Arntzen, (eds.) Elsevier Scientific Publisher, Amsterdam. 85-94.
6. Bastani, S. 2003. Ground water irrigation scheme with clay pipes. 7th seminar of Iranian national committee on Irrigation and Drainage 26: 1-22. (in Persian).
7. Basu, P., Ashoo, S., and Sukumaran, N. 1998. Changes in net photosynthetic rate and chlorophyll fluorescence in potato leaves induced by water stress. *Photosynthetic* 19: 13-35.
8. Bilger, W., and Bjorkman, O. 1990. Role of the xanthophyll cycle in Photoprotection elucidated by measurements of light-induced absorbance changes, fluorescence and photosynthesis in leaves of *Hedera canariensis*. *Photosynthesis Research* 25: 173-185.
9. Bolhar-Nordenkampf, H. R., and Oquist, G. 1993. Chlorophyll fluorescence as a tool in photosynthesis research. In: *Photosynthesis and Production in a Changing Environment: A Field and Laboratory Manual* (Eds. Hall, D. O., Scurlock, J. M. O., Bolhar-Nordenkampf, H. R.; Leegood, R. C.; Long, S. P.). Pp. 193-206. London: Chapman & Hall.
10. Bouman, B. A. M., Lampayan, R. M., and Tuong, T. P. 2007. Water management in irrigated rice- coping with water scarcity. Los Banose (Philippines): International Rice Research Institute 54p.
11. De Lucena, C. C., De Siqueira, D. L., Martinez, H. N., and Cecon, P. R. 2012. Salt stress change chlorophyll fluorescence in mango. *Revista Brasileira Fruticultura* 34: 1245-1255.
12. Genty, B., Briantais, J. M., and Baker, N. R. 1989. Relationship between the quantum yield of photosynthetic electron transport and quenching of chlorophyll fluorescence, *Biochimica et Biophysica Acta* 990: 87-92.
13. Ghorbani vaghei, H., Bahrami, H. A., Alizade, P., and Nasiri saleh, F. 2011. Hydraulic Properties of Porous Clay Capsules and its Effect on Soil Moisture Distribution. *Iranian Water Research Journal* 5 (9): 1-10. (in Persian).
14. Ghorbani, H. R., Samizade Lahiji, H., Rabiei, B., and Gholipor, M. 2011. Grouping of different rice genotypes using factor analysis and cluster analysis. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 21 (3): 89-104. (in Persian).
15. Gilmore, A. M. 2004. Chlorophyll a Fluorescence. In: *A signature of Photosynthesis* (Eds. Papageorgiou, G. C. and Govindjee, D.), Pp.55-600. Springer, Dordrecht.
16. Heidari, N. 2011. Determination and evaluation of water use efficiency index of crops managed by farmers in the country. *Journal of Water and Irrigation Management* 1 (2): 43-57. (in Persian).
17. Hwang, C. J., Kim, K. T., Oh, N. K., and Jeong, J. U. 1989. The effect of drought at the reproductive stage on degeneration, sterility, ripening and nutrient uptake of rice. *Research Reports of the Rural Development of Administration, Rice*. 31: 36-42.
18. Iguaz, A., Rodriguez, M., and Virseda, P. 2005. Influence of handling and processing of rough rice on fissured and head rice Yields. *Journal of Food Engineering* 77: 803-809.
19. Jiang, H., Jiang, G. L., Wang, G. L., Wu, J. L., He, Z. B., and Shen, J. L. 1991. Identification of drought resistance in rice germplasm resources. *Jiangsu, Agricultural Science* 1: 10-12.
20. Juraimi, A. S., Saiful, M. A. H., Beegum, M., Anuar, A. R., and Azmi, M. 2009. Influence of flooding intensity and duration on rice growth and yield. *Pertanika Journal of Tropical Agriculture Science* 32 (2): 195-208.
21. Kaouther, Z., Ben, Fredj, M., Mani, F., and Hannachi, C. 2012. Impact of salt stress (NaCl) on growth, chlorophyll content and fluorescence of Tunisian cultivars of chili pepper (*Capsicum frutescens* L.). *Journal of Stress Physiology and Biochemistry* 8: 236-252.
22. Kramer, D. M., Johnson, G., Kiirats, O., and Edwards, G. E. 2004. New flux parameters for the determination of QA redox state and excitation fluxes. *Photosynthesis Research* 79: 209-218.
23. Krause, G.H., and Weis, E. 1991. Chlorophyll fluorescence and photosynthesis: The basics. *Annual Review Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 42: 313-349.
24. Li, Y., and Barker, R. 2004. Increasing water productivity for paddy irrigation in china. *Paddy Water Environment* 2 (4): 187-193.
25. Mamnoei, E., and Seyed Sharifi, R. 2010. Study the effects of water deficit on chlorophyll fluorescence indices and the amount of proline in six barley genotypes and its relation with canopy temperature and yield. *Journal of Plant Biology* 5: 51-62.

26. Mao, Z. 2001. Water efficient irrigation and environmentally sustainable irrigated rice production in China. Wuhan University. Department of Irrigation and Drainage. 15p.
27. Mirlohi, A. F., Ehtemam, M. H., and Sabzalian, M. R. 2004. Investigating the factors of better rice growth in flooding conditions using Iranian cultivars. *Journal of Water and Soil Science* 8 (2): 121-133. (in Persian).
28. Mohammadi, H., Soltani, A., Sadeghipour, H., Zeinali, E., and Najafi Hezarjaribi, R. 2008. Effect of seed deterioration on vegetative growth and chlorophyll fluorescence in soybean (*Glycine max* L.). *Journal Agriculture Science and Natural Resource* 15 (5): 112-118.
29. Raeisi, T., and Sabouri, A. 2015. Validation and Analysis of Relationship between Microsatellite Markers Related to Drought Stress Tolerance and Salinity in Iranian Aerobic Rice Under Osmotic Stress. *Journal of Crop Biotechnology* 4 (10): 57-72. (in Persian).
30. Ranjbar Fardoei, A. 2017. Application of chlorophyll fluorescence indices in evaluating the performance of photosynthetic device khinjuk pistachio (*Pistacia khinjuk* L.) under osmotic stress. *Journal of plant process function* 6 (19): 247-254. (in Persian).
31. Reto, J. S., Michael, M. T., and Srivastava, A. 2004. Analysis of the chlorophyll a fluorescence transient. Pp: 2-38. In: Georg C and Govindjee P (Eds). *Chlorophyll Fluorescence: A Signature of Photosynthesis*.
32. Rezaei, M., and Nahvi, M. 2003. Effect of irrigation interval on rice yield. 11th seminar of Iranian national committee on Irrigation and Drainage. (in Persian).
33. Rezaei, M., and Nahvi, M. 2008. Effect of different irrigation management methods on water use efficiency and some characters of two native rice cultivars in Guilan. *Journal Agricultural Science* 1 (9): 15-25. (in Persian).
34. Rodericek, M., Florencia, G. R., Rodriguez, G. D. P., lampayan, R. M., and Bouman, B. A. M. 2011. Impact of the alternate wetting and drying (AWD) water-saving irrigation technique: Evidence from rice producers in the Philippines. *Food Policy* 36 (2): 280-288.
35. Rostaei, M., Mohamadi, A., Omri, A., Nashit, M., and Haghparast, R. 2009. Evaluation of drought tolerance in recombinant inbred lines of bread wheat from crosses of Azar 2 and 87Zhong291 cultivars using chlorophyll fluorescence parameters. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production* 19 (1): 21-34. (in Persian).
36. Sayed, O. H. 2003. Chlorophyll fluorescence as a tool in cereal research. *Photosynthetica* 3: 321-330.
37. Schreiber, U., Bilger, W., Hormann, H., and Neubauer, C. 1998. Chlorophyll fluorescence as a diagnostic tool: basics and some aspects of practical relevance. In: *Photosynthesis: a Comprehensive Treatise*. Cambridge: Cambridge University Press.
38. Schreiber, U., Schliwa, U., and Bilger, W. 1986. Continuous recording of photochemical and non-photochemical chlorophyll fluorescence quenching with a new type of modulation fluorometer. *Photosynthesis Research* 10: 51-62.
39. Shi, Q., Zeng, X., Li, M., Tan, X., and Xu, F. 2002. Effects of different water management practices on rice growth. In: "Water-wise rice production" Bouman, B. A. M., Hengisdijk, H., Hardy, B., Bindrabn, P.S., Tuong, T.P., Ladha JKNanchang. China.
40. Singh Samar, J. K., Ladh, R. K., Bhushan, G. L., and Raob, A. N. 2008. Weed management in aerobic rice systems under varying establishment methods. *Crop Protection* 27: 660-671.
41. Tuong, T. P., and B. A. M. Buman. 2003. Rice Production in water scarce environments. P. 53-6 Jkijne J.W., Barker R. and Molden D. (Eds). *Water Productivity in agriculture, limits and opportunities for improvement*. International Water Management. CABI Publishing Book. 352 Pp.
42. Yamane, Y., Kashino, Y., Koile, H., and Satoh, K. 1997. Increase in the fluorescence Fo level reversible inhibition of Photosystem II reaction center by high-temperature treatments in higher plants. *Photosynthesis Research* 52: 57-64.
43. Zhang, Y., Xie Z., Wang Y., Su P., An, L., and Gao H. 2011. Effect of water stress on leaf photosynthesis, chlorophyll content and growth of oriental lily. *Russian Journal of Plant Physiology* 58: 844-850.
44. Zlatev, Z. S., and Yordanov, I. T. 2004. Effects of soil drought on photosynthesis and chlorophyll fluorescence in bean plants. *Bulgarian Journal Plant Physiology* 30: 3-18.

Evaluation of Agronomic Traits and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Rice Genotypes under Flooding and Underneath Irrigation

H. Sabouri^{1*}, H. Ghorbani Vaghei², M. R. Jafarzade Razmi³, M. Rezaei⁴, A. Heshmatpour⁵, A. Sabouri⁶, M. Katozi⁷, S. Sanchouli⁸

Received: 10-04-2019

Accepted: 27-07-2019

Introduction

Rice is the second most important cereal in the world, and it has the highest water requirement among grain crops. Applying different irrigation methods is necessary in order to determine the best method to achieve maximum yield. Therefore, in this research, the effects of flooding and underneath conditions on chlorophyll fluorescence and agronomic traits of rice have been investigated.

Materials and Methods

This experiment was conducted in 2017 at the research farm of Gonbad-e-Kavos University. Two experiments were designed for agronomic and photosynthetic traits in flooding and underneath irrigation conditions in order to investigate two genotypes 87.110 (line selected from mass populations) and AE121 (an aerobic line). The first experiment was combined in two separate experiments (flooding and underneath) and 18 replicates. Given the uniformity of the ground, the base design was considered as CRD. The second experiment was conducted to compare the performance of irrigation methods and cultivars with the first experiment in a land with a greater area (100 m²) in three replications. The germinated seeds were transplanted to nursery on 12 May. During the stage, care was taken in the nursery, such as irrigation, fertilizer, aeration and weeding. In this design, the distance between the plots was one meter and the distance between the blocks was two meters, so that the adjacent plots had no effect on the moisture content. Transplantation was carried out after 3-4 leaves with the selection of healthy and uniform seedlings on June 20th by 20 × 20 cm spacing and three seedlings. In the method of flood irrigation, the land was prepared as usual. To prepare underneath irrigation treatments, each plot was removed to a depth of 40 cm and porous clay capsules were used. The irrigation system consisted of three main pipelines (the number of irrigation treatments), one valve head and one volume meter installed on each main pipe. The main tubes were spread along the floor and the water needed for each treatment was taken using 16 mm tubes at the beginning of each plot. By placing the pressure gauge at the beginning of the pipelines, the system pressure was modulated in the underwater irrigation system. At the end, the agronomic traits and chlorophyll fluorescence parameters were measured.

Results and Discussion

The results showed that in the first experiment, the maximum water use efficiency was related to underneath conditions. This result was also repeated in the second experiment. In terms of flooding, the amount of water consumed was 6540 units higher than underneath conditions. The amount of water consumed in flooding irrigation was 864.71 and 1267.34 units more than underneath irrigation in the first and second experiment, respectively. Differences between irrigation treatments and cultivars were significant in most agronomic traits except length, width and area of flag leaf, yield, total weight, number of infertile panicle and main panicle

1- Associate Professor of Plant Production, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavos, Iran

2- Assistant Professor of wood and Forest, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavos, Iran

3- Master of Plant Breeding and Laboratory Expert of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavos, Iran

4- MSc in Biotechnology, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavos, Iran

5- Assistant Professor of Range and Watershed Management, Faculty of Agriculture and Natural Resources, University of Gonbad-e-Kavos, Iran

6- Associate Professor of Department of Engineering of Production and Plant Genetics, Faculty of Agricultural Sciences, University of Guilan, Rasht, Iran

7- PhD. Student of Nuclear Agriculture, Faculty of Agricultural Sciences, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Iran

8- MSc in Biotechnology, Iran

(*- Corresponding Author Email: hos.sabouri@gmail.com)

length. Also, the effect of cultivar and irrigation methods were significant on chlorophyll fluorescence traits except F' and Y (II).

Conclusions

The results indicated that most of the studied traits in the floodwater irrigation conditions were better than the underneath irrigation. The yield was also higher in underneath conditions than in the case of flooding conditions. The results of analysis of variance of both experiment in the studied traits showed that there is a significant difference between flooding conditions and underneath irrigation and also between genotypes under irrigation conditions. The mean comparison in underneath conditions also showed that the AE121 genotype has a higher potential under both conditions and can be recommended for high yielding.

Keywords: Chlorophyll fluorescence, Clay capsule, Irrigation, Water efficiency, Yield

تأثیر حاصلخیزکننده‌های خاک بر ترکیبات فنلی، فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و عملکرد اندام‌های رویشی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش کم‌آبی

حامد کشاورز^۱، سید علی محمد مدرس ثانوی^{۲*}، فاطمه سفیدکن^۳، علی مختصی بیدگلی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۲/۱۶

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۶/۱۰

چکیده

کمبود آب در ایران همواره به‌عنوان عامل محدودکننده تولید محصولات زراعی و باغی به‌شمار می‌رود. در این شرایط، نحوه جذب عناصر غذایی و انجام فرآیندهای متابولیسمی گیاهان متفاوت بوده و می‌تواند سبب کاهش رشد گردد که میزان این کاهش همواره با تغییرات مهمی در خصوصیات کیفی گیاهان از جمله گیاهان دارویی همراه است. در همین راستا برای بررسی تنش کم‌آبی (در سه سطح بدون تنش، تنش متوسط و تنش شدید) و شش رژیم کودی (تأمین نیاز کود نیتروژن گیاه به‌وسیله تلفیقی از کود ورمی‌کمپوست و کود اوره)، آزمایشی در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال ۱۳۹۷ انجام شد. صفات مورد مطالعه شامل میزان کلروفیل، فلاوونوئید، آنتوسیانین، کارتوئید، DPPH فنول‌های کل، ارتفاع، شاخص سطح برگ، وزن خشک بیوماس، درصد و عملکرد اسانس بودند. نتایج حاکی از آن بود که تیمار کم‌آبی باعث کاهش میزان کلروفیل برگ، DPPH، ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس شد. اگرچه میزان فلاوونوئیدها، کارتوئید، فنل‌های کل و درصد اسانس با کم‌آبیاری متوسط افزایش و در کم‌آبیاری شدید دوباره کاهش یافتند. افزایش میزان ورمی‌کمپوست در تیمار کودی منجر به افزایش مقدار صفات فیزیولوژیک و رویشی گیاه نعناع فلفلی شد. مطابق نتایج به‌دست آمده از اثر متقابل دو تیمار، بیشترین ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب و تیمار ۱۴ تن ورمی‌کمپوست به‌دست آمد. بیشترین میزان فنل‌های کل در کم‌آبیاری متوسط و کود تلفیقی ۷۰ کیلوگرم اوره+۷ تن ورمی‌کمپوست حاصل شد. همچنین بیشترین درصد اسانس و میزان فلاوونوئیدها در کم‌آبیاری متوسط همراه با ۱۴ تن کود ورمی‌کمپوست مشاهده شد. به‌طور کلی نتایج نشان داد در بین رژیم‌های آبیاری، کود ورمی‌کمپوست هم در عملکرد رویشی و هم در صفات فیزیولوژیک گیاه اثر مثبتی داشت.

واژه‌های کلیدی: درصد اسانس، رنگدانه، کمپوست، DPPH

مقدمه

مواد غذایی را دارند. همچنین اسانس این گیاه کاربردهای متنوعی در پزشکی و صنایع داروسازی دارد.

نعناع فلفلی در طول رویش و برای تولید مواد موثره به مقدار زیادی عناصر غذایی نیاز دارد. تحقیقات نشان می‌دهد که مقادیر مناسب نیتروژن به میزان قابل‌توجهی سبب افزایش اسانس نعناع می‌شود (Ghanbari and Ariafar, 2013). از آنجا که نیتروژن جزو مهمی از مولکول کلروفیل است لذا هرچه عرضه آن بیشتر گردد برگ‌ها بزرگ‌تر شده و سطح کربن‌گیری افزایش می‌یابد. همراه با افزایش ساخته شدن مواد هیدروکربنه زیست‌توده گیاه نیز بیشتر می‌شود. از طرفی با افزایش سطح برگ تعداد کرک‌های ترشح‌کننده اسانس این گیاه زیادتر می‌شود که متعاقب آن مقدار اسانس استخراجی نیز افزایش می‌یابد. البته مقدار نیتروژن مصرفی حد آستانه‌ای دارد و افزایش بیش از حد کودهای نیتروژن منجر به کاهش اسانس خواهد شد (Abdel Rahman, 2008).

یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و نمو و پراکنش گیاهان تنش خشکی است. تنش خشکی معمولاً باعث ایجاد تنش اکسیداتیو می‌شود. این فرآیند از طریق بسته شدن دریچه روزنه‌ای اتفاق می‌افتد، که باعث کاهش شدید عمل زنجیره الکترونی

نعناع فلفلی یکی از پرمصرف‌ترین گیاهان دارویی است که مقدار مصرف سالانه‌ی اسانس آن در جهان به حدود ۷۰۰۰ تن می‌رسد (Kazem Alvandi et al., 2010). نعناع فلفلی یک گیاه دورگ (هیبرید) است که خود به‌خود در طبیعت به‌وجود آمده و والدین آن را *M. spicata* و *M. aquatica* ذکر کرده‌اند (Figueroa-Perez et al., 2014). طعم تند برگ‌های آن سبب معروفیت این گیاه به نام نعناع فلفلی شده است. بیشتر ترکیبات اسانس نعناع فلفلی از ترکیبات فنلی تشکیل شده است که دارای خواص آنتی‌اکسیدانی و ضد میکروبی می‌باشد و در نتیجه قابلیت استفاده به‌عنوان نگهدارنده در

۱- دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۲- استاد، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

۳- استاد، موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، تهران، ایران

۴- استادیار، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران
(Email: modaresa@modares.ac.ir)

*- نویسنده مسئول

استفاده از کودهای آلی مانند ورمی‌کمپوست به‌صورت غنی شده با کود شیمیایی در مقایسه با مصرف جداگانه، رشد و عملکرد گیاه را به میزان بیشتری افزایش می‌دهد که این امر به دلیل تأثیر کودهای شیمیایی مصرفی در کاهش زمان لازم برای تجزیه کودهای آلی و در نتیجه فراهم شدن عناصر تغذیه‌ای برای گیاه می‌باشد (Hosseinzadeh et al., 2016). در همین رابطه، گزارش شده که استفاده از مقادیر مختلف ورمی‌کمپوست در گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.) باعث افزایش کمیت و کیفیت اسانس، عملکرد اسانس و عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد می‌شود (Anwar et al., 2005).

تنش کم‌آبی ضمن کاهش محتوای آب در بافت‌های گیاهان باعث محدود شدن رشد و برخی تغییرات فیزیولوژیکی و متابولیکی در آن‌ها می‌گردد. در همین راستا، قابلیت دسترسی عناصر غذایی مختلف در خاک تحت تأثیر تنش کم‌آبی تغییرات قابل‌ملاحظه‌ای می‌یابد و گیاهی که خوب تغذیه شده باشد مقاومت بهتری به تنش کم‌آبی خواهد داشت (Sheteawi and Tawfik, 2007). از طرفی، باید به این نکته نیز اشاره کرد که استفاده هم‌زمان ورمی‌کمپوست و کود شیمیایی نه تنها فراهم شدن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه را افزایش می‌دهد بلکه با بهبود شرایط فیزیکی و فرآیندهای حیاتی خاک، با ایجاد یک بستر مناسب برای رشد ریشه، موجب جذب حداکثری از رطوبت خاک می‌شود (Darzi et al., 2010) که این واکنش در شرایط کم‌آبی می‌تواند مثمر ثمر باشد. در یک بررسی مشخص گردید که تنش کم‌آبی باعث بر هم زدن تعادل تغذیه‌ای در گیاهان می‌شود، البته با تغذیه مناسب می‌توان وضعیت رشد را در این شرایط تا حدی بهبود بخشید (Sheteawi and Tawfik, 2007).

ترکیبات فنلی یا پلی‌فنل‌ها با توجه به خواص درمانی متعدد (خاصیت ضد رادیکالی، خاصیت ضد سرطانی، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و نیز فعالیت ضد میکروبی) برای سلامت انسان مفید هستند. به این ترتیب اندازه‌گیری این مواد در ماده اولیه گیاهان دارویی به‌عنوان یک صفت کیفی محسوب می‌شود. عوامل متعددی بر درصد و میزان ترکیبات فنلی عصاره استخراجی از گیاه نعنای فلفلی مؤثر هستند. در این زمینه می‌توان به عوامل مختلفی مانند عوامل ژنتیکی، شرایط محیطی از جمله سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای، رطوبتی، میزان رسیدن و زمان برداشت اشاره کرد. حتی بین واریته‌های زراعی یک گونه نیز از نظر درصد و میزان ترکیبات فنلی تفاوت وجود دارد.

هرچند یکی از راه‌های مقابله با کمبود آب، استفاده از گیاهان مقاوم است اما در این بین می‌بایست ارزش اقتصادی گونه گیاهان را نیز در فرآیند تولید در نظر گرفت. بنابراین گمان می‌رود با به‌کارگیری کودهای مختلف از جمله کمپوست بتوان هم بر میزان تولید گیاه نعنای فلفلی افزود و هم سبب افزایش میزان ماده موثره آن در شرایط بروز تنش خشکی شد. با توجه به اهمیت نعنای فلفلی به‌عنوان یک

فتوستنتزی و افزایش تشکیل انواع اکسیژن فعال در کلروپلاست‌ها و میتوکندری‌ها می‌شود. انواع اکسیژن‌های فعال می‌توانند به‌وسیله آسیب‌های اکسیداتیو به چربی‌ها، پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، آنزیم‌ها و رنگدانه‌های فتوستنتزی باعث اختلال در متابولیسم‌های طبیعی گیاه شود (Abreu and Mazzafera, 2005). به‌منظور غلبه بر تنش اکسیداتیو، گیاهان دارای مکانیسم‌های دفاعی آنتی‌اکسیدانت آنزیمی و غیرآنزیمی می‌باشند تا انواع اکسیژن فعال را از بین ببرند. ترکیبات پلی‌فنلی از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت هستند. کارتنوئیدها مثل بتاکاروتن و گزانتوفیل‌ها، آنتی‌اکسیدانت‌های غیرآنزیمی هستند که می‌توانند انواع اکسیژن فعال را از بین ببرند و از دستگاه فتوستنتزی حفاظت می‌نمایند. رادیکال DPPH^{*} یک رادیکال لیپوفیل است که دارای جذب بیشینه است (میزان جذب مولی DPPH^{*} در طول موج ۵۱۵ نانومتر، $M^{-1}cm^{-1}$ ۱۲۵۰۰ است). در آزمون DPPH^{*}، رادیکال‌های DPPH^{*} با آنتی‌اکسیدانت‌ها واکنش داده و در نتیجه مقدار آن کاهش می‌یابد. بنابراین هرچه جذب کمتر باشد، گیاه دارای فعالیت آنتی‌اکسیدانتی بیشتری است (Hernandez et al., 2004).

عملکرد اندام هوایی و اسانس این گیاه به مقدار زیادی تحت تأثیر حاصلخیزی خاک و مسائل زراعی متعددی است. یکی از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به‌منظور حصول عملکرد با کمیت و کیفیت بالا، ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. استفاده از کودهای شیمیایی یکی از سریع‌ترین راه‌ها برای جبران کمبود عناصر غذایی خاک می‌باشد که گسترش چشمگیری یافته است. در بسیاری موارد استفاده از کودهای شیمیایی باعث آلودگی‌های محیطی و صدمات اکولوژیکی بسیاری می‌شود که خود سبب افزایش هزینه‌های تولید می‌گردد. یکی از راهکارهای رفع این مشکلات استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد. امروزه کودهای آلی به‌عنوان جایگزینی برای کودهای شیمیایی مطرح شده است. کودهای آلی قادرند عناصر غذایی پر مصرف را از فرم غیر قابل‌دسترس به فرم قابل‌دسترس تبدیل کرده و سبب بهبود رشد و نمو گیاه و نیز توسعه بیشتر سیستم ریشه‌ای گیاه شوند. همچنین مصرف کودهای آلی غالباً موجب بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک شده و حاصلخیزی آن را افزایش می‌دهد. کود آلی ورمی‌کمپوست شامل مخلوط زیستی بسیار فعالی از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی و پیله‌های کرم خاکی می‌باشد که استفاده از آن علاوه بر افزایش جمعیت و فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک، سبب فراهم شدن عناصر غذایی محلول مورد نیاز گیاه، بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و زیستی خاک و در مجموع بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. همچنین به علت داشتن ویژگی هوموسی، باعث نرمی بافت خاک، افزایش تهویه و ظرفیت نگهداری آب خاک، آزادسازی تدریجی مواد مغذی، کاهش آبشویی و از دست رفتن نیتروژن می‌گردد (Darzi et al., 2010). نتایج مطالعات برخی پژوهشگران نشان می‌دهد که

به‌منظور اعمال صحیح تیمارها، پس از تعیین ابعاد هر کرت، تیمارها به‌طور تصادفی به واحدهای آزمایشی منتسب شد. آبیاری به‌صورت قطره‌ای و با استفاده از نوارهای آبیاری انجام گردید (Nedkov and Georgiev, 1991). هر واحد آزمایشی شامل شش ردیف کاشت به فاصله ۳۵ سانتی‌متر (عرض ۲۱۰ سانتی‌متر) و به طول چهار متر بود و فاصله‌ای حدود ۱۵ سانتی‌متر بین ریزوم‌ها لحاظ گردید. مساحت هر کرت حدود ۸/۴ مترمربع (۲/۱×۴) بود. سپس بر اساس نقشه مزرعه کود ورمی‌کمپوست، توسط کارگر با خاک هر کرت به‌طور کامل مخلوط شد. پس از اعمال تیمارهای کود ورمی‌کمپوست، ریزوم‌های نعنای فلفلی در اواخر اسفند ماه کشت گردید. به‌منظور جلوگیری از تداخل تیمارهای آزمایشی و سایر مراحل اجرای آزمایش فاصله‌ای به اندازه ۱/۵ متر بین بلوک‌ها و ۰/۷۵ متر بین کرت‌ها، لحاظ شد. مبارزه با علف‌های هرز به‌وسیله وجین دستی انجام گرفت.

بعد از گذشت ۳۰ روز از کشت، تیمارهای آبیاری اعمال شد. قبل از آن تمام گیاهان به‌طور یکسان و زمانی که رطوبت خاک در حد ۷۵٪ ظرفیت زراعی بود آبیاری گردیدند. برای تعیین سطوح مختلف آبیاری از روابط ارائه شده توسط (Behera and Panda, 2009) استفاده شد. در این روش، برنامه زمان‌بندی آبیاری بر اساس درصد تخلیه آب خاک در منطقه ریشه است. مقدار آب خاک با استفاده از دستگاه انعکاس‌سنجی زمانی (TDR^2) در عمق ذکر شده تعیین شد. نسبت به نقطه ظرفیت زراعی از منحنی‌های کالیبراسیون برای تعیین رابطه بین مقدار عددی ارائه شده توسط دستگاه و مقدار حجمی رطوبت خاک استفاده گردید. همچنین برای تعیین و کنترل مقدار آب آبیاری از لوله‌های مجهز به کنتور استفاده شد با توجه به محاسبه ظرفیت زراعی مزرعه^۳ و نقطه پژمردگی دائم (PWP) که با آزمون خاک به‌دست آمد، حداکثر توان گیاه در تحمل تنش کم‌آبی محاسبه شد (Behera and Panda, 2009) (خروج حدوداً ۶۰ درصد از آب قابل دسترس خاک). در واقع خروج بیش از این مقدار باعث از بین رفتن گیاه می‌شد. از آنجا که در بررسی مقالات زمان آبیاری گیاه نعنای فلفلی بعد از خروج ۲۵ درصد آب قابل دسترس خاک عنوان شده بود (زمان مناسب آبیاری) (Omidbaigi et al., 2003)، بر این اساس اقدام به انتخاب سطوح تیمار تنش کم‌آبی کردیم. به‌طوری‌که آبیاری بعد از خروج ۲۵ درصد آب قابل دسترس خاک به‌عنوان شرایط بدون تنش کم‌آبی (شاهد)، آبیاری بعد از خروج ۴۰ درصد آب قابل دسترس خاک به‌عنوان شرایط تنش متوسط کم‌آبی و آبیاری بعد از خروج ۵۵ درصد آب قابل دسترس خاک به‌عنوان شرایط تنش شدید کم‌آبی انتخاب شدند. فواصل بین سطوح تنش کم‌آبی نیز مساوی در نظر گرفته شد تا از لحاظ محاسبات آماری مشکل ساز نباشد.

گیاه دارویی و لزوم جایگزینی کودهای شیمیایی با کودهای آلی در راستای کشاورزی پایدار و تولید محصولات سالم، این پژوهش با هدف بررسی اثر تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی در شرایط سیستم‌های مختلف آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نعنای فلفلی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی رژیم‌های آبیاری و کودی بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی نعنای فلفلی در سال زراعی ۱۳۹۷ آزمایشی به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. رژیم آبیاری شامل مصرف ۲۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک (SAW) در عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر) و سپس آبیاری تا حد ظرفیت زراعی (آبیاری مطلوب)، مصرف ۴۰ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در عمق توسعه ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت زراعی (کم‌آبیاری متوسط) و مصرف ۵۵ درصد رطوبت قابل استفاده خاک در عمق توسعه ریشه و سپس آبیاری تا حد ظرفیت زراعی (کم‌آبیاری شدید) و رژیم کودی شامل عدم کاربرد کود (F_1)، ۱۴۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره (F_2)، ۱۱۰ کیلوگرم کود شیمیایی اوره + ۳/۵ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (F_3)، ۷۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی اوره + ۷ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (F_4)، ۳۵ کیلوگرم کود شیمیایی اوره + ۱۱ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (F_5) و ۱۴ تن در هکتار کود ورمی‌کمپوست (F_6) در نظر گرفته شد. پس از کاشت ریزوم‌ها، کود اوره در دو تقسیط به فاصله ۴۵ روز از هم به‌صورت محلول در آب به‌کار برده شد. ورمی‌کمپوست نیز قبل از کشت به خاک اضافه گردید. در این آزمایش نیاز کود نیتروژن گیاه نعنای فلفلی ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار تعیین گردید (Omidbaigi et al., 2003). بر اساس نتایج آزمایش خاک، مزرعه تحقیقاتی مورد نظر تا عمق ۳۰ سانتی‌متری خاک حاوی ۰/۶ درصد ماده آلی، هدایت الکتریکی ۱/۷۶ دسی‌زیمنس بر متر، نیترون کل ۰/۰۶ درصد اسیدیته گل اشباع ۷/۷۲ و وزن مخصوص ظاهری ۱/۳ (گرم در سانتی‌متر مکعب) می‌باشد. همچنین کود ورمی‌کمپوست مورد استفاده در این تحقیق دارای ۱/۸ درصد نیتروژن، هدایت الکتریکی ۲/۶۱ دسی-زیمنس بر متر، اسیدیته ۷/۲۴ و ماده آلی ۴۴ درصد بود.

ریزوم‌های نعنای فلفلی (۷-۵ سانتی‌متری) برای کشت از پژوهشکده گیاهان دارویی واقع در کیلومتر ۵۵ اتوبان تهران- قزوین، مجتمع تحقیقاتی جهاد دانشگاهی تهیه شد (cv. Black Mitcham). مراحل آماده‌سازی زمین با اجرای عملیات شخم، دیسک‌زنی برای خردکردن کلوخه‌ها و تسطیح برای کشت نعنای فلفلی آغاز گردید.

2- Time Domain Reflectometry

3- Field capacity

1- Soil Available Water

تجزیه داده‌ها برای صفات مختلف با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (2009) انجام گرفت. در این تحقیق برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح ۵٪ استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر رژیم آبیاری و کودی بر صفت کلروفیل کل معنی‌دار بود (جدول ۱). آبیاری مطلوب بیش‌ترین میزان (۳/۷۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) کلروفیل کل را دارا بود. اعمال تنش کم‌آبی باعث کاهش میزان کلروفیل گیاه شد به‌طوری‌که در کم‌آبیاری شدید نسبت به آبیاری مطلوب کاهش ۳۲ درصدی در غلظت کلروفیل مشاهده شد (جدول ۲). کود ورمی‌کمپوست (F₆) بیشترین تأثیر را بر غلظت کلروفیل کل داشت به‌طوری‌که باعث افزایش ۳۱ درصدی غلظت کلروفیل نسبت به شاهد شد (جدول ۲). در برخی گیاهان کاهش مقدار رنگدانه‌های کلروفیل به‌عنوان مکانیسم حفاظت نوری به‌کار گرفته می‌شود تا با کاهش جذب نور، از زنجیره فتوسنتزی گیاه حفاظت نمایند (Lima *et al.*, 2002). عمده ترکیب‌های رنگدانه‌های فتوسنتزی دارای ساختار نیتروژنی هستند. از این‌رو کاربرد نیتروژن و کودهای حاوی نیتروژن بالا می‌تواند تا حد زیادی سبب افزایش مقدار آن‌ها در گیاه شود. نتایج این آزمایش نشان داد که در شرایط تنش کم‌آبی، تیمارهای حاوی کود ورمی‌کمپوست در مقایسه با کود شیمیایی توانسته بهتر عمل کند و این تیمار کودی از میزان کلروفیل کل بیشتری برخوردار بوده است.

قبل از برداشت نهایی (۱۳۹۷/۰۵/۰۳)، از آخرین برگ بالغ، نمونه‌هایی درون فویل آلومینیومی پیچیده و به درون نیتروژن مایع انداخته شد و سپس تمام نمونه‌ها تا انجام آزمایش‌های بیوشیمیایی درون فریزر ۸۰- نگهداری گردیدند. به‌منظور نمونه‌گیری در ۱۰٪ گل‌دهی، بوته‌ها از فاصله ۵ سانتی‌متری سطح خاک کف‌بر و برای اندازه‌گیری صفات مورد بررسی به آزمایشگاه منتقل گردید و سپس صفاتی از قبیل ارتفاع گیاه، وزن خشک اندام هوایی و شاخص سطح برگ (به‌وسیله دستگاه Delta-T area meter; Delta-T Devices Ltd., Cambridge, UK) اندازه‌گیری شد. فنل‌های کل با استفاده از روش Folin-Ciocalteu (Soland and Laima, 1999)، کلروفیل کل و کارتنوئید با استفاده از روش (Arnon, 1949)، آنتوسیانین و فلاونوئید با استفاده از روش (Krizek *et al.*, 1993) محاسبه شد. برای مقایسه‌ی عصاره‌ها از نظر قدرت آنتی‌اکسیدانتی از روش IC50 (Half-inhibit Concentration) استفاده شد. بدین منظور ابتدا درصد مهار DPPH توسط رابطه (۱) محاسبه شد و نمودار آن در مقابل غلظت عصاره رسم گردید و IC50 که همان غلظتی از عصاره است که باعث مهار ۵۰ درصد رادیکال DPPH می‌شود، محاسبه شد. میزان اسانس برگ نیز از روش تقطیر با آب و دستگاه کلونجر و در نهایت عملکرد اسانس محاسبه گردید.

$$DPPH = 1 - \frac{A_a}{A_b} \times 100 \quad (1)$$

Aa: جذب نمونه

Ab: جذب شاهد (جذب اولیه DPPH به تنهایی)

جدول ۱- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر تیمارهای مختلف آبی و کودی بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نعناع فلفلی
Table 1- Analysis of variance (mean squares) of different irrigation and fertilizer treatments on physiological traits, yield and yield components of peppermint

SOV	درجه آزادی df	کلروفیل کل Total chlorophyll	فلاونونوئیدها Flavonoids	آنتوسیانین Antocianin	کارتنوئید Cartenoids	DPPH	فنول‌های کل Total phenol	ارتفاع گیاه Plant height	شاخص سطح برگ Leaf area index	وزن خشک اندام هوایی Total dry weight	درصد روغن Oil content	عملکرد روغن Oil yield
Block بلوک	2	0.01 ns	0.0008 ns	0.01 ns	0.08 ns	54.1 ns	8.61 ns	17.37 ns	0.03 ns	184901.3 ns	0.014 ns	7.84 ns
Irrigation آبیاری	2	6.71 **	0.02 **	2.51 **	0.65 **	5603.3 **	74.96 **	750.45 **	8.19 **	1567400.7 **	0.74 **	2630.7 **
Main Main خطای اصلی	4	0.09	0.0007	0.02	0.01	67.8	2.40	16.52	0.21	172930.06	0.01	37.20
Fertilizer تیمار کودی	5	1.4 **	0.0014 *	0.051 ns	0.12 *	581.3 **	9.86 **	203.05 **	0.92 **	2116529.3 **	0.079 **	437.003 **
Irrigation×Fertilizer اثر متقابل آبیاری در کود	10	0.20 ns	0.0012 *	0.037 ns	0.01 ns	83.2 ns	5.021 **	24.65 *	0.10 ns	322078.0 *	0.019 *	80.05 **
Error خطای کل	30	0.11	0.0004	0.02	0.03	61.2	1.61	10.42	0.16	148320.84	0.0082	16.41
CV (%) ضریب تغییرات		10.9	10.9	14.9	13.8	11.2	8.0	11.1	13.6	11.6	10.4	13.6

ns * ** به ترتیب نشان‌دهنده عدم معنی‌داری و معنی‌داری در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد می‌باشند.
** , * and ns significant at 0.01, 0.05 probability level and no significant, respectively.

(جدول ۱). بیشترین (۱/۳۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین (۰/۶۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) غلظت آنتوسیانین به‌ترتیب در کم‌آبیاری شدید و آبیاری مطلوب مشاهده شد (جدول ۲). تجزیه واریانس نشان داد اثرات اصلی رژیم آبیاری و کودی بر میزان کارتنوئید معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان کارتنوئید در کم‌آبیاری متوسط به‌دست آمد و نسبت به شرایط بدون تنش ۲۴ درصد افزایش نشان داد. اما در

رژیم‌های آبیاری و کودی و همچنین برهمکنش میان این دو فاکتور بر غلظت فلاونوئید معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین غلظت (۰/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) فلاونوئید مربوط به تیمار کم‌آبیاری متوسط به همراه کود ورمی‌کمپوست (F₆) بود به‌طوری‌که نسبت به عدم کاربرد کود در آبیاری مطلوب (شاهد) ۴۸ درصد افزایش داشت (جدول ۳). غلظت آنتوسیانین تنها تحت تأثیر رژیم آبیاری قرار گرفت

شرایط کم‌آبیاری شدید میزان کارتنوئید کاهش یافت (جدول ۲). ترکیب کودی F₅ باعث افزایش میزان کارتنوئید گیاه شد که با تیمار F₃، F₄ و F₆ تفاوت معنی‌داری نداشت. در واقع افزایش سهم کود آلی

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات آبیاری و کودی بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نعناع فلفلی

Table 2- Mean comparisons for main effects of irrigation and fertilizer treatment on physiological traits, yield and yield components of peppermint

شاخص سطح برگ Leaf area index	DPPH (%)	کارتنوئید Cartenoids (mg g ⁻¹ FW)	آنتوسیانین Antocianin (mg g ⁻¹ FW)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg g ⁻¹ FW)
تیمار آبیاری Irrigation treatment				
3.68	84.4	1.16	0.61	3.78
2.90	65.8	1.54	0.87	3.08
2.33	49.5	1.28	1.35	2.57
0.43	0.12	0.12	0.14	0.28
تیمارهای کودی Fertilizer treatments				
2.45	76.2	1.17	0.86	2.49
2.84	76.9	1.21	0.95	2.94
2.98	73.3	1.34	0.91	3.12
2.95	63.2	1.45	0.88	3.17
3.24	61.7	1.46	0.99	3.54
3.36	55.0	1.32	1.07	3.60
0.39	0.17	0.17	0.13	0.33

برای از بین بردن این رادیکال‌ها فعال می‌شوند پیش از آن که سیستم آنزیمی وارد عمل شود، فلاونوئیدها، آنتوسیانین و کارتنوئید دست به کار شده و به‌عنوان یک رنگدانه آنتی‌اکسیدانتی غیرآنزیمی در پاک‌سازی گونه‌های فعال اکسیژن عمل می‌کنند. خواص آنتی‌اکسیدانی فلاونوئید و کارتنوئید به اثر بازدارندگی آن‌ها در تنفس میتوکندریایی مربوط می‌شود و به‌طور غیرمستقیم به‌وسیله کلاته کردن آهن مانع تنش اکسیداتیو می‌شوند (Sangtarash *et al.*, 2009).

در شرایطی که جذب CO₂ مختل شده است تولید رادیکال‌های آزاد افزایش می‌یابد که باعث تخریب اجزای سلولی می‌شود. گزارش شده است که تغییر در ترکیبات فنلیکی همراه با تغییر در فعالیت آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایاز^۱ می‌باشد، آنزیمی که نقش کلیدی در مسیر فنیل پروپانوئید^۲ دارد (Kacperska, 1993). به‌طور کلی، آنزیم فنیل آلانین آمونیا لایاز با سرعت بخشیدن در تبدیل ال‌فنیل‌آلانین^۳ به ترانس‌سینامیک‌اسید^۴ که پیش ماده تولید ترکیبات فنلی است (Kim

مشاهدات حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که اثرات اصلی رژیم آبیاری و کودی و اثر متقابل این دو فاکتور تأثیر معنی‌داری بر میزان فنل‌های کل گیاه نعناع فلفلی داشتند (جدول ۱). مقدار فنل‌های کل در شرایط کم‌آبیاری متوسط، با افزایش مقدار ورمی‌کمپوست در تیمار کودی، افزایش یافته و در تیمار F₄ بیشترین مقدار فنل‌ها (۲۰/۲۳ mg GAE/g DW) مشاهده شد ولی با تیمار F₅ و F₆ در همین رژیم آبیاری تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۳) و نسبت به تیمار عدم کاربرد کود و آبیاری مطلوب افزایش ۴۰ درصدی را نشان داد. کمترین مقدار فنل‌های کل به تیمار عدم کاربرد کود در آبیاری مطلوب تعلق داشت که با تیمارهای F₂، F₃ و F₆ در همین رژیم آبیاری و عدم کاربرد کود و F₅ و F₆ در کم‌آبیاری شدید تفاوت آماری معنی‌داری نداشت (جدول ۳).

با توجه به نتایج این پژوهش با افزایش شدت کم‌آبی، میزان فنل‌های کل، فلاونوئیدها، آنتوسیانین و کارتنوئید به‌عنوان متابولیت‌های ثانویه افزایش یافت، که به‌عنوان یک شاخص بالقوه برای دفاع آنتی‌اکسیدانی است (Sangtarash *et al.*, 2009). زمانی که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد مقدار زیادی از گونه‌های فعال اکسیژن تولید می‌شود. در بسیاری از گیاهان، سیستم آنزیمی

- 1- Phenylalanine ammonia-lyase
- 2- Phenylpropanoids pathway
- 3- L-Phenylalanine
- 4- Trans-cinnamic acid

بالای نور و اشعه ماورابنفش افزایش یافته است. اما در تیمارهای F₅ و F₆ (در کم‌آبی متوسط) با افزایش میزان ورمی کمپوست در کود تلفیقی موجب بهبود فراهمی عناصر برای گیاه و در نتیجه کاهش فنل‌های کل گیاه شده است. ۳) با توجه به این‌که ترکیبات فنلی به pH بالا و حرارت مقاوم هستند (Friedman and Jürgens, 2000) به‌نظر می‌رسد کاربرد کود ورمی کمپوست با کاهش pH (Chen, 2006) باعث کاهش غلظت پلی‌فنل شد. در تحقیقی دیگر گزارش شد که با افزایش pH میزان فنل در جلبک‌های دریایی افزایش پیدا کرد (Navarro et al., 2008). با توجه به دسترسی راحت به نیتروژن در کود شیمیایی و احتمالاً کاهش pH در اثر کاربرد کود ورمی کمپوست، کمترین غلظت پلی‌فنل در تیمار تلفیقی شیمیایی و ورمی کمپوست حاصل شد. کاهش میزان کارتنوئیدها در شرایط تنش شدید خشکی نیز احتمالاً به علت تجزیه بتاکاروتن و تشکیل زازانتین در چرخه زانتوفیل است (Sultana et al., 1999).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثرات اصلی رژیم آبیاری و کودی بر DPPH معنی‌دار بود (جدول ۱). بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی از آبیاری مطلوب به‌دست آمد و با افزایش شدت تنش کم‌آبی از میزان DPPH کاسته شد (جدول ۲). همچنین بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانتی از عدم کاربرد کود به‌دست آمد و با افزایش میزان کود آلی در سهم کود تلفیقی از فعالیت DPPH کاسته شد (جدول ۲). گیاهان با کاهش هدایت روزه‌ای به‌منظور جلوگیری از هدر رفت آب، به تنش خشکی پاسخ می‌دهند. این پاسخ منجر به تشکیل رادیکال O₂ می‌شود. اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدانت DPPH براساس تغییر رنگ DPPH از بنفش به زرد و کم شدن میزان جذب آن در طول موج ۵۱۵ در حضور آنتی‌اکسیدانت است. بنابراین مقدار کم DPPH نشان از فعالیت خوب سیستم آنتی‌اکسیدانتی گیاه می‌باشد. نتایج با حروف اختصاری CI₅₀ که مخفف ظرفیت بازدارندگی می‌باشد نشان داده می‌شود که حاکی از مقدار آنتی‌اکسیدانتی است که با ۵۰ درصد DPPH واکنش می‌دهد. کودهای شیمیایی باعث کاهش فعالیت آنتی‌اکسیدانتی در گیاهان می‌شود در حالی‌که تغذیه گیاهان با ترکیبات آلی نتایج عکس داشته است. در واقع گیاه در شرایط تنش با تولید آنتی‌اکسیدانت‌هایی با وزن مولکولی کم مانند پلی‌فنل‌ها و فلاونوئیدها (Hernandez et al., 2004) می‌تواند به‌طور موثری اثرات مخرب رادیکال‌های آزاد را خنثی کند. در این رابطه همبستگی معنی‌دار و مثبتی بین فعالیت آنتی‌اکسیدانتی و میزان DPPH در گیاه ترب مشاهده شد (Kim et al., 2006).

اثرات اصلی و متقابل رژیم‌های آبیاری و کودی بر ارتفاع گیاه معنی‌دار بود (جدول ۱). به‌ترتیب بیشترین (۴۹/۰۲ سانتی‌متر) و کمترین (۱۶/۹۱ سانتی‌متر) ارتفاع گیاه در شرایط آبیاری مطلوب به‌همراه تیمار کودی ۱۴ تن ورمی کمپوست (F₆) و کم‌آبیاری شدید با عدم کاربرد کود به‌دست آمد (جدول ۳). در آبیاری مطلوب و

(et al., 2006) باعث تسریع در تولید ترکیبات فنلی می‌شود. تحقیقات گذشته ثابت کرده که فعالیت این آنزیم در پاسخ به تنش‌های زنده و غیر زنده افزایش می‌یابد و اکثریت محققان بر این باورند که یکی از روش‌های حفظ سلول از شرایط تنش افزایش در تولید ترکیبات فنلیکی می‌باشد (Kim et al., 1993; Kacperska, 2006). خنثی‌سازی رادیکال‌های آزاد توسط ترکیبات مختلفی شامل ترکیبات فنلیکی انجام می‌شود. بنابراین طبق یافته‌های محققین تنش خشکی در برگ موجب فعال شدن مکانیسم‌های دفاعی شده که ساخت و ترکیبات فنلیکی را افزایش می‌دهد و در نهایت پاک‌سازی رادیکال‌های آزاد را به همراه دارد (Hura et al., 2008). در پژوهش حاضر افزایش میزان ترکیب‌های فنلی در تنش خشکی ارتباط مستقیم با ظرفیت آنتی‌اکسیدانی آن‌ها دارد، که در گزارش‌های Figuroa-Perez et al. (2014) در گیاه نعنای فلفلی، Sangtarash et al. (2009) در گیاه شلغم (*Brassica rapa L.*) و Hernandez et al. (2004) در گیاه گل آفتابی (*Cistus clusii*) نیز نتایج مشابهی ارائه شده‌است. در کم‌آبیاری شدید میزان ترکیبات فنلیکی کاهش پیدا کرد. کاهش ظرفیت کلاته کردن می‌تواند دلیلی برای کاهش ترکیبات فنلیکی در کم‌آبیاری شدید باشد. همچنین در کم‌آبیاری شدید، گیاه خود را برای مرحله زایشی آماده می‌کند و ترکیبات فنلیکی از جمله فرآورده‌هایی هستند که برای گل رفتن گیاه استفاده می‌شود.

میزان پلی‌فنل برگ در اثر کاربرد کود شیمیایی نسبت به منابع آلی کمتر بود، در این رابطه می‌توان به سه نکته اشاره کرد: ۱) از جمله عواملی که می‌تواند باعث افزایش میزان پلی‌فنل در گیاه شود، تنش مواد غذایی (به‌ویژه نیتروژن) است. با کمبود نیتروژن رشد گیاه بیشتر از فتوسنتز کاهش پیدا می‌کند، این امر موجب می‌شود تا مازاد کربن نسبت به مواد غذایی، به ترکیبات دفاعی اختصاص داده شود که اساس ساختارشان کربن (مانند پلی‌فنل‌ها) است. در نتیجه با کاهش رشد گیاه، غلظت پلی‌فنل در گیاه افزایش پیدا می‌کند (Pant et al., 2009). گزارش شده که در سبزیجات برگ‌دار با کاهش غلظت نیتروژن (و در نتیجه کاهش رشد) ترکیبات فنلی افزایش پیدا می‌کنند (Zhao et al., 2007). ۲) نتایج پژوهشگران حاکی از این است که سنتز مواد پلی‌فنلی به‌وسیله نور تحریک می‌شوند (Palomino et al., 2000) و این ترکیبات باعث حفاظت گیاهان در مقابل اثرات مضر شدت بالای نور و نیز طیف‌های پراورزی مثل ماورا بنفش می‌گردد (Makris et al., 2006). به‌نظر می‌رسد در این پژوهش تنش کم‌آبی و کاهش بایوماس، میزان ترکیبات فنلی گیاه افزایش یافته است. همچنین با کاهش سهم کود اوره و افزایش سهم ورمی کمپوست در کود تلفیقی تا حدودی گیاه با کمبود عناصر مواجه شده است که علت آن هم آزادسازی کند عناصر توسط کود ورمی کمپوست است و همچنین با توجه به سایه‌اندازی کم برگ‌ها روی هم (متأثر از کم‌آبی)، غلظت پلی‌فنل گیاه در پاسخ به شدت

بیشترین و کمترین وزن خشک اندام هوایی به ترتیب در تیمارهای آبیاری مطلوب به همراه ورمی کمپوست (F₆) و کم آبیاری شدید بدون تیمار کودی به دست آمد (جدول ۲). با افزایش سهم ورمی کمپوست در رژیم کودی در آبیاری مطلوب و کم آبی متوسط وزن خشک اندام هوایی گیاه افزایش یافت اما در کم آبی شدید این روند تا تیمار F₄ ادامه داشت و بعد از آن سیر نزولی را طی نمود. تجزیه واریانس حاکی از آن بود که اثرات اصلی و متقابل فاکتورهای مورد مطالعه بر درصد اسانس معنی دار بود (جدول ۱). بیشترین و کمترین درصد اسانس به ترتیب در تیمارهای کم آبیاری متوسط به همراه ۱۴ تن ورمی کمپوست (F₆) و کم آبیاری شدید و عدم کاربرد کود به دست آمد (جدول ۳).

درصد اسانس گیاه در کم آبی شدید بیشترین مقدار را نشان داد و با افزایش میزان ورمی کمپوست در رژیم کودی این روند سیر صعودی داشت. اگرچه بین تیمارهای حاوی کود ورمی کمپوست (F₃-F₆) تأثیر معنی داری در محتوای اسانس گیاه مشاهده نشد. با افزایش شدت تنش کم آبی از درصد اسانس گیاه کاسته شد حتی از شرایط آبیاری مطلوب نیز کمتر بود. مشاهدات حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها حاکی از آن است که رژیم‌های آبیاری و کودی و اثر متقابل این دو فاکتور تأثیر معنی داری بر عملکرد اسانس نعنای فلفلی داشت (جدول ۱). این صفت در آبیاری مطلوب و تیمار F₆ به حداکثر خود رسید که با عملکرد اسانس در همین تیمار کودی و کم آبی متوسط نیز تفاوت معنی داری نداشت. تیمار آبیاری مطلوب به همراه ۱۴ تن ورمی کمپوست با میانگین ۴۸/۹۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین و تیمار کم آبیاری شدید بدون تیمار کودی با میانگین ۸/۵ کیلوگرم کمترین عملکرد اسانس را داشتند (جدول ۳).

تنش کم آبی سبب کاهش عملکرد خشک گیاه شد. این نتایج با نتایج محققانی مانند Daneshnia et al. (2015) و Dadrasan et al. (2015) و Afshar et al. (2014) مطابقت دارد. وقتی گیاه با تنش کم آبی مواجه می‌شود، سعی بر کاهش از دست رفتن آب از طریق بستن روزنه‌های خود دارد، که به نوبه خود سبب کاهش قابلیت دسترسی برای فتوسنتز و کاهش عملکرد خواهد شد (Sun et al., 2013). همچنین در خاک‌های خشک، جریان عناصر غذایی به سمت ریشه گیاه و جذب مواد غذایی به وسیله گیاه کاهش می‌یابد که این خود دلیلی برای کاهش عملکرد در این شرایط می‌باشد (Díaz-López et al., 2012). از طرفی تنش خشکی سبب افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌شود که بر طبق فرضیه موازنه رشد-تمایز هر کمبودی که رشد را بیش از فتوسنتز محدود کند تولید و تجمع متابولیت‌های ثانویه را افزایش می‌دهد (Herms and Mattson, 1992).

کم آبیاری متوسط، با اضافه شدن سهم ورمی کمپوست در رژیم کودی، ارتفاع گیاه افزایش پیدا کرد. اما در کم آبیاری شدید همین روند تا تیمار F₅ ادامه داشت اما در تیمار F₆ کاهش یافت. اثرات اصلی رژیم‌های آبیاری و کودی بر شاخص سطح برگ گیاه نعنای فلفلی معنی دار بود (جدول ۱) به طوری که در کم آبیاری نسبت به آبیاری مطلوب مقدار این صفت کاهش یافت (جدول ۲). بیشترین شاخص سطح برگ با میانگین ۳/۶۸ در آبیاری مطلوب مشاهده شد که ۳۶ درصد نسبت به کم آبیاری شدید با کمترین مقدار (۲/۳۳) بیشتر بود. رژیم کودی باعث افزایش معنی دار در شاخص سطح برگ نسبت به شاهد شد (جدول ۲). در بین تیمارهای کودی، تیمار ۱۴ تن ورمی کمپوست (F₆) با شاخص سطح برگ ۳/۳۶ بیشترین تأثیر را در افزایش شاخص برگ نشان داد که با F₅ و F₃ تفاوت آماری معنی داری نداشت. در واقع کود ورمی کمپوست باعث سیر صعودی در شاخص سطح برگ شد (جدول ۲). نیتروژن مهمترین عنصر در سنتز پروتئین‌هاست، دسترسی گیاه به نیتروژن از طریق تأثیر روی تقسیم و بزرگ شدن سلول‌ها در افزایش ارتفاع بوته بسیار مؤثر می‌باشد به همین دلیل ارتفاع گیاه با کاربرد کود نیتروژن افزایش می‌یابد. از آنجایی که میزان عناصر غذایی قابل دسترس گیاه، یکی از عوامل اصلی تعیین کننده رشد گیاه است لذا به نظر می‌رسد که تیمار عدم کاربرد به علت کمبود مواد غذایی رشد کمتری در مقایسه با سایر تیمارها در تمام سطوح آبیاری داشته است. ورمی کمپوست با کاهش فشردگی خاک و افزایش خلل و فرج آن موجب بهبود ساختار خاک و تهیه مناسب آن شده و از طرفی محتوای آب قابل دسترس خاک را افزایش می‌دهد (Darzi et al., 2010). مجموعه این عوامل منجر به فراهمی مطلوب عناصر غذایی ضروری گیاه می‌گردد که نتیجه نهایی آن بهبود فتوسنتز بوده و تأثیر مثبت بر ارتفاع و شاخص سطح برگ گیاه نعنای فلفلی داشت. ترکیب دو کود ورمی کمپوست و اوره، به سبب تأثیر ورمی کمپوست در تأمین مناسب عناصر غذایی و نیز جلوگیری از آبلشویی کود اوره، باعث افزایش ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ شد. نتایج مطالعه ولایی و همکاران (Velaizy et al., 2010) نشان داد که با افزایش میزان کاربرد ورمی کمپوست از صفر به ۲۰ تن در هکتار، ارتفاع بوته گیاه دارویی ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) به طور معنی داری افزایش یافت. در مطالعه‌ای که توسط Saeid Nejad and Rezvani Moghaddam (2010) خصوص اثر کودهای آلی بر اسانس گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum*) صورت گرفت مشاهده شد که کاربرد کودهای آلی سبب افزایش معنی دار ارتفاع بوته نسبت به شاهد شد، به طوری که گیاهان تحت تیمار تلفیقی اوره و ورمی کمپوست از بیشترین ارتفاع بوته برخوردار بودند.

وزن خشک اندام هوایی توسط رژیم‌های آبیاری و کودی و همچنین اثر متقابل این دو فاکتور تحت تأثیر قرار گرفت (جدول ۱).

جدول ۳- اثر متقابل دوگانه آبیاری و کود بر صفات فیزیولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد نعنای فلفلی

Table 3- Two-way interaction between irrigation and fertilizer on physiological traits, yield and yield components

تیمارهای آزمایشی Experimental treatments	فلاونوئید Flavonoid (mg.g ⁻¹ FW)	فنل کل Total phenol (mg GAE.g ⁻¹ DW)	ارتفاع Plant height (cm)	وزن خشک اندام هوایی Total dry weight (kg.ha ⁻¹)	درصد اسانس Oil content	عملکرد اسانس Oil yield (kg.ha ⁻¹)
عدم کاربرد کود (F1) No fertilizer	0.13	12.27	26.92	3459.9	0.84	29.23
۱۴۰ کیلوگرم کود اوره (F2) 140 kg.ha ⁻¹ urea	0.15	13.36	34.91	4472.3	0.91	41.14
۱۱۰ کیلوگرم اوره+۳/۵ تن ورمی کمپوست (F3) 110 kg.ha ⁻¹ urea+3.5 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.16	14.07	35.58	4230.4	0.88	37.34
۷۰ کیلوگرم اوره+۷ تن ورمی کمپوست (F4) 70 kg.ha ⁻¹ urea+7 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.17	15.15	36.88	3948.1	0.91	36.29
۳۵ کیلوگرم اوره+۱۱ تن ورمی کمپوست (F5) 35 kg.ha ⁻¹ urea+11 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.14	15.31	38.15	4705.4	0.93	44.33
۱۴ تن ورمی کمپوست (F6) 14 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.13	14.40	42.09	4888.6	1.00	48.93
عدم کاربرد کود (F1) No fertilizer	0.18	15.56	17.21	2337.4	0.76	17.68
۱۴۰ کیلوگرم کود اوره (F2) 140 kg.ha ⁻¹ urea	0.23	17.01	25.22	28864.4	0.92	26.46
۱۱۰ کیلوگرم اوره+۳/۵ تن ورمی کمپوست (F3) 110 kg.ha ⁻¹ urea+3.5 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.22	17.87	30.87	2991.9	1.06	31.83
۷۰ کیلوگرم اوره+۷ تن ورمی کمپوست (F4) 70 kg.ha ⁻¹ urea+7 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.20	20.23	30.17	3210.7	1.13	36.50
۳۵ کیلوگرم اوره+۱۱ تن ورمی کمپوست (F5) 35 kg.ha ⁻¹ urea+11 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.24	19.29	31.35	3505.6	1.16	40.72
۱۴ تن ورمی کمپوست (F6) 14 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.25	18.38	34.93	3936.0	1.21	47.94
عدم کاربرد کود (F1) No fertilizer	0.19	14.06	16.91	1614.5	0.52	8.50
۱۴۰ کیلوگرم کود اوره (F2) 140 kg.ha ⁻¹ urea	0.19	17.26	19.87	2104.5	0.60	11.88
۱۱۰ کیلوگرم اوره+۳/۵ تن ورمی کمپوست (F3) 110 kg.ha ⁻¹ urea+3.5 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.18	16.85	25.25	2361.7	0.63	14.81
۷۰ کیلوگرم اوره+۷ تن ورمی کمپوست (F4) 70 kg.ha ⁻¹ urea+7 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.18	15.76	26.59	3263.0	0.78	25.57
۳۵ کیلوگرم اوره+۱۱ تن ورمی کمپوست (F5) 35 kg.ha ⁻¹ urea+11 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.21	14.09	28.28	2906.2	0.71	20.66
۱۴ تن ورمی کمپوست (F6) 14 t.ha ⁻¹ Vermicompost	0.23	14.06	20.47	2600.9	0.61	16.11
LSD value (5 %)	0.03	2.16	5.53	645.25	0.16	7.20

نقش مؤثری دارد و با فراهم آوردن محیط رشد مناسبی برای گیاه موجب افزایش رشد آن می‌گردد از این رو کاربرد تلفیقی این دو موجب افزایش عملکرد بیولوژیک گردید. در کل می‌توان چنین بیان کرد که از آنجایی که کود نیتروژن باعث افزایش میزان فتوسنتز و در نتیجه افزایش ذخیره کربوهیدرات گیاه می‌شود، کاربرد این گونه کودها باعث افزایش عملکرد گیاه می‌شود. همچنین قابل ذکر است که استفاده از کود ورمی کمپوست سبب افزایش هوموس و مواد آلی خاک، ویتامین‌ها، هورمون‌ها و آنزیم‌های گیاهی که در کودهای شیمیایی وجود ندارند، در خاک شده و بدین ترتیب سبب افزایش کمیت محصول می‌شوند. در مطالعه‌ای روی اثر کودهای آلی بر گیاه انیسون مشاهده شد که بیشترین عملکرد بیولوژیک با مصرف ۱۰ تن ورمی کمپوست حاصل گردید (Darzi et al., 2010). نتایج مطالعه Saeid Nejad and Moghaddam (2010) نیز نشان داد که تیمار ورمی کمپوست بیشترین عملکرد بیولوژیک زیره سبز را داشت.

نتایج نشان داد که استفاده از کود، سبب افزایش عملکرد گیاه نسبت به شاهد شد و در بین کودهای مورد استفاده، کود ورمی کمپوست به تنهایی از عملکرد بیشتری برخوردار بود. علت بالاتر بودن عملکرد ماده خشک در تیمار کود آلی احتمالاً می‌تواند این باشد که علاوه بر این که کودهای آلی سبب بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند، موجب تأمین عناصر نیتروژن و فسفر مورد نیاز گیاه در طول دوره رشد گیاه شده که در نتیجه باعث ایجاد شرایط مناسب‌تر برای رشد و تولید گیاه می‌گردند. این دستاوردها با نتایج بسیاری از محققان از جمله Dadrasan و Adediran et al. (2004) و et al. (2015) مبنی بر برتری کودهای غیر شیمیایی از نظر وزن خشک نسبت به روش‌های شیمیایی مطابقت دارد. اوره اثر افزایشی بر رشد رویشی داشته از طرفی ورمی کمپوست دارای آنزیم‌هایی نظیر پروتاز، آمیلاز، لیپاز، سلولاز و کتیناز است که در تجزیه مواد آلی خاک و در نتیجه در دسترس قرار دادن مواد مغذی مورد نیاز گیاه

کم‌آبی به‌دست آمد. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با تشدید کم‌آبی، عملکرد اسانس کاهش یافت. کاهش عملکرد اسانس در نتیجه کاهش رطوبت خاک ممکن است ناشی از اثر زیان‌آور کم‌آبی شدید بر رشد و عملکرد پیکر رویشی گیاه باشد. اثرات نامناسب تنش خشکی در کاهش عملکرد اسانس توسط (Ghanbari and Ariafar, 2013) و (Farhoudi et al., 2014) نیز گزارش گردیده است. در گزارشی مشابه نیز اثر سطوح مختلف رطوبت خاک روی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) بررسی و گزارش شده که با کاهش رطوبت خاک، عملکرد اسانس کاهش ولی درصد اسانس افزایش یافت.

نتیجه‌گیری

از نتایج این آزمایش استنتاج می‌شود که در گیاه نعناع فلفلی با افزایش تنش کم‌آبی میزان عملکرد و ماده خشک کاهش ولی تا حدودی درصد اسانس گیاه افزایش یافت. در بین منابع کودی مختلف، کاربرد کود آلی ورمی‌کمپوست هم نقش موثری در بهبود عملکرد ماده خشک و هم در میزان فنل‌های برگ گیاه نعناع فلفلی داشت. ضمن اینکه با افزایش کاربرد ورمی‌کمپوست در تیمارهای مختلف آبیاری عملکرد ماده خشک و درصد اسانس افزایش داشت و بالاترین میزان ماده خشک و عملکرد اسانس در شرایط آبیاری مطلوب و کاربرد بیشترین ورمی‌کمپوست به‌دست‌آمد. عملکرد اسانس در دو رژیم آبی مطلوب و کم‌آبی متوسط (همراه با تیمار کودی ۱۴ تن ورمی‌کمپوست) حاصل شد. با توجه به نتایج حاصل از این تحقیق می‌توان دریافت مصرف کود ورمی‌کمپوست تأثیر بیشتری بر عملکرد گیاه نعناع فلفلی به‌ویژه در شرایط تنش کم‌آبی نسبت به کود شیمیایی داشته و تا حدی اثرات منفی تنش کم‌آبی را نیز جبران می‌کند. در حالی که مصرف کودهای شیمیایی هرچند در شرایط مطلوب عملکرد مناسبی داشت، اما در شرایط تنش کم‌آبی تأثیری بر رشد و افزایش عملکرد گیاه نداشت. بنابراین، مصرف کودهای آلی در مدیریت منابع غذایی و رطوبتی در شرایط تنش کم‌آبی جهت حصول عملکرد مطلوب‌تر در راستای اهداف کشاورزی پایدار قابل توصیه می‌باشد. از این نتایج این‌گونه استنباط می‌شود که کاهش مصرف آب تا حد کم‌آبی متوسط نه تنها تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس نداشت بلکه از میزان آب مصرفی گیاه نیز کاسته شد. بنابراین توصیه می‌شود در کشت نعناع فلفلی در شرایط مشابه، آبیاری در ۷۵ درصد آب قابل دسترس خاک استفاده کودهای آلی و حداقل به میزان ۷ تن در هکتار انجام گیرد.

References

1. Abdel Rahman, A. 2008. Response of sesame to nitrogen and phosphorus fertilization in Northern Sudan. Journal of Applied Biosciences 8 (2): 304-308.
2. Abreu, I. N., and Mazzafera, P. 2005. Effect of water and temperature stress on the content of active constituents of *Hypericum brasiliense* Choisy. Plant Physiology and Biochemistry 43: 241-248.

همچنین در پژوهشی که روی اثر کودهای نیتروژن‌دار و فسفره بر گیاه کنجد (*Sesamum indicum* L.) صورت گرفت مشاهده گردید که کاربرد ۴۴ کیلوگرم نیتروژن در هکتار سبب افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نسبت به شاهد (بدون استفاده از نیتروژن) شد (Abdel Rahman, 2008).

بر اساس نظر (Sreevalli et al., 2001) کاهش عملکرد در طی افزایش سطح تنش خشکی می‌تواند مربوط به افزایش اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه نسبت به بخش هوایی گیاه باشد. یکی از اولین نشانه‌های کمبود آب، کاهش تورژسانس و در نتیجه کاهش رشد و توسعه سلول‌ها خصوصاً در ساقه و برگ‌ها است. با کاهش رشد سلول، اندازه اندام محدود می‌شود و به همین دلیل است که اولین اثر محسوس کم‌آبی روی گیاهان را می‌توان از روی میزان کمتر سطح برگ یا ارتفاع گیاهان تشخیص داد. به‌علاوه در شرایط کم‌آبی، جذب مواد و عناصر غذایی نیز کاهش یافته و بنابراین رشد و توسعه برگ‌ها محدود می‌گردد. متعاقب کاهش سطح برگ، جذب نور نیز کاهش یافته و ظرفیت کل فتوسنتزی گیاه کاهش می‌یابد و بدیهی است که با محدود شدن فرآورده‌های فتوسنتزی در شرایط کمبود آب، رشد گیاه و نهایتاً عملکرد آن دچار نقصان می‌شود.

علت افزایش این صفات در حضور ورمی‌کمپوست با وجود افزایش تنش را می‌توان این‌گونه توجیه کرد که در میزان تنش شدید کمپوست سبب افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک گردیده و گیاه همان میزان رطوبت را مورد استفاده قرار می‌دهد. نتایج این آزمایش با نتایج (Yousefzadeh et al., 2015) بر گیاه دارویی بادرشی (*Dracocephalum moldavica*) و (Govahi et al., 2015) بر گیاه مریم گلی (*Salvia officinalis*) مطابقت دارد.

افزایش متابولیت‌های ثانویه و اجزای اسانس در زمان تنش نشان‌دهنده نقش حفاظتی این ترکیبات به‌عنوان عوامل غیر آن‌تی‌اکسیدان‌تی می‌باشد که در نتایج مبنی بر افزایش مقدار منتون و کل سزکوئی‌ترین‌ها (Charles et al., 1990) در گیاه نعناع (*Mentha spicata* L.)، لینالول و کایکول (Simon et al., 1990) در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum*) و میزان مونوترپن‌ها (Mohamed et al., 2002) در گیاه جعفری (*Petroselinum crispum*) تحت تنش کم‌آبی در یک راستا قرار دارند. گزارش شده که با کاهش رطوبت خاک، درصد اسانس در گیاه نعناع سبز (*Mentha pulegium* L.) افزایش می‌یابد (Hassanpour et al., 2014). در آزمایش‌های (Hosseinzadeh et al. و Figueroa-Perez et al., 2014) روی نعناع فلفلی نیز بیشترین درصد اسانس در تنش متوسط

3. Adediran, J. A., Taiwo, L. B., Akande, M. O., Sobulo, R. A., and Idowu, O. J. 2004. Application of organic and inorganic fertilizer for fertilizer for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. *Journal of Plant Nutrition* 27 (7): 1163-1181.
4. Afshar, R. K., Jovini, M. A., Chaichi, M. R., and Hashemi, M. 2014. Grain sorghum response to Arbuscular Mycorrhiza and phosphorus fertilizer under deficit irrigation. *Agronomy Journal* 106 (4): 1212-1218.
5. Anwar, M., Patra, D. D., Chand, S., Alpesh, K., Naqvi, A. A., and Khanuja, S. P. S. 2005. Effect of organic manures and inorganic fertilizer on growth, herb and oil yield, nutrient accumulation, and oil quality of French basil: *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 36 (13-14): 1737-1746.
6. Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology* 24 (1): 1-150.
7. Behera, S. K., and Panda, R. K. 2009. Effect of fertilization and irrigation schedule on water and fertilizer solute transport for wheat crop in a sub-humid sub-tropical region. *Agriculture, Ecosystems and Environment* 130: 141-155.
8. Charles, D. J., Joly, R. J., and Simon, J. E. 1990. Effects of osmotic stress on the essential oil content and composition of peppermint. *Phytochemistry* 29: 2837-2840.
9. Chen, J. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *International Workshop on Sustained Management of the Soil-rhizosphere System for Efficient Crop Production and Fertilizer Use*.
10. Dadrasan, M., Chaichi, M. R., Pourbabaee, A. A., Yazdani, D., and Keshavarz Afshar, R. 2015. Deficit irrigation and biological fertilizer influence on yield and trigonelline production of fenugreek. *Industrial Crops and Products* 77: 156-162.
11. Daneshnia, F., Amini, A., and Chaichi, M. R. 2015. Surfactant effect on forage yield and water use efficiency for berseem clover and basil in intercropping and limited irrigation treatments. *Agricultural Water Management* 160: 57-63.
12. Darzi, M. T., Hadjseyed Hadi, M. R., and Rejali, F. 2010. Effects of vermicompost and phosphate biofertilizer application on yield and yield components in Anise (*Pimpinella anisum* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 26 (4): 1-28. (in Persian).
13. Díaz-López, L., Gimeno, V., Simón, I., Martínez, V., Rodríguez-Ortega, W. M., and García-Sánchez, F. 2012. *Jatropha curcas* seedlings show a water conservation strategy under drought conditions based on decreasing leaf growth and stomatal conductance. *Agricultural Water Management* 105: 48-56.
14. Farhoudi, R., Dong-Jin Lee, D. J., and Hussain, M. 2014. Mild Drought Improves Growth and Flower Oil Productivity of German Chamomile (*Matricaria recutita* L.). 17 (1): 26-31.
15. Figueroa-Perez, M. G., Rocha-Guzman, N. E., Perez-Ramirez, I. F., Mercado-Silva, E., and Reynoso-Camacho, R. 2014. Metabolite Profile, Antioxidant Capacity, and Inhibition of Digestive Enzymes in Infusions of Peppermint (*Mentha piperita*) Grown under Drought Stress. *Journal of Agriculture and Food Chemistry* 62: 12027-12033.
16. Friedman, M., and Jürgens, H. S. 2000. Effect of pH on the stability of plant phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 48 (6): 2101-2110.
17. Ghanbari, M., and Ariafar, S. 2013. The Effects of Water Deficit and Zeolite Application on Growth Traits and Oil yield of Medicinal Peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants* 3 (1): 32-39.
18. Govahi, M., Ghalavand, A., Nadjafi, F., and Sorooshzadeh, A. 2015. Comparing different soil fertility systems in Sage (*Salvia officinalis*) under water deficiency. *Industrial Crops and Products* 74: 20-27.
19. Hassanpour, H., Khavari-Nejad, R. A., Niknam, V., Razavi, Kh., and Najafi, F. 2014. Effect of penconazole and drought stress on the essential oil composition and gene expression of *Mentha pulegium* L. (*Lamiaceae*) at flowering stage. *Acta Physiologiae Plantarum* 36: 1167-1175.
20. Herms, D. A., and Mattson, W. J. 1992. The dilemma of plants: To grow or defend. *The Quarterly Review of Biology* 67: 283-325.
21. Hernandez, I., Alegre, L., and Munne-Bosch, S. 2004. Drought-induced changes in flavonoids and other low molecular-weight antioxidants in *Cistus clusii* grown under Mediterranean field conditions. *Tree Physiology* 24: 1303-1311.
22. Hosseinzadeh, S. R., Amiri, H., and Ismaili, A. 2016. Effect of vermicompost fertilizer on photosynthetic characteristics of chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. *Photosynthetica* 54 (1): 87-92.
23. Hura, T., Hura, K., and Grzesiak, S. 2008. Contents of total phenolics and ferulic acid, and PAL activity during water potential changes in leaves of maize single-cross hybrids of different drought tolerance. *Journal of Agronomy and Crop Science* 194: 104-112.
24. Kacperska, A. 1993. Water potential alteration-a prerequisite or a triggering stimulus for the development of freezing tolerance in overwintering herbaceous plants. In: Li PH, Christerson L (eds.) *Advances in plant cold hardiness*. CRC Press, Boca Raton, pp 73-91.

25. Kazem Alvandi, R., Sharifan, A., and Aghazadeh Meshghi, M. 2010. Study of chemical composition and antimicrobial activity of peppermint essential oil. *Journal of Comparative Pathobiology* 7 (4): 355-364.
26. Kim, H. J., Chen, F., Wang, X., and Choi, J. H. 2006. Effect of methyl jasmonate on phenolics, isothiocyanate, and metabolic enzymes in radish sprout (*Raphanus sativus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54: 7263-7269.
27. Krizek, D. T., Kramer, G. F., Upadhyaya, A., and Mirecki R. M. 1993. UV-B Response of cucumber seedling grown under metal halid and high pressure sodium/deluxe lamps. *Physiology of Plant* 88: 350-358.
28. Lima, A. L. S., DaMatta, F. M., Pinheiro, H. A., Totola, M. R., and Loureiro, M. E. 2002. Photochemical responses and oxidative stress in two clones of *Coffea canephora* under water deficit conditions. *Environmental Experimental Botany* 47: 239-247.
29. Makris, D. P., Kallithraka, S., and Kefalas, P. 2006. Flavonols in grapes, grape products and wines: Burden, profile and influential parameters. *Journal of Food Composition and Analysis* 19 (5): 396-404.
30. Mohamed, A. H. M., Harris, P. J., Henderson, C., and Senatore, F. 2002. Effect of Drought Stress on the Yield and Composition of Volatile Oils of Drought-Tolerant and Non-Drought-Tolerant Clones of *Tagetes minuta*. *Planta Medica* 68: 472-474.
31. Navarro, A. E., Portales, R. F., Sun-Kou, M. R., and Lianos, B. P. 2008. Effect of pH on phenol biosorption by marine seaweeds. *Journal of Hazardous Materials* 156 (1): 405-411.
32. Nedko, K., and Georgi, V. Georgiev. 1991. A Study of Different Irrigation Practices Used for *Mentha piperita* in Bulgaria. *Journal of Essential Oil Research* 3 (6): 435-440.
33. Omidbaigi, R., Hassani, A., and Sefidkon, F. 2003. Essential oil content and composition of sweet Basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. *Journal of Essential Oil Bearing Plants* 6: 104-108.
34. Palomino, O., Gomez-Serranillos, M., Slowing, K., Carretero, E., and Villar, A. 2000. Study of polyphenols in grape berries by reversed-phase high-performance liquid chromatography. *Journal of Chromatography A*. 87 (1): 449-451.
35. Pant, A. P., Radovich, T. J., Hue, N. V., Talcott, S. T., and Krennek, K. A. 2009. Vermicompost extracts influence growth, mineral nutrients, phytonutrients and antioxidant activity in pak choi (*Brassica rapa* cv. Bonsai, Chinensis group) grown under vermicompost and chemical fertiliser. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 89 (14): 2383-2392.
36. Saeid Nejad, A. H., and Rezvani Moghaddam, P. 2010. Evaluate the effect of compost, vermicompost and manure on yield, yield components and the percentage of cumin. *Journal of Horticultural Science* 24 (2): 142-148. (in Persian with English abstract).
37. Sangtarash, M. H., Qaderi, M. M., Chinnappa, C. C., and Reid, D. M. 2009. Carotenoid differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. *Environmental and Experimental Botany* 66: 212-219.
38. SAS Institute Inc. 2009. The SAS System for Windows, Release 9.0. Cary, NC, USA: Statistical Analysis Systems Institute.
39. Sheteawi, S. A., and Tawfik, K. M. 2007. Interaction effect of some biofertilizers and irrigation water regime on Mungbean (*Vigna radiate*) growth and yield. *Applied Sciences Research* 3 (3): 251-262.
40. Simon, J. E., Bubenheim, R. D., Joly, R. J., and Chares, D. J. 1992. Water stress induced alteration in essential oil content and composition of sweet basil. *Journal of Essential Oil Research* 4: 71-75.
41. Soland, S. F., and Laima, S. K. 1999. Phenolics and cold tolerance of *Brassica napus*. *Plant Agriculture* 1: 1-5.
42. Sreevalli, Y., Baskaran, K., Chandrashekara, R. S., and kulkarni, R. N. 2001. Preliminary observations on the effect of irrigation frequency and genotypes on yield and alkaloid concentration in petriwinkle. *Journal of Medicinal and Aromatic plant Science* 22: 356-358.
43. Sultana, N., Ikeda, T., and Itoh, R. 1999. Effect of Na Cl salinity on photosynthesis and dry matter accumulation in developing rice grains. *Environmental and Experimental Botany* 42 (3): 211-220.
44. Sun, X. P., Yan, H. L., Kang, X. Y., and Ma, F. W. 2013. Growth, gas exchange, and water-use efficiency response of two young apple cultivars to drought stress in two scion-one rootstock grafting system. *Photosynthetica* 51 (3): 404-410.
45. Velaay, L., Noormohammadi, Gh., Hasanlu, T., Haj Sydhady, M. R., and Valaee, N. 2010. Effect of biological fertilizer vermicompost and fruitful phosphate on growth and yield of milkthistle. First National Conference on Electronic Agriculture and Sustainable Natural Resources, 21 December 2013, Tehran p. 1-5. (in Persian with English abstract).
46. Yousefzadeh, S., Modarres Sanavy, S. A. M., Govahi, M., and Khatamian Oskooie, O. S. 2015. Effect of Organic and Chemical Fertilizer on Soil Characteristics and Essential Oil Yield in Dragonhead, *Journal of Plant Nutrition* 38 (12): 1862-1876.
47. Zhao, X., Iwamoto, T., and Carey, E. E. 2007. Antioxidant capacity of leafy vegetables as affected by high tunnel environment, fertilisation and growth stage. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 87 (14): 2692-2699.



Effect of Organic Fertilizers and Urea Fertilizer on Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, Yield and Yield Components of Peppermint (*Mentha piperita* L.) under Drought Stress

H. Keshavarz¹, S. A. M. Modarres-Sanavy^{2*}, F. Sefidkon³, A. Mokhtassi-Bidgoli⁴

Received: 06-05-2019

Accepted: 01-09-2019

Introduction

The shortage of water in Iran is always considered as a limiting factor in the production of crops. Among them, its effect on growth, absorption of nutrients and the metabolic processes of plants is different and can reduce the growth. The amount of this decrease is always associated with significant changes in the qualitative properties of plants, including medicinal plants. Hence, this investigation was carried out with the aim of improving the essential oil yield of peppermint through integrated nutrient management under the drought stress conditions.

Materials and Methods

This experiment was carried out at the field research station of the Agricultural Research Center of Tarbiat Modares University in Karaj during 2018. The experiment was conducted as factorial arrangement based on a randomized complete block design with three replications. Treatments included six fertilizer rates (F1: control, F2: 140 kg ha⁻¹ urea, F3: 110 kg ha⁻¹ urea + 3.5 ton ha⁻¹ vermicompost, F4: 70 kg ha⁻¹ urea + 7 ton ha⁻¹ vermicompost, F5: 35 kg ha⁻¹ urea + 110 ton ha⁻¹ vermicompost and F6: 14 ton ha⁻¹ vermicompost) and three irrigation regimes (irrigation was suppressed until 75 (control), 60 (mild stress) and 45% (sever stress) soil moisture was reached). According to the recommended N requirements (140 kg ha⁻¹), the vermicompost was broadcast by hand and incorporated immediately into the soil using a rototiller three days before planting. The urea was applied at two stages. Because of sandy soil, plots were irrigated frequently (interval of 1-2 days) with drip irrigation system to avoid wilting during the plant growth. The plants were harvested at floral initiation by cutting plants about 10 cm above the soil surface. Data of growth parameters were measured as plant height (cm), LAI, dry weights of herbage, essential oil percentage and oil yield. (which were collected at floral initiation). Analysis of variance (ANOVA) of the data from each attribute was computed using the SAS package (SAS Institute, 2009). Significant of differences among irrigation regimes, various fertilizers and their interaction for variables were compared by LSD test ($P \leq 0.05$).

Results and Discussion

The results showed that drought stress reduced leaf chlorophyll content, DPPH, plant height, leaf area index, shoot dry weight and oil yield. Although the amount of flavonoids, carotenoids, total phenols and oil percentage first increased and then decreased by increasing drought stress. Increasing the rate of vermicompost in fertilizer treatment increased the physiological and vegetative traits of peppermint plant. According to the results of interaction between two treatments, the highest plant height, shoot dry weight and essential oils yield were resulted under normal irrigation and 14 tons ha⁻¹ vermicompost. The highest total phenol content was obtained in moderated drought stress and combined fertilization of 70 kg of urea with 7 tons ha⁻¹ of vermicompost. Also, the highest percentage of essential oil and flavonoids content were observed in moderated drought stress treatment with 14 tons ha⁻¹ of vermicompost fertilizer. In general, the results showed that among different treatments of drought, vermicompost fertilizer had a positive effect on vegetative and physiological functions of plants. Application of vermicompost combined with chemical fertilizer increased plant height, essential oil percentage and essential oil yield.

Conclusions

The results revealed that organic fertilizer treatment improves essential oil yield and physiological traits of peppermint by improving various chemical, physical and biological characteristic of the soil. As a result, organic and chemical fertilizer combination reduces the requirement for synthetic fertilizer and improves performance and environmental sustainability.

Keywords: Compost, DPPH, Oil content, Pigment

1- Ph.D. Candidate of Agronomy, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

2- Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

3- Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Tehran Iran

4- Assistant Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

(*- Corresponding Author Email: modaresa@modares.ac.ir)

Contents

Effects of Planting Date on the Floret Anatomy and Yield of Rice Varieties in Khuzestan	526
A. Gilani, A. Siyadat, S. Jalali, K. Limouchi	
Quantifying Leaf Development in Different Wheat Cultivars: Leaf Lifetime	536
J. Pourreza, A. Soltani	
Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Yield, Yield Components and Qualitative Traits of Soybean Cultivars (<i>Glycine max</i>) in Different Irrigation Regimes	549
F. Mondani, K. Khani, S. Jalali Honarmand, M. Saeedi	
Evaluation of Quantity and Quality Characteristics of Sugar Beet Varieties in Different Sowing Date of Direct Sowing and Transplanting in Shirvan and Mashhad	564
M. Bagheri Shirvan, Gh. A. Asadi, A. Koochecki	
Evaluation of Yield and Oil Quality of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) Seeds under Plant Growth Motivate Foliar Application and Harvest Time	577
P. Khalili, M. Tajbakhsh	
Study of the Response of Rainfed Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.) Cultivars in Semi-arid and Semi-humid Regions of Golestan Province	589
A. Rahemi karizaki, H. Rezaei, A. Gholizadeh, A. Nakhzari Moghadam, M. Naeemi	
Effect of Deficit Irrigation Regimes and Foliar Application of Jasmonic Acid and Ascorbic Acid on Some Secondary Metabolites, Oil Yield and Grain Yield of Safflower Genotypes	602
F. Mohtashamii, M. R. Tadayon, P. Roshandel	
The Response of Some Morphological and Physiological Traits of Landraces of Savory (<i>Satureja hortensis</i> L.) to Levels of Salinity and Defoliation Stress	615
F. Majidi, E. Azizi, M. Kermani, A. Abhari	
Study of the Effect of Calcium Chloride and Selenium on High Temperature Resistance Wheat (<i>Triticum aestivum</i> L.)	629
H. Noroozi, M. Nabipour, A. Rahnama Ghahfarokhi, H. Roshanfekar	
Effect of Nitrogen Splitting and Plant Density on Yield and Grain Yield Components of Two Rice Genotypes (<i>Oryza sativa</i> L.)	645
F. Alipour Abookheili, Gh. Noormohammadi, H. Madani, H. Heidari Sharifabad, H. Mobasser	
Evaluation of Agronomic Traits and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Rice Genotypes under Flooding and Underneath Irrigation	658
H. Sabouri, H. Ghorbani Vaghei, M. R. Jafarzade Razmi, M. Rezaei, A. Heshmatpour, A. Sabouri, M. Katozi, S. Sanchouli	
Effect of Organic Fertilizers and Urea Fertilizer on Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, Yield and Yield Components of Peppermint (<i>Mentha piperita</i> L.) under Drought Stress	672
H. Keshavarz, S. A. M. Modarres-Sanavy, F. Sefidkon, A. Mokhtassi-Bidgoli	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 17

No. 4

2020

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	Prof., University of Birjand
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., University of Birjand
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
Khazaei, H.R.	Crop Physiology	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.17 No.4

2020

Iranian Journal of Field Crops Research

ISSN:2008-1472

Contents

- Effects of Planting Date on the Floret Anatomy and Yield of Rice Varieties in Khuzestan 526**
A. Gilani, A. Siyadat, S. Jalali, K. Limouchi
- Quantifying Leaf Development in Different Wheat Cultivars: Leaf Lifetime..... 536**
J. Pourreza, A. Soltani
- Effect of Plant Growth-Promoting Rhizobacteria on Yield, Yield Components and Qualitative Traits of Soybean Cultivars (*Glycine max*) in Different Irrigation Regimes..... 549**
F. Mondani, K. Khani, S. Jalali Honarmand, M. Saeedi
- Evaluation of Quantity and Quality Characteristics of Sugar Beet Varieties in Different Sowing Date of Direct Sowing and Transplanting in Shirvan and Mashhad 564**
M. Bagheri Shirvan, Gh. A. Asadi, A. Koochecki
- Evaluation of Yield and Oil Quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) Seeds under Plant Growth Motivate Foliar Application and Harvest Time 577**
P. Khalili, M. Tajbakhsh
- Study of the Response of Rainfed Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars in Semi-arid and Semi-humid Regions of Golestan Province..... 589**
A. Rahemi karizaki, H. Rezaei, A. Gholizadeh, A. Nakhzari Moghadam, M. Naeemi
- Effect of Deficit Irrigation Regimes and Foliar Application of Jasmonic Acid and Ascorbic Acid on Some Secondary Metabolites, Oil Yield and Grain Yield of Safflower Genotypes 602**
F. Mohtashami, M. R. Tadayon, P. Roshandel
- The Response of Some Morphological and Physiological Traits of Landraces of Savory (*Satureja hortensis* L.) to Levels of Salinity and Defoliation Stress..... 615**
F. Majidi, E. Azizi, M. Kermani, A. Abhari
- Study of the Effect of Calcium Chloride and Selenium on High Temperature Resistance Wheat (*Triticum aestivum* L.) 629**
H. Noroozi, M. Nabipour, A. Rahnama Ghahfarokhi, H. Roshanfekar
- Effect of Nitrogen Splitting and Plant Density on Yield and Grain Yield Components of Two Rice Genotypes (*Oryza sativa* L.) 645**
F. Alipour Abookheili, Gh. Noormohammadi, H. Madani, H. Heidari Sharifabad, H. Mobasser
- Evaluation of Agronomic Traits and Chlorophyll Fluorescence Parameters in Rice Genotypes under Flooding and Underneath Irrigation 658**
H. Sabouri, H. Ghorbani Vaghei, M. R. Jafarzade Razmi, M. Rezaei, A. Heshmatpour, A. Sabouri, M. Katozi, S. Sanchouli
- Effect of Organic Fertilizers and Urea Fertilizer on Phenolic Compounds, Antioxidant Activity, Yield and Yield Components of Peppermint (*Mentha piperita* L.) under Drought Stress 672**
H. Keshavarz, S. A. M. Modarres-Sanavy, F. Sefidkon, A. Mokhtassi-Bidgoli