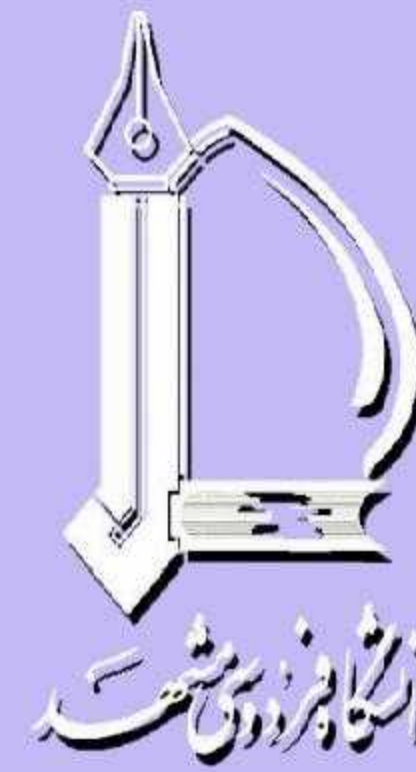




شماره ۳

جلد ۱۴

سال ۱۳۹۵

نشریه علمی - پژوهشی

پژوهشهای زراعی ایران

شاپا: ۱۴۷۲-۲۰۰۸

عنوان مقالات

- ارزیابی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum*) تحت تنش کمبود آب در مرحله گیاهچه‌ای ۴۰۳
حمیدرضا مهرآبادی - احمد نظامی - محمد کافی - محمدرضا رمضان‌مقدم
- تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های یولاف از نظر مقادیر آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی آخر فصل ۴۱۵
بهاره محمودی - صحبت بهرامی نژاد - رزافخری
- همبستگی بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه گلرنگ بهاره در شرایط تنش رطوبتی ۴۲۷
پروانه یاری - امیرحسین کشتکار
- اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد، درصد روغن و نیتروژن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت پاییزه ۴۳۸
نازنین صف‌آرا - محمدرضا مرادی تلاوت - سیدعطاءاله سیادت - احمد کوچک‌زاده - سیدهاشم موسوی
- کاهش اثرات تنش شوری از طریق کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید بر نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) ۴۴۹
فاطمه چهارلنگ بدیل - مهرشاد براری - محمود شمیلی - زهرا طهماسبی
- تأثیر تنش قلیائیت بر روی برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک دو رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) ۴۶۰
شایسته بمانی گلنابادی - بتول مهدوی - بنیامین ترابی
- اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم آزاد ۴۷۰
غلامرضا دره‌کی - غلامرضا زمانی - محمدحسن سیاری
- تأثیر محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) و شاخص‌های کارایی جذب و مصرف نیتروژن در تاریخ‌های مختلف کاشت ۴۸۴
سهام دوری - محمدرضا مرادی تلاوت - سیدعطاءالله سیادت - عبدالمهدی بخشنده
- اثرات خاک‌ورزی و مدیریت فسفر بر لایه‌بندی فسفر در سیستم تولید ذرت دانه‌ای ۴۹۴
مجید روزبه
- تأثیر سیلیکون روی برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) تحت تنش شوری ۵۰۳
سیما حسینی - حسن فرح‌بخش - غلامرضا خواجویی نژاد
- اثر مقدار و نحوه کاربرد پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در شرایط شور ۵۱۴
عزیزالله اردکانی - محمد آرمین - اسماعیل فیله‌کش
- بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد علوفه علف‌قناری (*Phalaris canariensis* L.) در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری، کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی ۵۲۶
ویدا ورناصری قندعلی - پرویز رضوانی‌مقدم - سرور خرم‌دل

نشریه پژوهشهای زراعی ایران

«نشریه علمی - پژوهشی قطب علمی گیاهان زراعی ویژه»

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

۸۲/۵/۲۷

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

۸۹/۱۰/۲۱

سال ۱۳۹۵

شماره ۳

جلد ۱۴

صاحب امتیاز:

دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

مدیر مسئول:

پرویز رضوانی مقدم

سر دبیر:

حمیدرضا خزاعی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

استاد - آگرواکولوژی (دانشگاه فردوسی مشهد)

اعضای هیات تحریریه:

یحیی امام

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه شیراز)

عبد الرضا باقری

استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمدعلی بهدانی

دانشیار - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

محمد بنایان اول

استاد - مدلسازی سیستمهای کشاورزی (دانشگاه فردوسی مشهد)

مجید جامی الاحمدی

دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

حمید رحیمیان مشهدی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

غلامرضا زمانی

دانشیار - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه بیرجند)

احمد زارع فیض آبادی

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

فرج اله شهریاری احمدی

استاد - ژنتیک و اصلاح نباتات (دانشگاه فردوسی مشهد)

محمد کافی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

احمد نظامی

استاد - فیزیولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

داریوش مظاهری

استاد - اکولوژی گیاهان زراعی (دانشگاه تهران)

مهدی نصیری محلاتی

استاد - مدل سازی گیاهان زراعی (دانشگاه فردوسی مشهد)

ناشر: دانشگاه فردوسی مشهد

چاپ: موسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

شمارگان: ۲۰ نسخه

قیمت: ۵۰۰۰ ریال (دانشجویان ۲۵۰۰ ریال)

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

نمبر: ۳۸۷۸۷۴۳۰

پست الکترونیک: cesc@um.ac.ir

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

این نشریه در پایگاههای زیر نمایه می شود:

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

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

مندرجات

- ۴۰۳ ارزیابی خصوصیات مورفوفیز یولوژیک ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum*) تحت تنش کمبود آب
در مرحله گیاهچه‌ای
حمیدرضا مهرآبادی- احمد نظامی- محمد کافی- محمدرضا رمضانی مقدم
- ۴۱۵ تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های یولاف از نظر مقادیر آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی آخر فصل
بهاره محمودی- صحبت بهرامی نژاد- رزا فخری
- ۴۲۷ همبستگی بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه گلرنگ بهاره در شرایط تنش رطوبتی
پروانه یاری، امیرحسین کشتکار
- ۴۳۸ اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد، درصد روغن و نیتروژن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت پاییزه
نازنین صف‌آرا- محمدرضا مرادی تلاوت- سیدعطاءاله سیادت- احمد کوچک‌زاده- سیدهاشم موسوی
- ۴۴۹ کاهش اثرات تنش شوری از طریق کاربرد خارجی سالیسیلیک‌اسید بر نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)
فاطمه چهارلنگ بدیل- مهرشاد براری- محمود شمیلی- زهرا طهماسبی
- ۴۶۰ تأثیر تنش قلیائیت بر روی برخی از ویژگی‌های مورفوفیز یولوژیک دو رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)
شایسته بمانی گلنابادی- بتول مهدوی- بنیامین ترابی
- ۴۷۰ اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم آزاد
غلامرضا دره‌کی- غلامرضا زمانی- محمدحسن سیاری
- ۴۸۴ تأثیر محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) و شاخص‌های کارایی جذب و مصرف نیتروژن در تاریخ‌های
مختلف کاشت
سهام دوری- محمدرضا مرادی تلاوت- سیدعطاءالله سیادت- عبدالمهدی بخشنده
- ۴۹۴ اثرات خاک‌ورزی و مدیریت فسفر بر لایه‌بندی فسفر در سیستم تولید ذرت دانه‌ای
مجید روزبه
- ۵۰۳ تأثیر سیلیکون روی برخی خصوصیات مورفوفیز یولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) تحت تنش شوری
سیما حبیبی- حسن فرح‌بخش- غلامرضا خواجه‌بوی نژاد
- ۵۱۴ اثر مقدار و نحوه کاربرد پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در شرایط شور
عزیزالله اردکانی- محمد آرمین- اسماعیل فیله‌کش
- ۵۲۶ بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد علوفه علف‌قناری (*Phalaris canariensis* L.) در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری، کودهای آلی،
شیمیایی و تلفیقی
ویدا ورناصری قندعلی- پرویز رضوانی مقدم- سرور خرم‌دل



ارزیابی خصوصیات مرفوفیزیولوژیک ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum*) تحت تنش کمبود آب در مرحله گیاهچه‌ای

حمیدرضا مهرآبادی^۱ - احمد نظامی^{۲*} - محمد کافی^۳ - محمدرضا رضائی مقدم^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۲/۲۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۱/۱۱

چکیده

شناسایی و استفاده از ارقام متحمل به تنش خشکی یکی از راه کارهای بهبود تولید پنبه در سیستم‌های زراعی تحت تنش می‌باشد. بدین منظور تعداد ۲۲ رقم پنبه با استفاده از آزمایش فاکتوریل و در قالب طرح کاملاً تصادفی در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی مشهد تحت دو شرایط بدون تنش و تنش کمبود آب (۱- مگاپاسکال) رشد یافتند. رطوبت گلدان‌های حاوی ارقام پنبه تا مرحله دو برگ حقیقی در حد ظرفیت زراعی نگهداری و پس از آن با استفاده از روش وزنی تا پایان آزمایش پتانسیل آب در حد ۱- مگاپاسکال حفظ شدند. تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار اما متفاوت وزن خشک اندام‌های هوایی و ریشه گیاهچه در ارقام حساس و متحمل شد. نتایج ضرایب همبستگی نشان داد، صفات وزن خشک برگ و ریشه بالاترین و وزن خشک ساقه و ارتفاع کمترین همبستگی را با وزن خشک بوته، تحت تنش کمبود آب داشتند. در شرایط تنش میزان تلفات برگ در ارقام متحمل کمتر از ارقام حساس بود. تنش خشکی تأثیر کمتری بر افزایش دمای برگ ارقام متحمل داشت. ارقام ورامین، ۴۳۳۴۷، خرداد، دلتاپاین ۲۵، ۴۳۲۰۰ و B-433 با کمترین کاهش در میزان تعداد و سطح برگ، و نیز وزن خشک برگ، ریشه و ساقه و وزن خشک بوته و نیز محتوای نسبی آب برگ و هدایت روزنه‌ای به عنوان ارقام متحمل و ارقام ۴۳۲۵۹، نازیلی ۸۴، کوکر ۳۴۹، نارابرای، شیرپان ۵۳۹ و Asj2*349 با بیشترین کاهش در مقادیر صفات مذکور به عنوان ارقام حساس به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تحمل خشکی، دمای برگ، مقاومت روزنه‌ای، وزن خشک، همبستگی

مقدمه

سیستم‌های تولید پنبه، لزوم شناسایی و استفاده از ارقام متحمل به تنش خشکی را ایجاد می‌نماید. کمبود آب سبب کاهش رشد گیاه، سطح برگ و در نهایت فتوسنتز می‌شود (Falkenberg, 2003). پژوهش‌گران طی تحقیقی نشان دادند که کمبود آب موجب کاهش شدید شاخص سطح برگ شد (Dagdelen et al., 2006). کاهش سطح برگ می‌تواند ناشی از تأثیر بر اندازه برگ و ریزش آن باشد (Boyer, 1985). علاوه بر این کاهش ارتفاع گیاه از اثرات اولیه تنش خشکی در پنبه است (Afshar and Mehrabadi, 2005). بسته به شدت تنش خشکی طی دوره رشد رویشی گیاه، میزان سطح برگ فتوسنتزکننده و تعداد شاخه‌های بارده در پنبه کاهش می‌یابد (Burke and Omhony, 2001; Joleini and Mehrabadi, 2006). تجمع ماده خشک نیز به دنبال تنش کمبود آب و تأثیر بر سنتز مواد آلی در گیاه کاهش می‌یابد. تحقیقات نشان داد که تنش کمبود آب سبب کاهش تجمع ماده خشک پنبه شد. علاوه بر این همبستگی مثبت و معنی‌داری ($r = 0.99^{**}$) بین میزان آب مصرفی و عملکرد مشاهده شد (Dagdelen et al., 2006).

یکی از راه کارهای کاهش اثرات منفی تنش خشکی بر رشد و عملکرد پنبه، استفاده از ارقام متحمل به کمبود آب است. نتایج محققان نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی مقادیر فتوسنتز

وجود تنش‌های مختلف زنده و غیرزنده سبب شده است تا گیاهان زراعی تنها به ۱۰ تا ۲۰ درصد از عملکرد واقعی خود در شرایط عدم تنش دست یابند (Kafi et al., 2009). از بین عوامل مختلف تنش‌زا، تنش خشکی به تنهایی عامل ۴۵ درصد از کاهش محصولات زراعی می‌باشد (Belhassen, 1996). از آنجایی که قسمت اعظم اراضی تحت کشت پنبه (*Gossypium hirsutum*) در ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک واقع شده است، لذا تنش خشکی جزء جدایی‌ناپذیر سیستم‌های تولید پنبه در این مناطق است. این موضوع با توجه به کشت‌های جایگزین باعث شده است تا زمین‌های تحت کشت پنبه به تدریج به اراضی حاشیه‌ای که از شرایط تنش بیشتری برخوردارند، رانده شوند. لذا برآیند مجموعه عوامل مرتبط با

۱- دانشجوی سابق دوره دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشگاه فردوسی مشهد و استادیار بخش تحقیقات زراعی و باغی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد
۲ و ۳- اساتید دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد
۴- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی
(Email: nezamiahmad@yahoo.com)
(*)- نویسنده مسئول

خالص، هدایت روزنه‌ای و تعرق کاهش یافت (Deeba, et al., 2012). علاوه بر این، پایش دمای گیاه منفرد و کانوبی می‌تواند به عنوان ابزاری برای تعیین میزان تنش در گیاه پنبه مورد استفاده قرار گیرد (Padhi et al., 2012; Falkenberg et al., 2003). Nepomuceno et al., 1998 نشان دادند که تفاوت‌های بین ارقام پنبه از حیث سطح تحمل به خشکی می‌تواند در ارتباط با برخی پارامترهای فیزیولوژیک چون سرعت فتوسنتزی و هدایت روزنه‌ای باشد. آن‌ها همچنین نشان دادند که ارقام متحمل پنبه توانایی حفظ پتانسیل آب برگ را در مواجهه با تنش کمبود آب ناشی از کاربرد پلی‌اتیلن گلایکول داشتند، در حالی که ارقام حساس پنبه از چنین قابلیت برخوردار نبودند. آن‌ها پایش خصوصیات فیزیولوژیک در گیاه پنبه را ابزاری مؤثر در انتخاب و اصلاح ژرم پلاسما برشمردند. با این حال راه کارهای سازگاری و تحمل تنش خشکی بین ارقام پنبه به شکل‌های متفاوت بروز می‌نماید. لذا برخی ارقام در مواجهه با تنش کمبود آب از درجه تحمل بالاتری برخوردارند. اما قطعاً تمامی ارقام متحمل‌تر، عملکرد بالاتری در شرایط تنش و بدون تنش در مقایسه با سایر ارقام نخواهند داشت و لذا رقم ایده‌آل رقمی است که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش دارای عملکرد پایدار و بالا باشد (Blum, 1988; Fernandez, 1992). با این حال عملکرد در شرایط تنش اغلب معیار مناسبی برای تحمل نیست، چون تفاوت‌های عملکرد در شرایط تنش به مقدار زیادی تحت تأثیر تفاوت در فرار از خشکی و پتانسیل ذاتی عملکرد قرار می‌گیرد. لذا محققان تلاش کرده‌اند از شاخص‌های دیگری چون ویژگی‌های مرفولوژیک جهت انتخاب ارقام مناسب استفاده کنند (Royo et al., 2000). از آنجایی که ارزیابی تعداد زیادی از ارقام پنبه در شرایط مزرعه‌ای و اعمال تنش خشکی در آن شرایط دشوار و از دقت کافی لازم برخوردار نیست، و از طرف دیگر همبستگی نسبتاً خوبی بین نتایج تحمل به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای با آزمایشات مزرعه‌ای که گیاه به باروری و برداشت محصول می‌رسد، دیده شده است (Galeshi et al., 2005)، لذا در این تحقیق سعی شده است تا با استفاده از صفات مرفولوژیک و وابسته به رشد گیاه در دو شرایط تنش و غیر تنش، تعدادی از ارقام پنبه از حیث تحمل به تنش خشکی در مرحله گیاهچه‌ای مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۲۲ رقم (جدول ۱) از ژرم پلاسما گونه آلوترایلوئید پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) کشور در دو شرایط تنش خشکی (۱-مگا پاسکال) و عدم تنش خشکی به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در محل گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد طی سال ۱۳۸۹ مورد

بررسی قرار گرفتند. برای تعیین و کنترل دقیق میزان رطوبت خاک در سطح ۱-مگا پاسکال، از روش وزنی (Galeshi et al., 2005)؛ Gadallah, 1995) استفاده شد. در این ارتباط سه نمونه ۲۵۰ گرمی از خاک مورد استفاده (به نسبت مساوی خاک برگ، خاک مزرعه و ماسه) در آزمایش به دقت وزن شد و به مدت ۴۸ ساعت در آن قرار گرفت. خاک خشک شده مجدداً وزن شده، داخل ظروف با وزن مشخص ریخته شده و به آرامی و تا سطح ظرفیت اشباع آبیاری شد. سپس با استفاده از دستگاه صفحات فشاری^۱، فشاری برابر ۱۰ بار (۱-مگا پاسکال) بر آن اعمال شد. سپس با توزین مجدد آن میزان رطوبت وزنی (در پتانسیل ۱-مگا پاسکال) از اختلاف بین وزن به دست آمده نسبت به وزن خاک خشک به دست آمد. سپس در تمامی گلدان‌ها مقدار یکسانی از نظر وزنی خاک ریخته شد. سپس شش گلدان (که همه از وزن مشابهی برخوردار بودند) به آن منتقل شده و نهایتاً وزن گلدان حاوی خاک خشک تعیین شد. با توجه به محاسبه میزان آب در نمونه خاک با پتانسیل ۱-مگا پاسکال، آبیاری گلدان‌ها در طی تحقیق بر اساس اختلاف وزن گلدان از وزن مرجع (وزن گلدان و گلدان حاوی خاک با پتانسیل آب ۱-مگا پاسکال) صورت گرفت. (توضیح: از هر تیمار تعداد ۲ گلدان اضافه هر یک حاوی سه گیاهچه برای تعیین وزن گیاهچه در طی دوره رشد و به منظور تعیین وزن خاک گلدان بدون وزن گیاهچه استفاده شد).

بذر هر رقم برای جلوگیری از رشد عوامل بیماری‌زای گیاهچه، به‌ویژه قارچ‌ها با استفاده از قارچ کش بنومیل به نسبت ۱/۵ در هزار ضدعفونی شد، سپس هر رقم در گلدانی با حجم یک‌ونیم لیتر (با عمق ۲۲ و قطر دهانه بالایی ۱۸ سانتی‌متر) و در هر گلدان تعداد ۱۰ بذر کاشت گردید. در مرحله دو برگ حقیقی گلدان‌ها تنک و در هر تکرار یک بوته نگهداری شد. برای پرهیز از هر گونه تنش کمبود آب تا استقرار بوته‌ها (مرحله ۲ برگ حقیقی) آبیاری گلدان‌ها به گونه‌ای انجام شد که گیاهچه‌ها هیچ گونه تنشی را دریافت ننمایند. پس از این مرحله خاک گلدان‌های تحت تنش خشکی در طول دوره آزمایش (تا مرحله هفت-هشت برگ حقیقی) در حد پتانسیل ۱-مگا پاسکال و گلدان‌های شاهد بر اساس میزان رطوبت وزنی در طول دوره آزمایش در حد ظرفیت زراعی نگهداری شدند. صفات مورد اندازه‌گیری در این پژوهش شامل ارتفاع بوته، سطح برگ، وزن خشک برگ، ساقه، ریشه و کل گیاهچه بود. همچنین درصد کاهش صفات در هر رقم در شرایط تنش نسبت به عدم تنش در پایان دوره آزمایش تعیین و ثبت شد. مقاومت روزنه‌ای و دمای برگ نیز به وسیله دستگاه پرومتر مدل Decagon Devices, Inc بر روی سه برگ از هر گیاهچه اندازه‌گیری و میانگین آن مورد تجزیه آماری قرار گرفت. برای تعیین محتوای نسبی آب برگ، از برگ‌های توسعه‌یافته در قسمت فوقانی

لوله‌های آزمایش محتوی آب مقطر انتقال یافته و به مدت ۲۴ ساعت جهت آب‌گیری کامل در دمای چهار درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.

گیاه نمونه برداری شد. برگ‌ها بلافاصله بعد از جمع‌آوری از گیاه وزن شده و وزن تر آن‌ها اندازه‌گیری گردید. سپس برگ‌ها به درون

جدول ۱- نام و منشأ ارقام پنبه
Table1- Name and origin of cotton cultivars

ردیف	نام	منشأ	ردیف	نام	منشأ
Row	Name	Origin	Row	Name	Origin
1	۴۳۲۰۰ (43200)	Greece یونان	12	۳۳۳ (Irma323)	Turkey ترکیه
2	۴۳۲۵۹ (43259)	Iran ایران	13	KC-8801	Iran ایران
3	۴۳۳۴۷ (43347)	Greece یونان	14	KC-8802	Iran ایران
4	۸۱۸- ۳۱۲ (818-312)	Greece یونان	15	نارابری (Narabri)	Australia استرالیا
5	Asj2 * 349	USA آمریکا	16	۸۴ (Nazili84)	Turkey ترکیه
6	B-433	Bulgaria بلغارستان	17	ساحل (Sahel)	Iran ایران
7	B-557	Pakistan پاکستان	18	سوپر اکرا (Super okra)	Australia استرالیا
8	۵۳۹ شیرپان (Shirpan 539)	Bulgaria بلغارستان	19	تابلادیل (Tabladila)	Spain اسپانیا
9	۳۴۹ کوکر (Coker349)	USA آمریکا	20	خرداد (Khordad)	Iran ایران
10	کرما (Crema)	Spain اسپانیا	21	سپید (Sepid)	Iran ایران
11	۲۵ دلتاپین (Deltapine 25)	USA آمریکا	22	ورامین (Varamin)	Iran ایران

(جدول ۴).

تنش کمبود آب موجب کاهش معنی‌دار ($p < 0.01$) سطح برگ (جدول ۲) به میزان ۴۵/۸ درصد شد. سطح برگ گیاهچه در شرایط تنش و غیر تنش خشکی به ترتیب برابر ۱۱۷/۲ و ۲۱۶/۷ سانتی‌متر مربع بود. کاهش توسعه سطح برگ در اثر محدودیت آب در پنبه به اثبات رسیده است (Boyer, 1985). Parida et al., 2007 نیز کاهش سطح برگ در ارقام پنبه را در طی تنش خشکی کوتاه مدت گزارش نمودند. تفاوت بین سطح برگ ارقام پنبه از نظر آماری معنی‌دار ($p < 0.01$) بود. ارقام ۴۳۲۵۹ و کوکر ۳۴۹ به ترتیب بیشترین و کمترین سطح برگ را در بین ارقام مورد بررسی داشتند (جدول ۴). تفاوت بین ارقام از نظر کاهش به وجود آمده در سطح برگ ناشی از تنش خشکی در مقایسات میانگین انجام شده معنی‌دار بود (جدول ۴) و ارقام مورد بررسی حساسیت‌های متفاوتی را از خود نشان دادند. برهم‌کنش تنش خشکی در ارقام مورد بررسی از نظر آماری غیرمعنی‌دار بود. Quisenberry and McMichael, 1996 نشان دادند که با ثابت بودن سطح کل برگ، ارقامی از پنبه که دارای تعداد برگ بیشتر ولی برگ‌های کوچک‌تری بودند، عملکرد بیشتری در شرایط تنش خشکی داشتند.

ارتفاع بوته

از آنجایی که یکی از واکنش‌های اولیه ساختارهای گیاهی به دنبال کمبود آب درون سلولی کاهش تقسیم سلولی و میزان بزرگ شدن آن‌ها می‌باشد (Rai and Takabe, 2006)، لذا واکنش

پس از ۲۴ ساعت برگ‌های فوق دوباره وزن شده و وزن برگ‌های اشباع شده اندازه‌گیری شد. سپس برگ‌های فوق در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت خشک گردیده و دوباره وزن شده و بدین ترتیب وزن خشک برگ‌ها محاسبه گردید. از معادله زیر جهت تعیین میزان نسبی آب برگ استفاده شد:

= محتوای نسبی آب برگ (درصد)

۱۰۰ * [(وزن خشک برگ - وزن برگ آماس کرده) / (وزن خشک

برگ - وزن تر برگ)]

تجزیه واریانس و همبستگی صفات به وسیله نرم‌افزارهای SAS و Excel انجام شد و مقایسه میانگین صفات به وسیله آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار (LSD) صورت گرفت.

نتایج و بحث

تعداد و سطح برگ

تنش خشکی موجب تغییر معنی‌دار ($p < 0.01$) تعداد برگ باقی‌مانده در گیاهچه ارقام مورد بررسی شد (جدول ۲). به طوری که رقم نارابری که با ۸/۷ از بالاترین تعداد برگ در بوته در بین ارقام برخوردار بود، پس از اعمال تنش خشکی با ۷۰/۸ درصد کاهش به تعداد ۲/۵ برگ در بوته رسید، که از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳ و ۴). کمترین تعداد برگ در بوته در پایان دوره تنش خشکی متعلق به رقم نازیلی ۸۴ با ۲/۳ برگ بود. این مقدار معادل ۶۳/۹ درصد کاهش در تعداد برگ این رقم پس از اعمال تنش خشکی بود. رقم ورامین با ۲۳/۳ درصد از کمترین تلفات برگ در بین ارقام برخوردار بود

وزن خشک ساقه

نتایج بیانگر معنی‌دار بودن اثر متقابل تیمار تنش خشکی و ارقام پنبه بر وزن خشک ساقه بود (جدول ۲). به‌طوری‌که بیشترین و کمترین وزن خشک ساقه با ۲۱۸۹ و ۳۱۵ میلی‌گرم به‌ترتیب متعلق به ارقام ۴۳۲۵۹ (گلستان) و کوکر ۳۴۹ بود. با این حال رقم ۴۳۲۵۹ با ۷۷/۳ درصد بالاترین و رقم ورامین ۲۵/۲ درصد از کمترین میزان کاهش در وزن خشک ساقه به‌دنبال تنش خشکی برخوردار بودند (جدول ۴). رجوع به ضرایب همبستگی بین وزن خشک ساقه با ارتفاع، تعداد و سطح برگ گیاهچه بیانگر تأثیر معنی‌دار تغییرات این صفات به‌ویژه با صفات وزن خشک برگ بود (جدول ۵). این موضوع مبنای اهمیت اختصاص بیشتر ماده خشک به برگ‌ها در هردو شرایط تنش و به‌ویژه در شرایط آبیاری کامل می‌باشد.

وزن خشک ریشه

واکنش ارقام پنبه به تنش کمبود آب در رابطه با تغییرات رشد و وزن خشک ریشه از نظر آماری معنی‌دار ($p < 0.01$) بود (جدول ۲ و ۳). به‌طوری‌که ارقام ۴۳۲۵۹ و نارابرای که دارای بالاترین وزن خشک ریشه در شرایط آبیاری کامل بودند، در شرایط تنش خشکی بیشترین کاهش در وزن خشک ریشه را نشان دادند. کمترین میزان کاهش در وزن خشک ریشه به‌دنبال تنش خشکی متعلق به ارقام ۴۳۳۴۷ و ورامین بود (جدول ۴). توجه به نتایج به‌دست آمده به روشنی معلوم می‌سازد که ارقامی چون ورامین و ۴۳۳۴۷ که از کمترین میزان کاهش در سطح برگ و وزن خشک برگ و ساقه برخوردار بودند، کمترین کاهش در وزن خشک ریشه را نشان دادند، در حالی‌که ارقامی چون ۴۳۲۵۹، $Asj2*349$ ، کوکر ۳۴۹، نارابرای و نازلی ۸۴ با کاهش قابل‌ملاحظه در سطح و وزن خشک برگ و در نتیجه کاهش ترقق‌کننده، نیازی به گسترش بیشتر ریشه نداشته و در نتیجه با کاهش بیشتر وزن خشک ریشه در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها مواجه شدند. کاهش وزن خشک ریشه و نیز نسبت وزن خشک ریشه به اندام‌های هوایی در پنبه به‌دنبال تنش خشکی نیز گزارش شده است (Zhao and Oosterhuis, 1997).

وزن خشک بوته

وزن خشک بوته نشانگر برآیند میزان واکنش تمامی اجزاء رشد نسبت به تنش خشکی است. نتایج نشان‌داد تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار ($p < 0.01$) وزن خشک بوته (جدول ۲) به‌میزان ۶۲/۹ درصد در نتیجه کاهش سطح و تعداد برگ، ارتفاع بوته و وزن خشک ریشه شد. بر اساس ضرایب همبستگی تغییرات وزن خشک برگ ($r = 0.95^{**}$)، ساقه ($r = 0.94^{**}$)، ریشه ($r = 0.92^{**}$) و تعداد برگ ($r = 0.80^{**}$) بیشترین تأثیر را بر میزان تغییر وزن خشک بوته داشتند (جدول ۵).

اغلب گیاهان زراعی پس از طی یک دوره تنش خشکی کاهش جثه گیاه می‌باشد (Kafi et al., 2009). نتایج بیانگر تأثیر معنی‌دار ($p < 0.01$) تنش خشکی بر ارتفاع بوته و نیز تفاوت معنی‌دار ($p < 0.01$) بین ارقام از حیث این صفت بود (جدول ۲). کاهش ارتفاع پنبه به‌عنوان یکی از اثرات مهم تنش رطوبتی توسط Grimes and Yamada, 1982 گزارش شده است. اثر متقابل تنش خشکی و ارقام پنبه از نظر آماری معنی‌دار بود ($p < 0.01$). درصد تغییرات (کاهش) ارتفاع بوته هر یک از ارقام در شرایط تنش در مقایسه با شرایط بدون تنش در همان رقم از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم ورامین با کمترین میزان کاهش ارتفاع (به‌میزان ۴/۱ درصد) در مقایسه با سایر رقم‌ها برتری نشان‌داد (جدول ۵). ارقام ۴۳۳۴۷ (ارمغان) و ساحل که ارقام تجاری می‌باشند نیز کاهش ارتفاع بوته نسبتاً کمی را در مقایسه با سایر ارقام مورد بررسی در شرایط تنش خشکی از خود نشان‌دادند. تنش خشکی بیشترین تأثیر را در ارقام کوکر ۳۴۹، ۴۳۲۵۹ (گلستان)، ایرما ۳۲۳، نارابرای و سوپرآکرا داشت (جدول ۴). بیشترین ارتفاع بوته با ۲۸۵ و ۲۸۰ میلی‌متر به‌ترتیب متعلق به ارقام سوپرآکرا و کوکر ۳۴۹ بود که در شرایط بدون تنش به‌دست آمد. علاوه بر این ارتباط مثبت و معنی‌داری بین ارتفاع بوته با تعداد و سطح برگ در بوته مشاهده شد (جدول ۵). با این وجود تنش خشکی تأثیر بیشتری بر تعداد برگ در بوته در مقایسه با ارتفاع بوته داشت.

وزن خشک برگ

نتایج نشان‌داد برهم‌کنش تنش خشکی و رقم بر وزن خشک برگ در گیاهچه از نظر آماری معنی‌دار است (جدول ۲). تنش خشکی بیشترین تأثیر (۸۳/۹ درصد کاهش) را بر وزن خشک برگ رقم ۴۳۲۵۹ که در شرایط غیر تنش بالاترین وزن خشک برگ را داشت باقی‌گذار (جدول ۴) که در مقایسه با سایر ارقام از نظر آماری معنی‌دار بود (جدول ۳). رقم B-433 که در شرایط غیر تنش دارای کمترین وزن خشک برگ در گیاهچه بود، نیز کمترین کاهش وزن خشک را پس از اعمال تنش خشکی به‌میزان ۳۰/۴ نشان‌داد. این موضوع حاکی از این است که ارقامی که در شرایط تنش خشکی بیشترین وزن خشک برگ را تولید نموده‌اند، الزاماً کاهش وزن خشک برگ کمتری نسبت به شاهد خود نداشته‌اند. بر اساس نتایج ضرایب همبستگی، تغییرات وزن خشک برگ بیشتر با تغییرات سطح برگ ($r = 0.82^{**}$) و سپس با تعداد برگ ($r = 0.76^{**}$) ارتباط داشت (جدول ۵). این موضوع بیانگر اهمیت تغییرات سطح برگ بر میزان تحمل به تنش خشکی در ارتباط با تولید ماده خشک می‌باشد. Galeshi et al., 2005 ابراز داشتند که سطح برگ در ارقام پنبه بیشترین کاهش را در نتیجه تنش خشکی نسبت به سایر صفات دارد.

جدول ۲- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) تعداد و سطح برگ، وزن خشک اجزاء و کل بوته و صفات فیزیولوژیک ارقام پنبه

Table 2- Analyze variance of number and leaf area, dry weight whole cotton cultivars plantlet and its components and physiologic traits													
منابع تغییر S.O.V	درجه آزاد	تعداد برگ بوته	سطح برگ بوته	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه	وزن خشک بوته	نسبی آب برگ RWC	مقاومت روزندای Stomatal resistance	دمای برگ Leaf tempera ture		
df	No of Plant.leaf	Plant leaf area	Plant height	Leaf dry weight	Stem dry weight	Root dry weight	Plant dry weight	9381.241**	61.826**	1691174.603**	5.900**		
(Cultivar)	21	0.707 ^{n.s}	8541.386**	2672.642**	121195.866**	155054.571**	865589.633**	605200.089**	9381.241**	145857784.364**	421.225**		
(Drought)	1	256.485**	326578.912**	80660.371**	30852135.273**	28038021.939**	12804519.273**	208360370.94**	9381.241**	145857784.364**	421.225**		
رقم × خشکی (Cultivar×Drought)	21	1.818**	2457.888 ^{n.s}	1069.387**	189520.209**	175520.892**	106472.622**	915009.638**	99.907**	1560840.221**	5.914**		
خطا (Error)	88	0.597	1515.108	315.834	26039.144	6463.265	17090.902	176293.902	5.505	589090.280	0.102		
ضرب تغییرات (CV)		15.2%	13.3%	8.1%	15.2%	14.2%	19.8%	15.3%	3.0%	15.1%	1.1%		

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

جدول ۳- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) درصد تغییرات وزن خشک اجزاء بوته، و صفات فیزیولوژیک ارقام پنبه در شرایط بدون تنش

Table 3- Analyze variance of variation percent of components of plant dry weight and physiologic traits in drought stress compared with control in cotton cultivars													
درصد تغییرات هر یک از صفات نسبت به شاهد در شرایط کنترل													
منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	تعداد برگ بوته No of plant leaf	سطح برگ بوته Plant leaf area	ارتفاع بوته Plant height	وزن خشک برگ Leaf dry weight	وزن خشک ساقه Stem dry weight	وزن خشک ریشه Root dry weight	وزن خشک بوته Plant dry weight	نسبی آب برگ RWC	مقاومت روزندای Stomatal resistance	دمای برگ Leaf temperature		
(Replication)	2	22.029 ^{n.s}	385.035 ^{n.s}	31.447 ^{n.s}	33.545 ^{n.s}	112.373 ^{n.s}	210.272 ^{n.s}	52.698 ^{n.s}	11.420 ^{n.s}	16047.514 ^{n.s}	4.682 ^{n.s}		
تکرار													
(Cultivar)	21	452.436*	489.064*	215.897**	494.362**	1072.878**	457.629**	323.188**	224.729*	152793.288**	168.439**		
خطا (Error)	42	142.394	215.095	69.637	30.552	411.926	84.309	18.842	5.441	4983.169	2.433		
ضرب تغییرات (CV)		19.03%	13.2%	12.2%	9.2%	15.4%	14.9%	7.1%	12.3%	16.8%	12.3%		

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

جدول ۴- میانگین صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک ارقام پنبه و درصد تغییرات آنها در شرایط تنش بدون تنش در هر رقم
Table 4- Mean of physiologic and morphologic traits and their variations percent in drought stress compared with control in each cotton cultivars

رقم Cultivar	تعداد برگ بوته No of plant	سطح برگ بوته Plant leaf area	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن خشک (Dry weight)			نسبی نسبی نسبی	مقاومت روزنه‌ای Stomatal resistance (s.m ⁻¹)	دمای برگ Leaf temperature (°C)
				برگ (Leaf)	ساقه (Stem)	ریشه (Root)			
43200	4.8 (-28.9)	177.3 (-57.0)	169.0 (-8.6)	1189.7 (-53.5)	733.8 (7.7)	641.2 (-54.5)	80.1 (-6.8)	1632.3 (346.7)	28.9 (10.1)
43259	5.4 (-58.6)	308.6 (19.0)	213.8 (-35.7)	1344.8 (-83.9)	1340.3 (-77.3)	911.5 (-79.5)	79.9 (-10.9)	2064.2 (716.5)	30.0 (-1.1)
43347	5.3 (-39.3)	151.9 (-28.1)	210.0 (-9.1)	1103.2 (-46.1)	916.2 (-36.3)	546.8 (-38.8)	81.4 (-29.7)	2763.0 (938.5)	29.6 (20.5)
818-312	4.5 (-50.0)	140.7 (-43.6)	228.0 (-18.3)	873.5 (-59.9)	953.7 (-58.1)	560.2 (-66.2)	83.0 (-29.7)	1968.5 (718.7)	29.4 (27.8)
Asj2*349	5.2 (-44.5)	151.8 (-35.2)	238.3 (-22.3)	947.5 (-70.9)	949.3 (-75.9)	708.7 (-69.0)	77.0 (-24.1)	1945.5 (433.2)	29.5 (25.1)
B-433	4.8 (-28.9)	152.2 (-25.8)	247.9 (-21.9)	932.8 (-30.4)	1082.7 (-58.4)	830.3 (-77.7)	79.7 (-26.5)	1404.7 (498.1)	31.2 (9.3)
B-557	4.8 (-36.7)	171.7 (-57.0)	195.4 (-20.9)	1122.7 (-63.5)	1105.7 (-63.0)	703.0 (-62.4)	79.0 (-3.8)	1813.5 (418.8)	31.6 (13.4)
Shirpan539	4.9 (-44.4)	176.3 (-58.4)	216.6 (-18.2)	1180.7 (-73.4)	1160.3 (-69.1)	525.5 (-69.5)	81.9 (-18.9)	1724.0 (205.7)	31.5 (17.0)
Coker349	4.8 (-54.1)	118.0 (-51.1)	228.3 (-36.3)	808.5 (-71.2)	874.7 (-76.7)	473.8 (-62.6)	75.3 (-19.0)	1015.5 (294.4)	30.5 (22.1)
Crema	5.6 (-40.0)	155.9 (-37.0)	245.0 (-22.3)	979.8 (-49.4)	1190.0 (-59.9)	672.2 (-52.4)	72.0 (-30.8)	1154.2 (517.1)	30.1 (11.9)
Deltapine25	5.1 (-28.7)	213.2 (-48.2)	172.5 (-12.6)	1323.2 (-52.9)	1113.5 (-64.0)	633.8 (-35.9)	78.4 (-23.5)	2048.5 (135.4)	30.8 (7.5)
Irma323	5.0 (-33.3)	153.5 (-56.8)	219.7 (-27.3)	1045.0 (-74.9)	1004.3 (-64.1)	619.3 (-68.2)	84.5 (-16.3)	930.3 (314.9)	31.6 (12.9)
KC-8801	5.0 (-42.1)	174.4 (-34.5)	222.9 (-24.2)	1007.3 (-54.1)	1084.5 (-64.6)	647.7 (-67.5)	79.8 (-11.3)	1100.0 (184.0)	30.6 (4.0)
KC-8802	5.0 (-32.1)	154.8 (-42.1)	235.5 (-13.4)	931.8 (-63.1)	1334.2 (-60.1)	612.8 (-67.8)	80.7 (-25.9)	1262.0 (346.1)	31.9 (11.5)
Narabrai	5.6 (-70.8)	163.6 (-53.2)	219.6 (-28.9)	1092.8 (-59.9)	1043.2 (-64.9)	962.0 (-79.7)	81.0 (-27.1)	1501.8 (175.0)	30.0 (9.7)
Nazili84	4.5 (-63.9)	174.7 (-64.5)	236.3 (-19.0)	1068.7 (-78.9)	1151.2 (-71.4)	677.5 (-61.0)	74.5 (-23.3)	2717.8 (792.7)	31.4 (12.7)
Sahel	5.2 (-35.2)	168.3 (-47.8)	232.1 (-9.2)	1097.0 (-51.2)	952.2 (-54.8)	715.8 (-64.5)	72.6 (-25.8)	1629.5 (581.3)	29.3 (5.9)
Super okra	5.2 (-44.2)	149.8 (-31.6)	245.0 (-27.6)	1009.7 (-50.0)	966.8 (-54.2)	711.5 (-57.0)	80.0 (-17.7)	1090.3 (214.8)	30.3 (1.1)
Tabladila	5.3 (-27.8)	193.3 (-64.5)	212.5 (-15.1)	1290.7 (-67.7)	993.2 (-64.8)	599.7 (-67.9)	78.3 (-10.5)	2040.2 (551.4)	32.1 (17.1)
Khordad	5.8 (-35.7)	147.4 (-43.9)	228.8 (-24.0)	955.3 (-46.3)	1047.7 (-52.6)	646.5 (-53.4)	76.6 (-3.1)	1300.5 (403.3)	31.7 (17.4)
Sepid	5.0 (-41.7)	133.2 (-36.8)	200.4 (-15.9)	958.7 (-66.6)	763.5 (-54.90)	555.3 (59.0)	78.4 (-9.9)	1294.2 (409.7)	29.3 (18.0)
Varamin	4.6 (-23.3)	142.2 (-35.9)	212.1 (-4.1)	992.0 (-50.6)	789.2 (-25.2)	542.5 (-37.4)	82.2 (-21.5)	861.8 (140.6)	31.0 (9.0)
LSD _(0.05)	0.9 (-19.3)	44.1 (-31.4)	20.4 (-13.6)	185.1 (-9.1)	284.5 (-32.8)	150.0 (-15.6)	2.7 (-3.8)	480.6 (116.3)	0.4 (2.6)

در هر ستون اعداد داخل پرانتز درصد تغییرات صفت در هر رقم نسبت به شاهد همان رقم می‌باشد.

In each column, data in parenthesis are variation percent of trait at each cultivar compared with control in the same cultivar.

جدول ۵- ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورفوفیزیولوژیک در ارقام پنبه

Table 5- Simple correlation coefficient among morphophysiological traits in cotton cultivars

صفات مورفوفیزیولوژیک پنبه morphophysiological traits of cotton	تعداد برگ بوته No of plant leaf	سطح برگ بوته Plant leaf area (cm ²)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (mg)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (mg)	وزن خشک ریشه Root dry weight (mg)	وزن خشک بوته Plant dry weight (mg)	محتوای نسبی آب برگ RWC	مقاومت روزنه‌ای Stomatal resistance (s.m ⁻¹)	دمای برگ Leaf temperature (°C)
No of plant leaf در بوته تعداد برگ	1.00									
Plant leaf area در بوته سطح برگ	0.57**	1.00								
Plant height در بوته ارتفاع بوته	0.70**	0.32**	1.00							
Leaf dry weight در بوته وزن خشک برگ	0.76**	0.82**	0.50**	1.00						
Stem dry weight در بوته وزن خشک ساقه	0.73**	0.70**	0.67**	0.84**	1.00					
Root dry weight در بوته وزن خشک ریشه	0.77**	0.69**	0.63**	0.82**	0.85**	1.00				
Plant dry weight در بوته وزن خشک بوته	0.80**	0.79**	0.62**	0.95**	0.94**	0.92**	1.00			
RWC در بوته محتوای نسبی آب برگ	0.72**	0.55**	0.49**	0.70**	0.68**	0.69**	0.73**	1.00		
Stomatal resistance در بوته مقاومت روزنه‌ای	-0.71**	-0.49**	-0.56**	-0.71**	-0.67**	-0.67**	-0.73**	-0.72**	1.00	
Leaf temperature در بوته دمای برگ	-0.65**	-0.54**	-0.46**	-0.66**	-0.58**	-0.61**	-0.65**	-0.67**	0.67**	1.00

** is significant at 1% معنی دار در سطح احتمال آماری یک درصد

(۶/۹ درصد) در شرایط تنش خشکی متعلق به رقم ساحل بود (جدول ۳ و ۴). به طور کلی ارقام متحمل تر مقادیر کمتری از کاهش محتوای نسبی آب برگ را در مواجهه با تنش خشکی در مقایسه با ارقام حساس نشان دادند. همچنین گیاهان با محتوای نسبی آب برگ بالاتر، از وزن خشک بیشتری برخوردار بودند (جدول ۵) و (شکل ۱- a). محققان ارتباط خوبی را بین محتوای نسبی بالاتر آب برگ با سازگاری بیشتر ارقام در مناطق خشک گزارش نمودند (Blum *et al.*, 1981).

مقاومت روزنه‌ای

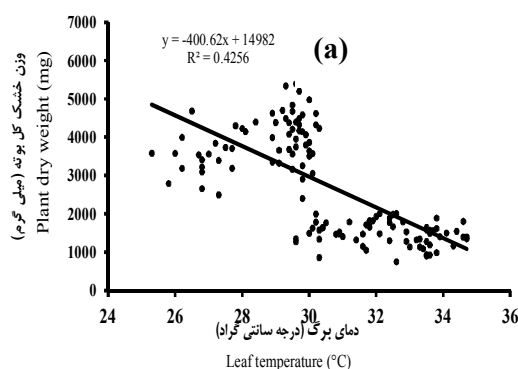
تنش خشکی تأثیر بارز و معنی‌داری ($p < 0.01$) بر مقاومت روزنه‌ای داشت. میزان مقاومت روزنه‌ای که در شرایط آبیاری کامل برابر ۵۵۱ ثانیه بر متر بود، در شرایط تنش خشکی مقدار آن با ۴/۸ برابر افزایش به عدد ۲۶۵۴ ثانیه بر متر رسید. به عبارت دیگر میزان مقاومت روزنه‌ای افزایشی معادل ۳۸۱/۷ درصد را نشان داد. این مقدار کاهش در میزان هدایت روزنه‌ای تأثیر به سزایی بر میزان فتوسنتز خالص گیاه پنبه باقی می‌گذارد، با این وجود افزایش میزان مقاومت روزنه‌ای، به گونه‌ای که منجر به خسارت به دستگاه فتوسنتزی گیاه در نتیجه افزایش دما و خسارات فتوآکسیداتیو در گیاه نگردد، می‌تواند به عنوان راه کاری برای مقابله با دوره‌های کوتاه مدت تنش خشکی و پرهیز از خسارات ناشی از پسابیدیگی در گیاه مفید واقع گردد (Nepomuceno *et al.*, 1998). ارقام پنبه از حیث میزان مقاومت روزنه‌ای تفاوت قابل ملاحظه‌ای را نشان دادند (جدول ۲). ارقام ۴۳۳۴۷ و نازلی ۸۴ هر

Galeshi *et al.*, 2005 در این مورد بیان داشتند که کاهش وزن خشک کل بوته پنبه در نتیجه کاهش وزن خشک برگ و ساقه بود. تأثیر تنش خشکی بر ارقام پنبه از نظر آماری معنی دار بود (جدول ۲). به طوری که رقم ۴۳۲۵۹ که از بالاترین وزن خشک گیاهچه برخوردار بود، به دنبال تنش خشکی، کاهش ۸۰/۷ درصدی را تجربه کرد، در حالی که رقم کوکر ۳۴۹ که دارای کمترین وزن خشک گیاهچه بود، تنها ۷۱/۵ درصد کاهش را در وزن خشک خود نشان داد. کمترین کاهش (۳۹/۷ درصد) در وزن خشک گیاهچه متعلق به رقم ورامین بود (جدول ۴).

محتوای نسبی آب برگ

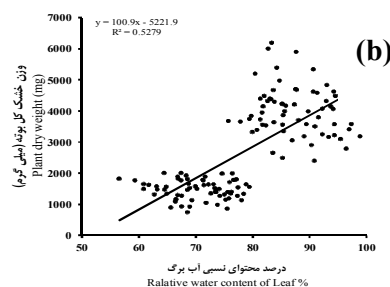
تنش خشکی سبب کاهش قابل توجه و معنی دار ($p < 0.01$) محتوای نسبی آب برگ ارقام پنبه شد (جدول ۲). محتوای نسبی آب برگ در شرایط تنش خشکی و آبیاری کامل به ترتیب ۷۰/۵ درصد و ۸۷/۴ درصد بود که نشان از کاهش ۱۹/۷ درصدی محتوای نسبی آب برگ بود. Leidi *et al.*, 1999 نیز نشان دادند، تنش خشکی منجر به کاهش سطح برگ، پتانسیل اسمزی و محتوای نسبی آب برگ شد. ارقام مورد مطالعه نیز تفاوت معنی‌داری را در ارتباط با محتوای نسبی آب برگ خود نشان دادند. به طوری که ارقام ایرما ۳۲۳ و کرما به ترتیب با ۸۴/۵ درصد و ۷۲ درصد از بالاترین و کمترین محتوای نسبی آب برگ برخوردار بودند. اثر متقابل تنش خشکی و رقم معنی دار بوده و نتایج نشان داد، بالاترین محتوای نسبی آب برگ (۹۷/۵ درصد) در شرایط آبیاری کامل متعلق به رقم ۸۱۸-۳۱۲ و کمترین آن

تنش خشکی سبب افزایش معنی دار دمای برگ گیاه پنبه شد. میانگین دمای برگ ارقام پنبه در شرایط آبیاری کامل برابر با $28/8^{\circ}\text{C}$ بود که در شرایط تنش خشکی با $32/3^{\circ}\text{C}$ به $12/2\%$ درصد افزایش رسید. افزایش دمای برگ در اثر تنش خشکی توسط محققان (Falkenberg *et al.*, 2003; Padhi *et al.*, 2012) تأیید شده است. این افزایش از یک طرف مربوط به کاهش محتوای نسبی آب برگ و از طرف دیگر در ارتباط با کاهش هدایت روزنه‌ای بود. علاوه بر این، نتایج نشان داد میزان تولید ماده خشک گیاهچه ارقام پنبه با افزایش دمای برگ کاهش معنی داری پیدا می‌نماید (شکل ۱-ب). با بروز تنش خشکی در گیاهچه ارقام پنبه، برگ‌ها آب بیشتری را از دست داده، میزان هدایت روزنه‌ای در اثر تنظیم روزنه‌ای کاهش و فرآیند سرد شدن ترقی کاهش قابل ملاحظه‌ای پیدا می‌کرد (جدول ۴ و ۵). ارقام مورد بررسی تفاوت معنی داری را از نظر دمای برگ نشان دادند (جدول ۲). در این خصوص رقم تابادیل با $32/1^{\circ}\text{C}$ بالاترین و رقم شماره ۴۳۲۰ با $28/9^{\circ}\text{C}$ از کمترین دمای برگ برخوردار بودند (جدول ۴). تفاوت میانگین دمای برگ ارقام حساس و متحمل در شرایط تنش و غیر تنش چندان محسوس نبود، ولی نتایج نشان داد میزان افزایش دمای برگ در ارقام حساس پس از مواجهه با تنش خشکی در مقایسه با ارقام متحمل بیشتر است (جدول ۴).



کدام با $27/63^{\circ}\text{C}$ و $27/17/8^{\circ}\text{C}$ ثانیه بر متر بالاترین و ارقام ورامین و ایرما $32/3^{\circ}\text{C}$ به ترتیب با $86/1/8^{\circ}\text{C}$ و $93/0/3^{\circ}\text{C}$ ثانیه بر متر کمترین مقاومت روزنه‌ای را نشان دادند (جدول ۴). با این وجود بیشترین افزایش مقاومت روزنه‌ای در اثر تنش خشکی متعلق به ارقام 43347 و نازیلی 84 بود (جدول ۴). اثر متقابل تنش خشکی و ارقام پنبه از نظر آماری معنی دار بود ($P < 0.01$). در شرایط تنش خشکی بالاترین میزان مقاومت روزنه‌ای ($5041/7$ ثانیه بر متر) متعلق به رقم 43347 و کمترین آن (1216 ثانیه بر متر) متعلق به رقم ورامین بود. در شرایط آبیاری کامل بالاترین و کمترین میزان مقاومت روزنه‌ای به ترتیب با 1221 و $327/3$ ثانیه بر متر متعلق به ارقام دلتاپاین 25 و کرما بود. صرف نظر از افزایش بالای مقاومت روزنه‌ای رقم 43347 در شرایط تنش خشکی، میزان افزایش مقاومت روزنه‌ای در ارقام حساسی چون: نازیلی 84 ، کوکر 349 ، نارابرای، شیرپان 539 و $Asj2*349$ در مقایسه با ارقام متحمل تری چون: ورامین، خرداد، دلتاپاین 25 و 43320 و $B-433$ بیشتر بود. همبستگی بین مقاومت روزنه‌ای با دیگر صفات اندازه‌گیری شده منفی و معنی دار بوده و نشان‌دهنده تأثیر منفی افزایش این صفت بر سایر صفات گیاهی بود (جدول ۴).

دمای برگ



شکل ۱- همبستگی بین وزن خشک بوته با (الف) محتوای نسبی آب برگ و (ب) دمای برگ در ارقام پنبه

Figure 1- Correlation between plant dry weight with (a) RWC and (b) Leaf temperature in cotton cultivars

در این راستا می‌باشد. از آنجایی که عملکرد در پنبه تا اندازه زیادی در ارتباط با میزان رشد رویشی اولیه و ایجاد ساختارهای حاوی اندام‌های بارده (گل و غوزه) در گیاه می‌باشد و از طرف دیگر ورود به فاز زایشی و غوزه‌بندی و نیاز بالای آن‌ها برای مواد فتوسنتزی موجب کاهش میزان رشد رویشی به‌ویژه در شرایط تنش خشکی می‌شود، لذا ارقامی که از توانایی رشد رویشی بیشتری در این دوره (مرحله گیاهچه‌ای)

نتیجه‌گیری

تنش خشکی شایع‌ترین نوع تنش در مناطق خشک و نیمه‌خشک و به‌ویژه در مناطق تحت کشت پنبه در کشور محسوب می‌شود. یکی از راه کارهای کاهش اثرات سوء تنش خشکی، استفاده از ارقام متحمل به تنش خشکی و اصلاح آن‌ها برای افزایش سطح تحمل و عملکرد است. لذا ارزیابی و تعیین ارقام متحمل به تنش خشکی، گام نخست

کمتری بر رشد ریشه آن‌ها می‌گذارد. محتوای رطوبت نسبی برگ به دنبال تنش کاهش قابل ملاحظه‌ای یافت و ارتباط معنی‌داری بین این صفت با وزن خشک تولیدی مشاهده شد. میزان افزایش مقاومت روزنه‌ای ارقام مورد بررسی در اثر تنش خشکی به طور قابل ملاحظه‌ای تفاوت داشت و در ارقام حساس به طور محسوسی بالاتر بود. به دنبال تنش خشکی دمای برگ تقریباً در تمامی ارقام افزایش معنی‌داری پیدا نمود و میزان آن در ارقام حساس بیشتر از ارقام متحمل بود. بر اساس نتایج به دست آمده ارقام و ارقام ورامین، ۴۳۳۴۷، خرداد، دلتا پین ۲۵، ۴۳۲۰۰ و B-433 با کمترین کاهش در میزان وزن خشک بوته، تعداد و سطح برگ، و نیز وزن خشک برگ، ریشه و اندام‌های هوایی و محتوای نسبی آب برگ و نیز افزایش کمتر در میزان مقاومت روزنه‌ای به عنوان متحمل‌ترین و ارقام ۴۳۲۵۹، نازیلی ۸۴، کوکر ۳۴۹، نارابرای، شیرپان ۵۳۹ و Asj2*349 با بیشترین تغییرات در مقادیر صفات مورد اشاره به عنوان حساس‌ترین ارقام نسبت به تنش خشکی اعمال شده در این پژوهش شناخته شدند.

برخورد دارند، قابلیت بیشتری برای دستیابی به عملکردهای بالا تحت شرایط یکسان خواهند داشت. تنش خشکی اجزاء رشد در گیاه را در اندازه‌های متفاوتی تحت تأثیر قرار می‌دهد. با این حال به نظر می‌رسد وزن خشک گیاه می‌تواند به عنوان برآیند تمامی اجزاء ملاک عمل قرار گیرد. نتایج نشان دادند تنش خشکی بیشترین تأثیر منفی را بر وزن خشک ریشه به میزان ۶۴/۲ درصد داشت. کمترین تأثیر منفی ناشی از تنش به میزان ۴/۹ درصد متعلق به نسبت ریشه به اندام‌های هوایی بود. بر اساس ضرایب همبستگی به دست آمده، وزن خشک برگ و ریشه بالاترین و وزن خشک ساقه و ارتفاع کمترین همبستگی را با وزن خشک بوته در شرایط تنش خشکی داشتند. میانگین درصد کاهش تعداد و سطح برگ ارقام متحمل در شرایط تنش خشکی به ترتیب برابر ۳۰/۸ و ۳۹/۲ بود، در حالی که این مقادیر برای ارقام حساس برابر ۵۶ و ۴۸/۲ درصد بود. این موضوع حاکی از این مطلب است که ارقام متحمل گرایش بیشتری به حفظ تعداد برگ نسبت به سطح برگ در شرایط تنش دارند، در حالی که تنش خشکی تأثیر

References

1. Afshar, H., and Mehrabadi, H. R. 2005. Cotton crop yield on micro irrigation (tape) system. Final report. Agricultural Engineering Research Institute Press. Karaj. P. 40. (In Persian with English Abstract).
2. Belhassen, E. 1996. Drought in higher plants: Genetical, Physiological and Molecular biological analysis. ENSA-INRA SGAP, Montpellier, France. 152 p.
3. Blum, A. 1988. Plant Breeding for Stress Environments. CRC. press, Inc. pp. 45-56.
4. Blum, A., Gozlan, G., and Mayer, J. 1981. The manifestation of dehydration avoidance in wheat breeding germplasm. *Crop Science* 21: 495-499.
5. Boyer, J. S. 1985. Water transport. *Annual review of plant Physiology*. 36: 473-516.
6. Burke, J. J., and Omhony, J. 2001. Protective role in acquired thermo tolerance of developmentally regulated heat shock proteins in cotton seeds. *Journal of Cotton Science* 2: 147-183.
7. Chaves, M. M. and Oliveira, M. M. 2004. Mechanism underlying plant resilience to water deficits: Prospects for water-saving agriculture. *Journal of Experimental Botany* 55: 2365-2384.
8. Dagdelen, N., Yilmaz, E., Sezgin, F. and Gurbuz, T. 2006. Water-yield relation and water use efficiency of cotton (*Gossypium hirsutum* L.) and second crop corn (*Zea mays* L.) in western Turkey. *Agricultural Water Management* 82: 63-85.
9. Deeba, F., Pandey, A.K., Ranjan, S., Mishra, A., Singh, R., Sharma, Y.K., Shirke, P.A. and Pandey, V. 2012. Physiological and proteomic responses of cotton (*Gossypium herbaceum* L.) to drought stress. *Plant Physiology and Biochemistry* 53: 6-18.
10. Falkenberg, N. R., Piccinini, G., Cothren, J. T., Leskovar, D. I. and Rush, C. M. 2003. Remote sensing of biotic and abiotic stress for irrigation management of cotton. *Agricultural Water Management* 87: 23-31.
11. Fernandez, G. C. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance in proceeding of and the Symposium. Taiwan, 13-16, AUG. By C. O. Kuo. AVRDC.
12. Fernandez, C. J., McInnes, K. J. and Cothorn, T. 1996. Water status and leaf area production in water and nitrogen stressed cotton. *Crop Science* 36: 1224-1233.
13. Gadallah, M. M. A. 1995. Effect of water stress, abscisic acid and proline on cotton plants. *Journal of Arid Environment* 30: 315-325.
14. Galeshi, S., Farzaneh, S. and Soltani, A. 2005. Investigation of drought tolerance in forty cotton cultivar (*Gossypium hirsutum* L.) at seedling stage. *Seed and Plant*. 21: 65-79. (In Persian with English Abstract).
15. Grimes D.W. and Yamada H. 1982. Relation of cotton growth and yield to minimum leaf water potential. *Crop Science* 22: 134-139.
16. Joleini, M. and Mehrabadi, H. R. 2006. Investigation on the effect of surface and subsurface drip irrigation methods and irrigation interval on the quality and quantity cotton. Final report. Agricultural Engineering Research Institute Press. Karaj. P. 35. (In Persian with English Abstract).
17. Kafi, M., Borzoei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masoumi, A. and Nabati, J. 2009. Physiology of environmental

- stresses in plants. Jahade Daneshgahi Mashad Press. Mashad. (In Persian)
18. Leidi, E. O., LoÁpez, M., Gorhamc, J. and GutieÁrre, J. C. 1999. Variation in carbon isotope discrimination and other traits related to drought tolerance in upland cotton cultivars under dry land conditions. *Field Crops Research* 61: 109-123.
19. Nepomuceno, A. L., Oosterhuis, D. M. and Stewart, J. M. 1998. Physiological responses of cotton leaves and roots to water deficit induced by polyethylene glycol. *Environmental and Experimental Botany* 40: 29-41.
20. Padhi, J., Misra, R. K. and Payero, J. O. 2012. Estimation of soil water deficit in an irrigated cotton field with infrared thermography. *Field crop research* 126: 45-55.
21. Parida, A. S., Dagaonkar, V. S., Phalak, M. S., Umalkar, G. V. and Aurangabadkar, L. P. 2007. Alterations in photosynthetic pigments, protein and osmotic components in cotton genotypes subjected to short-term drought stress followed by recovery. *Plant Biotechnology Reproduction* 1: 37-48.
22. Pessarakli, M. 2002. *Handbook of Plant and Crop Physiology*. Marcel Dekker, Inc. New York. Basel. 997p.
23. Quisenbery, J. E. and McMichael, B. L. 1996. Screening cotton germplasm for root growth potential. *Environmental and Experimental Botany* 36: 333-337.
24. Rai, A. and Takabe, T. 2006. *Abiotic Stress Tolerance in Plants. Toward the Improvement of Global Environment and Food*. Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht, The Netherlands. 256P.
25. Royo, C., Abaza, M., Blanco, R. and Garcia Del Moral, L. F. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress, late sowing and simulated drought stress. *Australian Journal plant of Physiology* 27: 1051-1059.
26. Zhao, D. and Oosterhuis, D. 1997. Physiological response of growth chamber-grown cotton plants to the plant growth regulator PGR-IV under water-deficit stress. *Environmental and Experimental Botany* 38: 7-14.



Evaluation of Morphophysiological Traits of Cotton Cultivars (*Gossypium hirsutum*) under Water Deficiency Stress at Seedling Stage

H. R. Mehrabadi¹- A. Nezami^{2*}- M. Kafi³- M. R. Ramezani Moghadam⁴

Received: 17-05-2014

Accepted: 31-01-2015

Introduction

Major cultivated cotton regions of Iran are located in dry and semiarid climates, therefore water deficiency or drought stress is inseparable part of cotton production systems in these regions. So identification and introduction of drought tolerant cotton genotypes is crucial. showed that water stress decreased plant growth rate, leaf area and finally photosynthesis in cotton. In addition plant height reduction is a primary effect of water stress. According to results, net photosynthesis, stomatal conductance and transpiration decreased simultaneously with an increase in drought stress intensity.

Physiologic traits monitoring were notified as a proper gadget for selection and improvement of germplasm. Whereas investigation of many genotypes in field conditions under drought stress is difficult and it is not accurate enough, also good correlation has observed between the results of drought tolerance at seedling stage and field experiments, therefore this research has tried to evaluate some of the morphologic traits in cotton genotypes at seedling stage under drought stress and none stress conditions.

Materials and Methods

22 cotton cultivars were grown under none water stress (field capacity) and drought stress conditions (-1MPa) using a factorial arrangement of treatments based on randomized completely design with three replications at College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad in 2011. Then each genotype (10 seed) was sown at a pot (1.5 l⁻¹). At two true leaf stages, pots were tinned to one seedling. Soil moisture content was kept up to two true leaf stages at field capacity and at the end of experiment, it was conserved about -1MPa using weight method.

The measured parameters were:

Plant height, leaf area, dry weight of leaf, stem, root and whole plant and also decreasing percent of each parameter under stress in comparison with control in any genotype was determined at the end of experiment. Stomatal resistance and leaf temperature were measured with leaf porometer set (model Decagon Devices, Inc) on three leaf stage of cotton seedling. Relative water content (RWC) of leaf was also measured. Variance analysis, Comparison of trait means and correlation between traits were carried out using SAS and Excel and least significant difference (LSD).

Results and Discussion

Interaction between water deficiency stress and cotton cultivars were significant ($P < 0.01$). Drought stress decreased the number of leaf per plant significantly ($p < 0.01$) by about 43.2%. Leaf area decreased significantly ($P < 0.01$) under drought stress, but there was not significant correlation between leaf area and total dry mater or leaf dry weight. This object showed that effect of variations of leaf area on the amount of drought tolerance in relation with dry matter production was low. Overall drought stress decreased dry weight of stem (29.1%), leaf (59.9%) and root (61.5%) significantly at the all cultivars in comparison with well-watered condition. According to the correlation coefficient, leaf dry weight altered with changes in leaf surface ($r = 0.82^{**}$) and leaf number ($r = 0.76^{**}$).

Under conditions (stress and none stress), maximum dry matter had allocated in leaves. In addition to

1- Former PhD Student of Srop Physiology, Ferdowsi University of Mashhad and Assistant Professor of Horticulture Crops Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad

2 & 3- Professors of Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

4- Assistant Professor of Soil and Water Research Department, Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center, AREEO, Mashhad

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

cultivars such as Varamin and 43347 that had the lowest decrease in leaf area and leaf and stem dry weight, root dry weight showed the lowest decrease of. The most decrease of plant dry weight after drought stress belonged to 43259 (80.7%), Asj2*349 (72.5%) and Nazili84 (72.1%) cultivars and the least decrease of plant dry weight after drought stress belonged to Varamin cultivar (39.7%). According to the correlation coefficients, changes of leaf dry weight ($r=0.95^{**}$), stem dry weight ($r=0.94^{**}$) and leaf number per plant ($r=0.80^{**}$) had the most effect on changes of plant dry weight. The results showed that cultivars with the maximum dry weight necessarily had not the lowest decrease of dry weight in comparison with the control. According to the result of leidi and *et al*, (1999) drought stress decreased relative water content of leaf in cotton cultivars significantly ($p<0.01$), Tolerant cotton cultivars showed lower decreasing of RWC under drought stress in comparison with susceptible cultivars and also plants with higher RWC had higher plant dry weight. Drought stress had significant effect ($p<0.01$) on stomatal resistance and amount of stomatal resistance reached 4.8 fold under drought stress. Cotton cultivars showed obvious difference in stomatal resistance. 43347 and nazili84 cultivars had the highest and Varamin and Irma had the lowest stomatal resistance, respectively. In addition stomatal resistance increased more in susceptible cotton cultivars in comparison with tolerant cotton. Stomatal resistance had negative effect on other parameters. Drought stress increased leaf temperature significantly ($p<0.01$) and also difference of leaf temperature among cotton cultivars was significant ($p<0.01$)

Keywords: Correlation, Drought tolerance, Dry weight, Leaf temperature, Stomatal resistance



تنوع ژنتیکی ژنوتیپ‌های یولاف از نظر مقادیر آهن و روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی آخر فصل

بهاره محمودی^۱ - صحبت بهرامی نژاد^{۲*} - رزا فخری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۹

چکیده

با توجه به آهکی بودن خاک‌های استان کرمانشاه و همچنین اهمیت نقش آهن و روی در جوامع انسانی و تلاش برای یافتن راه‌حل‌های مناسب جهت رفع مشکل، آزمایشی با هدف بررسی تنوع ژنتیکی به‌ترتیبی یولاف از نظر مقادیر آهن و روی و نیز صفات زراعی در دو شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی به تعداد ۳۳ ژنوتیپ در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه به اجرا درآمد. در این تحقیق دامنه تغییرات آهن دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب از ۶۳/۵۹ (Wandering) ۱۵۹/۲۶ (ND873364) و ۵۷/۹۴ (Preston) تا ۱۱۴/۲۸ (Mortlock) و دامنه تغییرات روی دانه در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به‌ترتیب از ۳۰/۰۷ (Wallaroo) تا ۵۲/۷۱ (IA91098-2) و ۲۷/۸۱ (Wallaroo) تا ۵۴/۹۸ (Mortlock) میلی گرم بر کیلوگرم بود. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌ها از نظر مقادیر آهن و روی برداشت شده توسط دانه در هکتار در شرایط تنش رطوبتی، تفاوت معنی‌داری نشان دادند. رقم Quoll به‌دلیل عملکرد بالا، در شرایط تنش رطوبتی بیشترین مقدار آهن و روی در هکتار داشت. مقایسه بین صفات در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی نشان داد که اغلب صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط آبیاری کامل کاهش یافتند، اما این کاهش برای غلظت آهن و روی دانه قابل توجه نبود.

واژه‌های کلیدی: تنش رطوبتی، کرمانشاه، کم‌مصرف، کیفیت دانه

مقدمه

خاک‌های زراعی، pH بالا، حضور بیکربنات فراوان در آب‌های آبیاری و عدم رواج کودهای محتوی عناصر کم‌مصرف، می‌باشد (WHO, 2007). آهن، روی، مس و منگنز ضروری‌ترین عناصر کم‌مصرف برای گیاهان و انسان‌ها هستند (Hao et al., 2007)؛ به‌طوری‌که کمبود آن‌ها به‌ویژه آهن و روی، در انسان رایج‌تر است (Stain, 2009).

آهن از شایع‌ترین کمبودهای تغذیه‌ای در جهان است و کم‌خونی ناشی از فقر آهن شایع‌ترین نوع کم‌خونی در جهان می‌باشد (WHO, 2007). این عنصر مورد نیاز بسیاری از آنزیم‌ها می‌باشد و نقش‌های ساختاری حیاتی در بسیاری از پروتئین‌ها از جمله عوامل بی‌شمار دخیل در رونویسی، در گیاهان و جانوران بازی می‌کند (Hershinkel, 2006). نقش روی در متابولیسم DNA و RNA در تقسیم سلول و سنتز پروتئین گزارش شده است. اخیراً یک رده‌ی جدید از مولکول‌های پروتئینی وابسته به روی شناخته شده که روی متالوپروتئین نامیده می‌شود و در همانندسازی DNA، نسخه‌برداری و در نتیجه تنظیم بیان ژن در گیاهان و جانوران دخالت دارد (Ghorbanli and Babalar, 2003). کمبود روی عملکرد محصولات زراعی در بسیاری از مناطق جهان را محدود می‌سازد

غلات نقش ویژه و مهمی در الگوی مصرف هر کشور دارند. یکی از غلات مهم یولاف (*Avena sativa* L.) می‌باشد که سطح زیر کشت آن در سال ۲۰۱۱ در دنیا ۹,۶۷۹,۱۹۰ هکتار با عملکرد ۲۲۲۵ کیلوگرم بر هکتار و میزان تولید ۲۲,۵۰۴,۷۰۸ تن بوده است (FAO, 2011). این گیاه زراعی یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای به‌شمار می‌رود و به‌عنوان یک منبع غذایی در تغذیه گاوهای شیری، دام‌های پرواری و طیور استفاده می‌شود. ارزش غذایی و قابلیت هضم یولاف، به‌دلیل داشتن مواد پروتئینی، مواد چربی، ویتامین B و E بسیار بالا می‌باشد (Nour-Mohammadi et al., 2010) و از نظر تولید جهانی در میان غلات در رتبه هفتم قرار گرفته است (FAO, 2013). در خاک‌های ایران کمبود عناصر غذایی کم‌مصرف وجود دارد (Balali et al., 2000)، که به‌دلایل متعددی از جمله آهکی بودن

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

۲- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه رازی

۳- کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشگاه رازی

(Email: sohbah72@hotmail.com)

(*) نویسنده مسئول:

(Cakmak, 2008). علاوه بر کاهش عملکرد و کاهش درصد پروتئین دانه، موجب افت ارزش غذایی محصولات تولید شده نیز می شود (Savaghebi *et al.*, 2003). حدود ۴۰ درصد از جمعیت جهان از فقر روی رنج می برند. دلیل اصلی کمبود روی در انسان را مصرف زیاد غلات دارای کمبود روی در جیره غذایی دانستند (Graham and Welch, 1996). با توجه به آهکی بودن خاک های استان کرمانشاه (Shekaari, 2009) و از آنجایی که گیاهان سرآغاز بسیاری از زنجیره های غذایی هستند، بنابراین بهبود جذب عناصر غذایی از خاک و تقویت حرکت آن ها به سمت بخش های خوراکی گیاه به ویژه دانه، مزایای زیادی برای تغذیه انسان و دام خواهد داشت (Hirschi, 2008). زیربنای این نظریه بر تفاوت به ترتیبی مختلف در جذب عناصر کم مصرف و نیز تخصیص و تجمع بیشتر این عناصر (آهن و روی) در دانه می باشد. غنی سازی زیستی یکی از مهم ترین راهکارهای پیشنهادی جهت غلبه بر فقر غذایی در مناطق توسعه یافته و یا در حال توسعه است. از طرفی کمبود منابع آب سبب شده است که تکامل ارقام زراعی با سازگاری بهبود یافته به خشکی، هدف مهمی در بسیاری از برنامه های اصلاحی گیاهان شود. از آنجایی که کشور ایران یکی از خاستگاه های اصلی یولاف به حساب می آید، متأسفانه کشت این گیاه به علت اطلاعات کم درباره کاشت، داشت و برداشت آن در کشور توسعه نیافته است (Iran Nejad, 1994) و با توجه به اقلیم منطقه و هدف غنی سازی زیستی این پژوهش انجام شد. هدف این تحقیق بررسی تنوع ژنتیکی ژنوتیپ های یولاف از نظر مقادیر آهن و روی ذخیره شده در دانه می باشد.

مواد و روش ها

آزمایشی طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ در مزرعه آزمایشی با طول جغرافیایی ۴۷°۹' و عرض جغرافیایی ۳۴°۲۱' و ۱۳۱۹ متر ارتفاع از سطح دریا در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه اجرا گردید.

بارش باران در سال زراعی مذکور در شهرستان کرمانشاه ۳۰۸ میلی متر گزارش گردید. نمودار توزیع بارندگی و دما در سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ در شکل ۱ ارائه گردید. در این آزمایش تعداد ۳۳ ژنوتیپ یولاف در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با دو تکرار در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی مرحله زایشی کشت شد. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف (خط کشت) به طول ۱/۲ متر در نظر گرفته شد. صفات زراعی، مورفولوژیک و فیزیولوژیک یادداشت برداری و ارتباط آن ها با آهن و روی موجود در دانه ژنوتیپ ها یولاف بررسی شد. به ترتیبی مورد مطالعه مربوط به مناطق مختلف جهان و از بانک

بذر استرالیای جنوبی^۲ دریافت گردید. اسامی به ترتیب و منشاء آن ها در جدول ۱ آمده است. قبل از اجرای آزمایش، نمونه خاک از عمق ۳۰-۵۰ سانتی متری تهیه شد. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مورد مطالعه در جدول ۲ آورده شده است. قابلیت هدایت الکتریکی و pH در عصاره اشباع، بافت خاک به روش هیدرومتری، کربن آلی به روش اکسایش با دی کرومات پتاسیم، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون با اسید کلریدریک نرمال، پتاسیم قابل جذب با استفاده از استات آمونیوم نرمال و خنثی و فسفر قابل جذب با روش اولسن اندازه گیری شد (Page *et al.*, 1982).

با توجه به توزیع و مقدار بارندگی (شکل ۱)، آبیاری در آزمایش بدون تنش در پنج نوبت و در آزمایش تنش رطوبتی آخر فصل در دو نوبت انجام شد. در آزمایش تنش رطوبتی، آبیاری از زمان گلدهی به بعد به طور کامل قطع شد. صفات زراعی مختلف شامل عملکرد و اجزاء عملکرد اندازه گیری شد و در زمان رسیدگی از محصول دانه، نمونه جهت تجزیه تهیه گردید. شدت تنش بر طبق فرمول زیر محاسبه گردید:

$$\text{Stress intensity} = 1 - (\bar{Y}_s / \bar{Y}_p)$$

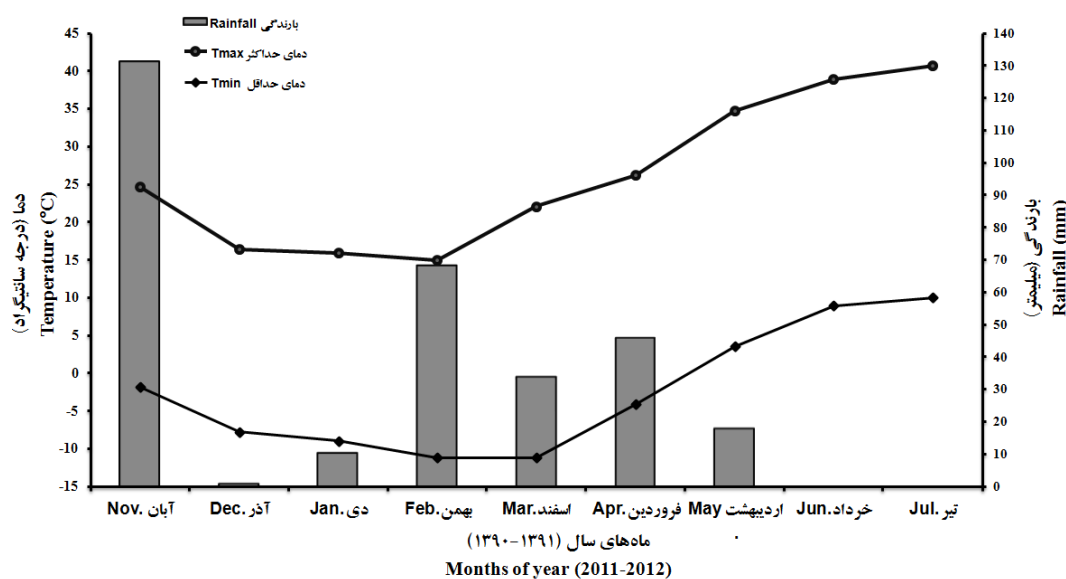
که در آن $\bar{Y}_p$ و $\bar{Y}_s$ به ترتیب عبارتند از میانگین عملکرد همه ژنوتیپ ها در محیط بدون تنش و محیط تنش خشکی (Fischer and Maurer, 1978).

نمونه های بذر پس از شستشو خشک و با آسیاب برقی مخصوص پودر شدند. به منظور تعیین عناصر روی و آهن در نمونه های گیاهی از روش هضم از طریق سوزاندن خشک و ترکیب HCl استفاده شد (Emami, 1996). پس از تهیه عصاره، عناصر روی و آهن با روش جذب اتمی شعله ای و با استفاده از دستگاه جذب اتمی Atomic Absorption) مدل Varian ۲۲۰ اندازه گیری شدند. جذب کل عناصر توسط بذر از حاصل ضرب غلظت عناصر جذب شده توسط دانه در عملکرد دانه به دست آمد (Emami, 1996). تجزیه و تحلیل آماری داده ها با استفاده از نرم افزار SPSS و SAS انجام شد. مقایسه میانگین صفات با محاسبه عدد LSD در سطح پنج درصد انجام شد. درصد تغییرات هر صفت در اثر تنش رطوبتی نیز محاسبه شد.

جدول ۱- شماره ژنوتیپ، نام و منشأ ژنوتیپ‌های یولاف مورد بررسی

Table 1- Genotype number, name and origin of studied oats genotypes

شماره ژنوتیپ	نام/کد	منشأ	شماره ژنوتیپ	نام/کد	منشأ
Genotype Number	Code/Name	Origin	Genotype Number	Code/Name	Origin
G01	1ZOP95	Saskatchewan (Canada)	G18	Brusher	SARDI (SA, Aus)
G02	Glider	SARDI (Aus)	G19	Dalyup	WADA (Aus)
G03	GriseD'Hiver	France	G20	GA Mitchell	Georgia (USA)
G04	IL92-6745	Illionis (USA)	G21	Kingfisher	UK
G05	L'Gorskij 1 026	USSR	G22	Nasta	Finland
G06	Mortlock	WADA (Aus)	G23	NZ2101	New Zealand
G07	NZ2742	New Zealand	G24	Preston	Minnesota (USA)
G08	ND873364	North Dakota	G25	UFRGS123	Brazil
G09	OH1022	Ohio (USA)	G26	UFRGS 940257-1	Brazil
G10	Possum	SARDI (SA, Aus)	G27	4ZOP95	Saskatchewan
G11	Quoll	SA (Aus)	G28	AK-5	Japan
G12	Swan	WADA (Aus)	G29	Ozark	Arkansas (USA)
G13	UPF 775456	Brazil	G30	C-1/130	Minnesota (USA)
G14	Wallaroo	SARDI (SA, Aus)	G31	UFRGS 94-98	UK
G15	Wandering	WADA (Aus)	G32	Force	-----
G16	Wintaroo	SARDI (SA, Aus)	G33	IA 91098-2	Iowa (USA)
G17	Arnold				



شکل ۱- نمودار بارندگی و دمای ماهیانه در سال زراعی ۱۳۹۰-۱۳۹۱

Figure 1- Monthly total rainfall (mm) and temperature (°C) during 2011-2012 cropping season

جدول ۲- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه آزمایشی

Table 2- Physical and chemical properties of field soil sample

Soil texture	Fe	Zn	K	P	N	O.C	T.N.V	pH	EC
	ppm				%				dsm ⁻¹
Clay	3.62	1.20	490	5	0.012	1.25	12.5	7.6	0.31

T.N.V: درصد مواد خنثی شونده بر حسب کربنات کلسیم؛ O.C: کربن آلی

T.N.V: total neutralizing value; O.C: Organic Carbon

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک (جدول ۲) نشان داد که خاک منطقه، دارای بافت سنگین و آهکی است. آهکی بودن خاکها در شرایط خشک و نیمه خشک ایران که دارای بارندگی کم است، موجب کاهش شدید در حلالیت عناصر کم مصرف می شود در نتیجه غلظت این عناصر در گیاه کاهش می یابد (Tandon, 1995). حدود ۵۰ درصد مناطقی از جهان که غلات در آنها کشت می شوند، دارای خاکهای فقیری از نظر مقدار روی در دسترس می باشند (Cakmak et al., 2004). این مشکل در مناطق خشک و نیمه خشک به ویژه مناطقی که اسیدیته ی خاک پایین، محتوای کربنات کلسیم (CaCO_3) بالا و نیز مواد آلی خاک کم است، حادتر می باشد (Mirzapour and Khoshgoftar, 2006). حد بحرانی آهن در خاک برای گیاهان به روش دی تی پی ای بین ۲/۵ تا ۴/۵ میلی گرم

بر کیلوگرم است (Lindsay and Norwell, 1960). در برخی از گیاهان کمبود حتی در حد بین ۲/۵ تا ۴/۵ میلی گرم بر کیلوگرم نیز ظاهر می شود. اگر مقدار روی قابل جذب گیاهان بیشتر از یک میلی گرم بر کیلوگرم باشد، کمبود این عنصر مشاهده نمی شود (Salardini, 2007).

نتایج تجزیه واریانس برای صفات مورد بررسی بر روی ژنوتیپ یولاف مربوط به شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی در جدول ۳ آمده است. بر این اساس، ژنوتیپها از نظر مقادیر آهن و روی برداشت شده توسط دانه در هکتار در شرایط تنش رطوبتی، تفاوت معنی داری نشان دادند. همچنین بین ژنوتیپها از نظر صفات عملکرد دانه و تعداد دانه در خوشه، خوشه در متر مربع و وزن ۱۰۰۰ دانه در هر دو شرایط، تفاوت معنی داری مشاهده شد.

جدول ۳- جدول تجزیه واریانس صفات بررسی شده ژنوتیپهای یولاف در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی

Table 3- Analysis of variance for studied traits of oat genotypes in complete irrigation and moisture stress conditions

S.O.V.	df	MS							
		Fe		Zn		Fe Uptake		Zn Uptake	
		S	NS	S	NS	S	NS	S	NS
Rep.	1	994.0	8426.2*	83.59	6.95	8466.4	452977**	480.1	8873.9
Gen.	32	343.0	855.4	80.67	54.21	18225.6*	31064.1	3907.6**	8513.9
Error	32	494.4	704.2	102.97	81.03	10074.3	38678.6	1311.4	4940.1
CV%	-	25.13	28.78	25.00	21.09	32.99	43.39	26.23	32.86

ادامه جدول ۳- Table 3- Continued

S.O.V.	df	MS							
		GY		NSP		NPA		TSW	
		S	NS	S	NS	S	NS	S	NS
Rep.	1	189776	5700294	93.74	275.7	23758.5	10512.2	1.0	0.19
Gen.	32	2230813**	3331085*	1934.2**	1746.0**	34072.4**	63057.3**	36.7**	48.8**
Error	32	538593	1791849	404.9	160.18	4779.2	20235.8	2.18	4.33
CV%	-	21.20	27.03	32.52	23.91	18.17	26.93	4.95	6.36

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد. S و NS به ترتیب نشان دهنده محیطهای تنش رطوبتی و آبیاری کامل است. CV نشان دهنده ضریب تغییرات است. * and **: Significant at the 5% and 1% probability levels, respectively.; S and NS: Moisture stress and Non-stress, respectively; CV; Coefficient of variation.

GY (عملکرد دانه)، NSP (تعداد دانه در خوشه)، NPA (تعداد خوشه در متر مربع)، TSW (وزن ۱۰۰۰ دانه)، Fe (مقدار آهن در دانه)، Zn (مقدار روی در دانه)، Fe Uptake (مقدار آهن برداشت شده توسط دانه)، Zn Uptake (مقدار روی برداشت شده توسط دانه)

GY: Grain yield; NSP: Number of spike per panicle; NPA: Number of panicle per m²; TSW: Thousand seed weight; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare

میلی گرم در کیلوگرم بود. متوسط آهن در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب ۹۲/۱۹ و ۸۸/۴۵ میلی گرم در کیلوگرم و متوسط روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب ۴۲/۶۶ و ۴۰/۵۸ میلی گرم در کیلوگرم به دست آمد. نتایج یک مطالعه روی ۸۴ ژنوتیپ گندم دوروم (*Triticum durum* Desf.) نشان داد که محتوای آهن دانه بین ۳۳/۶ تا ۶۵/۶ و محتوای روی دانه بین ۲۸/۵ تا ۴۳/۳ میلی گرم در کیلوگرم بود (Ficco et al., 2008). مطالعات

نتایج مقایسه میانگین صفات به روش LSD برای ژنوتیپهای مورد مطالعه در جدول ۴ آمده است. در این تحقیق دامنه مقدار آهن در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب از ۶۳/۵۹ (Wandering) تا ۱۵۹/۲۶ (ND873364) و ۵۷/۹۴ (Preston) تا ۱۱۴/۲۸ (Mortlock) و دامنه مقدار روی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی به ترتیب از ۳۰/۰۷ (Wallaroo) تا ۵۲/۲۱ (IA91098-2) و ۲۷/۸۱ (Wallaroo) تا ۵۴/۹۸ (Mortlock)

قبلی که دامنه گسترده‌ای از ژرمپلاسسم جنس *Triticum* را غربال کرده‌اند نیز وجود چنین دامنه‌ای از محتوای آهن و روی را گزارش نموده‌اند (Batten, 1994; Monasterio and Graham, 2000). برخی مطالعات، دامنه محتوای آهن و روی دانه گندم‌های هگزابلوتید، وحشی و ارقام بومی را به‌ترتیب ۲۸/۸ تا ۵۶/۵ و ۲۵/۲ تا ۵۳/۳ (Welch and Graham, 1999) و ۱۹ تا ۸۸/۴ و ۱۶/۴ تا ۳۹/۵ (Oury et al., 2006) و ۲۲/۹ تا ۶۷/۶ و ۱۶/۲ تا ۳۲/۴ (Liu et al., 2006) میلی‌گرم در کیلوگرم گزارش شده است. میزان غلظت روی در بافت‌های گیاهی بین ۲۵ تا ۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم ماده‌ی خشک گزارش شده و چنین عنوان گردیده که اگر مقدار روی به کمتر از ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم برسد، اغلب کمبود این عنصر در گیاه ظاهر می‌شود (Sommer, 1995). معمولاً حساسیت گیاهان به کمبود روی، تحت شرایط محدودیت آب بسیار بیشتر است (Bagci et al., 2007).

در تجزیه آهن و روی دانه ۲۷ رقم گندم از ۲۴ کشور که در شش مکان مختلف رشد کرده بودند، نشان داده شد که دامنه غلظت آهن بین ۲۶ تا ۶۹ و دامنه غلظت روی بین ۲۰ تا ۵۳ میلی‌گرم در کیلوگرم است (Pearson et al., 2008). متوسط غلظت روی دانه یولاف در این آزمایش در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش در محدوده نتایج آزمایش ذکر شده می‌باشد، اما غلظت آهن دانه بسیار بالاتر از ارقام گزارش شده است. خواص خاک‌های آهکی به گونه‌ای است که قسمت اعظم روی آن‌ها غیرقابل استفاده گیاه می‌گردد و بازیابی در خاک‌های آهکی بسیار کم است که علت آن به تبدیل سریع روی محلول به روی بیکربناتی محلول نسبت داده می‌شود (Yasrebi et al., 1994).

نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد که میزان آهن و روی جذب شده توسط دانه در هکتار با توجه به عملکرد ژنوتیپ‌ها بسیار متنوع بود. در شرایط بدون تنش، ژنوتیپ‌های Dalyup و UPF775456 و در شرایط تنش ژنوتیپ‌های Quoll و ND873364 به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار آهن جذب شده توسط دانه در هکتار را داشتند. ژنوتیپ‌های IA91098-2 و UFRGS940257-1 در شرایط آبیاری کامل و Quoll و Wallaroo در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقدار روی جذب شده توسط دانه در هکتار را داشتند (جدول ۴).

نتایج این مطالعه نشان داد که بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ افزایش یا کاهش در محتوای آهن و روی در دانه در اثر تنش تفاوت قابل‌ملاحظه‌ای وجود دارد. کاهش مقدار آهن در اثر تنش رطوبتی به‌طور متوسط ۰/۱ درصد محاسبه شد. بیشترین کاهش مقدار آهن در اثر تنش رطوبتی (۵۹/۸ درصد) مربوط به ژنوتیپ شماره ۸ (ND873364) و بیشترین افزایش (۴۳/۶ درصد) مربوط به ژنوتیپ شماره ۳۳ (IA91098-2) بود. ژنوتیپ IA91098-2 با وجود افزایش

مقدار آهن دانه در اثر تنش رطوبتی اما در نهایت در شرایط آبیاری کامل حدود ۲۳ درصد افزایش عملکرد آهن در هکتار را نشان داد که این افزایش به‌دلیل افزایش عملکرد دانه این ژنوتیپ در شرایط آبیاری کامل بود (جدول ۴). ژنوتیپ شماره ۸ (ND873364) بیشترین درصد کاهش عملکرد در هکتار آهن داشت (۷۷/۶). در حالی که ژنوتیپ شماره ۹ (OH1022) بیشترین درصد افزایش در عملکرد در هکتار آهن در اثر تنش رطوبتی داشت. از ۳۳ ژنوتیپ مورد مطالعه تنش فقط باعث افزایش عملکرد در هکتار آهن در پنج ژنوتیپ شد. درصد کاهش مقدار روی در اثر تنش رطوبتی به‌طور متوسط ۳/۳ درصد و رقم ۲۴ (Preston) بیشترین درصد کاهش (۳۸/۴) و ژنوتیپ ۲۸ (AK-5) بیشترین درصد افزایش را به‌علت تنش خشکی داشتند. از ۳۳ ژنوتیپ مورد مطالعه تنش فقط باعث افزایش عملکرد در هکتار روی در سه ژنوتیپ شد. رقم ۲۴ (Preston) بیشترین درصد کاهش در عملکرد روی در هکتار و ژنوتیپ ۲۶ (UFRGS940257-1) بیشترین درصد افزایش در عملکرد روی در هکتار در اثر تنش را نشان دادند. افزایش عملکرد روی در هکتار در اثر تنش در ژنوتیپ شماره ۲۶ به‌دلیل بالا بودن عملکرد دانه در هکتار و هم‌چنین غلظت روی در دانه در شرایط تنش رطوبتی بود. اما دلیل افزایش عملکرد روی در هکتار در اثر تنش در ژنوتیپ شماره ۹ بالا بودن عملکرد و ژنوتیپ شماره ۳۰ بالا بودن غلظت روی در شرایط تنش بود. در مجموع می‌توان گفت که تنش رطوبتی باعث افزایش قابل‌ملاحظه در مقادیر آهن و روی دانه نشد، هر چند که با افزایش عملکرد در هکتار دانه در نهایت باعث افزایش عملکرد آهن و روی در هکتار گردید. مقایسه بین صفات زراعی در شرایط تنش و آبیاری کامل نشان داد که همه صفات اندازه‌گیری شده غیر از تعداد دانه در خوشه در شرایط تنش رطوبتی نسبت به شرایط بدون تنش کاهش یافتند. تنش رطوبتی باعث کاهش حدود ۳۰ درصدی در عملکرد دانه شد که خود نشان‌دهنده شدت تنش می‌باشد.

هم‌چنین تنش رطوبتی باعث افزایش حدود ۲۳ درصدی در تعداد دانه در خوشه شد، اما تعداد خوشه در واحد سطح به‌میزان ۲۸ درصد کاهش یافت (جدول ۴). ژنوتیپ‌های ۱۱ (Quoll) و ۱۳ (UPF775456) در شرایط تنش رطوبتی به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند. در شرایط آبیاری کامل، ژنوتیپ‌های ۱۶ (Wintaroo) و ۲۶ (UFRGS 940257-1) به‌ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را داشتند (جدول ۴). هم‌چنین تنش رطوبتی باعث کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه به‌میزان ۹/۷ درصد شد که این نتیجه با نتایج Pantuan et al., 2002 که اظهار داشتند وزن ۱۰۰۰ دانه ژنوتیپ‌های برنج در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد مطابقت داشت. Gooding et al., 2003 در آزمایش شدت و اعمال تنش خشکی در گندم گزارش دادند که تنش خشکی با کوتاه‌کردن دوره پُرسیدن دانه باعث کاهش عملکرد دانه و وزن ۱۰۰۰ دانه شده و بیشترین تأثیر آن

می‌گردد (Yazdansepar *et al.*, 2009). در پژوهش Emam *et al.* 2007 اثر تنش خشکی بر وزن ۱۰۰۰ دانه ژنوتیپ‌های گندم معنی‌دار بود، به‌طوری‌که سبب کاهش آن در کل ژنوتیپ‌ها گردید که این موضوع احتمالاً به دلیل کوتاه‌تر شدن طول دوره پُرسیدن دانه و دمای بالاتر روزهای پایانی دوره رشد باشد. همچنین نشان داده شده است که وزن ۱۰۰۰ دانه در اثر تنش فقط در دو رقم افزایش یافت که می‌تواند به دلیل زودرسی این ارقام باشد، چرا که آبیاری اضافی تعداد پنجه‌های غیبارور و یا پنجه‌هایی با بذور بسیار سبک را افزایش می‌یابد (Royo *et al.*, 2000).

بر دوره پُرسیدن دانه بین روزهای اول تا چهاردهم بعد از گرده‌افشانی می‌باشد. در اقلیم‌هایی که گندم با تنش‌های آخر فصل مواجه است، استفاده از ارقامی که هم‌زمان با افزایش وزن دانه، سرعت پُرسیدن دانه در آن‌ها زیاد است، می‌تواند یکی از راه کارهای مناسب گیاه گندم برای فرار از تنش‌های آخر فصل باشد. در ارتباط با کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه در اثر تنش خشکی می‌توان گفت که احتمالاً ایجاد محدودیت مواد فتوسنتزی در زمان بروز تنش خشکی سبب می‌شود که وزن ۱۰۰۰ دانه به حد پتانسیل بالقوه خود نرسد. به عبارت دیگر، رقابت دانه‌های موجود در یک سنبله برای مواد فتوسنتزی محدود درحالی‌که دوره پُرسیدن دانه نیز کاهش یافته است، باعث کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات بررسی شده در شرایط تنش رطوبتی و آبیاری کامل

Table 4- Mean comparison of studied traits in moisture stress and complete irrigation conditions

Gen. No.	Fe (PPM)		R%	Zn (PPM)		R%	Fe Uptake (g ha ⁻¹)		R%	Zn Uptake (g ha ⁻¹)		R%
	S	NS		S	NS		S	NS		S	NS	
1	92.88	91.40	-1.6	37.72	47.04	19.8	397.8	526.3	24.4	157.63	271.70	42.0
2	78.67	76.96	-2.2	32.03	43.12	25.7	235.0	398.1	41.0	92.66	224.57	58.7
3	90.54	83.19	-8.8	36.88	37.26	1.0	400.3	461.3	13.2	162.86	207.41	21.5
4	97.27	82.84	-17.4	38.95	45.42	14.2	419.1	515.8	18.8	169.80	285.25	40.5
5	97.02	86.16	-12.6	43.80	44.53	1.6	285.4	506.3	43.6	128.62	255.29	49.6
6	114.28	91.16	-25.4	54.98	45.15	-21.8	246.8	505.3	51.2	118.41	259.60	54.4
7	71.42	87.96	18.8	34.62	44.26	21.8	173.2	268.9	35.6	83.80	135.41	38.1
8	64.02	159.26	59.8	39.46	38.54	-2.4	139.8	631.1	77.6	86.17	136.67	37.0
9	101.07	91.80	-10.1	43.69	50.11	12.8	425.9	312.0	-36.5	183.22	163.65	-12.0
10	86.39	67.56	-27.9	38.80	48.78	20.5	338.4	260.5	-29.9	154.33	188.04	17.9
11	81.30	65.07	-24.9	37.27	46.01	19.0	529.7	425.4	-24.5	241.33	299.92	19.5
12	85.24	102.62	16.9	53.34	47.86	-11.5	272.8	546.6	50.1	172.43	252.57	31.7
13	85.21	101.12	15.7	44.27	37.87	-16.9	164.0	244.1	32.8	85.29	93.68	9.0
14	112.27	99.10	-13.3	27.81	30.07	7.5	284.5	380.7	25.3	54.81	126.24	56.6
15	74.95	63.59	-17.9	35.35	50.34	29.8	346.5	342.8	-1.1	165.57	257.08	35.6
16	88.93	84.37	-5.4	50.13	39.01	-24.0	338.5	602.5	43.8	183.78	279.49	34.2
17	103.19	93.87	-9.9	40.68	41.13	-21.9	213.7	341.7	37.5	105.39	150.57	29.8
18	76.59	77.28	0.9	41.48	35.74	-13.8	346.5	467.6	25.9	183.66	215.47	14.8
19	98.51	110.73	11.0	42.40	44.76	7.3	439.5	762.4	42.4	185.95	296.49	37.3
20	91.37	83.00	-10.1	42.51	47.14	10.1	385.2	560.1	31.2	177.98	317.65	44.0
21	78.81	90.81	13.2	41.21	44.92	5.4	200.7	456.7	56.1	100.86	222.15	54.6
22	71.52	113.79	37.2	33.87	32.79	-25.7	218.9	544.7	59.8	118.45	178.47	33.6
23	76.93	117.84	34.7	28.56	44.00	23.0	317.8	434.5	26.9	142.00	146.95	3.4
24	57.94	82.43	29.7	44.12	46.38	38.4	142.1	465.3	69.5	71.46	261.16	72.6
25	88.21	103.21	14.5	44.13	43.11	-2.3	443.4	574.4	22.8	221.65	233.60	5.1
26	111.25	125.35	11.3	46.60	37.60	-17.4	326.7	292.0	-11.9	128.78	88.31	-45.8
27	88.35	131.77	33.0	46.60	43.45	-7.3	280.0	698.4	59.9	139.19	204.95	32.1
28	97.88	100.04	2.2	46.77	36.64	-27.7	224.8	394.5	43.0	104.78	138.00	24.1
29	91.27	79.72	-14.5	43.70	42.94	-1.8	324.4	485.6	33.2	155.28	262.89	40.9
30	88.91	83.45	-6.2	42.81	36.95	-15.9	336.4	343.0	1.9	161.79	151.59	-6.7
31	84.43	69.15	-22.1	34.68	39.86	13.0	227.5	323.0	29.6	94.06	188.22	50.0
32	93.65	76.50	-22.4	37.66	42.56	11.5	264.7	429.0	38.3	108.63	240.27	54.8
33	98.85	68.85	-43.6	32.79	52.71	37.8	349.2	453.9	23.1	114.91	323.62	64.5
Avr	88.46	92.19	0.1	40.56	42.67	3.3	304.2	453.2	28.9	138.05	213.83	35.4
Max	114.28	159.26	59.8	54.98	52.71	38.4	529.7	762.4	77.6	241.33	323.62	72.6
Min	57.94	63.59	-43.6	27.81	30.07	-27.7	139.8	244.1	-36.5	54.81	88.31	-45.8
LSD5%	45.28	54.05	-	20.67	18.33	-	204.5	400.6	-	73.76	143.17	-

ادامه جدول ۴- Table 4- Continued

Gen. No.	GY (Kg ha ⁻¹)		R%	NSP		R%	NPA		R%	TSW (g)		R%
	S	NS		S	NS		S	NS		S	NS	
1	4233	5823	27.3	95.57	88.78	-7.6	164.8	466.5	64.7	27.52	31.38	12.3
2	2944	5206	43.5	38.62	31.04	-24.5	501.0	450.7	-11.1	30.40	34.78	12.6
3	4414	5555	20.5	103.74	50.59	-105.6	345.4	416.5	43.8	24.50	31.36	21.9
4	4537	6232	27.2	76.26	45.30	-68.3	399.1	459.0	13.0	25.36	29.16	13.0
5	2945	5803	49.3	69.61	96.14	27.6	176.9	211.0	16.2	23.80	30.12	20.0
6	2153	5690	62.2	35.54	40.83	12.9	402.8	663.6	39.3	30.57	31.66	3.4
7	2411	3053	21.0	98.56	58.19	-69.4	185.2	273.9	32.4	29.02	34.42	15.7
8	2142	3475	38.4	103.5	89.69	-15.4	368.6	284.1	-29.7	24.70	26.48	6.7
9	4474	3372	-32.5	77.40	41.86	-84.9	521.3	550.7	5.3	31.02	37.02	16.2
10	3999	3862	-3.5	46.35	28.76	-61.2	497.3	518.3	4.05	33.32	36.92	9.8
11	6491	6562	1.7	45.10	38.30	-17.51	616.7	608.1	-1.41	32.62	38.20	14.6
12	3177	5375	40.9	37.61	39.45	4.7	370.4	451.6	18.0	38.24	42.06	9.1
13	1922	2438	21.2	29.79	38.30	22.2	213.9	263.8	18.9	31.88	34.32	7.1
14	2477	3648	32.1	30.59	42.84	28.6	401.0	596.9	32.8	33.36	36.22	7.9
15	4623	5249	11.9	57.73	35.64	-62.0	412.1	635.8	35.2	34.50	37.80	8.7
16	3802	7163	46.9	37.38	32.80	-14.0	328.7	671.0	51.0	34.14	39.24	13.0
17	2078	3631	42.8	124.50	115.19	-8.1	243.5	336.0	27.5	24.38	26.40	7.7
18	4514	5741	21.4	30.13	46.46	35.1	456.5	742.3	38.5	33.72	36.21	6.9
19	4619	6542	29.4	37.95	45.53	16.6	599.1	800.6	25.15	32.78	37.84	13.4
20	4186	4736	37.9	43.01	41.44	-3.8	461.2	680.2	32.2	35.86	36.94	2.92
21	2442	4809	49.2	63.94	60.26	-6.1	272.2	389.6	30.12	25.06	26.36	4.9
22	2895	4934	41.3	137.77	146.22	5.8	262.1	254.5	-3.0	30.87	24.45	26.3
23	4239	3378	-25.5	68.77	23.32	-194.9	488.9	708.9	31.0	27.64	29.90	7.6
24	2720	5609	51.5	66.24	56.59	-17.1	281.5	421.1	33.2	24.12	26.23	8.0
25	5007	5321	5.9	34.85	22.66	-53.8	601.0	814.4	26.2	31.34	35.78	12.4
26	2930	2361	-24.1	16.91	20.93	19.2	561.2	514.6	-9.0	37.80	40.28	6.2
27	3132	4935	36.5	107.30	93.38	-14.9	180.6	352.6	48.8	25.66	29.60	13.1
28	2298	3890	40.9	47.84	30.83	55.2	317.6	570.1	44.28	28.36	26.10	-8.7
29	3555	6094	41.7	31.28	23.76	-31.6	520.4	834.8	37.66	32.08	35.42	9.4
30	3775	4106	8.1	91.08	78.83	-15.5	298.9	438.7	34.1	24.48	29.58	17.2
31	2710	4684	42.1	38.18	42.24	9.6	344.5	431.3	20.1	33.20	31.47	-5.5
32	2869	5564	48.4	44.53	26.62	67.3	366.7	794.1	53.8	28.84	32.12	10.2
33	3517	6541	46.2	73.95	74.06	0.1	398.2	623.8	36.2	23.70	33.82	0.5
Avr	3485	4951	30.1	61.86	52.93	-23.2	380.3	528.1	27.9	29.84	32.71	9.7
Max	6491	7163	62.2	137.77	146.22	35.1	616.7	834.8	64.7	38.24	42.06	26.3
Min	1922	2361	-32.5	16.91	20.93	-194.9	164.8	211.0	-29.7	23.70	23.82	-8.7
LSD5%	1494.9	2726.6	-	40.98	25.78	-	140.8	289.8	-	3.01	4.23	-

GY (عملکرد دانه)؛ NSP (تعداد دانه در خوشه)؛ NPA (تعداد خوشه در متر مربع)؛ TSW (وزن ۱۰۰۰ دانه)؛ R% درصد تغییرات صفت در اثر تنش رطوبتی؛ Fe (مقدار آهن در دانه)؛ Zn (مقدار روی در دانه)؛ Fe Uptake (مقدار آهن برداشت شده توسط دانه)؛ Zn Uptake (مقدار روی برداشت شده توسط دانه)؛ S شرایط تنش رطوبتی؛ NS شرایط آبیاری کامل

GY: Grain yield; NSP: Number of spike per panicle; NPA: Number of panicle per m²; TSW: Thousand seed weight; R%: The percentage of trait variation due to moisture stress; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare; S and NS: Moisture stress and Non-stress, respectively.

نشان‌داده‌اند که همبستگی مثبتی بین غلظت آهن و روی دانه در غلات وجود دارد (Cakmak *et al.*, 2004; Welch and Graham, 2005). در آزمایش Peleg *et al.*, 2008 مشخص شد که غلظت روی دانه همبستگی مثبتی با آهن در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش داشت. اما Oury *et al.*, 2006 همبستگی ضعیف بین آهن و روی دانه را گزارش دادند. وجود همبستگی مثبت بین غلظت آهن و روی در دانه یولاف در شرایط آبیاری کامل بیان‌گر این است که می‌توان این دو صفت را به سادگی و از طریق اصلاح با هم ترکیب

نتایج حاصل از ضرایب همبستگی بین صفات موردبررسی در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی (جدول ۵) نشان‌داد که در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی بین غلظت آهن و روی جذب‌شده توسط دانه همبستگی معنی‌داری وجود داشت، اما این ضریب در محیط آبیاری کامل منفی ولی در محیط تحت تنش رطوبتی رابطه مثبت داشت. اما در هر دو شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی بین عملکرد آهن و روی در هکتار به‌ترتیب همبستگی مثبت بسیار معنی‌دار و مثبت معنی‌دار وجود داشت. در مطالعات پیشین

Dejan *et al*, 2002 همبستگی مثبت و معنی‌دار بالایی بین عملکرد و تعداد دانه در سنبله گزارش کردند. آن‌ها همچنین نشان دادند که وزن ۱۰۰۰ دانه با عملکرد دانه ضعیف بوده است که نتایج این مطالعه با آن مطابقت دارد.

کرد و در کنار آن عملکرد بالای دانه را داشت. نتایج حاصل از همبستگی نشان داد که در شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی همبستگی بین آهن و روی جذب‌شده توسط دانه در هکتار با عملکرد دانه مثبت و معنی‌دار بود. وزن ۱۰۰۰ دانه در هر دو شرایط با تعداد خوشه در واحد سطح همبستگی مثبت معنی‌دار داشت.

جدول ۵- همبستگی ساده بین صفات مورد بررسی تحت شرایط آبیاری کامل و تنش رطوبتی

Table 5- Simple correlation coefficients between different traits in complete irrigation and moisture stress conditions

	GY	NSP	NPA	TSW	Fe	Zn	Fe Uptake	Zn Uptake
GY	1	-0.119	0.579**	0.213	-0.045	-0.148	0.918**	0.891**
NSP	-0.017	1	-0.563**	-0.663**	-0.264	-0.057	-0.188	-0.151
NPA	0.439*	-0.646**	1	0.510**	0.170	-0.068	0.594**	0.520**
TSW	0.068	-0.623**	0.409	1	0.142	0.193	0.244	0.316
Fe	0.438*	0.288	-0.275	-0.167	1	0.378*	0.342	0.083
Zn	0.335	-0.165	0.134	0.109	0.354*	1	0.008	0.305
FeUptake	0.621**	0.239	0.213	-0.080	0.406*	0.051	1	0.871**
ZnUptake	0.952**	-0.065	0.413*	0.092	0.470*	0.590*	0.544**	1

* و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

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

GY (عملکرد دانه); NSP (تعداد دانه در خوشه); NPA (تعداد خوشه در متر مربع); TSW (وزن ۱۰۰۰ دانه); Fe (مقدار آهن در دانه); Zn (مقدار روی در دانه); Fe Uptake (مقدار آهن برداشت شده توسط دانه); Zn Uptake (مقدار روی برداشت شده توسط دانه); S شرایط تنش رطوبتی; NS شرایط آبیاری کامل

GY: Grain yield; NSP: Number of spike per panicle; NPA: Number of panicle per m²; TSW: Thousand seed weight; Fe: Grain iron concentration; Zn: Grain zinc concentration; Fe uptake: Grain iron per hectare; Zn Uptake: Grain zinc per hectare; S and NS: Moisture stress and Non-stress, respectively.

نتیجه‌گیری

پیدا نکرده است، توجه به کیفیت بذور تولیدی خصوصاً از لحاظ مقادیر آهن و روی برای کاهش مشکلات کمبود این عناصر در جوامع انسانی ضروری به نظر می‌رسد.

تشکر و قدردانی

از زحمات و تلاش‌های آقایان دکتر سعید جلالی‌هنرمند، دکتر کیانوش چقامیرزا، مهندس رضا امیری و خانم مهندس شکوفه برون بابت کمک در تجزیه کیفی بذور قدردانی می‌شود. این تحقیق با حمایت مالی دانشگاه رازی کرمانشاه در قالب پایان‌نامه دانشجویی انجام شد.

بر اساس نتایج این مطالعه به‌طور کلی می‌توان دریافت که دامنه تغییرات آهن و روی در ژنوتیپ‌های مختلف در هر دو شرایط بسیار وسیع است. همچنین می‌توان رقم Quoll را که محصول استرالیایی جنوبی است به‌عنوان رقمی که به‌دلیل عملکرد بالا، در شرایط تنش رطوبتی از لحاظ مقدار آهن و روی دانه در هکتار بیشترین تولید را داشته است معرفی نمود. در این آزمایش همچنین مشخص گردید که تنش رطوبتی در مجموع باعث کاهش قابل‌توجه در مقادیر آهن و روی در دانه نشد، اما با این وجود بین ژنوتیپ‌ها از لحاظ کاهش یا حتی افزایش این صفات تفاوت قابل‌توجهی وجود داشت. لذا با توجه به تحقیقات رو به گسترش یولاف که هنوز جایگاه خود را در ایران

References

- 1- Bagci, S. A., Ekiz, H., Yilmaz, A., and Cakmak, I. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on grain yield of field-grown wheat cultivars in Central Anatolia. *Journal of Agronomy and Crop Science* 193: 198-206.
- 2- Balali, M. R., Malakouti, M. J., Mashayekhi, H. H., and Khademi, Z. 2000. The effects of micronutrients on the increase of yield, and determination of their critical levels in irrigated wheat in Iran. *Journal of Soil and Water Sciences* 12(6): 111-119. (In Persian).
- 3- Batten, G. D. 1994. Concentrations of elements in wheat grains grown in Australia, North America, and the United Kingdom. *Australian Journal of Experimental Agriculture* 34: 51-56.

- 4- Cakmak, I. 2008. Enrichment of cereal grains with zinc: agronomic or genetic bio-fortification. *Plant Soil* 302: 1–17.
- 5- Cakmak, I., Torun, A., Millet, E., Feldman, M., Fahima, T., Korol, A., Nevo, E., Braun, H.J., and Ozkan, H. 2004. *Triticum dicoccoides*: An important genetic resource for increasing Zinc and Iron concentration in modern cultivated wheat. *Soil Science Plant Nutrition* 50: 1047-1054.
- 6- Dejan D., Quarrie S., and Stankovic S. 2002. Characterizing wheat genetic resources for responses to drought stress. *Euphytica* 97: 307-318.
- 7- Emam, Y., Ranjbar, A. M., and Bahrani, M. J. 2007. Evaluation of yield and yield components in wheat genotypes under post- anthesis drought stress. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science* 11 (1): 317-327. (In Persian).
- 8- Emami, A. 1996. Methods of plant analysis. Technical bulletin 982, soil and water research institute, Agricultural education publication. Tehran, Iran. p128. (In Persian).
- 9- FAO. 2011. State of Food Insecurity in the world. Rome.
- 10- FAO. 2013. <http://faostat.fao.org/site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567#ancor>
- 11- Ficco, D. B. M., Riefole, C., Nicastro, G., Di Gesu, A. M., Beleggia, R., De Simone, V., Menga, V., Cattivelli, L., and De Vita, P. 2008. Content of macro and microelements in a collection of durum wheat cultivars. Available online at <http://www.from seed to pasta> 2008.
- 12- Fischer, R. A., and Maurer, R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. 1. Grain yield responses. *Australian Journal of Agricultural Research* 29: 897-912.
- 13- Ghorbanli, M., and Babalar, M. 2003. Mineral nutrition in plant. Teacher Training University Publisher, Tehran, 355p. (In Persian).
- 14- Gooding, M. J., Ellis, R. H., Shewry, P. R., and Schofield, J. D. 2003. Effects of restricted water availability and increased temperature on grain filling, drying and quality of winter wheat. *Journal of Cereal Science* 37: 295-309.
- 15- Graham, R. D., and Welch, R. M. 1996. Breeding for staple-food crops with high micronutrient density: Working Paper on Agricultural strategies for Micronutrient. NO. 3. International Food Policy Institute, Washington DC.
- 16- Hao, H. L., Wei, Y. Z., Yang, X. E. Y., and Feng, C. Y. 2007. Effects of different nitrogen fertilizer levels on Fe, Mn, Cu and Zn concentrations in shoot and grain quality in rice (*Oryza sativa*). *Rice Science* 14: 289-294.
- 17- Hershfinkel, M. 2006. Zn^{2+} , a dynamic signaling molecule. In *molecular biology of metal homeostasis and detoxification. From Microbes to Man* (Tama's, M.J. and Martinoia, E., eds). Springer. 131-152.
- 18- Hirschi, K. 2008. Nutritional improvements in Plants: time to bite on biofortified Foods. *Trends in Plant Sciences* 13: 459-463.
- 19- Iran Nejad, H. 1994. Cultivation of oat. Tehran University Press. Tehran, Iran (In Persian).
- 20- Lindsay, W. L., and Norwell, W. A. 1960. Development of a DTPA micronutrient soil test, *Agronomy Abstracts* 1969-1984.
- 21- Liu, Z. H., Wang, H. Y., Wang, X. E., Zhang, G. P., Chen, P. D., and Liu, D. J. 2006. Genotypic and spike positional difference in grain phytase activity, phytate, inorganic phosphorus, iron and zinc contents in wheat (*Triticum aestivum* L.). *Journal of Cereal Science* 44: 212-219.
- 22- Monasterio, I., and Graham, R. D. 2000. Breeding For trace minerals in wheat. *Food and nutrition bulletin* 21: 392-396.
- 23- Mirzapour, M. H., and Khoshgoftar, A. H. 2006. Zinc application effects on yield and seed oil content of sunflower grown on soil. *Journal of Plant Nutrition* 29: 1719–1727.
- 24- Nour-Mohammadi, G., Siadat, A., and Kashani, A. 2010. *Agronomy Vol.1. Cereal Crops* (5th ed). Shahid Chamran University Publication. Ahwaz, Iran. 446p. (In Persian).
- 25- Oury, F. X., Leenhardt, F., R'ém'esy, C., Chanliaud, E., Duperrier, B., Balfourier, F., and Charmet, G. 2006. Genetic variability and stability of grain magnesium, zinc and iron concentrations in bread wheat. *European Journal of Agronomy* 25: 177-185.
- 26- Page, A. L., Miller, R. H., and Keeney, D. R. 1982. Methods of soil analysis, part 2, second edition, American Society of Agronomy- Soil Science Society of America, Madison, USA, 1159 p.
- 27- Pantuan, G., Fukai, S., Cooper, M., Rajatasereeku, S. O., and Toole, J. C. 2002. Yield response of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes to different types of drought under rain fed lowlands. Part1. Grain yield and yield components. *Field Crops Research* 73: 153-168.
- 28- Peleg, Z., Saranga, Y., Yazici, A., Fahima, A., Ozturk, L., and Cakmak, I. 2008. Grain zinc, iron and protein concentrations and zinc efficiency in wild emmer wheat contrasting irrigations regimes. *Plant Soil* 306: 57-67.
- 29- Pearson, J. N. Rengel, Z., Jenner, C. F., and Graham, R. D. 2008. Manipulation of xylem transport effects Zn and Mn transport into developing wheat grains of cultured ears. *Physiologia Plantarum* 98: 229-234.
- 30- Royo, C., Abaza, M., Blanco, R., and Graca del Moral, L. F. 2000. Triticale grain growth and morphometry as affected by drought stress. *Australian Journal of plant Physiology* 27: 1051-1059.
- 31- Salardini, A. A. 2007. Soil fertility. Tehran University Publications. 8th Edition. 428p. (In Persian).

- 32- Savaghebi Firouzabadi, G. R., Malakouti, M. J., and Moez Ardalan, M. 2003. Effects of zinc sulfate application as well as seed zinc concentration on responses of wheat plant in a calcareous soil. Iranian Journal of Agriculture Science 34(2): 471-482. (In Persian with English Abstract).
- 33- Shekaari, P. 2009. Soil variability of soils of agricultural college: a pedometric viewpoint. Final report of research project. Razi University, Kermanshah, Iran. (In Persian).
- 34- Sommer, A. L. 1995. Further evidence of the essential nature of zinc for the growth higher green plants. Plant Physiology 3: 217-221.
- 35- Stain, A. J. 2009. Global impacts of human mineral malnutrition. Plant Soil 335: 133-154.
- 36- Tandon, H. L. S. 1995. Micronutrients in soil, crops, and fertilizers development and consultation organization. New Delhi. India.
- 37- WHO. 2007. Micronutrient deficiency. Iron deficiency anemia. Geneva: WHO, available from <http://www.who.int/nutrition/topics/ida/>
- 38- Welch, R. M. and, Graham, R. D. 1999. A new paradigm for world agriculture: meeting human needs productive, sustainable, nutritious. Field Crops Research 60: 1-10.
- 39- Welch, R. M., and Graham, R. D. 2005. Agriculture: the real nexus for enhancing bioavailable micronutrients in food crops. Journal of Trace Elements in Medicine and Biology 18: 299-307.
- 40- Yasrebi, J. N., Karimian, M. Maftoun, A. A., and Sameni, A. M. 1994. Distribution of zinc forms in highly calcareous soils as influenced by soil physical and chemical properties and application of zinc sulphate. Communications in Soil Science and Plant Analysis 25: 2133-2145.
- 41- Yazdansepar, A., Keshavarz, S., Kebriaee, A., Rafiepour, S., Aminzadeh, G. R., Kouchehi, A. R., Chaichi, M., and Najafi Mirak, T. 2009. A study of grain yield, yield components in some promising bread wheat (*Triticum aestivum* L.) genotypes under complete irrigation and terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Field Crop Science 40 (1): 109-119. (In Persian).



Genetic Diversity of Oat Genotypes for Iron and Zinc Content under Complete Irrigation and Terminal Moisture Stress Conditions

B. Mahmoodi¹ - S. Bahraminejad^{2*} - R. Fakhri³

Received: 13-06-2014

Accepted: 13-10-2015

Introduction

Oat is an important crop which is cultivated in 9,679,190 hectares and produced as much as 22,504,708 ton worldwide (FAO. 2011). This crop is used mainly as forage cereal; however, it is also used for human consumption in the form of oatmeal and rolled oats because of high amounts of B and E vitamins (25). Regarding to calcareous soils of Kermanshah province (Iran) and the importance of iron and zinc functions in human societies and efforts to find out a way to solve the problems caused by their deficiencies, an experiment was performed to investigate the genetic diversity among oat genotypes in term of iron and zinc contents in grain and agronomical traits under complete irrigation and moisture stress conditions.

Materials and Methods

The experiment was carried out with 33 oat genotypes (Table1) in a randomized blocks design with two replications under complete irrigation and terminal drought stress conditions at the Research Farm of Campus of Agriculture and Natural Resources of Razi University, Kermanshah during 2011-2012 cropping seasons. Oat genotypes collected from different countries of the world were obtained from South Australian Research and Development Institute (SARDI). Sowing was performed by hand at five row plots, 1.2 m length, and 0.20 m row spacing. Regarding the amount and distribution of rainfall (Figure 1), irrigation was carried out five and two times at complete irrigation and terminal moisture stress conditions, respectively. Terminal (end-season) moisture stress was imposed at flowering stage. The rainfall at the cropping year of the experiment was 308 mm. Chemical fertilizer, herbicide and pesticide were not used at both sites. Before planting, the soil samples were collected from 0-30 cm depth from different parts of the field, air dried, passed a 2 mm sieve, and different physiochemical characteristics (Table 2) such as pH, EC, organic matter, zinc and iron contents of the sampled soil were determined (Page *et al.*, 1982). At full physiological maturity, two middle rows of each plot were harvested to determine agronomic traits, grain's iron and zinc concentrations. Grain Fe and Zn concentrations were measured by Atomic Absorption Spectrometer.

Results and Discussion

The stress intensity was calculated as much as 30.1% (Table 4). In complete irrigation condition, the average grain yield was 4951 kg/ha and "Wintaroo" (7163 kg/ha) performed better grain yield than others. In moisture stress condition, the average grain yield was 3485 kg/ha and "Quoll" (6491 kg/ha) showed better grain yield than others. The reported average grain yields were much higher than oat's average grain yield in world which was 2325 kg/ha for 2011 (9).

Results showed that oat genotypes did not significantly differ in grain's Fe and Zn concentrations in both conditions. But, the range of data for iron in oat grain was from 63.59 (Wandering) to 159.26 (ND873364) and from 57.94 (Preston) to 114.28 mg/kg (Mortlock) in complete irrigation and moisture stress conditions, respectively. This range for zinc in oat grain were from 30.07 (Wallaroo) to 52.71 (IA91098-2) and from 27.81 (Wallaroo) to 54.98 mg/kg (Mortlock) in complete irrigation and moisture stress conditions, respectively. The analysis of variance showed significant variation among genotypes for iron and zinc uptakes under moisture stress condition. Due to higher grain yield of "Quoll" under moisture stress condition and acceptable grain yield in complete irrigation condition, the highest amount of iron and zinc of grain per hectare was found in "Quoll" under both conditions. The comparison of traits between complete irrigation and moisture stress conditions indicated that stress reduced most of traits, although these reductions were not considerable for iron and zinc in oat grains. As these reductions varied among genotypes, therefore, it could be concluded that the reductions or even increases in iron and zinc concentrations due to moisture stress were highly genotypic dependent. The results of coefficient correlations indicated that there was a positive significant correlation between zinc and iron

1- MSc Student, Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran

2- Associate Professor, Dep. Agronomy and Plant Breeding, Razi University, Kermanshah, Iran

3- MSc Student, Soil Science, Razi University, Kermanshah, Iran

(* - Correspondent Author Email: sohbah72@hotmail.com)

uptake which could be helpful in breeding programs. The positive correlations between the concentration of zinc and iron in grains were also reported in the previous studies (Cakmak *et al.*, 2004; Welch and Graham, 2005).

Conclusions

According to the results of this research, it can be concluded that the ranges of variations in iron and zinc in oat genotypes were considerable and useful which can be applied in continuing breeding programs. Moreover, “Quoll” (south Australian cultivar) could be introduced as a cultivar with high grain yield, high grain iron and zinc per hectare under moisture stress condition in Kermanshah province (Iran).

Keywords: Grain quality, Kermanshah, Micronutrients, Moisture stress



همبستگی بین صفات و تجزیه علیت عملکرد دانه گلرنگ بهاره در شرایط تنش رطوبتی

پروانه یاری^۱ - امیرحسین کشتکار^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۰۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۰۶

چکیده

به منظور تعیین همبستگی میان برخی صفات و اجزاء عملکرد در گلرنگ و نیز روابط علت و معلولی بین آن‌ها در شرایط مختلف رطوبتی، پژوهشی در سال ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه بوعلی سینا انجام گرفت. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل سه سطح رطوبتی: آبیاری نرمال (بدون تنش)، قطع کامل آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی تا رسیدگی کامل (تنش گل‌دهی) و قطع کامل آبیاری از مرحله شروع دانه‌بندی تا رسیدگی کامل (تنش دانه‌بندی) بوده، شش رقم گلرنگ شامل PI، محلی عجب‌شیر، Mec11، فرامان، محلی زرقان ۶ و سینا در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج تجزیه رگرسیون صفات مؤثر بر عملکرد دانه نشان داد که شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک، در سه شرایط رطوبتی وارد مدل رگرسیونی شدند، به طوری که در شرایط عدم تنش تعداد طبق در بوته و وزن ۱۰۰۰ دانه قبل از شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک و در شرایط تنش گل‌دهی وزن ۱۰۰۰ دانه پیش از دو صفت شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک وارد مدل رگرسیونی شدند. همچنین نتایج نشان داد که در شرایط عدم تنش عملکرد بیولوژیک (۰/۹۹) و شاخص برداشت (۰/۹۰)، در شرایط تنش گل‌دهی، وزن ۱۰۰۰ دانه (۱/۸۲) و در شرایط تنش دانه‌بندی نیز شاخص برداشت (۱/۶۰) بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشته‌اند.

واژه‌های کلیدی: تنش دانه‌بندی، تنش گل‌دهی، شاخص برداشت، مدل رگرسیونی

مقدمه

تنها برای اجزاء آن می‌تواند مفید واقع گردد (Falconer, 1998). نتایج نشان داد که مهم‌ترین جزء عملکرد دانه، تعداد طبق در بوته و در درجه دوم اهمیت، تعداد دانه در طبق بوده، در حالی که وزن ۱۰۰۰ دانه تأثیری روی عملکرد دانه گلرنگ زراعی نداشته است (Ashri et al., 1977). یافته‌ها نشان داده‌اند که بین تعداد طبق و وزن ۱۰۰۰ دانه با عملکرد دانه در گلرنگ همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. همچنین از میان صفات مورد بررسی تعداد طبق، وزن طبق و نازکی پوست بیش‌ترین اهمیت را در اصلاح عملکرد دانه و روغن ارقام این گیاه دانه روغنی داشته‌اند (Rao and Ramachandram, 1997). تجزیه علیت یکی از روش‌های مطالعه اصل علیت در میان مجموعه‌ای از متغیرها می‌باشد که برای تجزیه همبستگی و پی‌بردن به اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات مورد نظر مورد استفاده قرار می‌گیرد. مطالعه ضرایب همبستگی و علیت برای عملکرد دانه در گلرنگ نشان داد که انتخاب براساس صفات تعداد طبق در گیاه و وزن ۱۰۰۰ دانه بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه دارد (Paliwal and Solanki, 1984). همچنین در توضیح تجزیه علیت اظهار شده که همبستگی هر یک از عوامل مورد بررسی با متغیر وابسته در یک سیستم چندمتغیره می‌تواند به اثرات مستقیم و غیرمستقیم آن از طریق سایر متغیرهای مستقل تجزیه شود (Dewey and Lu, 1959). در تحقیق انجام گرفته روی ارقام گلرنگ تحت شرایط نرمال

دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) با ۴۵-۲۵ درصد روغن و ۲۴-۱۲ درصد پروتئین از با ارزش‌ترین دانه‌های روغنی می‌باشد. این گیاه بومی ایران بوده و به دلیل سازگاری بالا، نیاز آبی کم، مقاومت به خشکی و داشتن اسیدهای چرب غیراشباع و مفید مورد توجه می‌باشد (Ashri et al., 1977) در برنامه‌های به‌نژادی ممکن است، انتخاب برای یک یا چند صفت موجب تأثیر بر صفات دیگر شود، لذا بررسی همبستگی بین صفات از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. همبستگی بین صفات همچنین می‌تواند متخصصان اصلاح نباتات را در انجام گزینش غیرمستقیم برای صفات مهم زراعی و از طریق صفاتی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان است، یاری نماید (Amini et al., 2008). شناسایی صفات مهم زراعی و یافتن ارتباط و یا به عبارتی همبستگی بین آن‌ها دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. از بین این ویژگی‌ها، مهم‌ترین صفت عملکرد دانه بوده که انتخاب مستقیم برای اصلاح آن به علت پلی‌ژنیک بودن آن چندان مؤثر نبوده

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی سینا همدان

۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه بوعلی سینا همدان

(Email: akesh@gmail.com)

(*) - نویسنده مسئول:

مواد و روش‌ها

این تحقیق در فروردین ماه سال زراعی ۱۳۹۱ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا و مختصات طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۷۵ دقیقه شمالی انجام گرفت. منطقه مورد بررسی از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه خشک و سرد با میانگین بارندگی سالانه ۳۳۳ میلی متر و متوسط درجه حرارت ۲۴ درجه سانتی گراد در گرم‌ترین ماه سال است. آزمایش به صورت طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل: سه سطح بدون تنش، قطع آبیاری از مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی تا رسیدگی (تنش گل‌دهی) و قطع آبیاری از مرحله شروع دانه‌بندی تا رسیدگی (تنش دانه‌بندی) بود. شش رقم گلرنگ شامل PI، محلی عجب شیر، Mec11، فرامان، محلی زرقان ۶ و سینا به عنوان عامل دوم در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. هر کرت دارای پنج ردیف به طول پنج متر، فواصل ردیف ۵۰ سانتی متر، فاصله روی ردیف پنج سانتی متر در نظر گرفته شد، بذور پس از ضد عفونی با قارچ کش در عمق سه سانتی متری خاک به صورت دستی روی ردیف‌ها کشت شدند. در پایان فصل رشد، برداشت در سطحی معادل ۲ متر مربع و از سه ردیف میانی هر کرت، پس از حذف اثر حاشیه انجام گرفت، آنگاه صفات ارتفاع بوته، تعداد طبق در بوته، تعداد دانه در طبق، تعداد ساقه فرعی، وزن کل بوته، وزن دانه محاسبه شد. همچنین اندازه گیری درصد روغن پس از آسیاب کردن دانه‌ها و تهیه نمونه در آزمایشگاه تغذیه دام با استفاده از دستگاه سوکسله انجام گرفت. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم افزار SAS نسخه ۹/۱ و Minitab، تجزیه علیت با نرم افزار Path2، رسم نمودارها با نرم افزار Excel و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

ضرایب همبستگی بین صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف آبی (جدول‌های ۱، ۲ و ۳) نشان داد که همبستگی عملکرد دانه با شاخص برداشت در سه رژیم رطوبتی عدم تنش، تنش گل‌دهی و تنش دانه‌بندی به ترتیب 0.42^{**} ، 0.76^{**} و 0.64^{**} و برای وزن ۱۰۰۰ دانه به ترتیب 0.53^{**} ، 0.88^{**} و 0.43^{**} بود. به طور کلی می‌توان چنین نتیجه گرفت که در شرایط اعمال تنش رطوبتی (گل‌دهی و دانه‌بندی)، همبستگی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت نسبت به زمان عدم تنش بیشتر می‌شود، همچنین در شرایط تنش گل‌دهی، وزن ۱۰۰۰ دانه بیشتر تحت تأثیر تنش قرار گرفته و کاهش آن باعث کاهش عملکرد دانه می‌گردد. شاخص برداشت و وزن ۱۰۰۰ دانه در شرایط تنش گل‌دهی (0.56^{**}) و تنش دانه‌بندی (0.55^{**}) با هم

و تنش آبی، قطر طبق و وزن ۱۰۰۰ دانه بیش‌ترین اثر مستقیم را روی عملکرد دانه در شرایط نرمال داشته در حالی که در شرایط تنش آبی تعداد طبق در بوته و درصد روغن بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد داشتند (Khalili et al., 20133).

در مطالعه هیبریدهای زودرس ذرت در شرایط نرمال و تنش رطوبتی مشخص شد که در شرایط نرمال ضرایب همبستگی تعداد دانه در ردیف، وزن ۱۰۰۰ دانه و وزن بلال با عملکرد مثبت و معنی‌دار است و تعداد دانه در ردیف و عمق دانه دارای اثرات مستقیم و مثبت و اثرات غیرمستقیم و مثبت از طریق یک‌دیگر بر عملکرد دانه دارند (Purmejdany et al., 1998). در شرایط تنش رطوبتی، عمق دانه اثر مستقیم و ضریب همبستگی مثبت و بالایی بر عملکرد دانه داشت. بررسی گلرنگ‌های زراعی نشان داد که عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته و تعداد دانه در طبق همبستگی معنی‌داری دارد. همچنین بر اساس نتایج تجزیه رگرسیون مرحله‌ای، تعداد دانه در طبق و تعداد طبق در بوته بیش‌ترین سهم را در توجیه تغییرات عملکرد دانه داشتند (Amini et al., 2008). همچنین در پژوهش انجام گرفته، تعداد دانه در طبق بیش‌ترین سهم را در توجیه عملکرد دانه گلرنگ داشته است (Abolhassani, 2003). در مطالعه‌ای دیگر، همبستگی تعداد انشعاب در بوته با تعداد طبق در بوته مثبت و معنی‌دار گزارش شده، درحالی که تعداد انشعاب در بوته، تعداد طبق در بوته و وزن طبق اثرات مستقیم و زیادی بر عملکرد دانه گلرنگ داشته‌اند (Subbalakshmi and Sivasubramanian, 1986). نقش متفاوت بعضی از صفات از جمله ارتفاع، روز تا پایان گل‌دهی و روز تا رسیدگی در تعیین عملکرد دانه در بوته می‌تواند به علت نقش جبرانی اجزای عملکرد دانه باشد که تحت شرایط محیطی مختلف متفاوت است. به‌نژادگران علاقه‌مند به شناسایی ویژگی‌هایی غیر از عملکرد هستند که بتوانند از آن‌ها به عنوان معیاری در انتخاب والدین و یا تک بوته در نسل‌های در حال تفکیک استفاده کنند، براساس پژوهش‌های گذشته انتخاب براساس اجزای عملکرد پیشرفت ژنتیکی بیشتری را نسبت به انتخاب براساس خود عملکرد در افزایش عملکرد داشته است (Winkel, 1989). کاربرد روش‌های آماری مختلف اعم از تجزیه علیت جهت انتخاب پارامترهای مؤثر بر عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی از اهداف پژوهش حاضر بوده، همچنین شناسایی مهم‌ترین صفاتی که قادر به بهبود عملکرد در برنامه‌های اصلاحی گلرنگ بوده نیز مدنظر می‌باشند. با توجه به مطالعات محدود درباره عملکرد و اجزای عملکرد آن در گلرنگ، این تحقیق با هدف شناخت عوامل پنهانی در شکل‌گیری صفات، بررسی تأثیر آن‌ها بر عملکرد دانه و شناخت اجزای از عملکرد که بیش‌ترین نقش را در تعیین عملکرد دانه در شرایط مختلف تنش رطوبتی ایفا می‌کنند، انجام پذیرفت.

همبستگی مثبت و معنی‌دار داشتند، بنابراین در شرایط تنش با افزایش شاخص برداشت و وزن ۱۰۰۰ دانه می‌توان عملکرد دانه را بالا برد. عملکرد بیولوژیک فقط در شرایط عدم تنش با عملکرد دانه رابطه معنی‌دار داشته ($0/52^*$)، اما در شرایط اعمال تنش رابطه معنی‌داری بین عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک دیده نشد، بنابراین در شرایطی که تنش وجود ندارد با افزایش عملکرد بیولوژیک می‌توان میزان عملکرد دانه را نیز افزایش داد. نتایج این پژوهش با نتایج تحقیق (Golparvar and Ghasemi Pirbaluti, 2010) مبنی بر وجود همبستگی بین عملکرد دانه با شاخص برداشت، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد طبق در بوته و عملکرد بیولوژیک گلرنگ مطابقت دارد. در شرایط عدم تنش عملکرد دانه با تعداد طبق در بوته ($0/613^{**}$) همبستگی مثبت و معنی‌دار دارد. همچنین در مطالعه صفات مرتبط با عملکرد دانه در گلرنگ در شرایط عدم تنش، وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین عملکرد دانه و هر یک از صفات ارتفاع بوته، شاخص برداشت، تعداد طبق در بوته و وزن ۱۰۰۰ دانه گزارش شده است (Bagheri *et al.*, 2001)

نتایج رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی

برای بررسی تأثیر هر یک از صفات موردنظر روی متغیر تابع یا وابسته (عملکرد دانه) و همچنین کاهش تعداد متغیرهای مستقل و برازش بهترین مدل رگرسیونی، از روش رگرسیون گام‌به‌گام استفاده شد. در این بررسی عملکرد دانه به‌عنوان متغیر وابسته و سایر صفات به‌عنوان متغیرهای مستقل در نظر گرفته شدند. نتایج رگرسیون مرحله‌ای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی با توجه به جدول (۴) نشان‌داد که صفات شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک از جمله صفاتی بودند که در سطوح تنش رطوبتی وارد مدل رگرسیونی شدند، البته در شرایط عدم تنش تعداد طبق در بوته و وزن ۱۰۰۰ دانه قبل از دو صفت نام برده، وارد مدل رگرسیونی شدند و در شرایط تنش گل‌دهی نیز وزن ۱۰۰۰ دانه پیش از شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک قرار گرفت. این صفات با دارا بودن ضرایب رگرسیون مثبت و معنی‌دار دارای اثرات مثبت بر عملکرد دانه می‌باشند، به‌عبارتی انتظار می‌رود که با افزایش آن‌ها مقادیر عملکرد دانه نیز افزایش یابد. همچنین ۹۱/۴۷ درصد از تغییرات عملکرد دانه در شرایط عدم تنش توسط چهار صفت اول وارد شده در مدل رگرسیونی توجیه شده و در شرایط تنش گل‌دهی ۹۷/۲۸ درصد از تغییرات توسط سه صفت اول و در شرایط تنش دانه‌بندی ۹۴/۰۳ درصد

جدول ۱- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط عدم تنش
Table 1- Correlation coefficients between traits measured under non-stress condition

صفت Trait	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1									
حداکثر تجمع ماده خشک (۲) Max dry weight	0.18	1								
ارتفاع بوته (۳) Plant height	0.29	-0.09	1							
تعداد ساقه فرعی (۴) No. of lateral stems	0.40	0.21	0.43	1						
تعداد طبق در بوته (۵) No. of capitules per plant	0.61**	0.11	0.37	0.67**	1					
تعداد دانه در طبق (۶) No. of seeds in capitule	-0.01	-0.37	0.50*	-0.06	0.12	1				
وزن هزار دانه (۷) Weight of 1000 seeds	0.53*	0.51*	-0.11	0.33	0.10	-0.54	1			
عملکرد بیولوژیک (۸) Biological yield	0.52*	0.47	0.31	0.56*	0.43	0.04	0.46*	1		
شاخص برداشت (۹) Harvest index	0.42*	-0.29	0.04	-0.02	0.30	0.06	-0.03	-0.48	1	
درصد روغن (۱۰) Oil percent	-0.10	-0.22	0.45	0.09	0.14	0.06	-0.14	-0.18	0.24	1

***، * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد، Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively

مختلف رطوبتی در مدل رگرسیونی جهت تعیین اثرات مستقیم و غیرمستقیم به شرح زیر می‌باشد:

در شرایط عدم تنش عملکرد بیولوژیک (۰/۹۹) و شاخص برداشت (۰/۹۰) بیش‌ترین اثر مستقیم را روی عملکرد داشتند. هماهنگی علامت و معنی‌دار بودن اثر مستقیم این دو صفت با همبستگی ساده آن با عملکرد دانه بیانگر این مطلب است که این صفات می‌توانند جهت گزینش ارقام پُرمحصول مؤثر باشند. در شرایط عدم تنش تعداد طبق در بوته که اولین صفت وارد شده در مدل می‌باشد با تأثیر غیرمستقیم شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین اثر را روی عملکرد دانه داشت (جدول ۵). بنابراین در شرایط عدم تنش، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین اثر را در افزایش عملکرد دانه دارند. نتایج به‌دست آمده از تجزیه علیت در شرایط عدم تنش روی سویا، انجام گرفته توسط (Ghodrati, 2012) نیز این موضوع را تأیید می‌کند. در شرایط تنش گل‌دهی وزن ۱۰۰۰ دانه بیش‌ترین اثر مستقیم (۱/۸۲) را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۶).

از تغییرات عملکرد توسط دو صفت اول وارد شده در مدل توجیه می‌گردند (جدول ۴). به‌طور کلی مقادیر بالای ضریب تبیین تجمعی (R^2) فوق‌الذکر نشانگر ورود متغیرهایی با مشارکت پُر معنا در برازش مدل بود. نتایج این پژوهش با یافته‌های آزمایش (Bagheri *et al.*, 2001) مبنی بر وجود همبستگی بین عملکرد دانه با تعداد دانه در طبق، وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد طبق در بوته و عملکرد دانه گل‌رنگ در شرایط تنش و عدم تنش مطابقت می‌نماید. هم‌چنین برآورد همبستگی بین صفات‌های مختلف با عملکرد دانه ارقام مختلف گل‌رنگ بهاره نیز نشان داد که شاخص برداشت در شرایط تنش و به‌ویژه در شرایط مساعد رطوبتی مهم‌ترین تأثیر را روی عملکرد دانه داشته است (Hassanpanah, 1998).

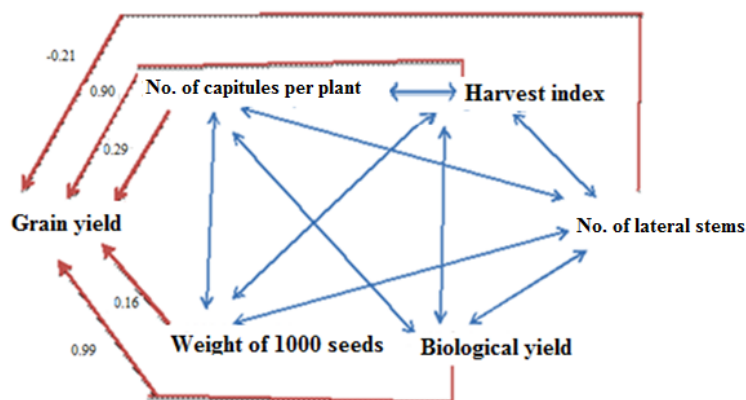
تجزیه علیت مرحله‌ای عملکرد دانه در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی

نتایج تجزیه علیت نشان داد که اثرات مستقیم و غیرمستقیم صفات بر عملکرد دانه تحت شرایط تنش و عدم تنش رطوبتی متفاوت است (شکل‌های ۱، ۲ و ۳) و با کمک مدل نهایی از صفات وارد شده در شرایط

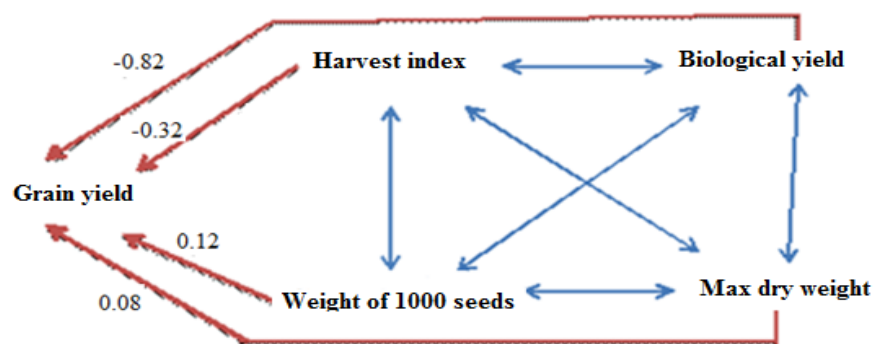
جدول ۲- ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش گل‌دهی
Table 2- Correlation coefficients between traits measured under flowering stress condition

صفت Trait	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1									
حداکثر تجمع ماده خشک (۲) Max dry weight	0.40	1								
ارتفاع بوته (۳) Plant height	-0.48*	-0.19	1							
تعداد ساقه فرعی (۴) No. of lateral stems	0.37	0.41	-0.23	1						
تعداد طبق در بوته (۵) No. of capitules per plant	0.28	0.13	0.02	0.55	1					
تعداد دانه در طبق (۶) No. of seeds in capitule	-0.01	-0.04	-0.29	0.04	0.28	1				
وزن هزار دانه (۷) Weight of 1000 seeds	0.88**	0.48*	-0.46	0.31	-0.23	-0.03	1			
عملکرد بیولوژیک (۸) Biological yield	0.23	0.61**	-0.02	0.60**	0.15	-0.16	0.27	1		
شاخص برداشت (۹) Harvest index	0.76**	0.03	-0.48	-0.02	-0.41	0.06	0.56*	-0.39	1	
درصد روغن (۱۰) Oil percent	-0.56	-0.42	0.45	-0.19	0.21	0.15	-0.61	-0.29	-0.33	1

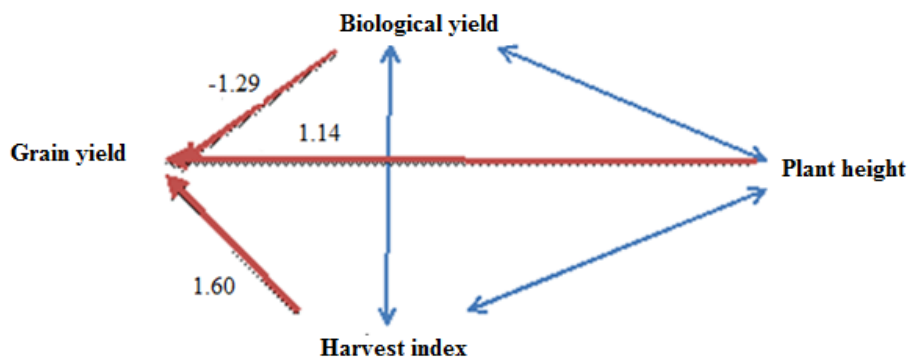
***، ** به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد، Significant at 1% and 5% levels of probability, respectively



شکل ۱- دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه گلرنگ و صفات وارد شده در مدل تحت شرایط عدم تنش
Figure 1- Diagram of path analysis for spring safflower seed yield and traits entered in the model under non-stress condition



شکل ۲- دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه گلرنگ و صفات وارد شده در مدل تحت شرایط تنش گل‌دهی
Figure 2- Diagram of path analysis for spring safflower seed yield and traits entered in the model under seeding stress condition



شکل ۳- دیاگرام تجزیه علیت مرحله‌ای برای عملکرد دانه گلرنگ و صفات وارد شده در مدل تحت شرایط تنش دانه‌بندی
Figure 3- Diagram of path analysis for spring safflower seed yield and traits entered in the model under seeding stress condition

جدول ۳ - ضرایب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در شرایط تنش دانه‌بندی

Table 3- Correlation coefficients between traits measured under seeding stress condition

صفت Trait	(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	(۶)	(۷)	(۸)	(۹)	(۱۰)
عملکرد دانه (۱) Grain yield	1									
حداکثر تجمع ماده خشک (۲) Max dry weight	0.15	1								
ارتفاع بوته (۲) Plant height	0.10	-0.42	1							
تعداد ساقه فرعی (۴) No. of lateral stems	-0.25	0.43	-0.39	1						
تعداد طبق در بوته (۵) No. of capitules per plant	0.11	-0.18	0.49*	0.20	1					
تعداد دانه در طبق (۶) No. of seeds in capitule	0.22	-0.50*	0.20	-0.18	0.07	1				
وزن هزاردانه (۷) Weight of 1000 seeds	0.43	0.68**	-0.14	0.36	0.03	-0.31	1			
عملکرد بیولوژیک (۸) Biological yield	0.24	-0.56*	0.55*	-0.46*	0.29	0.33	-0.26	1		
شاخص برداشت (۹) Harvest index	0.64**	0.60**	-0.40	0.18	-0.17	0.13	0.55*	-0.56*	1	
درصد روغن (۱۰) Oil percent	-0.37	-0.35	-0.15	-0.19	-0.17	0.34	-0.50*	-0.14	-0.20	1

***، * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد، respectively Significant at 1% and 5% levels of probability

و علیت برای عملکرد دانه ژنوتیپ‌های گل‌رنگ نتیجه گرفتند که در شرایط تنش، گزینش تعداد طبق در گیاه و وزن ۱۰۰۰ دانه بیش‌ترین تأثیر را در افزایش عملکرد دانه دارند.

نتیجه‌گیری

به‌طور کلی با در نظر گرفتن همبستگی بین عملکرد دانه و سایر صفات و همچنین بررسی رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت صفات می‌توان به‌این نتیجه رسید که در شرایط عدم تنش، شاخص برداشت و عملکرد بیولوژیک بیش‌ترین همبستگی و اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشتند، ولی در شرایط تنش گل‌دهی وزن ۱۰۰۰ دانه و در تنش دانه‌بندی نیز شاخص برداشت بیش‌ترین همبستگی و اثر مستقیم را در عملکرد دانه داشته‌اند. لذا در برنامه‌های اصلاحی می‌توان با توجه به زمان بروز تنش رطوبتی با اصلاح و بهبود صفات ذکر شده، عملکرد دانه را افزایش داد.

بنابراین با توجه به همبستگی بالا بین وزن ۱۰۰۰ دانه با عملکرد دانه (۰/۸۸) در سطح یک‌درصد و نیز بالا بودن اثر مستقیم این صفت در شرایط تنش گل‌دهی، با افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه میزان عملکرد دانه را می‌توان افزایش داد. در پژوهشی که توسط (Tahmasebpour *et al.*, 2011) انجام گرفت نیز وزن ۱۰۰۰ دانه بیش‌ترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت. در شرایط تنش دانه‌بندی شاخص برداشت (۱/۶۰) بالاترین اثر مستقیم را بر عملکرد دانه داشت (جدول ۷). همبستگی معنی‌دار و مثبت عملکرد دانه در شرایط تنش دانه‌بندی با شاخص برداشت (۰/۶۴) نشان‌دهنده تأثیر بیشتر این صفت در میزان عملکرد دانه می‌باشد. در مطالعه (Golparvar and Ghasemi Pirbaluti, 2010) بررسی همبستگی بین صفات، رگرسیون گام‌به‌گام و تجزیه علیت نشان داد که وزن ۱۰۰۰ دانه، تعداد دانه در گیاه، تعداد دانه در طبق و عملکرد بیولوژیک مناسب‌ترین شاخص‌های انتخاب برای بهبود ژنتیکی عملکرد دانه ارقام گل‌رنگ بهاره در شرایط تنش خشکی می‌باشند. همچنین Paliwal and Solanki, 1984 با مطالعه ضرایب همبستگی

جدول ۴- نتایج رگرسیون گام به گام عملکرد دانه گلرنگ بهاره در شرایط عدم تنش و تنش

Table 4- The results of stepwise regression of spring safflower under stress and non-stress conditions

شرایط محیطی Environment	صفات Traits	عرض از مبدا Intercept	ضریب رگرسیون Correlation coefficient					ضریب تبیین تجمعی Cumulative determination coefficient
			(۱)	(۲)	(۳)	(۴)	(۵)	
عدم تنش No stress	۱- تعداد طبق در بوته No. of capitule per plant	922.3	82	-	-	-	-	37.62
	۲- وزن ۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds	-334.2	75	29.2	-	-	-	59.49
	۳- شاخص برداشت Harvest index	-623.8	63	30.5	11.3	-	-	67.76
	۴- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-1114.9	-16	9.6	32.0	0.15	-	91.47
	۵- تعداد ساقه فرعی No. of lateral stems	-978.1	4	10.3	33.9	0.28	-0.66	93.35
تنش گل‌دهی Flowering stress	۱- وزن ۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds	-555.6	39.9	-	-	-	-	77.80
	۲- شاخص برداشت Harvest index	-487.2	29.8	11.7	-	-	-	88.22
	۳- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-752.3	15.4	22.2	0.14	-	-	97.28
	۴- حداکثر تجمع ماده خشک Max dry weight	-599.1	16.6	22.6	0.16	-0.37	-	97.82
	۱- شاخص برداشت Harvest index	668.5	26.7	-	-	-	-	37.59
تنش دانه‌بندی Seeding stress	۲- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-1036.1	47.3	0.21	-	-	-	94.03
	۳- ارتفاع بوته Stem height	-1316.6	47.9	0.20	5.30	-	-	94.42

جدول ۵- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه در شرایط عدم تنش با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام به گام

Table 5- Path coefficient analysis of grain yield with the remaining traits in the stepwise regression model under non-stress condition

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیر مستقیم از طریق Indirect effect by					ضریب همبستگی با عملکرد Correlation coefficient with yield
		1	2	3	4	5	
۱- تعداد طبق در بوته No. of capitules per plant	0.02		0.017	0.27	0.48	-0.144	0.61**
۲- وزن ۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds	0.16	0.003		-0.03	0.46	-0.072	0.53*
۳- شاخص برداشت Harvest index	0.90	0.009	-0.007		-0.48	0.004	0.42*
۴- عملکرد بیولوژیک Biological yield	0.99	0.012	0.070	-0.44		-0.12	0.52*
۵- تعداد ساقه فرعی No. of lateral stems	-0.21	0.019	0.050	-0.02	0.59		0.40
		Residual effect= 0.26		اثر باقی مانده = ۰/۲۶			

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

جدول ۶- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش گل‌دهی با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 6- Path coefficient analysis of grain yield with the remaining characters in the stepwise regression model under flowering stress condition

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect by				ضریب همبستگی با عملکرد Correlation coefficient with yield
		1	2	3	4	
۱- وزن ۱۰۰۰ دانه Weight of 1000 seeds	1.82		-0.75	-0.22	0.040	0.88**
۲- شاخص برداشت Harvest index	-1.32	1.04		0.32	0.003	0.76**
۳- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-0.82	0.500	0.51		0.050	0.23
۴- حداکثر تجمع ماده خشک Max dry weight	0.08	0.884	-0.05	-0.51		0.37
Residual effect= 0.39 اثر باقی مانده = ۳۹٪						

***، * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد در سطح ۱٪ و ۵٪ احتمال، به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

جدول ۷- تجزیه علیت همبستگی عملکرد دانه در شرایط تنش دانه‌بندی با صفات باقی‌مانده در مدل رگرسیونی گام‌به‌گام

Table 7- Path coefficient analysis of grain yield with the remaining characters in the stepwise regression model under seeding stress condition

صفت Trait	اثر مستقیم Direct effect	اثر غیرمستقیم از طریق Indirect effect by			ضریب همبستگی با عملکرد Correlation coefficient with yield
		1	2	3	
۱- شاخص برداشت Harvest index	1.60	-	-0.73	-0.23	0.64**
۲- عملکرد بیولوژیک Biological yield	-1.29	0.90	-	0.63	0.24
۳- ارتفاع بوته Plant height	1.14	-0.32	-0.72	-	0.10
Residual effect= 0.40 اثر باقی مانده = ۴۰٪					

***، * به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد در سطح ۱٪ و ۵٪ احتمال، به ترتیب معنی‌دار در سطح یک و پنج درصد

References

- 1- Abolhassani, K. H. 2003. Drought tolerance evaluation of safflower lines derived from native landraces under two irrigation regimes. M.Sc. Thesis. Isfahan University of Technology, Iran. (In Persian with English Abstract).
- 2- Amini, F., Saeidi, G. and Arzani, A. 2008. Relationship among seed yield and its components in genotypes of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science 12: 525-535. (In Persian with English Abstract).
- 3- Ashri, A. D., Zimmer, E. and Urie, A. 1977. Evaluation of the world collection of safflower for yield and yield components and their relationship. Crop Science 14: 799-802.
- 4- Bagheri, A., Yazdi-Samadi, B., Taeb, M. and Ahmadi, M.R. 2001. Study of correlations and relations between plant yield and quantitative and qualitative other traits in safflower. Iranian Journal of Agricultural Sciences 32(2): 295-307. (In Persian with English Abstract).
- 5- Dewey, D. R. and Lu, K. H. 1959. A correlation and path-coefficient analysis of components of crested wheat-grass seed production. Agronomy Journal 51: 515-518.
- 6- Falconer, D. S. 1998. Introduction to quantitative genetics. Ronald Press, New York.
- 7- Ghodrati, G. H. 2012. Investigation the relationship between yield and its components in promising lines of soybean. Crop Physiology 4 (15): 59-70. (In Persian with English Abstract)
- 8- Golparvar, A.R. and Ghasemi Pirbaluti, A. 2010. Evaluation of correlation and path analysis of seed and oil yield in spring safflower cultivars under normal irrigation and drought stress conditions. New Findings in Agriculture 3: 248 -259 (In Persian with English Abstract).
- 9- Hassanpanah, M., Nematzadeh, G. and Ghiyasi, K. 1998. Correlation between yield and yield components of wheat with some of the characters using path analysis method. Abstracts of the Fifth Congress of Agronomy and

- Plant Breeding. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj. (In Persian).
- 10- Khalili, M., Pour Aboughadareh, A., Naghavi, M.R. and Naseri Rad, H. 2013. Path analysis of the relationships between seed yield and some of morphological traits in safflower under normal irrigation and rain fed conditions. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences 3(15):1692-1696.
- 11- Paliwal, R.V., and Solanki, Z. S. 1984. Path coefficient analysis in safflower. Madras Agricultural Journal 71(4): 257-258.
- 12- Purmeydany, A., Moghaddam, M., Choukan, R. and Peighambari, A. 1998. Estimation of phenotypic and genotypic correlation and path analysis of traits in early maize hybrids under normal and drought stress conditions. Abstracts of the Fifth Congress of Agronomy and Plant Breeding. Seed and Plant Improvement Institute, Karaj. (In Persian).
- 13- Rao, V., and Ramachandram, M. 1997. An analysis of association of yield and oil in safflower. Fourth International Safflower Conference. Bari, Italy.
- 14- Subbalakshmi, B. and Sivasubramanian, V. 1986. Effect of environment in the variability of characters in safflower. Madras Agricultural Journal 73(8): 450-456.
- 15- Tahmasebpour, B., Aharizad, S., Shakiba, M., Babazade Bedostani, A.R., and Gafari, Gh. 2011. Path analysis of seed and oil yield in safflower. International Journal of Agriculture and Crop Sciences 3(4): 114-122.
- 16- Winkel, A. 1989. Breeding for drought tolerance in cereals. Vortage-Fur-Pflanzenzvchtuny 16: 368-375.



Correlation between Traits and Path Analysis of Safflower Grain Yield under Water Stress Conditions

P. Yari¹- A. H. Keshtkar^{2*}

Received: 25-12-2014

Accepted: 27-06-2015

Introduction

Safflower is native to Iran, and is cultivated for high adaptability, low water requirement, resistance to drought and useful unsaturated fatty acid (Ashri *et al.*, 1977). Identification of effective agronomic traits and relationship between them are important aims under water stress conditions. Among these characters, grain yield is the most important trait that is genetically polygenic and its direct selection has not been effective to improve this character, while this selection method can be useful for yield components. Ashri *et al.*, (1977) by using path analysis found that seed yield variation among safflower genotypes was mostly related to diversity in 1000-seed weight and number of heads per plant under limited moisture conditions. Therefore, this study aimed to identify hidden factors that form traits, their impact on seed yield and also recognition of yield components, which play the greatest role in determining yield under different water stress conditions.

Materials and Methods

Present research was arranged at Bu-Ali Sina University research farm during 2012. The experimental design was split plot based on randomized complete block design with three replications. The main plot was allocated to three levels of water stress including no irrigation (control), cutting irrigation from %50 flowering to ripening (flowering stress) and no irrigation from onset of seeding stage to ripening (seeding stress). Six safflower cultivars such as PI, local Ajabshir, Mec11, Faraman, local Zarghan 6 and Sina as the second factor were placed in subplots. Each plot contained of 5 rows with 5 meters length, 50 cm row spacing, 5 cm spacing on each row. At the end of the growing season, after removing marginal rows, plants were harvested at the extent of two square meters from three central rows of each plot. Then seed yield was determined in the scale of gram per square meter, and statistical analysis was performed using SAS and Minitab softwares, path analysis was also carried out using Path2 software, graphs were drawn with Excel software, and means compared by LSD test at the 5% level of probability.

Results and Discussion

The results showed that correlation coefficient of seed yield with harvest index at three moisture regimes including non-stress, flowering stress and seeding stress were respectively, 0.42*, 0.76** and 0.46**, and seed yield with 1000 seed weight were also 0.53**, 0.88** and 0.43** respectively. In general it can be concluded that at flowering and seeding water stress conditions, the correlation between seed yield and harvest index was greater than non-stress condition. Under flowering stress, 1000 seed weight was more affected by stress impacts and the consequence of this reduction decreased seed yield. Stepwise regression method was used to evaluate the effect of each trait on seed yield as dependent variable, and also to reduce the number of independent variables. Regression analysis of effective traits on grain yield showed that harvest index and biological yield under three water stress conditions entered into the regression model. Under non-stress condition number of capitule per plant, seed weight before harvest index and biological yield also entered into the regression model, while at flowering stress 1000 seed weight joined the model prior to harvest index and biological yield. Stepwise regression method, path analysis and correlation coefficient estimations were considered for different traits in spring safflower. Results showed that 1000-seed weight, number of seeds per plant, number of seeds per head and biological yield were suitable indicators that could genetically improve seed yield under water stress conditions (Golparvar and Ghasemi Pirbaluti, 2010). Results also indicated that biological yield (0.99) and harvest index (0.90) under non-stress condition, while 1000 seed weight (1.82) at flowering stress, and harvest index (1.60) at seeding stress condition had the highest direct effects on grain yield.

1- Former MSC student of Plant Breeding, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran

2- Assistant Professor in Department of Agronomy and Plant Breeding, Bu-Ali Sina University, Hamedan, Iran

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

Conclusions

Improvement of traits that have the most direct effects on grain yield and the highest coefficient correlations with grain yield can be considered to increase safflower grain yield at each level of water stress treatments.

Keywords: Flowering stress, Harvest index, Regression model, Seeding stress



اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد، درصد روغن و نیتروژن دانه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در کشت پاییزه

نازنین صف‌آرا^{۱*} - محمدرضا مرادی تلاوت^۲ - سیدعطاءاله سیادت^۳ - احمد کوچک‌زاده^۲ - سیدهاشم موسوی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۰/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۱۲/۱۷

چکیده

به منظور مطالعه واکنش عملکرد و کیفیت گلرنگ به مصرف گوگرد در تاریخ‌های مختلف کاشت، آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل تاریخ کاشت در چهار سطح (۹ آذر، ۳۰ آذر، ۲ بهمن و ۱۲ بهمن) به عنوان عامل اصلی و کود گوگرد به عنوان عامل فرعی در چهار سطح (صفر، ۲۰۰، ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع گوگرد آلی گرانوله بودند. نتایج نشان داد که تأخیر در کاشت با کاهش تعداد دانه در کلپرک و تعداد کلپرک در بوته سبب کاهش عملکرد دانه شد. در تاریخ کاشت دیر هنگام ۱۲ بهمن نیتروژن دانه به میزان ۱۷ درصد افزایش، ولی درصد روغن کاهش نشان داد. بالاترین درصد روغن به میزان ۲۵ درصد از تاریخ ۳۰ آذر و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به دست آمد. بیش‌ترین عملکرد دانه به میزان ۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار از تاریخ کاشت ۳۰ آذر حاصل شد. در کشت تأخیری ۱۲ بهمن عملکرد دانه به میزان ۴۳/۵۰ درصد کاهش یافت. اما مصرف گوگرد به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در تاریخ کاشت ۱۲ بهمن عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۳۵ درصد افزایش داد. هم‌چنین به علت بالا بودن عملکرد دانه در تاریخ کاشت ۳۰ آذر، بیش‌ترین عملکرد روغن هم از این تاریخ کاشت به دست آمد.

واژه‌های کلیدی: تنش گرما، روغن، کلپرک در بوته، نیتروژن

مقدمه

بیوتین، گلوتامین و کوآنزیم A دخالت داشته و باعث افزایش مقاومت گیاهان به امراض، خشکی و سرما می‌شود و از تجمع نیترات در بافت‌های گیاه جلوگیری می‌نماید (Rangel, 2006).

تاریخ‌های کاشت مختلف سبب مواجه شدن دوران رشد رویشی و زایشی گیاه با شرایط محیطی متفاوت گردیده و از این طریق بر نمو، تولید شاخ‌وبرگ و عملکرد گیاهان اثر می‌گذارد. به طوری که با تأخیر در کشت‌های پاییزه گلرنگ، دمای هوا و طول روز افزایش یافته و نمو گیاه تسریع می‌یابد، بنابراین فرصت برای رشد رویشی و پُرشدن دانه‌ها کافی نبوده و با هم‌زمانی دوره گرده‌افشانی گیاه با دماهای بالا، اجزای عملکرد گیاه نیز کاهش می‌یابد که در نتیجه منجر به کاهش عملکرد دانه می‌گردد (Dadashi and Khajehpour, 2005). گزارش کردند که تأخیر در کاشت کلزا (*Brassica napus* L.) از طریق کوتاه شدن طول دوره‌ی رسیدگی باعث کاهش محصول می‌گردد، به طوری که در محصولاتی مانند کلزا تأخیر ۴۰ روزه در کاشت باعث کوتاه شدن ۵۰ درصدی دوره‌ی گل‌دهی و رسیدن محصول شد (Robertson et al, 2004). Ozer, 2003 معتقد است که اختلاف عملکرد دانه در تاریخ‌های مختلف کاشت بیشتر به علت تغییر در تعداد غلاف در هر بوته کلزای خوراکی است. Ahmad et al, 2007 نشان دادند که کاهش عملکرد در کلزا در تاریخ‌های کاشت تأخیری ناشی از کاهش تعداد غلاف در واحد سطح و کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه است.

دانه‌های روغنی پس از غلات به عنوان دومین منبع مهم تأمین کالری و انرژی مورد نیاز در تغذیه انسان و دام هستند (Delka et al., 2005). گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) در بین گیاهان روغنی، از نظر کیفیت روغن دانه و خواص دارویی، دارای اهمیت زیادی است (Nasari, 1997). کیفیت برتر روغن و تحمل بیشتر گلرنگ به شرایط نامساعد محیطی نظیر خشکی و شوری، سبب انجام تحقیقات وسیعی در مورد آن شده است (Bassil and Kaffka, 2002). در اکثر محصولات کشاورزی، نسبت نیتروژن به گوگرد (N/S) باید در محدوده ۱۵-۱۰ باشد ولی در دانه‌های روغنی این نسبت برای دستیابی به افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، باید کمتر از ۱۰ باشد (Tandon, 1995). گوگرد برای ساخت پروتئین و آنزیم از طریق شرکت در ساختمان اسیدهای آمینه متیونین و سیستئین کاربرد دارد. علاوه بر این، گوگرد در تشکیل کلروفیل، ویتامین‌های تیامین و

۱- دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲، ۳ و ۴- به ترتیب استادیار، استاد و کارشناس دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

*- نویسنده مسئول: (Email: na.safara69@gmail.com)

Ravi *et al.*, 2008 نشان دادند که کاربرد گوگرد، باعث افزایش تولید ماده خشک و بهبود اجزای عملکرد (تعداد کلاپرک در بوته، تعداد دانه در کلاپرک و وزن ۱۰۰۰ دانه) نسبت به شاهد شد. Noorullah *et al.*, 2002 اظهار داشتند که کاربرد گوگرد در کشت کلزا، می تواند از طریق افزایش تعداد غلاف در واحد سطح باعث افزایش عملکرد گردد. با توجه به اهمیت گلرنگ به عنوان گیاه روغنی و همچنین آهکی بودن و بالابودن اسیدیته در قسمت وسیعی از خاک های کشورمان و در نتیجه کاهش قابلیت استفاده از عناصر، ضرورت استفاده از گوگرد با هدف افزایش تولید روغن در گیاه و بهبود وضعیت خاک به چشم می خورد. در استان خوزستان وجود دمای بالا در مرحله زایشی منجر به کاهش عملکرد در گیاهان می شود. با توجه به این موضوع، استفاده از راه کارهای مدیریتی و کاربرد گوگرد شرایط را تا حدودی به نفع عملکرد گیاه متعادل می سازد. بنابراین مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر مصرف کود گوگرد در تاریخ های مختلف کاشت و نقش احتمالی آن در کاهش اثرات منفی تنش گرمای آخر فصل بر گیاه گلرنگ طراحی و اجرا گردید.

مواد و روش ها

به منظور مطالعه تأثیر تاریخ کاشت و مصرف گوگرد بر عملکرد و

اجزاء عملکرد و کیفیت گلرنگ رقم محلی اصفهان، در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ آزمایشی به صورت کرت های یک بار خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان واقع در ۳۵ کیلومتری شمال شرقی اهواز (عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۳۴ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۵۲ دقیقه) اجرا شد. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۲۰ متر و دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است. متوسط دمای سالیانه در این منطقه ۲۳/۲ درجه سانتی گراد و متوسط بارندگی سالیانه ۱۶۹ میلی متر است.

عوامل آزمایشی شامل چهار تاریخ کاشت ۹ آذر، ۳۰ آذر، ۲ بهمن و ۱۲ بهمن در کرت های اصلی و گوگرد از منبع گوگرد آلی گرانوله شامل سطوح صفر، ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار در کرت های فرعی به صورت تصادفی اعمال شدند. کود گوگرد آلی گرانوله، شامل ۴۵ درصد گوگرد، ۴۵ درصد مواد آلی و ۱۰ درصد بنتونیت است. تهیه بستر بذر شامل شخم با گاو آهن برگردان دار، دیسک زنی و عملیات تسطیح بود. سپس کرت های آزمایشی به ابعاد ۳×۴ متر و مساحت ۱۲ مترمربع به وسیله مرزبند احداث گردید. بر اساس آزمایش خاک مزرعه، میزان کود مصرفی به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره بود (جدول ۱).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- Physical and chemical properties of soil in experimental site

عمق نمونه برداری (cm) (Sampling depth)	مواد آلی Organic (matter)	اسیدیته pH (1:5)	پتاسیم K (mg.kg ⁻¹)	فسفر p (mg.kg ⁻¹)	نیتروژن (%) nitrogen	بافت خاک (Soil Texture)
0-30	0.52	0.05	214	7/2	0.04	رسی سیلتی
30-60	2.8	0.04	167	6/4	7.7	Clay-Silt

به مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بود. پس از برداشت، شاخص های عملکرد و اجزای عملکرد اندازه گیری گردید. به منظور اندازه گیری عملکرد دانه در زمان رسیدگی پس از حذف حاشیه، یک مترمربع در نظر گرفته شد. پس از برداشت، بوته های مربوط به هر کرت جداگانه به آزمایشگاه منتقل و در آون الکتریکی در دمای ۷۵C⁰ به مدت ۴۸ ساعت خشک شدند و ماده خشک محاسبه گردید. بعد از جدانمودن بذرها و توزین دانه های هر کرت، عملکرد دانه با در نظر گرفتن ۱۰ درصد رطوبت در هر مترمربع به دست آمد. درصد نیتروژن به وسیله دستگاه کج دلال تعیین شد (Bremner, 1996). برای تعیین درصد روغن از روش ارایه شده توسط مؤسسه پژوهشی روغن پالم (Anonymous, 1995) ستفاده گردید و در نهایت عملکرد روغن، از حاصل ضرب درصد روغن در عملکرد دانه به دست آمد. تجزیه داده ها

تمامی کود سوپرفسفات تریپل و یک سوم اوره قبل از کاشت و دوسوم باقیمانده اوره در زمان شش-هشت برگی و قبل از گل دهی گلرنگ به صورت سرک به هر یک از کرت های آزمایشی داده شد. کود گوگرد یک هفته قبل از هر تاریخ کاشت درون کرت های آزمایشی پخش و با خاک مخلوط شد. عملیات کاشت بر روی خطوط با فواصل ۳۰ سانتی متر از هم دیگر و فاصله بوته ها بر روی خطوط ۱۰ سانتی متر (۳۳ بوته در مترمربع) به صورت دستی انجام شد. بلافاصله پس از هر تاریخ کاشت آبیاری انجام و آبیاری های بعدی با توجه به شرایط محیطی و نیاز خاک انجام پذیرفت. تنک کردن بوته ها جهت حصول تراکم مورد نظر در مرحله پنج-شش برگی انجام گردید. زمان برداشت برای تاریخ های کاشت اول تا چهارم در محدوده زمانی اوایل تا اواسط خرداد ماه هم زمان با زرد شدن شاخ و برگ ها و رسیدن دانه ها

با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها با آزمون حداقل اختلاف معنی دار (LSD) در سطح احتمال پنج درصد بررسی شدند.

نتایج و بحث

عملکرد و اجزای عملکرد

تعداد کلپرک در بوته تحت تأثیر معنی داری ($p \leq 0.01$) تاریخ کاشت و گوگرد قرار گرفت (جدول ۲). به طوری که تاریخ کاشت ۳۰ آذر با ۱۸/۰۷ کلپرک در بوته، بیشترین تعداد کلپرک را به خود اختصاص داد. اما کشت دیر هنگام (۱۲ بهمن) به دلیل افزایش دما در پایان فصل رشد، سبب کاهش ۲۱/۶۳ درصدی تعداد کلپرک در بوته شد. بیشترین میزان تعداد کلپرک در بوته با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به دست آمد، اما مصرف بیشتر گوگرد، سبب کاهش تولید کلپرک در بوته شد (جدول ۵). با تأخیر در کاشت به علت مواجه شدن گیاه با دمای بالا در زمان گل دهی، رسیدگی محصول سریع تر شده و با کوتاه شدن طول دوره‌ی رشد، پتانسیل تولیدی گیاه کمتر می شود در نتیجه تعداد کلپرک در بوته با کاهش مواجه شده ولی مصرف گوگرد تا ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، سبب افزایش تعداد کلپرک در بوته نسبت به شاهد در کشت های تأخیری شد. تأخیر در کاشت گلرنگ سبب کاهش تعداد شاخه فرعی و در نهایت کاهش تعداد کلپرک می شود (Fazelikakheli et al., 2008). Noorullah et al, 2002 نشان دادند که مصرف گوگرد می تواند باعث افزایش تعداد غلاف کلزا در واحد سطح و از این طریق باعث افزایش عملکرد دانه گردد.

اثر تاریخ کاشت و عنصر گوگرد بر تعداد دانه در کلپرک معنی دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). به طوری که مقایسه میانگین ها نشان داد که تاریخ کاشت ۳۰ آذر با تعداد ۳۱/۰۲ و ۹ آذر با ۳۰/۷۶ بیشترین تعداد دانه در کلپرک را به خود اختصاص دادند. ولی تاریخ کاشت دیر هنگام (۱۲ بهمن) با تعداد ۲۳/۰۹ دانه، از کمترین تعداد دانه در کلپرک برخوردار بود (جدول ۵). تأخیر در کاشت گلرنگ سبب کوتاه شدن مرحله‌ی رویشی گیاه شده و در نتیجه گیاه در زمان مناسب به شاخص سطح برگ مطلوب نمی رسد. بنابراین تعداد زیادی از دانه ها ممکن است به مرحله‌ی باروری نرسند به همین دلیل درصد پوکی دانه در کشت تأخیری افزایش می یابد، این نتایج با یافته های قبلی (1 و 14) مطابقت دارد. همچنین مصرف گوگرد تأثیر معنی داری بر تعداد دانه در کلپرک داشت. به طوری که بیشترین تعداد دانه در کلپرک از تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به دست آمد که با تیمار ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار تفاوت آماری معنی داری نداشت. نتایج نشان داد که با مصرف گوگرد، بیش از ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار تعداد دانه در کلپرک با روند کاهشی مواجه شد. بین تیمار ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد و شاهد (عدم مصرف گوگرد) تفاوت آماری معنی دار مشاهده

نشد (جدول ۵). به طور کلی تعداد دانه در کلپرک ظرفیت مخزن های گیاه را مشخص می کند. هر چه تعداد دانه ها بیشتر باشد، گیاه تعداد مخزن های بیشتری برای مواد پرورده حاصل از فتوسنتز، تولید کرده است، هر عاملی که این جزء را افزایش دهد باعث افزایش عملکرد نیز خواهد بود. Safari et al, 2012 در آزمایشی نشان دادند که مصرف گوگرد بر تعداد دانه در کلپرک اثر معنی دار و مثبتی دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد دانه معنی دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها مشخص کرد که بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت ۳۰ آذر به میزان ۳۵۹۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار آن از تاریخ کاشت آخر حاصل شد. نتایج نشان داد که با تأخیر در کاشت عملکرد دانه به میزان ۴۳ درصد کاهش یافت. همچنین بیشترین میزان عملکرد دانه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد به میزان ۲۸۵/۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد که در مقایسه با تیمار شاهد (عدم مصرف کود) و مصرف ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد تفاوت آماری معنی داری در عملکرد دانه مشاهده نشد. نتایج بیان کننده‌ی افزایش ۱۸ درصد عملکرد دانه با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار نسبت به شاهد بود (جدول ۵). تأخیر در کاشت عملکرد دانه را در تاریخ کاشت ۱۲ بهمن نسبت به ۳۰ آذر به میزان ۴۳/۵۰ درصد کاهش داد که با استفاده از مصرف گوگرد به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه در تاریخ کاشت دیر هنگام (۱۲ بهمن) نسبت به شاهد ۳۵ درصد افزایش یافت (جدول ۶). تاریخ کاشت دیر هنگام سبب کاهش تعداد کلپرک شده و همچنین در انتقال مواد ذخیره ای به دانه ها اختلال ایجاد می کند. که به موجب آن تعداد دانه در کلپرک و راندمان تولیدی گیاه کاهش می یابد (Cazzato et al., 1997). کاربرد گوگرد به دلیل تأثیر بر تشکیل آنزیم ها و سایر ترکیبات دخیل در متابولیسم مواد فتوسنتزی می تواند میزان عملکرد دانه را افزایش دهد، نتایج این آزمایش با بررسی های Noorullah et al, 2002 مطابقت داشت.

تاریخ کاشت بر عملکرد بیولوژیک تأثیر معنی دار ($p \leq 0.01$) داشت (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک با میانگین ۲۳۱۱۸ کیلوگرم در هکتار از تاریخ کاشت ۹ آذر و کمترین مقدار آن از تاریخ کاشت ۱۲ بهمن حاصل شد (جدول ۵). تأخیر در کاشت و کوتاه شدن طول دوره‌ی رشد باعث کاهش میزان بهره‌وری گیاه از منابع محیطی و کاهش رشد اندام های رویشی شده و در نتیجه ماده خشک تجمعی گیاه کاهش خواهد یافت. بررسی ها بر روی گیاه گندم نیز نشان داد که تأخیر در کاشت به علت کاهش عملکرد دانه و میزان کاه و کلش تولیدی عملکرد بیولوژیک هم کاهش می یابد (Modhej and Fathi, 2009).

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس عملکرد، اجزای عملکرد، مقدار روغن و درصد نیتروژن گلرنگ

Table 2- Results of analysis of variance of yield, oil content and nitrogen content of safflower

مجموع مربعات (SS)									
منابع تغییرات (SOV)	درجه آزادی (df)	کلاهک در بوته Head per plant	کلاهک در grain per head	وزن دانه Thousand seed weight	عملکرد دانه Grain yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	نیتروژن دانه Seed nitrogen	روغن دانه Seed oil	عملکرد روغن Oil yield
بلوک (R)	2	4.63 ^{ns}	36.18 ^{ns}	3.86 ^{ns}	377957.8 ^{ns}	4147618 ^{ns}	0.09 ^{ns}	2.432079*	36921 ^{ns}
تاریخ کاشت (D)	3	132.8**	509/*	33.7 ^{ns}	18572674*	391778559**	2.1**	24.0**	1112898**
خطای اصلی (Ea)	6	12.5	21.5	51.6	2428494	73540525	0.2	1.0	123374
گوگرد (S)	3	167.76**	298**	0.8 ^{ns}	*3205774	60089120 ^{ns}	0.5 ^{ns}	29.5**	243025**
اثر متقابل D*S	9	55.93 ^{ns}	176 ^{ns}	5.6 ^{ns}	1954534 ^{ns}	12878551 ^{ns}	0.8 ^{ns}	36.5**	76326 ^{ns}
خطای فرعی (Eb)	24	67.5	275	52.8	2474427	1810014846	1.1	18.2	154995
ضریب تغییرات (%)		10.32	12.13	5.2	12.23	14.59	7.76	3.9	13.85

ns و **: به ترتیب غیرمعنی دار و معنی دار در سطح احتمال یک و پنج درصد

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

خصوصیات دانه

۲۳/۲ درصد حاصل شد که با سطوح مختلف گوگرد به میزان ۴۰۰ و ۶۰۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف آماری معنی داری نداشت. در تاریخ کاشت ۳۰ آذر در سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین مقدار روغن به میزان ۲۵/۱۹ درصد به دست آمد. در تاریخهای کاشت سوم و چهارم بیشترین درصد روغن مربوط به تیمار ۴۰۰ کیلوگرم با میانگین ۲۳/۲۲ و ۲۱/۹۴ درصد بود. کمترین میزان روغن در همه تاریخهای کاشت مربوط به تیمار شاهد بود (جدول ۴).

درصد روغن دانه تحت تأثیر معنی دار ($p \leq 0.01$) برهم کنش تاریخ کاشت و عنصر گوگرد قرار گرفت (جدول ۲). برشدهی اثر متقابل نشان می دهد که مقادیر گوگرد در تاریخ کاشت اول و سوم در سطح احتمال پنج درصد و در تاریخ کاشت دوم و چهارم در سطح یک درصد معنی دار بودند (جدول ۳). بیشترین میزان درصد روغن در تاریخ کاشت ۹ آذر با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با میانگین

جدول ۳- برشدهی اثر متقابل تاریخ کاشت و گوگرد بر درصد روغن دانه
Table 3- Slicing interaction planting date and sulfur on seed oil

تاریخ کاشت planting date	درجه آزادی df	مجموع مربعات SS
۹ آذر (21 December)	3	7 *
۳۰ آذر (30 November)	3	32.6 **
۲ بهمن (22 January)	3	10.5 *
۱۲ بهمن (1 February)	3	16**

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

جدول ۴- مقایسه میانگین سطوح گوگرد در هر تاریخ کاشت بر درصد روغن دانه
Table 4- Mean comparison of sulfur levels in each planting date in term of grain oil content

گوگرد (Sulfur) (kg ha ⁻¹)	تاریخ کاشت (planting date)			
	۹ آذر (21 December)	۳۰ آذر (30 November)	۲ بهمن (22 January)	۱۲ بهمن (1 February)
شاهد (Control)	21.26 ^b	20.84 ^c	10.96 ^b	19.14 ^b
200	23.2 ^a	25.19 ^a	21.15 ^b	20.5 ^{ab}
400	22.84 ^a	21.57 ^{bc}	23.22 ^a	21.94 ^a
600	22.92 ^a	22.6 ^b	21.11 ^b	21.9 ^a

میانگینهای دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با هم ندارند
Means within each column followed by the same letters are not significantly different

اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد روغن معنی دار ($p \leq 0.01$) بود (جدول ۲). به طوری که بیشترین عملکرد روغن از تاریخ کاشت ۳۰ آذر با میانگین ۸۱۰/۴۸ کیلوگرم در هکتار حاصل شد، که دلیل آن بیشتر بودن عملکرد دانه در این تاریخ کاشت است. کمترین عملکرد روغن از تاریخ کاشت ۲ و ۱۲ بهمن به دست آمد (جدول ۵). تأخیر در کاشت سبب کوتاه شدن فصل رشد و فاصله گرفتن گیاه از شرایط مناسب رشد می شود. این عوامل باعث می شود که گیاه پتانسیل لازم جهت فرآیندهای متابولیک را نداشته باشد، در نتیجه سنتز متابولیت های اولیه و ثانویه در گیاه دچار اختلال شده و بر میزان روغن دانه اثر منفی می گذارد. Cosge and Kaya, 2005 در بررسی های خود چنین نتایجی را تأیید کردند. نتایج نشان می دهد که با افزایش هر کیلوگرم در هکتار گوگرد تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار، ۱/۰۹ کیلوگرم در هکتار بر میزان عملکرد روغن افزوده می شود

با تأخیر در کاشت میزان روغن دانه کاهش یافت، اما مصرف گوگرد به طور جبرانی، سبب افزایش درصد روغن نسبت به شاهد در کشت های تأخیری گردید. تأخیر در کاشت و هم زمان شدن دوره پُرشدن دانه با دمای بالا باعث کاهش روغن دانه گلرنگ می شود (Fazelikakheli *et al.*, 2008).

Omidi and Sharifi Moghaddas, 2008 در بررسی های خود بر روی گیاه گلرنگ اظهار داشتند که تاریخ کاشت بر روی میزان روغن و کیفیت روغن (عدد یدی) تأثیر گذاشته و با تأخیر در زمان کاشت، کاهش می یابد. گوگرد جزء ساختمان آنزیم ها است که در واکنش های تشکیل اسید چرب و پیوند این اسیدها برای تولید چربی و روغن دخالت دارد. از این رو کاربرد گوگرد باعث فراهمی آن در محیط سلول شده و در نتیجه با افزایش درصد اسیدهای چرب بر میزان روغن دانه افزوده می شود (Ahmad *et al.*, 2007).

می‌گردد (Modhej and Fathi, 2002). Nourmohamadi *et al.*, 2010 بیان نمودند هر عامل ژنتیکی و محیطی که رسیدن دانه را تسریع کند باعث افزایش نیتروژن و پروتئین دانه خواهد شد. Farooq *et al.*, 2011 معتقدند کاهش دوره پُرسدن دانه، باعث افزایش نسبت نیتروژن به کربن می‌شود. در تیمار گوگرد، بیش‌ترین و کمترین میانگین درصد نیتروژن از سطح کودی ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با میانگین ۲/۹۴ درصد و تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۵). نتایج مقایسه میانگین نشان‌دهنده این موضوع است که افزایش بیش از حد مقدار گوگرد مصرفی باعث کاهش مقدار نیتروژن می‌شود، زیرا بیشتر گوگرد اضافه شده، در مسیر سنتز روغن به‌کار گرفته شده و استفاده بیش از حد گوگرد تأثیر منفی بر روند افزایش نیتروژن دانه دارد. Wani *et al.*, 2001 افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه و درصد نیتروژن آفتابگردان با کاربرد گوگرد مشاهده نمودند.

و بعد از این مقدار، عملکرد روغن روند کاهشی را نشان‌داد، که علت آن می‌تواند کاهش عملکرد دانه باشد (جدول ۵). بسیاری از محققان نیز اظهار داشتند که تأمین گوگرد، سنتز روغن را افزایش می‌دهد (Abadian *et al.*, 2009; Asghar *et al.*, 2004). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان‌داد که بیش‌ترین و کمترین عملکرد روغن به‌ترتیب از تاریخ کاشت دوم و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد با میانگین ۹۴۳/۱۸ کیلوگرم در هکتار و تاریخ کاشت آخر و تیمار عدم مصرف کود با میانگین ۳۳۶/۶۲ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد (جدول ۶).
اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر درصد نیتروژن دانه معنی‌دار بود (جدول ۲). بیش‌ترین درصد نیتروژن دانه از تاریخ کاشت ۱۲ بهمن و کمترین در تاریخ کاشت ۹ آذر به‌دست آمد (جدول ۵). نیتروژن اولین عنصری است که در دانه ذخیره می‌شود. تأخیر در کاشت باعث کوتاه‌شدن دوره‌ی پُرسدن دانه و افزایش مقدار ذخیره نیتروژن در گیاه

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تاریخ کاشت و گوگرد بر عملکرد، اجزای عملکرد، مقدار روغن و نیتروژن گلرنگ

Table 5- Mean comparison effect of planting date and sulfur the yield, yield components, oil content and nitrogen content of safflower

تاریخ کاشت planting date	تعداد کل‌پرک در بوته Head per plant	تعداد دانه در کل‌پرک grain per head	وزن ۱۰۰۰ دانه (g) Thousand seed weight	عملکرد دانه (kg.ha ⁻¹) Grain yield	عملکرد بیولوژیک (kg.ha ⁻¹) Biological yield	عملکرد روغن (kg.ha ⁻¹) Oil yield	نیتروژن دانه (%) Seed nitrogen
۹ آذر (21 December)	17.7 ^a	30.8 ^a	29.7 ^a	2751 ^b	23118 ^a	622 ^b	2.56 ^c
۳۰ آذر (30 November)	18.1 ^a	31.0 ^a	28.4 ^a	3590 ^a	19679 ^{ab}	810 ^a	2.65 ^c
۲ بهمن (22 January)	15.1 ^b	26.8 ^b	28.8 ^a	2132 ^{bc}	16346 ^{bc}	465 ^c	2.82 ^b
۱۲ بهمن (1 February)	14.2 ^b	23.1 ^c	28.3 ^a	2027 ^c	16114 ^c	423 ^c	3.1 ^a
LSD (5%)	1/44	1/89	2/93	635/53	3497	143	0.2
گوگرد Sulfur (kg ha⁻¹)							
شاهد (Control)	15.3 ^b	25.6 ^b	28.4 ^a	2376 ^b	18677 ^a	439 ^b	2.64 ^b
200	19.4 ^a	30.6 ^a	28.5 ^a	2885 ^a	20591 ^a	656 ^a	2.94 ^{ab}
400	15.8 ^b	30.2 ^a	28.7 ^a	2881 ^a	18917 ^a	643 ^a	2.79 ^b
600	14.5 ^b	25.2 ^b	28.4 ^a	2357 ^b	18074 ^a	572 ^b	2.75 ^{ab}
LSD (5%)	2.9	2.85	1.24	270.6	2314	67.7	0.18

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۶- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد تحت تأثیر تیمارهای آزمایشی
Table 6- Mean comparison yield and yield components affected by treatments

تیمارهای آزمایشی Treatments		تعداد کلپرک در بوته Head per plant	تعداد دانه در کلپرک grain per head	وزن هزار دانه (g) Thousand seed weight	عملکرد دانه (Kg ha ⁻¹) Grain Yield	عملکرد بیولوژیک (Kg ha ⁻¹) Biological Yield	عملکرد روغن (Kg ha ⁻¹) Oil Yield
۹ آذر - شاهد	21 December+ Control	16 ^{de}	28 ^{bc}	29 ^{ab}	2539 ^{def}	21876 ^{abc}	538 ^{efg}
۹ آذر - ۲۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	21 December+ 200 Kg.ha ⁻¹	19 ^b	33 ^a	29 ^{ab}	2785 ^{cde}	25108 ^a	640 ^{cde}
۹ آذر - ۴۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	21 December+ 400 Kg.ha ⁻¹	16 ^{cde}	34 ^a	30 ^a	3298 ^{bc}	24885 ^{ab}	735 ^{bc}
۹ آذر - ۶۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	21 December+ 600 Kg.ha ⁻¹	14 ^{def}	24 ^{defg}	29 ^{ab}	2383 ^{efg}	17801 ^{cdef}	556 ^{def}
۳۰ آذر - شاهد	30 November+ Control	17 ^{bc}	31 ^{abc}	28 ^{ab}	3483 ^{ab}	18253 ^{cdef}	726 ^{bc}
۳۰ آذر - ۲۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	30 November+ 200 Kg.ha ⁻¹	23/	35 ^a	28 ^{ab}	4012 ^a	20191 ^{cde}	943 ^a
۳۰ آذر - ۴۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	30 November+ 400 Kg.ha ⁻¹	19 ^b	31 ^{abc}	28 ^{ab}	3741 ^{ab}	24472 ^{abc}	865 ^{ab}
۳۰ آذر - ۶۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	30 November+ 600 Kg.ha ⁻¹	15 ^{cdef}	27 ^{cde}	27 ^{ab}	3123 ^{bcd}	18970 ^{cde}	706 ^{cde}
۲ بهمن - شاهد	22 January+ Control	14 ^{efg}	22 ^{efg}	28 ^{ab}	1771 ^g	13089 ^{defg}	371 ^h
۲ بهمن - ۲۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	22 January+ 200 Kg.ha ⁻¹	17 ^{bode}	28 ^{bc}	28 ^{ab}	2340 ^{efg}	18093 ^{cdef}	495 ^{efgh}
۲ بهمن - ۴۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	22 January+ 400 Kg.ha ⁻¹	14 ^{efg}	28 ^{bcd}	28 ^{ab}	2305 ^{efg}	18803 ^{cde}	536 ^{efg}
۲ بهمن - ۶۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	22 January+ 600 Kg.ha ⁻¹	14 ^{efg}	27 ^{cde}	29 ^{ab}	2150 ^{efg}	15401 ^{efg}	457 ^{efgh}
۱۲ بهمن - شاهد	1 February- Control	12 ^g	20 ^g	27 ^{ab}	1731 ^g	13089 ^g	336 ^h
۱۲ بهمن - ۲۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	1 February+ 200 Kg.ha ⁻¹	17 ^{bcd}	24 ^{defg}	27 ^{ab}	2674 ^{cde}	15630 ^{efg}	548 ^{def}
۱۲ بهمن - ۴۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	1 February+ 400 Kg.ha ⁻¹	13 ^{fg}	26 ^{def}	27 ^{ab}	1909 ^{fg}	13791 ^{fg}	419 ^{efgh}
۱۲ بهمن - ۶۰۰ (Kg.ha ⁻¹)	1 February+ 600 Kg.ha ⁻¹	13 ^g	21 ^{fg}	27 ^b	1752 ^g	16068 ^{defg}	387 ^{gh}

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

نتیجه گیری

دانه با دماهای بالا گردیده که حاصل آن کاهش تعداد دانه در کلاپرک، کلاپرک در بوته و در نهایت عملکرد دانه است. با توجه به نتایج حاصل از اجرای این پژوهش، مناسبترین تاریخ کاشت برای کاشت گلرنگ در منطقه ملاثانی اواخر آذرماه است. با توجه به بررسی نتایج، مناسبترین مقدار کود گوگرد مصرفی برای گلرنگ ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع گوگرد آلی گرانوله توصیه می‌شود.

تاریخ کاشت موجب تغییر صفات مرتبط با عملکرد دانه در گلرنگ گردید. در مناطقی مانند خوزستان تاریخ کاشت باید به گونه‌ای انتخاب شود که، اثر عوامل محیطی نامساعد در طول دوره رشد و مراحل زایشی به حداقل رسیده و دوره‌های حساس رشدی گیاه با شرایط مساعد محیطی منطبق شود. تاریخ کاشت‌های دیر هنگام علاوه بر کاهش طول دوره رشد، موجب مصادف شدن دوره گل‌دهی و پُرسدن

References

- 1- Anonymous. 1995. PORIM Test Methods. Palm oil Research Institute of Malaysia. p: 72-75.
- 2- Abadian, H., Lotfi, N., Kamkar, B., and Bagheri, M. 2009. Effect of delayed planting date and density on the quantity and quality of canola in Gorgan. Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources 15(5): 20-29. (In Persian with English Abstract)
- 3- Ahmad, G., Jan, A., Arif, M., Jan, M. T. and Khattak R. A. 2007. Influence of nitrogen and sulfur fertilization on quality of canola (*Brassica napus* L.) under rainfed conditions. Journal of Zhejiang University Science 8: 731-737.
- 4- Asghar Milk, M., Aziz, I., Khan, H. Z. and Ashfaq Wahid, M. 2004. Growth, seed yield and oil content response of canola (*Brassica napus* L.) to varying levels of sulfur. International Journal of Agricultural and Biological 6: 1153-1166.
- 5- Bahmanyar, M. A. and Kazemi, H. 2010. Influence of and sulfur on yield and seed quality of three canola cultivars. Journal of Plant Nutrition 33: 953-965.
- 6- Bassil, B. S. and Kaffka, S. R. 2002. Response of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) to saline soil and irrigation. Crop response to salinity. Journal Agricultural Water Manage 54: 81-92.
- 7- Bremner, J. M. 1996. Nitrogen total. Method of Soil Analysis, part 3: Chemical Methods; Spark, D. L. Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin. pp: 1085-1121.
- 8- Cazzato, E., Ventricelli, O. and Coletto, A. 1997. Effect of date of seeding and supplemental irrigation on hybrid and open-pollinated safflower production in southern Italy. p. 119-124. 4th International Safflower Conference, June 2-7. Italy.
- 9- Cosge, B. and Kaya, D. 2005. Performance of some safflower varieties sown in Late-autumn and Late-spring. Biology Research 12: 13-18.
- 10- Dadashi, N. A. and Khajehpour, M. R. 2005. Effect of planting date and cultivar on growth, yield components and yield of safflower in Esfahan. Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources 8(3): 95-111. (In Persian with English Abstract).
- 11- Delka, E., Oplinger, S., Eynor, T. M. T., Utnam, D. H. P., Oll, J. D. D., Kling, K. A., Durgan, B. R. and Notzel, D. M. 2005. Safflower. University of Wisconsin-Extension Pub. Cooperative Plant and Animal Products and the Minnesota Extension Service.
- 12- 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: 491-507.
- 13- Fazelikhaheli, S. F., Sadrabadi, R., Zareh, A. and Ahmadi, M. 2008. Effect of planting date and plant density on yield and yield components in safflower in Spring Planting in Torbat. Iran Journal of Agricultural Research 5 (2): 327-332. (In Persian with English Abstract).
- 14- Lubes, R. E., Yermanos, D. M., Laag, A. E. and Burge, W. D. 1965. Effect of planting date on seed yield, oil content, and water requirement of safflower. Agronomy Journal 57: 124-162.
- 15- Mirzakhani, M., Ardakani, M. R., Shiranirad, A. H. and Abbasifar, A. R. 2003. Effects of planting date on yield and yield components of spring safflower cultivars in Central Province. Iran Journal of Crop Sciences, 4 (2): 138-150. (In Persian with English Abstract).
- 16- Modhej, A. and Fathi, G. L. 2009. Wheat Physiology. Publications Islamic Azad University Shoushtar. (In Persian). Pp: 230-250.
- 17- Naseri, F. 1997. Oilseeds. Publications Astan Qods Razavi. Mashhad. Pp: 25-48.
- 18- Noorullah, K., Amanullah, J., hasanullah, I., Ahmad, K. and Naeem, K. 2002. Response of canola to nitrogen and sulfur nitrogen. Asian Journal Plant Science 1(5): 516-518.
- 19- Nourmohamadi, G., Siadat, A. and Kashani, A. 2010. Agronomy cereal crops. Publications Shahid Chamran University Ahwaz. (In Persian). Pp: 21-100.
- 20- Omid, A. H. and Sharifi Moghaddas, M. R. 2008. Evaluation of Iranian safflower cultivars reaction to different

- sowing dates and plant densities. World Applied Sciences Journal 8: 953-958.
- 21- Ozer, H. 2003. Sowing date and nitrogen rate effects on growth, yield and yield components of two summer rapeseed cultivars. European Journal of Agronomy 19: 453-463.
- 22- Ravi, S., Channal, H. T., Hebsur, N. S., Patil, B. N. and Dharmatti, P. R. 2008. Effect of sulfur, zinc and iron nutrition on growth, yield, nutrient uptake and quality of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.). Karnataka Journal Agriculture Science 21: 383-385.
- 23- Rengel, Z. 2006. Canola cultivars differ in nitrogen utilization efficiency at vegetative stage. Field Crops Research 97: 221-226.
- 24- Robertson, M. J., Holland, F. and Bambach, R. 2004. Response of canola and India mustard to sowing date in the grain belt of north – eastern Australia. Australian Journal of Experimental Agriculture 44: 43-52.
- 25- Safari, M., Maddadizade, M. and Shariatnia, F. 2012. Effects of nutrition nitrogen, boron and sulfur on quantitative and qualitative characteristics of grain safflower. Iranian Journal of Field Crop Science 42 (1): 133-141. (In Persian with English Abstract).
- 26- Tandon, H. L. 1995. Sulfur fertilizer for Indian Agriculture. A Quid Book. TSI and Prism sulfur copration, New Dehli India.
- 27- Wani, M. A., Gha, F. A. A., Milik, M. A. and Rather, Z. A. 2001. Response of sunflower to sulfur application under Kashmir condition. Biology Research 3: 19-22.



Effect of Sowing Date and Sulfur on Yield, Oil Content and Grain Nitrogen of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in Autumn Cultivation

N. Safara^{1*} - M. R. Moradi Telavat² - S. A. Siadat³ - A. Koochakzadeh² - S. H. Mousavi⁴

Received: 04-01-2015

Accepted: 8-03-2015

Introduction

Nowadays oilseed crops are considered as the second most important sources of energy in the diet. In this regard, cultivation of oilseed crops such as safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is important due to quality of oil seed and medicinal properties. Different planting dates leads to adaptation of vegetative and reproductive growth of plant to temperature, day-length and various solar radiations and as a result affects plant's development phase and yield. With delayed planting date, temperature and day length increases and development phase will accelerate. In this condition the crop yield will reduce due to crop growth and developmental period will shorten.

Sulfur is an essential element for plant nutrition and its role is greater than Phosphorus. Using sulfur increases the heads per plant and grain yield. In order to investigate the effect of sulfur fertilizer under heat stress condition at the terminal growth stages and its role in reducing the negative effects of high temperature stress on safflower, this research was performed.

Materials and Methods

In order to study effect of planting date and sulfur manure on yield components, nitrogen and oil percent in safflower, a field experiment was carried out in a randomized complete blocks design with three replications in as split plot arrangement at Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan during 2013-2014. The experimental treatments consisted of four planting dates of 30 November, 21 December, 22 January and 1st February were randomly placed in main plots and four levels of sulfur of 0, 200, 400 and 600 kg ha⁻¹ performed randomly in subplots, Sulfur fertilizer was incorporated to soil one week before each planting date. Harvest was performed from the mid-May to early-June, during physiological maturity. To measure the yield on maturity time after the removal of margins, Safflower plants were harvested from one m² unit area. Nitrogen percent was determined by Kjeltac Analyzer Unit device. Grain oil was measured by PORIM procedure and finally the oil yield was calculated by multiplying oil content and the grain yield. Data from the experiment was analyzed using SAS software and mean comparison was carried out using LSD test at the 5% of probability.

Results and Discussion

Planting dates significantly affected grain number per head, biological yield, oil yield, grain yield, heads per plant and grain nitrogen. Sulfur fertilizer had a significant effect on grain number per head, oil yield, grain yield, heads per plant and grain nitrogen. There was a significant interaction between planting date and sulfur on grain yield, number of heads in plant and grain oil percentage. The late planting date resulted in plants exposed to high temperature and resulted in decreased safflower yield and yield components. Based on the results, the highest grain yield 4012.66 kg.ha⁻¹ obtained in planting date 21 December. Late planting dates reduced grain yield to 50.28 percent. It was concluded that 200 kg.ha⁻¹ sulfur increased grain yield through increasing the grain number per head and the number of heads in plant.

Delayed planting decreased growth period length and resulted in reduced yield and its components. But the application of sulfur fertilizer by increasing yield components can compensate the loss of yield. Sulfur is sub-structure of fatty acid metabolism enzymes in fatty acid and bond formation reactions for the production of oil and involved in fat acids. Planting date and sulfur application in appropriate form increased grain and oil yield. Shortening the growing season due to a delay in planting and plant distance from the right conditions for growth reduced the grain yield. These factors limited the plant grow in optimal conditions, disrupted synthesis of

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

2, 3 & 4- Assistant Professor, Professor and Lecturer, Ramin Agriculture and Natural Resources University of Khuzestan

(*- Corresponding Author Email: na.safara69@gmail.com)

primary and secondary metabolites in plants and had a negative effect on seed oil percent.

Conclusions

Delay in planting date reduced, flowering, grain filling period, potential production and economic performance. Delay in planting date reduced yield, dry matter production and harvest index. Sulfur increased photosynthesis and affected the formation of protein and fatty acids, which increased oil and nitrogen percent and grain yield. The study showed that late planting date reduced seed yield and oil performance, but using the 200 kg.ha⁻¹ of sulfur from organic granular sources increased yield and yield components.

Keywords: Head per plant, Heat stress, Nitrogen, Oil



کاهش اثرات تنش شوری از طریق کاربرد خارجی سالیسیلیک اسید بر نیشکر (*Saccharum officinarum* L.)

فاطمه چهارلنگ بدیل^۱ - مهرشاد براری^{۲*} - محمود شمیلی^۳ - زهرا طهماسبی^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۸/۰۳

چکیده

در این تحقیق اثر سالیسیلیک اسید (SA) بر رشد و برخی پاسخ‌های فیزیولوژیک گیاه نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) تحت تنش شوری آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار تحت شرایط گلخانه‌ای در موسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر خوزستان، ایران، طی سال ۱۳۹۱-۹۲ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح شوری آب آبیاری ($ECW < 1 dSm^{-1}$, $ECW = 3 dSm^{-1}$, $ECW = 6 dSm^{-1}$) و چهار غلظت SA (صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی‌مولار) بودند. نتایج این تحقیق نشان داد که تیمار محلول‌پاشی با سالیسیلیک اسید با غلظت یک میلی‌مولار به ترتیب موجب افزایش ۱۰/۶۱، ۵/۰۵، ۸/۲۴ و ۴۶/۹۸ درصدی وزن خشک کل، درصد محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در مقایسه با عدم کاربرد سالیسیلیک اسید (شاهد) شد. نسبت پتاسیم به سدیم ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با وزن خشک کل ($r = 0.85^{**}$)، محتوای نسبی آب برگ ($r = 0.67^{**}$)، همبستگی منفی و معنی‌داری با سدیم ریشه ($r = -0.87^{**}$)، کلر ریشه ($r = -0.85^{**}$) داشت. سالیسیلیک اسید در غلظت ۱/۵ میلی‌مولار نسبت به تیمار ۰/۵ و یک میلی‌مولار تأثیر مثبت کمتری در شرایط تنش شوری داشت. نتایج بیان گر آن است که کاربرد سالیسیلیک اسید با غلظت یک میلی‌مولار در لیتر در کاهش عوارض تنش شوری مؤثر بوده و در شرایط آب و خاک مشابه کاربرد آن در نیشکر به صورت محلول‌پاشی توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: سدیم ریشه، محلول پاشی، مورفوفیزیولوژیک، نمک

مقدمه

گرمسیری مرطوب می‌باشد، اما به دلیل تقاضای روزافزون برای شکر، کشت و کار آن به مناطق نیمه گرمسیری نیز گسترش یافته است. در مناطق خشک و نیمه خشک نیشکر آبیاری می‌شود که به دلیل بالا آمدن سطح آب زیرزمینی و تبخیر شدید، نمک در سطح خاک تجمع می‌یابد (Soltani Howayzeh et al., 2009). نیشکر (*Saccharum officinarum* L.) جزء گیاهان نسبتاً حساس به شوری با حد آستانه ۱/۷ دسی‌زیمنس بر متر و شیب خط به‌ازاء هر واحد دسی‌زیمنس بر متر حدود ۵/۹ درصد می‌باشد (Nelson and Ham, 2000). سالیسیلیک اسید ($C_7H_6O_3$) در زمره هورمون‌های گیاهی دسته‌بندی می‌شود. سالیسیلیک اسید یا اورتو هیدروکسی بنزوئیک اسید یک تنظیم‌کننده رشد درونی طبیعی می‌باشد، و به گروهی از ترکیبات فنلی تعلق داشته و از نام علمی بید (*Salix*) اکسیدانت مانند کاتالاز، پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز و موجب افزایش تحمل به شوری در گیاهان شده است (Yusuf et al., 2012).

بر اساس پیش‌بینی‌ها جمعیت جهان تا سال ۲۰۲۵ به ۸ میلیارد نفر و تا سال ۲۰۵۰ به ۸/۹ میلیارد نفر می‌رسد. سالانه حدود ۸۰ میلیون نفر به جمعیت جهان افزوده می‌شود که ۹۷ درصد افزایش جمعیت جهان در کشورهای در حال توسعه خواهد بود. بنابراین نیاز به تولید غذا افزایش یافته و این امر موجب افزایش فشار به محیط زیست می‌شود (Kafi, 2009). میزان کاهش عملکرد محصولات زراعی در سطح جهان به علت تنش‌های محیطی تا ۷۱ درصد گزارش شده، که از میزان کل کاهش عملکرد تنش خشکی ۱۷ درصد، شوری ۲۰ درصد، دمای بالا ۴۰ درصد، دمای پایین ۱۵ درصد، و سایر عوامل هشت درصد را سبب می‌شوند (Kafi, 2009). نیشکر یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی است (Munir and Aftab, 2011). این گیاه بومی مناطق

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران
۲- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران
۳- مدیر بخش به زراعی موسسه تحقیقات آموزش و توسعه نیشکر و صنایع جانبی خوزستان
۴- استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایران
(Email: bararym@gmail.com)
(*) - نویسنده مسئول

خصوصیات رشدی و فیزیولوژیک و استقرار گیاهچه نیشکر تحت تنش شوری بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش طی سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ در گلخانه مؤسسه تحقیقات و آموزش توسعه نیشکر صنایع جانبی خوزستان به صورت گلدانی انجام شد. نتایج به دست آمده از تجزیه شیمیایی خاک و آب در جدول ۱ و ۲ نشان داده شده است.

(2008). برخی از مواد شیمیایی از جمله سالیسیلیک اسید به عنوان مولکول سیگنالی، اثرگذاری‌های مطلوبی بر رشد و گسترش گیاهان داشته است. راه کارهای مختلفی برای به حداکثر رساندن رشد نیشکر تحت شرایط تنش شوری از جمله: آبشویی نمک‌ها، مدیریت زراعی و افزایش مقاومت به شوری از طریق شیوه‌های نوین اصلاح مولکولی وجود دارد. هم‌چنین روش‌های دیگری برای غلبه بر این تنش شوری وجود دارد که شامل مدیریت مناسب در کاربرد خارجی تنظیم کننده‌های رشد می‌باشد (Ghorbani Javid *et al.*, 2011). هدف از اجرای این تحقیق بررسی تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید بر برخی

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی خاک مورد استفاده در آزمایش

Table1- Physical properties of the soil used in the experiment

بافت خاک (Soil texture)	رس (%) Clay (%)	سیلت (%) Silt (%)	شن (%) Sand (%)	pH	EC (dS m ⁻¹)
Sandy Clay Loam	23	17	60	7.63	1.86

جدول ۲- ویژگی های کیفی آب آبیاری

Table 2- Qualitative properties of the water used for irrigation

EC _w	pH	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	HCO ₃ ⁻
(dSm ⁻¹)		(meq l ⁻¹)						
EC _w < 1	7.31	2.02	1.9	8.3	0.51	3	2.5	0.8
EC _w = 3	7.4	5.68	3.9	25.5	0.44	12	5.34	1.6
EC _w = 6	7.5	6.40	4.72	82.2	1.27	27	19.14	4.2

محلول پاشی برگ‌ی در چهار غلظت صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی مولار، به کمک اسپری دستی دو نوبت به فاصله دو هفته تا خیس شدن کامل سطح برگ گیاهان اسپری شد. لازم به ذکر است به منظور افزایش قدرت جذب سطحی به هر محلول مورد استفاده چند قطره توین-۲۰^۲ به عنوان مویان^۳ نیز اضافه شد. (ب) سطوح شوری با استفاده از زه آب‌های کشت و صنعت نیشکر امیرکبیر واقع در ۴۰ کیلومتری جنوب اهواز و پس از رقیق کردن با آب آبیاری و رساندن آن به شوری مورد نظر تهیه شد. توضیح آن که دلیل استفاده از زه آب مزارع نیشکر در حال آب شویی، داشتن ترکیب شیمیایی مشابه با شوری خاک‌های منطقه بود. آبیاری گلدان‌ها توسط زه آب با شوری‌های فوق‌الذکر صورت گرفت و در هر بار آبیاری حجم آب شور مصرفی با رعایت نیاز آب شویی (LR) به اندازه کافی بود تا آب اضافی از انتهای گلدان‌ها خارج گردد و از تجمع نمک جلوگیری نماید. زه آب خروجی از گلدان‌ها در هر بار آبیاری با آب شور به وسیله EC متر اندازه‌گیری شد. سه سطح شوری آب آبیاری بعد از استقرار گیاه اعمال شد. مدت اعمال تنش شوری از اوایل آذرماه ۱۳۹۱ لغایت پایان تیرماه ۱۳۹۲ بود. میزان آب آبیاری بعد از به دست

میزان روشنایی در گلخانه معادل ۱۱۰۰ لوکس، میزان رطوبت نسبی حدود ۷۰ درصد و میانگین دمای روز و شب در طول دوره رشد گیاه به ترتیب ۴۰ و ۳۰ درجه سانتی‌گراد بود. به منظور فراهم کردن زهکش مناسب، گلدان‌ها ابتدا با مقداری شن درشت و سپس با خاک پر شدند. ارتفاع گلدان‌های مورد استفاده ۴۸ سانتی‌متر با قطر فوقانی ۳۵ سانتی‌متر و دارای حجم ۲۵ لیتر بودند. گیاهچه‌های مورد نیاز از طریق کشت بافت و در مدت شش ماه تولید شدند. تولید گیاهچه‌ها شامل مراحل زیر بود: (۱) کشت جوانه‌های جانبی (۲) انتقال به محیط کشت تکثیری، (۳) انتقال شاخساره‌ها به محیط ریشه‌زایی، (۴) انتقال به فضای گلخانه‌ای، (۵) انتقال به گلدان‌های اصلی. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل سه سطح شوری آب آبیاری (dSm⁻¹) EC_w < ۱، EC_w = ۳ dSm⁻¹، EC_w = ۶ dSm⁻¹، و چهار غلظت SA (صفر، ۰/۵، یک و ۱/۵ میلی مولار) بودند. ۴۸ ساعت بعد از تیمار تنش شوری تیمار سالیسیلیک اسید به صورت کاربرد برگ‌ی در مرحله ۲ برگ‌ی اعمال شد. مرحله بعد اعمال تیمارها بود که به شرح ذیل انجام شد: الف) تیمار سالیسیلیک اسید (شرکت مرک^۱ آلمان) (با جرم مولکولی ۱۳۸/۱۲ و چگالی ۱/۴۴۳ گرم بر سانتی‌متر مکعب)، به صورت

2- Tween- 20

3- Surfactant

1- Merck

برگ در داخل لوله آزمایش حاوی ۲۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده شد و پس از ۳۰ ثانیه ورتکس نمونه ها، هدایت الکتریکی اولیه EC_0 اندازه گیری گردید. سپس نمونه ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای چهار درجه سانتی گراد نگهداری شدند و EC_1 اندازه گیری شد و نمونه ها به مدت ۱۵ دقیقه در اتوکلاو در دمای ۱۱۰ درجه سانتی گراد قرار داده شدند و پس از خنک شدن در دمای اتاق EC_2 اندازه گیری شد و نفوذپذیری نسبی غشاء (A) با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید (Zhao et al., 1992).

$$A = ((EC_1 - EC_0) / (EC_2 - EC_0)) \times 100$$

محاسبات آماری به کمک نرم افزار SAS نسخه ۹.۱ و مقایسه میانگین ها بر اساس آزمون چنددامنه ای دانکن انجام گرفت. ضرایب همبستگی به وسیله نرم افزار SPSS محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری، اثر سالیسیلیک اسید و اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل گیاه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد بیشترین میانگین وزن خشک کل گیاه با $130/05$ گرم در بوته و کمترین میزان آن با میانگین $49/27$ گرم در بوته به ترتیب در شرایط $EC_W < 1$ dS/m و شرایط تنش $EC_W = 6$ dS/m به دست آمد. مقایسه میانگین اثرات ساده نشان داد که شوری $EC_W = 6$ dS/m سبب کاهش $62/82$ درصدی وزن خشک کل نسبت به شاهد شد. با افزایش تنش شوری وزن خشک کل کاهش یافت (جدول ۴). اثر سالیسیلیک اسید بر وزن خشک کل گیاه در سطح یک درصد معنی دار بود. بالاترین میزان وزن خشک کل گیاه با میانگین $99/34$ گرم در بوته در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و کمترین میزان آن با میانگین $84/48$ گرم در بوته در تیمار $1/5$ میلی مولار سالیسیلیک اسید به دست آمد، که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمار $0/5$ و یک میلی مولار داشت (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین میزان وزن خشک گیاه با میانگین $143/40$ گرم در بوته در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط $EC_W < 1$ dS/m کمترین میزان آن با میانگین $47/22$ گرم در بوته در تیمار $1/5$ میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط تنش $EC_W = 6$ dS/m به دست آمد (جدول ۵). علت این امر می تواند به تأثیر منفی سالیسیلیک اسید بر رشد گیاه در این غلظت باشد. به عبارت دیگر می توان گفت سالیسیلیک اسید در غلظت های بالای $1/5$ ممکن است تأثیر منفی بر فرآیندهای فیزیولوژیک گیاه داشته و رشد نمو گیاه را تحت تأثیر قرار دهد. مطالعات قبلی بیانگر این مطلب است که، تنش شوری باعث کاهش وزن خشک کل شده است (Hussain et al., 2004). کاهش سطح برگ و کاهش تعداد

آوردن میزان FC و PWP خاک که به ترتیب برابر با ۲۰ و ۱۱ درصد بود و با دستگاه صفحات فشاری اندازه گیری شد، به دست آمد. برای این که در هر بار آبیاری مقدار یکسانی آب به هر گلدان اضافه شود، حجم آب آبیاری مورد نیاز اندازه گیری گردید. بدین منظور از طریق فرمول زیر و با توجه به این که درصد رطوبت خاک ۲۰ درصد و وزن خاک خشک ۲۵ کیلوگرم بود حجم آب آبیاری مورد نیاز از رابطه (۱) محاسبه شد.

$$C = [(A - B) / B] \times 100 \quad (1)$$

C: درصد رطوبت خاک

A: جرم خاک مرطوب

B: جرم خاک خشک

برای بررسی جذب عناصر غذایی در مرحله قبل از به ساقه رفتن، گیاهچه ها برداشت شد سپس نمونه ها درون پاکت کاغذی قرار داده شد. نمونه های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت جهت خشک شدن در آون و در دمای ۷۵ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. سپس نمونه ها توسط دستگاه آسیاب پودر شد و پس از گذراندن از الک $0/2$ میلی متری پودر حاصله برای اندازه گیری سدیم، کلسیم و پتاسیم استفاده شد. سدیم و پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم فتومتر و میزان کلر با روش تیتراسیون به وسیله نیترات نقره و کلسیم با روش تیتراسیون با EDTA اندازه گیری گردید (Shomeili et al., 2011). برای تعیین محتوای کلروفیل برگ از استون استفاده شد و میزان جذب نور عصاره با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر که روی طول موج های 663 نانومتر برای کلروفیل a و 644 نانومتر برای کلروفیل b تنظیم شده بود، اندازه گیری شد (Arnon, 1967). سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج (Leaf area meter) اندازه گیری شد. برای تعیین محتوای نسبی آب برگ بعد از جدانمودن برگ ها (یک گرم) از گیاه توزین شدند (وزن تر) و سپس به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر (جهت آب گیری کامل) در محیط آزمایشگاهی با دمای تقریبی 22 درجه سانتی گراد نگهداری گردید و مجدداً توزین شدند (وزن اشباع). پس از آن برگ ها به مدت ۴۸ ساعت و در دمای 75 درجه سانتی گراد در داخل آون الکتریکی قرار داده شدند و مجدداً توزین شدند تا وزن خشک به دست آید و محتوای نسبی آب برگ از رابطه (۲) محاسبه شد (Diaz-Perez et al., 2006).

$$RWC = (FW - DW) / (TW - DW) \times 100 \quad (2)$$

FW: وزن تر

DW: وزن خشک

TW: وزن اشباع

محتوای آب نسبی برگ (RWC)

برای اندازه گیری نفوذپذیری نسبی غشاء ابتدا $0/5$ گرم از بافت تازه برگ (قسمت میانی) در هر نمونه برداشته شد. سپس تکه های

در ذرت مطابقت دارد (Hussein *et al.*, 2007). تأثیر مثبت سالیسیلیک اسید را می توان به افزایش جذب CO_2 و سرعت فتوسنتز و افزایش جذب مواد معدنی توسط گیاه تنش دیده تحت تیمار سالیسیلیک اسید نسبت داد (Hussein *et al.*, 2007). افزایش غلظت یون سدیم و کاهش یون پتاسیم در برگ گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش شوری و تأثیر منفی این فرآیند بر فتوسنتز و وزن خشک گیاه نیشکر توسط برخی محققان گزارش شده است (Akhtar *et al.*, 2011; Gandonou *et al.*, 2001). گزارش شده است در گیاهان تیمار شده با سالیسیلیک اسید میزان فتوسنتز کل گیاه افزایش یافته و باعث تجمع ماده خشک گیاه شده است (Singh and Usha, 2003). اثرات بهبوددهنده با سالیسیلیک اسید در تحمل به شوری در برخی گیاهان مانند لوبیا (*Passeolus vulgaris* L.) (Azooz, 2009)، گندم بهاره (*Triticum aestivum* L.) (Afzal *et al.*, 2006)، جو (*Zea mays* L.) (El-Tayeb, 2005) و ذرت (*Hordeum vulgar* L.) (Gunes *et al.*, 2007) گزارش شده است.

برگ منجر به کاهش فتوسنتز شده و در نتیجه تولید گیاه کاهش می یابد. از سوی دیگر پدیده تحمل به شوری یک پدیده انرژی خواه است. گیاه برای مقابله با اثرات مضر شوری مجبور به صرف انرژی بیش تری می باشد. بدین ترتیب در این شرایط مقدار کمتری تولیدات فتوسنتزی به مصرف تولید ماده خشک و عملکرد می رسد. بنابراین وزن خشک کل در گیاه نیشکر با افزایش محتوای عناصر سمی کلر و سدیم کاهش می یابد (Soltani Howayzeh *et al.*, 2009). لازم به ذکر است کاهش وزن خشک گیاه ممکن است در اثر سمیت ویژه یون ها و اختلال در جذب عناصر غذایی ضروری باشد (Chowdhury *et al.*, 2001; Fahad and Bano, 2012). همبستگی مثبت و معنی داری با نسبت پتاسیم به سدیم ریشه ($r = 0.85^{**}$) دارد (جدول ۷) و به عنوان شاخصی از تحمل ارقام نیشکر تحت تنش شوری در نظر گرفته می شود. کاربرد سالیسیلیک اسید تا غلظت یک میلی مولار تحت شرایط تنش شوری، سبب شده بود گیاه ماده خشک کل بیش تری تولید کند، که با نتایج

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس صفات مختلف گیاهی در نیشکر رقم CP69-1062 در پاسخ به سالیسیلیک اسید تحت تنش شوری

Table 3- Analysis of variance of some physiological and morphological traits in sugarcane *Saccharum sp.* Var. CP 69-1062 in response to SA under different salinity levels

منبع تغییرات (S.O.V)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean of Squares)				
		وزن خشک کل (Total dry weight)	سطح برگ (Leaf area)	نفوذپذیری نسبی غشاء (Relative permeability membrane)	کلروفیل $a+b$ (Chlorophyll $a+b$)	محتوای نسبی آب برگ (Relative water content) (RWC)
شوری (S)	2	19972.52 ^{**}	1696206.03 ^{**}	2352.25 ^{**}	0.41 ^{**}	347.25 ^{**}
سالیسیلیک اسید (SA)	3	452.81 ^{**}	245563.15 ^{**}	76.66 ^{**}	0.03 ^{**}	254.91 ^{**}
S×SA	6	158.01 ^{**}	27214.13 ^{ns}	18.19 ^{ns}	0.01 ^{ns}	25.91 [*]
خطای آزمایشی	24	13.01	25106.55	9	0.01	9
ضریب تغییرات CV(%)	-	3.88	4.22	11.39	8.19	4.09

ns, **, * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی دار

** and * represent significant at the 1% and 5% probability level, respectively, and ns represent non- significant

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس صفات میزان عناصر گیاه نیشکر تحت تأثیر محلول پاشی سالیسیلیک اسید (SA) و سطوح تنش شوری (S)

Table 4- Analysis of variance of different elements in sugarcane in response to SA influenced by salinity

منبع تغییرات (Source of variation)	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات (Mean of Squares)			
		سدیم ریشه Root Na ⁺	پتاسیم ریشه Root K ⁺	کلر ریشه Root Cl ⁻	نسبت پتاسیم به سدیم ریشه Root K ⁺ /Na ⁺ ratio
شوری (S)	2	0.0697 ^{**}	0.4863 ^{**}	0.41657 ^{**}	102.70 ^{**}
سالیسیلیک اسید (SA)	3	0.0001 ^{ns}	0.3698 ^{**}	0.00396 [*]	10.11 ^{**}
S×SA	6	0.0024 ^{**}	0.0407 ^{ns}	0.00561 ^{ns}	4.74 ^{**}
خطای آزمایشی	24	0.0003	0.0407	0.00130	0.283
ضریب تغییرات CV(%)	-	6.64	13.41	4.12	8.36

ns, **, * به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و غیرمعنی دار را نشان می دهند.

** and * represent significant at the 1% and 5% probability level, respectively, and ns represent non- significant

جدول ۵- مقایسه میانگین صفات اندازه گیری شده گیاه نیشکر تحت تأثیر محلول پاشی برگ سالیسیلیک اسید تحت سطوح متفاوت تنش شوری

Table 5-Mean comparison various characteristics of sugarcane in response to foliar application of salicylic acid (SA) and different salinity levels (S)

نسبت پتاسیم به سدیم	کلر	پتاسیم	سدیم	نفوذ	محتوای	سطح	وزن خشک	تیمار
نسبت سدیم به پتاسیم	ریشه	ریشه	ریشه	نسبی غشاء	نسبی آب	برگ	کل	های آزمایشی
Root K ⁺ /Na ⁺ ratio	Root Cl ⁻	Root K ⁺	Root Na ⁺	Relative membrane permeability (%)	chlorophyll a+b (mg g ⁻¹)	Leaf area (cm ²)	Total dry weight (g plant ⁻¹)	Treatments
7.14d	0.65f	1.50ab	0.21de	15e	1.15ab	79ab	117.80b	SA1S0
9.61b	0.66f	1.73a	0.18e	11e	1.21a	80ab	137.40a	SA2S0
12.71a	0.68f	1.78a	0.14f	10e	1.24a	81a	143.40a	SA3S0
8.43c	0.69f	1.77a	0.21de	13e	1.17a	75bcd	121.60b	SA4S0
5.22ef	0.93d	1.20bc	0.23ed	28c	0.95cd	73cd	103.58c	SA1S1
6.15e	0.93d	1.60a	0.26bc	26cd	1.01bc	78abc	106.30c	SA2S1
5.62ef	0.97cd	1.63a	0.29b	22d	1.11ab	78abc	104c	SA3S1
5.81e	0.84e	1.51ab	0.26bc	30bc	0.85de	63fg	84.64d	SA4S1
2.76i	1.06ab	0.91c	0.33a	42a	0.82de	66ef	48.04e	SA1S2
4.66fg	1.08a	1.63a	0.35a	34b	0.91cde	76abc	51.20e	SA2S2
4.30gh	1.00bc	1.42ab	0.33 ^a	40a	0.81de	70de	50.62e	SA3S2
3.56hi	1.00bc	1.21bc	0.34 ^a	45a	0.76e	60g	47.22e	SA4S2

SA4 = 1.5 mM و SA2= 1 mM, SA2=0.5 mM, SA1 = 0 mM

(S2) EC_w = 6 dS/m و (S1) EC_w = 3 dS/m, (S0) EC_w < 1 dS/m

میانگین‌هایی که در هر ستون دارای حروف مشترک هستند، فاقد اختلاف معنی‌داری بر اساس آزمون دانکن در سطح پنج درصد می‌باشند.

Means with the same letters within column show no significantly difference at $p < 0.05$ using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۶- نتایج مقایسه میانگین صفات مختلف گیاه نیشکر تحت تأثیر سطوح مختلف سالیسیلیک اسید و تنش شوری

Table 6- Mean comparison various characteristics of sugarcane at different salicylic acid (SA) and salinity (S) levels

نسبت پتاسیم به سدیم	کلر	پتاسیم	سدیم	محتوای	کلروفیل	نفوذ پذیری	سطح	وزن خشک	تیمارهای
نسبت سدیم به پتاسیم	ریشه	ریشه	ریشه	نسبی آب	a+b	نسبی غشاء	برگ	کل	آزمایشی
Root K ⁺ /Na ⁺ ratio	Root Cl ⁻	Root K ⁺	Root Na ⁺	RWC (%)	chlorophyll a+b (mg g ⁻¹)	Relative permeability membrane (%)	Leaf area (cm ²)	Total dry weight (g plant ⁻¹)	Treatments
(% of dry weight)									
Salinity (dS m ⁻¹) سطوح مختلف شوری									
9.39a	0.67c	1.69a	0.18c	78.75a	1.19a	12.25c	4125.15 _a	130.05a	EC _w < 1
5.69b	0.91b	1.48b	0.26b	73b	0.98b	26.5b	3755.23 _b	99.63b	EC _w = 3
3.91c	1.03a	1.29c	0.33a	68c	0.82c	40.25a	3373.25 _c	49.27c	EC _w = 6
SA (mM) سطوح مختلف سالیسیلیک اسید									
4.80d	0.88a	1.20b	0.25a	72.66b	0.97ab	28.33a	3718.27 _b	89.81b	0
6.35b	0.89a	1.65a	0.26a	78a	1.04a	23.66b	3839.5a _b	98.30a	0.5
6.44a	0.88a	1.61a	0.25a	76.23a	1.05a	24b	3912.53 _a	99.34a	1
5.52d	0.84b	1.49a	0.27a	66 c	0.92b	29.33a	3534.53 _c	84.48c	1.5

حروف یکسان در هر ستون و برای هر عامل نشانه عدم تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد در آزمون دانکن می‌باشد

Means with the same letters within column and factors show no significantly difference at $p < 0.05$ using Duncan's Multiple Range Test

جدول ۷- همبستگی صفات مورد بررسی در نیشکر رقم Cp69-1062
Table 7- Correlation between various traits in sugarcane, cultivar CP69-1062

Table 7- Correlation between various traits in sugarcane, cultivar CP 87-1662										
صفات		X1	X2	X3	X4	X5	X6	X7	X8	X9
سطح برگ Leaf area	X1	1								
وزن خشک کل Total dry weight	X2	0.88**	1							
نفوذ پذیری نسبی غشا Relative membrane permeability	X3	-0.88**	-0.93**	1						
کلروفیل $a+b$ chlorophyll $a+b$	X4	0.84**	0.84**	-0.96**	1					
محتوای نسبی آب برگ RWC	X5	0.77**	0.67**	-0.81**	0.88**	1				
سدیم ریشه Root Na ⁺	X6	-0.80**	-0.94**	0.83**	-0.69**	-0.51**	1			
پتاسیم ریشه Root K ⁺	X7	0.55**	0.51**	-0.74**	0.77**	0.73**	-0.36**	1		
کلر ریشه Root Cl ⁻	X8	-0.71**	-0.85**	0.88**	-0.81**	-0.53**	0.84**	-0.59**	1	
نسبت پتاسیم به سدیم ریشه Root K ⁺ /Na ⁺ ratio	X9	0.82**	0.85**	-0.89**	0.83**	0.67**	-0.87**	0.68**	-0.85**	1

* و ** به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

** and *, indicate significant at the 5% and 1% levels, respectively

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک اسید بر نفوذپذیری نسبی غشاء در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش شوری میزان نفوذپذیری نسبی غشاء در برگها افزایش یافت (جدول ۵). افزایش نفوذپذیری غشاء میزان خسارت تنش به گیاه را نشان می دهد. اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی دار بود (جدول ۳). گزارش شده است، کاربرد سالیسیلیک اسید نفوذپذیری غشاء پلاسمايي را در ذرت کاهش داد. سالیسیلیک اسید با فعال کردن سیستم دفاعی گیاهان از جمله آنزیم های آنتی اکسیدانت منجر به پالایش رادیکال های آزاد و کاهش خسارت ناشی از تنش اکسیداتیو شده است (Levent Tuna *et al.*, 2007).

با توجه به جدول تجزیه واریانس اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک اسید بر میزان کلروفیل $a+b$ برگ در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش شوری میزان کلروفیل کل در برگها کاهش یافت (جدول ۵). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی دار بود، اما همان طور که اشاره شد کاربرد سالیسیلیک اسید تا غلظت های یک میلی مولار می تواند سبب بهبود تحمل به شوری شود (جدول ۳). تنش شوری تأثیرات متفاوتی بر فرایندهای فیزیولوژیک گیاهان مانند افزایش میزان تنفس، سمیت یونی، تغییر در رشد گیاه، توزیع عناصر، بی ثباتی غشاء، نفوذپذیری غشا و کاهش فتوسنتز دارد. میزان کلروفیل به عنوان وضعیت متابولیک سلولی در نظر گرفته می شود و کاهش در

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که، اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک اسید بر سطح برگ در بوته در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی دار بود (جدول ۳). با افزایش تنش شوری سطح برگ گیاه کاهش یافت (جدول ۵). مطالعات دیگر نشان داده است که این کاهش در ارقام متحمل کمتر می باشد (Soltani Howayzeh *et al.*, 2009). سطح برگ همبستگی منفی و معنی داری با سدیم ریشه ($r = -0.80^{**}$) و کلر ریشه ($r = -0.71^{**}$) دارد (جدول ۷). همبستگی منفی بین سطح برگ با محتوای عناصر سدیم و کلر در گیاه نیشکر نشان دهنده کاهش سطوح فتوسنتز کننده با افزایش سطوح شوری می باشد (Soltani Howayzeh *et al.*, 2009). هم چنین گزارش شده است که کاهش سطح برگ در اثر شوری منجر به کاهش عملکرد گردید (Shomeili *et al.*, 2011). تسهیم کربن بستگی به قدرت منبع و مخزن دارد و همان طور که برگ یک بستر برای فتوسنتز فراهم می کند، سطح برگ قدرت منبع محصول زراعی را نشان می دهد و فتوسنتز و تولید ماده خشک از یک گیاه نیز با میزان سطح برگ متناسب است (Shomeili *et al.*, 2011). کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش سطح برگ در ذرت شد (Gautam and Sing, 2009). اثرات سالیسیلیک اسید در تنظیم منبع و مخزن مشخص شده است بدین صورت که سالیسیلیک اسید فعالیت متابولیک سلولها را افزایش داده و سبب افزایش سطح برگ شده است (Dawood *et al.*, 2012).

در تیمار ۵/۰ میلی مولار، به دست آمد، که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با یک میلی مولار سالیسیلیک اسید نداشت. کمترین میزان آن با میانگین ۶۶ درصد در تیمار ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید به دست آمد (جدول ۶). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیک اسید بر این صفت در سطح پنج درصد آماری معنی دار بود. نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات متقابل نشان داد که بیشترین RWC با میانگین ۸۱ درصد در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط $EC_w < 1 \text{ dS/m}$ و کمترین میزان آن با میانگین ۶۰ درصد در تیمار ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیک اسید و شرایط $EC_w = 6 \text{ dS/m}$ به دست آمد (جدول ۵). یکی از شاخص‌های نشان دهنده وضعیت آب گیاه، محتوای نسبی آب بافت گیاهی می‌باشد. در این تحقیق با افزایش تنش شوری محتوای نسبی آب برگ کاهش یافت. بقای گیاه به حفظ فشار آماس بستگی دارد که برای توسعه رشد سلول‌ها و باز شدن روزنه‌ها ضروری است. کاهش دسترسی به آب در شرایط شوری خاک موجب تنش اسمزی می‌شود که سرانجام به کاهش فشار آماس می‌انجامد. تنظیم اسمزی یکی از مراحل حیاتی فرآیند تحمل به تنش اسمزی است که در هر دو گیاهان هالوفیت و گلیکوفیت وجود دارد. تنش اسمزی ممکن است جذب و کده‌بندی یون‌ها (K^+ , Na^+) به داخل واکوئل و سنتز مواد محلول‌های سازگار آلی نظیر پرولین، بتائین، پوپولیول‌ها و قندهای محلول را القا کند (Munns and Tester, 2008). تیمار سالیسیلیک اسید به تولید اسمولیت‌ها جهت حفظ فشار اسمزی گیاه در تنش شوری کمک می‌کند. تولید اسمولیت‌ها منجر به کاهش فشار اسمزی داخل سلول شده که هم به حفظ آب داخل سلول کمک کرده و مانع پسابیدگی سلول می‌شود و هم با کمک به جذب آب از محلول خاک باعث افزایش فشار آماس و میزان محتوای نسبی آب برگ می‌شود. برخی از محققان بیان کردند که حفظ محتوای رطوبت نسبی برگ در شرایط تنش مربوط به انسداد روزنه‌ها می‌باشد و علت انسداد روزنه‌ها را تجمع هورمون آبسزیک اسید می‌دانند که در شرایط تنش در ریشه ساخته شده و در سلول‌های روزنه‌ای تجمع می‌یابد (Levent Tuna et al., 2007). گزارش شده است، کاربرد سالیسیلیک اسید باعث افزایش محتوای رطوبت نسبی برگ شده است که به نظر می‌رسد دلیل احتمالی آن افزایش محلول‌های سازگار و در نتیجه کاهش پتانسیل اسمزی گیاهان که سبب افزایش جذب آب در محیط‌های نامساعد می‌شود، باشد (Levent Tuna et al., 2007). این موضوع با نتایج (Hussain et al., 2010) در ارزن مرواریدی (*Pennisetum glaucum* L.) و در ذرت، مطابقت دارد (Levent Tuna et al., 2007). تجزیه واریانس نشان داد که، اثر تنش شوری بر سدیم ریشه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه افزایش یافت (جدول ۶). اثر سالیسیلیک اسید بر میزان سدیم ریشه از لحاظ آماری غیرمعنی دار بود (جدول ۴). اثر متقابل تنش

میزان کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند مربوط به تجمع یون‌ها و سمیت مربوطه باشد (Munns and Tester, 2008). بررسی غلظت کلروفیل در شرایط تنش شوری یکی از سازوکارهای انتخاب ارقام متحمل به شوری گیاهان زراعی است (Munns, 2002). کاهش غلظت کلروفیل از عوامل مهم مؤثر در میزان ظرفیت فتوسنتزی گیاه به شمار می‌رود. افزایش میزان شوری موجب کاهش کارایی برگ‌ها در انجام فتوسنتز و تشدید صدمات تنش می‌شود. تنش شوری منجر به افزایش غلظت تنظیم کننده‌های رشد مانند آبسزیک اسید و اتیلن می‌شود که تحریک کننده آنزیم کلروفیل‌از هستند و به این ترتیب کلروفیل تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شود (Orabi et al., 2010). از مهم‌ترین دلایل کاهش کلروفیل در اثر تخریب آن‌ها به وسیله اکسیژن فعال می‌باشد. از طرف دیگر رقابت و پیشی گرفتن آنزیم گلوتامیل کیناز به هنگام تنش شوری از آنزیم گلوتامات لیگاز (اولین آنزیم مسیر بیوسنتز کلروفیل) باعث می‌شود تا پیش‌ساز گلوتامات بیشتر به مصرف اسید آمینه‌ها به‌ویژه پرولین برسد، بنابراین بیوسنتز کلروفیل با محدودیت مواجه می‌شود (Gibson et al., 2000). هم‌چنین یکی از عوارض تنش شوری کاهش جذب عناصر است. از جمله این عناصر می‌توان به آهن و منیزیم و نیتروژن اشاره کرد، که در ساختمان کلروفیل نقش حیاتی دارند (Hussein et al., 2007). کاهش این عناصر منجر به کاهش میزان کلروفیل می‌شود از سویی دیگر منجر به افزایش گونه‌های فعال اکسیژن شده و باعث تخریب غشاهای زیستی چون غشاء تیلاکوئیدی می‌شود. آسیب گونه‌های فعال اکسیژن منجر به هم‌خوردن ماکرومولکول‌هایی چون کلروفیل و کاهش میزان آن در سلول می‌شود. میزان کلروفیل به عنوان وضعیت متابولیک سلولی در نظر گرفته می‌شود و کاهش در میزان کلروفیل تحت تنش شوری می‌تواند مربوط به تجمع یون‌ها و سمیت مربوطه باشد (Shomeili et al., 2011). تحقیقات نشان داده، کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش در میزان کلروفیل شده است. سالیسیلیک اسید باعث افزایش فعالیت آن‌تی اکسیدانت‌ها مانند سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز شده و سبب افزایش تحمل گیاه به تنش اکسیداتیو ایجاد شده توسط گونه‌های فعال اکسیژن شده است (Fahad and Bano, 2012). گزارش شده است سالیسیلیک اسید از طریق افزایش کلروفیل و فعالیت آنزیم روبیسکو میزان فتوسنتز کل را افزایش داده است (Gautam and Sing, 2009).

تجزیه واریانس نشان داد که اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیک اسید بر محتوای رطوبت نسبی برگ (RWC) در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۳). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد، بیشترین RWC با میانگین ۷۵/۷۸ درصد، و کمترین میزان آن با میانگین ۶۸ درصد به ترتیب در تیمارهای $EC_w < 1 \text{ dS/m}$ و $EC_w = 6 \text{ dS/m}$ به دست آمد. با افزایش تنش شوری میزان RWC در برگ‌ها کاهش یافت. (جدول ۶). بیشترین میزان RWC برگ با میانگین ۷۸ درصد

شوری و سالیسیلیکاسید بر این صفت در سطح یک درصد معنی دار شد (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین میزان سدیم ریشه با میانگین ۰/۳۵ درصد در تیمار ۰/۵ میلی مولار سالیسیلیکاسید و شرایط $EC_w = 6 dS/m$ به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمار ۱/۵ میلی مولار سالیسیلیکاسید و شرایط $EC_w = 6 dS/m$ نداشت. کمترین میزان سدیم ریشه با میانگین ۰/۱۴ درصد در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیکاسید و شرایط $EC_w < 1 dS/m$ به دست آمد (جدول ۶). افزایش میزان سدیم در اثر شوری توسط محققان زیادی گزارش شده است که از آن جمله می‌توان به (Gandonou et al., 2011; Ashraf et al., 2007)

در نیشکر اشاره کرد. گزارش شده است، با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه در نیشکر افزایش یافت (Plaut et al., 2000). در گزارش دیگری نیز اشاره شده است که، با افزایش تنش شوری میزان سدیم ریشه افزایش یافت (Gandonou et al., 2011). گزارش شده محتوای یون سدیم گیاهان نیشکر با افزایش شوری افزایش یافت و وارپته‌هایی که سدیم بیش‌تری را تجمع داده بودند کاهش بیش‌تری را در رشد و تجمع ماده خشک داشتند. وارپته‌های متحمل کمترین تجمع سدیم در برگ و بیش‌ترین تجمع ماده خشک را داشتند (Ashraf et al., 2007). در گزارشی دیگر آمده است که ارقام متحمل به شوری نیشکر کمترین تجمع یون‌های سمی از جمله سدیم (Ashraf et al., 2010) و کلر را دارند (Wahid, 2004). گزارش شده است کاربرد سالیسیلیکاسید باعث کاهش سدیم ریشه شده است (Arfan, 2009). این می‌تواند به دلیل تأثیر آن روی پمپ‌های انتقال سدیم و پتاسیم در غشاء سلولی و سیتوزول باشد (Khan et al., 2010). وجود همبستگی منفی سدیم ریشه با وزن خشک کل ($r = -0.94^{**}$)، محتوای نسبی آب ($r = -0.51^{**}$) و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه ($r = -0.87^{**}$) و همبستگی مثبت با نفوذپذیری نسبی غشاء ($r = 0.83^{**}$) و کلر ریشه ($r = 0.84^{**}$) بیانگر اثر منفی این یون بر رشد گیاهچه نیشکر و اثر نامطلوب آن بر تولید ماده خشک است (جدول ۷). تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری و اثر سالیسیلیکاسید بر پتاسیم ریشه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان پتاسیم ریشه کاهش یافت (جدول ۶). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیکاسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی دار بود (جدول ۴). گزارش شده است که با افزایش تنش شوری میزان پتاسیم ریشه در نیشکر کاهش یافت. که دلیل آن افزایش میزان سدیم و رابطه رقابتی بین سدیم و پتاسیم می‌باشد. Wahid, 2004 تفاوت معنی داری را برای کاهش پتاسیم در شرایط شوری در گیاه نیشکر گزارش کردند و نشان دادند غلظت یون پتاسیم با افزایش شوری در ارقام مختلف نیشکر کاهش یافت و

ژنوتیپ‌های متحمل دارای محتوای یون پتاسیم بیش‌تری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس بوده است. محتوای پتاسیم بیشتر می‌تواند سمیت ناشی از یون‌های سدیم و کلر را تعدیل کند و ژنوتیپ متحمل را قادر به رشد و تولید بیشتر در شرایط شور کند (Wahid, 2004) و به عنوان معیاری مناسب برای انتخاب گیاهان از نظر تحمل به تنش شوری به کار رود (Gandonou et al., 2011). کاربرد سالیسیلیکاسید میزان پتاسیم ریشه را تحت تنش شوری افزایش داده است (Arfan, 2009). هم‌چنین گزارش شده است پتاسیم در حفظ پتانسیل اسمزی و جذب آب نقش دارد سبب می‌شود پتانسیل اسمزی لازم برای جذب آب به وسیله سلول‌های گیاه فراهم شود (Khan et al., 2010).

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری بر کلر ریشه در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان کلر ریشه افزایش یافت (جدول ۶). اثر سالیسیلیکاسید بر میزان کلر ریشه در سطح پنج درصد آماری معنی دار بود (جدول ۴). اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیکاسید بر این صفت از لحاظ آماری غیر معنی دار بود (جدول ۴). با افزایش تنش شوری میزان کلر در نیشکر افزایش یافت که این افزایش در ارقام حساس بیشتر بود. کلر به عنوان عامل سمیت در متابولیسم سلولی شناخته شده است و سمیت یونی کلر تحت تنش شوری اثرات زیان‌باری در کاهش رشد نیشکر داشته است (Gandonou et al., 2011). Arfan, 2009 گزارش کردند که کاربرد سالیسیلیکاسید میزان کلر را تحت تنش شوری در گندم (Arfan, 2009) و کلزا (Syed et al., 2011) کاهش داده است. تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر تنش شوری، اثر سالیسیلیکاسید و اثر متقابل تنش شوری و سالیسیلیکاسید بر نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در سطح یک درصد معنی دار بودند (جدول ۴). نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم ریشه با میانگین ۹/۵۶، و کمترین آن با میانگین ۳/۸۳ به ترتیب در شرایط تنش $EC_w < 1 dS/m$ و $EC_w = 6 dS/m$ به دست آمد. با افزایش تنش شوری نسبت پتاسیم به سدیم ریشه کاهش یافت (جدول ۶) بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم ریشه با میانگین ۷/۵۴ در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیکاسید به دست آمد و کمترین آن با میانگین ۵/۱۳ در تیمار صفر میلی مولار سالیسیلیکاسید به دست آمد (جدول ۶). بیش‌ترین نسبت پتاسیم به سدیم ریشه با میانگین ۱۲/۷۹ در تیمار یک میلی مولار سالیسیلیکاسید و شرایط $EC_w < 1 dS/m$ و کمترین آن با میانگین ۲/۷۹ درصد در تیمار صفر میلی مولار سالیسیلیکاسید و شرایط $EC_w = 6 dS/m$ به دست آمد (جدول ۶). برخی مطالعات نشان داده که تنش شوری باعث کاهش نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در نیشکر شده است (Soltani, 2009). Howayzeh et al., تفاوت معنی دار در سطح یک درصد برای نسبت پتاسیم به سدیم در ژنوتیپ‌های مختلف نیشکر گزارش

صفت بر پایداری رشد در شرایط تنش شوری است (جدول ۷).

نتیجه گیری

سطح شوری آب آبیاری شش دسی زیمنس بر متر به ترتیب سبب کاهش ۶۲/۸۲، ۱۳/۶۵ و ۳۱/۰۹ درصدی وزن خشک کل، محتوای نسبی آب برگ و کلروفیل $a+b$ و کاهش ۲۳/۶۷ و ۵۹/۹۴ درصدی پتاسیم ریشه و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه و همچنین سبب افزایش ۸۳/۳۳، ۵۳/۷۳ سدیم ریشه، کلر ریشه نسبت به شاهد شد. محلول پاشی با غلظت یک میلی مولار در لیتر سالیسیلیک اسید در نیشکر موجب افزایش میزان وزن خشک کل، محتوای نسبی آب برگ، محتوای کلروفیل $a+b$ و نسبت پتاسیم به سدیم ریشه شد. با توجه به شوری خاک و آب منطقه پیشنهاد می گردد، در شرایط با خصوصیات آب و خاک مشابه محلول پاشی سالیسیلیک اسید با غلظت های ذکر شده به منظور کاهش اثرات تنش شوری صورت گیرد.

شده است (Ashraf et al., 2007). آن ها بیان داشتند که اگرچه با افزایش شوری این نسبت کاهش می یابد، اما ژنوتیپ های متحمل دارای نسبت پتاسیم به سدیم بالاتری هستند و بررسی نسبت پتاسیم به سدیم را به عنوان یک صفت مناسب برای تعیین ارقام متحمل به شوری گزارش کردند (Akhtar et al., 2003). گزارش شده است نسبت بالای پتاسیم به سدیم نقش کلیدی در افزایش تحمل به شوری و اجتناب از تجمع یون های مضر را داشت (Santa-Maria and Epstein, 2001). گزارش شده است که کاربرد سالیسیلیک اسید سبب افزایش نسبت پتاسیم به سدیم ریشه در ذرت شده است (Fahad and Bano, 2012).

با توجه به جدول همبستگی، نسبت پتاسیم به سدیم ریشه همبستگی مثبت و معنی داری با وزن خشک کل ($r = 0.85^{**}$)، محتوای نسبی آب برگ ($r = 0.67^{**}$)، پتاسیم ریشه ($r = 0.68^{**}$) و همبستگی منفی با سدیم ریشه ($r = -0.87^{**}$) و کلر ریشه ($r = -0.85$) دارد. نسبت پتاسیم به سدیم ریشه بیان گر اثر مثبت این

References

1. Afzal, I., Basara, S. M., Farooq, M. and Nawaz, A. 2006. Alleviation of salinity stress in spring wheat by hormonal priming with ABA, salicylic acid and ascorbic acid. *International Journal of Agriculture and Biology* 8: 23-28.
2. Akhtar, S. A., Wahid, A., Akram, M. and Rasul, E. 2001. Some growth, photosynthetic and anatomical attributes of sugarcane genotypes under NaCl salinity. *International Journal of Agriculture and Biology* 4: 439-443.
3. Akhtar, S., Wahid, A. and Rasul, E. 2003. Emergence, growth and nutrient composition of sugarcane sprouts under NaCl salinity. *Journal of Plant Biology* 46(1): 113-116.
4. Arfan, M.U. 2009. Exogenous application of salicylic acid through rooting medium modulates ion accumulation and antioxidant activity in spring wheat under salt stress. *International Journal of Agricultural and Biological* 11: 437-442.
5. Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. *Agronomy Journal* 23: 112-121.
6. Ashraf, M., Rahmatullah, S., Kanwar, M.A., Tahir, A. and Ali, L. 2007. Differential salt tolerance of sugarcane genotypes. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences* 44(1): 85-89.
7. Ashraf, M., Afzal, M., Ahmed, R., Mujeeb, F., Sarwar, A. and Ali, L. 2010. Alleviation of detrimental effects of NaCl by silicon nutrition in salt-sensitive and salt-tolerant genotypes of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Plant and Soil* 326(1): 381-391.
8. Azooz, M. 2009. Salt stress mitigation by seed priming with salicylic acid in two *Faba bean* genotypes differing in salt tolerant. *International Journal of Agricultural and Biological* 11: 343-350.
9. Chowdhury, M.K., Miah, M., Hossain, M.A. and Alam, Z. 2001. Influence of sodium chloride salinity on germination and growth of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.). *Journal Sugarcane International* 7: 6-15.
10. Dawood, M.G., Sadak, M.S. and Hozayen, M. 2012. Physiological role of salicylic acid in improving performance, yield and some biochemical aspects of sunflower plant growth under newly reclaimed sandy soil. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 6(4): 82-89.
11. Diaz-Perez, J.C., Shackel, K.A. and Sutter, E.G. 2006. Relative Water Content. *Annals of Botany* 97(1): 85-96.
12. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Journal of Plant Growth Regulation* 42: 215-224.
13. Fahad, S.H. and Bano, A.S. 2012. Effect of salicylic acid on physiological and biochemical characterization of maize growth in saline area. *Pakistan Journal of Botany* 44(4): 1433-1438.
14. Gandonou, C., Bada, F., Gnancadja, S., Abrini, J. and Skali-Senhaji, N. 2011. Effects of NaCl on Na^+ , Cl^- and K^+ ions accumulation in two sugarcane (*Saccharum sp.*) cultivars differing in their salt tolerance. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry* 3(10): 155-162.
15. Gautam, S.H. and Sing K. 2009. Salicylic acid –induced salinity tolerance in corn grown under NaCl stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 31: 1185-1190.
16. Ghorbani Javid, M., Sorooshzadeh, A., Moradi, F. and Modarres Sanavy, A. 2011. The role of phytohormones in

- alleviating salt stress in crop plants. *American Journal of Cultural Sociology* 5(6): 726-734.
17. Gibon, Y., Sulpice, R. and Larher, F. 2000. Proline accumulation in canola leaf discs subjected to osmotic related to stress is the loss of chlorophylls and to the decrease of mitochondrial activity. *Plant Physiology* 110: 469-476.
18. Gunes, A., Anal, A., Alprazolam, M., Reglan, F., Bags, E.G. and Cicek, N. 2007. Salicylic acid induced changes on some physiological parameters symptomatic for oxidative stress and mineral nutrition in maize (*Zea mays* L.) grown under salinity. *Journal of Plant Physiology* 164: 728-736.
19. Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M. and Ahmad, A. 2010. Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: A review. *Environmental and Experimental Botany* 68: 14-25.
20. Hussain, A., Khan, Z., Ashraf, M., Hamid Rashid, M. and Saied Kantar, M. 2004. Effect of salt stress on some growth attributes of sugarcane cultivars CP-77-400 and COJ-84. *International Journal of Agricultural and Biological* 6(1): 188-191.
21. Hussain, K.H., Nawaz, K.H., Majeed, A.B., Khan, F.A., Lin, F.E. and Shahzad A. 2010. Alleviation of salinity effects by exogenous applications of salicylic acid in pearl millet (*Pennisetum glaucum* L.) seedling. *African Journal of Biotechnology* 9(50): 8602-8607.
22. Hussein, M.M., Balbaa, L.K. and Gaballah, M.S. 2007. Salicylic acid salinity effect on growth of maize plants. *Journal of Agricultural and Biological Science* 3(4): 321-328.
23. Kafi, M. 2009. Physiology of abiotic stresses in plants, 1sted. Mashhad Jihad Daneshgahi Publication. Mashhad. 502p. (In Persian).
24. Khan, N.A., Shabian, S., Masood, A., Nazar, A. and Iqbal N. 2010. Application of salicylic acid increases contents of nutrients and antioxidative metabolism in mung bean and alleviates adverse effects of salinity stress. *International Journal of Plant Biology* 1: 1-8.
25. Levent Tuna, A., Kaya, C., Dikilitas, M., Yokas, I.B., Burun, B. and Altunlu H. 2007. Comparative effects of various salicylic acid derivatives on key growth parameters and some enzyme activities in salinity stressed maize (*Zea mays* L.) plants. *Pakistan Journal of Botany* 39(3): 787-798.
26. Munir, N. and Aftab, F. 2011. Enhancement of salt tolerance in sugarcane by ascorbic acid pretreatment. *African Journal of Biotechnology* 10(80): 18362-18370.
27. Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant Cell and Environment* 25: 239-250.
28. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annals Rev. Plant Biology* 59: 651-681.
29. Nelson, P.N. and Ham, G.J. 2000. Exploring the response of sugarcane to sodic and saline conditions through natural variation in the field. *Field Crop Research* 66: 132-139.
30. Orabi, S.A., Salman, S.R. and Shalaby, A.F. 2010. Increasing resistance to oxidative damage in cucumber (*Cucumis sativus* L.) plants by exogenous application of salicylic acid and paclobutrazol. *World Journal of Agricultural Sciences* 6: 252-259.
31. Plaut, Z., Meinzer, F.C. and Federman, E. 2000. Leaf development, transpiration and ion uptake and distribution in sugarcane cultivars grown under salinity. *Plant Soil* 218: 59-69.
32. Santa-Maria, G.E. and Epstein H. 2001. Potassium/sodium selectivity in wheat and the amphiploid cross wheat X *Lophopyrum elongatum*. *Plant Science* 160: 523-534.
33. Shomeili, M., Nabipour, M., Meskarbashee, M., and Rajabi Memari, H. 2011. Evaluation of sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) somaclonal variants tolerance to salinity in vitro and in vivo cultures. *African Journal of Biotechnology* 10(46): 9337-9343.
34. Singh, B. and Usha, K. 2003. Salicylic acid induced physiological and biochemical changes in wheat seedlings under water stress. *Journal of Plant Growth Regulation* 39: 137-141.
35. Soltani Howayzeh, M., Mir Mohammadi Maybodi, M. and Arzani, A. 2009. Investigation of the correlation between morpho-physiological traits and dry weight yield of commercial and promising sugarcane cultivars under salinity stress at early vegetative growth stage. *Journal of Crop Physiology* 2: 26-33 (In Persian with English Abstract).
36. Syeed, S.H., Anjam, N.A., Nazar, R., Iqbal, N.O., Masood, A.S. and Khan, N.A. 2011. Salicylic acid-mediated changes in photosynthesis, nutrients, content and antioxidant metabolism in two mustard (*Brassica juncea* L.) cultivars differing in salt tolerance. *Acta Physiologiae Plantarum* 33:877-886.
37. Wahid, A. 2004. Analysis of toxic and osmotic effects of sodium chloride on leaf growth and economic yield of sugarcane. *Botanical Bulletin of Academia Sinica* 45: 133-141.
38. Yusuf, M., Hasan, S.A., Ali, B., Hayat, S., Fariduddin, Q. and Ahmad, A. 2008. Effect of salicylic acid on salinity induced changes in *Brassica juncea*. *Journal of Integrative Plant Biology* 50(8): 1-4.
39. Zhao, Y., Aspinall, D. and Paleg, L.G. 1992. Protection of membrane integrity in *Medicago sativa* L. by glycinebetaine against the effects of freezing. *Journal of Plant Physiology* 140: 541-543.



Alleviation of Salinity Effects by Exogenous Applications of Salicylic Acid in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Seedlings

F. Chaharlang Badil¹ - M. Barary^{2*} - M. Shomeili³ - Z. Tahmasebi⁴

Received: 02-02-2015

Accepted: 25-10-2015

Introduction

Abiotic stresses cause 71% reduction in crop yield around the world, from which 20% is related to salinity stress. The importance of sugarcane increases every day due to greater demand for sugar. Since sugarcane has mainly grown in arid and semi-arid regions, salinity is one of the main problems for this crop due to higher evaporation in these areas. Salicylic acid (SA) is classified as a phyto – hormone and belongs to a group of phenol compounds. Salicylic acid can improve plant tolerance to abiotic stresses. This research aimed at studying the effect of SA on the alleviating of salinity stress in sugarcane.

Materials and Methods

The effects of salicylic acid on the growth and some physiological responses of sugarcane (*Saccharum officinarum* L. cv. CP69-1062) were studied under salt stress. The experiment design was a factorial of two factors, based on a randomized completely design with three replications. The experiment was conducted in a greenhouse at the Sugarcane Research and Training Institute of Khuzestan, Iran in 2012. Treatments evaluated in this study were three levels of salt stress, including ($EC_w < 1 \text{ dSm}^{-1}$, $EC_w = 3 \text{ dSm}^{-1}$, $EC_w = 6 \text{ dSm}^{-1}$), and four concentrations of SA including 0, 0.5, 1 and 1.5 mM, respectively. The plants used in this experiment were produced through tissue culture technique. The data were analyzed using SAS (ver.9.5).

Results and Discussion

The statistical analysis showed that salinity stress above 3 dSm^{-1} can significantly ($P \leq 0.05$) reduce plant growth and yield. This result confirmed the previous reports about low tolerance of sugarcane to salt stress. The most efficient treatment was, spraying with 1 mM SA concentration which resulted in, 10.61, 5.05, 8.24 and 46.98 % increase in total dry weight, relative water content (RWC), chlorophyll content and root K^+/Na^+ ratio respectively, in comparison with control treatment. The enhancement of these plant traits will improve plant growth and crop yield. Root K^+/Na^+ ratio showed a significant positive correlation with total dry weight ($r = 0.85^{**}$), RWC, ($r = 0.67^{**}$), and was negatively correlated with root Na^+ ($r = -0.87^{**}$) and root Cl^- ($r = -0.85^{**}$). Thus increasing the amount of Na^+ and Cl^- in plant tissues, decreases the growth and yield. Results also showed the positive effect of higher K^+ concentration on plant growth and plant tolerance to salinity stress. The concentration of 1.5 mM SA had less positive effect in improving salt tolerance compared to 0.5 mM and 1 mM SA. This might be due to the hormonal effect of this compound at greater levels and its negative efficacy on plant growth and development. Greater RWC with increasing K^+/Na^+ ratio might be due to higher osmotic adjustment in plant tissues.

Conclusions

This research showed that the growth and yield of sugarcane considerably reduced under salinity stress above 3 dS m^{-1} . The results suggested that SA was useful in reducing adverse effects of salinity. Under similar soil and water conditions the application of 1 mM in form of foliar spraying can be recommended for sugarcane plants.

Keywords: Morpho-physiological, Root Na^+ , Salt, Spraying

1- MSc Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.

2- Assistance Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.

3- Manager of Agronomy Department, Sugarcane Research and Training Institute of Khuzestan.

4- Assistance Professor, Department of Agronomy, Faculty of Agriculture, Ilam University, Iran.

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



تأثیر تنش قلیائیت بر روی برخی از ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیکی دو رقم گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.)

شایسته بمانی گلنابادی^۱ - بتول مهدوی^{۲*} - بنیامین ترابی^۲

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۱۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۰۳/۲۷

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش قلیائیت بر رشد رویشی و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک گیاه گلرنگ آزمایشی در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل تنش قلیائیت در هفت سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی مولار) و دو رقم گلرنگ (صفه و ۴۱۱) بودند. نتایج نشان داد که تنش قلیائیت موجب کاهش طول ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه گردید در حالی که میزان پرولین، قندهای محلول و مالون‌دی‌آلدئید را افزایش داد. همچنین با افزایش تنش قلیائیت پتانسیل عملکرد کوانتوم (Fv/Fm)، کارایی شاخص فتوسنتز (PI)، میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و پتاسیم کاهش پیدا کرد در حالی که میزان کاروتنوئید، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت. رقم ۴۱۱ از نظر خصوصیات رویشی، میزان کلروفیل a و کل بر رقم صفه برتری نشان داد. همچنین هر دو رقم عکس العمل یکسانی به تنش قلیائیت نشان دادند.

واژه‌های کلیدی: تنش، پرولین، رنگیزه‌های فتوسنتزی، محتوای یونی

مقدمه

(2008). تعدادی از گزارش‌ها ثابت کردند که نمک‌های قلیایی (Na_2CO_3 و NaHCO_3) برای گیاهان مخرب‌تر از نمک‌های طبیعی (NaCl و Na_2SO_4) هستند (Yang et al., 2008b). گیاهان به غلظت‌های بالای بی‌کربنات از طریق کاهش رشد شاخساره واکنش نشان می‌دهند و این ممانعت در رشد شاخساره دربرگیرنده کاهش وزن تر ریشه و ساقه، تعداد برگ، وزن خشک ریشه و ساقه خواهد بود. تحت تأثیر بی‌کربنات، انتقال کم آهن یا قابلیت حل‌پذیری کمتر آهن در خاک یا محیط کشت اتفاق می‌افتد که منجر به تخریب کلروفیل و نیز کاهش سنتز آن می‌شود که زردی برگ‌های گیاه و کاهش فتوسنتز و به تبع آن کاهش رشد شاخساره را در پی دارد (Valdez Aguilar, 2004). وجود تنش قلیائیت اثر pH بالا را به همراه دارد. pH بالا در اطراف ریشه گیاه می‌تواند موجب رسوب یون‌های فلزی و فسفر، خسارت بر اعمال فیزیولوژیک طبیعی ریشه و تخریب ساختار ریشه گردد (Liu et al., 2010). تنش قلیائیت جذب یون‌های غیرآلی مانند Cl^- ، NO_3^- و H_2PO_4^- را محدود کرده و بر جذب انتخابی K^+ و Na^+ به مقدار زیادی اثر گذاشته و توازن یونی را به هم می‌زند (Yang et al., 2007). همچنین یون‌های بی‌کربنات، جذب عناصر پرمصرف، به ویژه فسفر، منیزیم و پتاسیم توسط گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. به عنوان مثال در خاک‌های قلیایی، فسفر به مقدار زیادی به واسطه تشکیل مجموعه‌های فلزی با کلسیم و منیزیم از دسترس گیاه خارج

گلرنگ با نام علمی (*Carthamus tinctorius* L.) گیاهی از خانواده استراسه^۱ می‌باشد، گلبرگ گلرنگ دارای مواد رنگی کارتامین و کارتامیدین است که از آن‌ها برای رنگ‌آمیزی پارچه، ابریشم و گل‌های مصنوعی، در طب‌های و شیرینی‌پزی استفاده می‌شود. امروزه بر اهمیت گلرنگ به عنوان دانه روغنی، به ویژه به علت دارا بودن اسید چرب غیراشباع و ضروری لینولئیک، افزوده شده است و به تولید آن در جهان توجه خاص معطوف گردیده است. روغن گلرنگ فاقد کلسترول است، و همچنین مقدار قابل توجهی ویتامین (E) دارد که موجب ثبات روغن در اثر اکسیداسیون طی دوران نگهداری می‌شود (Khajeh pour, 2004). قلیائیت خاک در حدود ۹۳۲ میلیون هکتار از زمین‌های جهان را به شدت تحت تأثیر قرار داده و سبب کاهش تولید در حدود ۱۰۰ میلیون هکتار زمین در آسیا شده است (Rao et al., ۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان.

۲- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ولی عصر (عج) رفسنجان

(*) - نویسنده مسئول: (Email: b.mahdavi@vru.ac.ir)

3- Asteracea

طوقه تا انتهای طولی‌ترین ریشه به‌عنوان طول ریشه در نظر گرفته شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام رویشی گیاه، اندام هوایی از ریشه جدا و پس از شستشو با آب مقطر کاملاً خشک شد. در مرحله بعد، اندام هوایی و ریشه گیاه داخل آون با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و بعد از خشک شدن اندام هوایی و ریشه، وزن خشک این اندام‌ها بر اساس واحد گرم تعیین شد.

محتوی کلروفیل برگ به روش Arnon, 1949 اندازه‌گیری شد. جذب نوری کلروفیل a, b و کل در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ نانومتر و کاروتنوئید در طول موج ۴۷۰ قرائت شد. سپس با استفاده از روابط زیر غلظت کلروفیل a, b, a+b و کاروتنوئیدها بر حسب میلی‌گرم بر گرم برگ تازه به‌دست آمد. در روابط زیر V حجم نمونه استخراج شده و W وزن تر نمونه است.

$$a \text{ کلروفیل } = \frac{12.7 (D_{645}) - 2.29 (D_{663}) \times V}{(1000 \times W)}$$

$$b \text{ کلروفیل } = \frac{22.9 (D_{645}) - 4.68 (D_{663}) \times V}{(1000 \times W)}$$

$$a+b \text{ کلروفیل } = \frac{20.2 (D_{645}) - 8.02 (D_{663}) \times V}{(1000 \times W)}$$

$$88.02 \text{ (کلروفیل a)} - 1.82 (D_{470}) - 1000 = \text{کاروتنوئید}$$

$$[(\text{کلروفیل b})] \times V / (1000 \times W)$$

برای اندازه‌گیری فلورسانس کلروفیل از دستگاه، کلروفیل فلومتر^۱ استفاده گردید. این دستگاه میزان فلورسانس کلروفیل را بر اساس پارامتر Fv/Fm ثبت نمود. روش کار بدین‌صورت بود که از هر گلدان چهار برگ بالغ از گیاه انتخاب و در گیره‌های مخصوص جهت ایجاد شرایط تاریکی به مدت ۱۵ دقیقه قرار گرفتند و پس از این مدت میزان فلورسانس کلروفیل ثبت گردید. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت یون‌ها، با استفاده از روش هضم نمونه خشک گیاهی در کوره با دمای ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد به مدت شش ساعت و واکنش با اسیدکلریدریک ۲ مولار آماده‌سازی شدند (Waling et al., 1989).

عناصر پتاسیم و سدیم به کمک دستگاه فلیم‌فتومتر^۲ و عناصر کلسیم و منیزیم بعد از عصاره‌گیری با استفاده از دستگاه جذب اتمی^۳ اندازه‌گیری شدند.

برای اندازه‌گیری پرولین محتوای بافت برگ از روش Bates et al., 1973 استفاده شد. کربوهیدرات کل از روش Dubois et al., 1956 با استفاده از فنل‌اسیدسولفوریک و استاندارد گلوکز انجام شد. جذب استانداردها به‌همراه جذب کربوهیدرات کل نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۴۹۰ نانومتر اندازه‌گیری شد. مقدار کربوهیدرات نمونه، بر مبنای وزن تر نمونه‌ها تعیین گردید. مالون‌دی‌آلدئید به‌عنوان فرآورده نهایی پراکسیداسیون لیپیدهای غشاء

می‌شود (Nikolic and Kastori, 2000). گیاهان از طرق مختلفی در برابر تنش‌های محیطی مقاومت می‌کنند. در شرایط تنش گیاهان به‌منظور ادامه جذب آب، از طریق تجمع ترکیبات اسمزی مانند پرولین و کربوهیدرات‌های محلول برگ پتانسیل اسمزی خود را کاهش می‌دهند و یا به‌عبارت دیگر تنظیم اسمزی صورت می‌گیرد. زمانی که گیاه تحت تنش قرار می‌گیرد، مقدار پرولین در گیاهان تحت تنش افزایش می‌یابد (Yang et al., 2008a). هم‌چنین پرولین می‌تواند در برگ‌ها تجمع یابد و به بافت‌های موردنظر (مریستم‌ها) برای تنظیم اسمزی منتقل شود که در شرایط تنش پرولین به‌عنوان یک اسمولیت عمل کرده و پتانسیل اسمزی سلول را کاهش داده و یون‌های سمی را جذب می‌کند و نقش مهمی را در حفاظت گیاهان از تنش اسمزی بازی می‌کند (Ahmad and Sharma, 2010). بنابراین با توجه به روند رو به افزایش مصرف روغن‌های نباتی و هزینه زیاد تأمین روغن مورد نیاز کشور از طریق واردات، توسعه کشت گیاهان دانه روغنی سازگار به شرایط اقلیمی کشور و هم‌چنین گسترش برنامه‌های تحقیقاتی در این زمینه حائز اهمیت است. لذا پژوهش حاضر به بررسی اثر تیمار قلیائیت بر خصوصیات مورفولوژی و بیوشیمیایی دو رقم گلرنگ (صفه و ۴۱۱) پرداخته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ولی‌عصر (عج) رفسنجان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اول قلیائیت در هفت سطح (۰، ۱۰، ۲۰، ۳۰، ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌مولار) و فاکتور دوم دو رقم گلرنگ (صفه و ۴۱۱) بود. بستر کشت شامل کوکوپیت و پرلیت بود که به‌ترتیب به نسبت ۱:۱ با هم مخلوط شده و در گلدان‌های پلاستیکی به حجم پنج لیتر ریخته شدند. بذرها در عمق حدود یک سانتی‌متری در گلدان‌های پلاستیکی در اردیبهشت‌ماه سال ۱۳۹۲ کشت شدند. از زمان کشت بذرها تا قبل از مرحله ظهور اولین برگ حقیقی، آبیاری با آب مقطر صورت گرفت. بعد از خروج اولین برگ حقیقی تا مرحله چهار برگی، آبیاری با محلول غذایی هوگلند انجام شد. از مرحله چهار برگی به بعد، برای اعمال تیمارهای قلیائیت، از محلول غذایی هوگلند با توجه به تیمار موردنظر استفاده گردید. قلیائیت موردنظر با استفاده از بی‌کربنات سدیم در محلول غذایی هوگلند تهیه شد. اندازه‌گیری صفات مختلف حدود ۴۰ روز بعد از اعمال بیش‌ترین غلظت نمک صورت گرفت، که شامل اندازه‌گیری ارتفاع ساقه و ریشه، وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، محتوای کلروفیل، فلورسانس کلروفیل، میزان عناصر پتاسیم، سدیم، کلسیم و منیزیم، محتوی پرولین، کربوهیدرات و مالون‌دی‌آلدئید بودند.

قاعده یقه تا رأس بلندترین برگ به‌عنوان ارتفاع ساقه و محل

1-Chlorophyll Fluorometer, (Model Pocket PEA, Company Hansatech, U.K)

2- Model PFP7, Germany

3- Model GBC avanta, Australia

با روش De Vos *et al.*, 1991 اندازه‌گیری شد. میزان مالون‌دی‌آلدئید نمونه‌ها با اندازه‌گیری جذب در طول موج‌های ۵۳۲ و ۶۰۰ نانومتر و با استفاده از ضریب خاموشی ($\epsilon=155 \mu\text{M}^{-1}\text{cm}$) محاسبه گردید. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تجزیه واریانس نشان داد که تنش قلیائیت تأثیر معنی‌داری بر طول ساقه و ریشه داشتند. اثر رقم بر طول ساقه معنی‌دار بود و اما اثر متقابل رقم و قلیائیت بر این دو صفت معنی‌دار نبود (جدول ۱). با افزایش تنش قلیائیت از صفر تا ۶۰ میلی‌مولار طول ساقه کاهش یافت به‌طوری‌که بین سطوح قلیائیت ۴۰، ۵۰ و ۶۰ میلی‌مولار اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۲). در بین ارقام استفاده شده رقم ۴۱۱ نسبت به رقم صفت طول ساقه بیشتری داشت (جدول ۲). در شرایط تنش قلیائیت طول ریشه نیز کاهش یافت (جدول ۲). گیاهان شاهد بیش‌ترین طول ریشه را داشتند و کمترین طول ریشه مربوط به

گیاهان قرار گرفته در معرض قلیائیت ۵۰ میلی‌مولار بود که اختلاف معنی‌داری با طول ریشه گیاهان قرار گرفته در معرض قلیائیت ۶۰ میلی‌مولار نداشت. همچنین دو رقم مورد مطالعه از نظر طول ریشه اختلاف معنی‌داری نداشتند (جدول ۲). کاهش رشد ساقه و ریشه تحت تنش قلیائیت در سایر گیاهان نیز گزارش شده است (Campbell and Nishio, 2000). این کاهش می‌تواند به علت وجود یون‌های بی‌کربنات و یا سدیم باشد (Pearce *et al.*, 1999). همچنین در بسیاری از مطالعات pH بالای ایجاد شده در شرایط تنش قلیائیت به عنوان یک عامل محدودکننده رشد و توسعه گیاه بیان شده است. این پدیده ممکن است به دلیل آسیب تغذیه‌ای، اختلالات متابولیکی، عدم تعادل یونی ناشی از تنش قلیائیت باشد (Yang *et al.*, 2008a). همچنین کاهش رشد در شرایط تنش قلیائیت به سرعت پایین فتوسنتز که در غلظت بالای بی‌کربنات اتفاق می‌افتد نسبت داده می‌شود که با انتقال کم آهن و یا با غیرقابل حل کردن آهن در محلول محیط کشت که باعث صدمه به سنتر کلروفیل می‌شود همراه است (Bavaresco *et al.*, 1999).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های رویشی گلرنگ

Table 1- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on growth characteristics of safflower					
منابع تغییر	درجه آزادی	طول ساقه	طول ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک ریشه
S.O.V	df	Shoot Length	Root Length	Shoot Dry weight	Root Dry weight
قلیائیت	6	126.107**	193.456**	3.842**	0.392**
Alkalinity					
رقم	1	130.38**	30.005 ^{ns}	2.433*	0.205*
Variety					
رقم × قلیائیت	6	6.596 ^{ns}	5.686 ^{ns}	0.363 ^{ns}	0.007 ^{ns}
Variety × Alkalinity					
خطا	28	10.55	8.224	0.593	0.033
Error					
ضریب تغییرات		6.2	11.2	19.7	22.7
C.V (%)					

*, ** در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

**, * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

نشان دادند (جدول ۲). به‌طور کلی رقم ۴۱۱ نسبت به رقم دیگر برتری داشت (جدول ۲). کاهش وزن خشک ساقه و ریشه در شرایط تنش در آفتابگردان نیز گزارش شده است (Liu *et al.*, 2010). همچنین Li *et al.*, 2010 کاهش وزن خشک اندام هوایی و ریشه یونجه را در شرایط تنش قلیائیت مشاهده کردند.

وزن خشک ساقه و ریشه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قلیائیت و رقم قرار گرفتند (جدول ۱). یک روند کاهشی با افزایش تنش قلیائیت در وزن خشک اندام هوایی و ریشه مشاهده گردید. به‌طوری‌که در بالاترین سطح تنش (۶۰ میلی‌مولار) وزن خشک اندام هوایی و ریشه نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب کاهش ۴۷/۶۴ و ۶۵/۴۱ درصدی

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های رویشی گلرنگ

Table 2- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on growth characteristics of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	طول ساقه Shoot Length (cm)	طول ریشه Root Length (cm)	وزن خشک ساقه Shoot Dry weight (g)	وزن خشک ریشه Root Dry weight (g)
0	59.5 a	35.20 a	4.83 a	1.2 a
10	55.45 b	29.29b	4.54 a	0.99 ab
20	52.75 bc	27.87bc	4.31 ab	0.93 bc
30	52.79bc	25.16cd	4.23 abc	0.74 cd
40	50.25 cd	22.91de	3.54 bc	0.72 cd
50	47.20 d	19.37f	3.38 cd	0.65 d
60	46.45 d	19.58ef	2.53 d	0.41 e
رقم Variety				
411	53.82 a	26.47 a	4.15 a	0.87 a
صفه Sofeh	50.29 b	24.78 a	3.67 b	0.73 b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.
Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

گزارش گردید.
مطابق با نتایج جدول تجزیه واریانس محتوای کربوهیدرات کل و پرولین تنها تحت تأثیر قلیائیت قرار گرفت (جدول ۳). تنش قلیائیت به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای میزان کربوهیدرات کل و پرولین را در مقایسه با گیاهان شاهد افزایش داد (جدول ۴). بیش‌ترین میزان کربوهیدرات کل در غلظت‌های ۶۰ میلی‌مولار مشاهده گردید که تفاوت معنی‌داری با غلظت ۵۰ میلی‌مولار نداشت. کمترین میزان آن مربوط به تیمار بدون تنش (شاهد) بود که تفاوت معنی‌داری با سطوح ۱۰، ۲۰ و ۳۰ میلی‌مولار نداشت. همچنین بیش‌ترین میزان پرولین در سطح ۶۰ میلی‌مولار مشاهده گردید و کمترین میزان این صفت مربوط به سطح شاهد می‌باشد (جدول ۴).

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس پتانسیل عملکرد فتوسنتوز و شاخص کارایی فتوسنتز تنها تحت تأثیر قلیائیت قرار گرفتند (جدول ۳). پتانسیل عملکرد کوانتوم و شاخص کارایی فتوسنتز با افزایش قلیائیت یک روند کاهشی نشان دادند (جدول ۴). علت کاهش F_v/F_m در شرایط تنش قلیائیت تجمع زیاد یون سدیم و همچنین pH بالا بیان شده است که سبب ممانعت نوری شده و در نتیجه فعالیت فتوسیستم II را کاهش می‌دهد (Guo et al., 2011). همچنین گزارش شده است که غلظت‌های بالای قلیائیت با ناپدیدشدن F_m همراه است که نشان‌دهنده نقص دستگاه PII می‌باشد (Schreiber et al., 1971). کاهش شاخص کارایی فتوسنتز تحت شرایط تنش قلیائیت توسط سایر محققان مانند Baghre and Roosta, 2012 نیز

جدول ۳- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ

Table 3- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on the physiological characteristics of safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	F_v/F_m	PI	کربوهیدرات کل Total Carbohydrates	پرولین Proline	مالون‌دی‌آلدئید Malonaldehyde
قلیائیت Alkalinity	6	0.052**	2.4**	3.628**	0.259**	0.017**
رقم Variety	1	0.003 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.001 ^{ns}	0.014 ^{ns}
رقم × قلیائیت Variety × Alkalinity	6	0.001 ^{ns}	0.025 ^{ns}	0.388 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0004 ^{ns}
خطا Error	28	0.003	0.028	13.958	0.006	0.004
ضریب تغییرات C.V(%)		9.5	13.0	14.1	14.9	10.8

*, ** در سطح احتمال یک‌درصد و پنج‌درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار
**, * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر ویژگی‌های فیزیولوژیک گلرنگ

Table 4- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on physiological characteristics of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	F _v /F _m	PI	کربوهیدرات کل (Total carbohydrates mg.gFW ⁻¹)	پرولین (mg.gFW ⁻¹)Proline	مالون دی‌آلدئید Malonaldehyde (Mm cm ⁻¹)
0	0.78 a	2.39a	4.09d	0.28e	0.51d
10	0.67 b	1.81b	4.42cd	0.39d	0.54cd
20	0/66 b	1.51c	4.48cd	0.39d	0.56bcd
30	0.63 bc	1.02d	4.72cd	0.49c	0.58bcd
40	0.57 cd	0.98de	5.22bc	0.68b	0.60abc
50	0.55 de	0.81ef	5.67ab	0.64b	0.62ab
60	0.49 e	0.637f	6.28a	0.88a	0.67a
رقم Variety					
411	0.63 a	1.32a	4.99a	0.54a	0.60a
صفه Sofeh	0.61 a	1.27a	4.98a	0.53a	0.57a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد. probability level, using LSD test Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at %5

۵). با افزایش تنش قلیائیت میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل a+b کاهش پیدا کرد در حالی که میزان کاروتنوئید افزایش یافت (جدول ۶). مطابق با نتایج این مطالعه، میزان کلروفیل در گندم (Yang et al., 2008a) و پریوش (Catharanthus roseus) (Valdez Aguilar and Reed, 2007) نیز تحت تیمار بی‌کربنات سدیم کاهش معنی‌داری نسبت به شاهد داشت. همچنین کاهش در میزان کلروفیل برگ‌های گونه‌ای از یونجه (Medicago ruthenica) با افزایش تنش قلیائیت گزارش شده است (Yang et al., 2011). تنش قلیائیت احتمالاً سبب رسوب یون منیزیم شده و بدین‌طریق از سنتز کلروفیل جلوگیری می‌کند. همچنین آن ممکن است فعالیت آنزیم کلروفیلاز را افزایش داده و منجر به تجزیه کلروفیل گردد (Shi and Zhao, 1997). تنش قلیائیت از طریق افزایش غلظت یون کربنات و افزایش pH باعث تخریب کلروپلاست و در نتیجه کاهش مقدار کلروفیل a و b می‌شود (Valdez Aguilar, 2004).

سدیم پایین و پتاسیم بالا در سیتوسول برای نگه‌داری از تعدادی از فرایندهای آنزیمی ضروری است (Munns and Tester, 2008). نتایج تجزیه واریانس نشان‌داد میزان سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی تنها تحت تأثیر قلیائیت اثر معنی‌داری داشت (جدول ۷). افزایش قلیائیت سبب کاهش معنی‌دار میزان پتاسیم اندام هوایی گردید و میزان پتاسیم گیاهان شاهد نسبت به بالاترین سطح قلیائیت افزایش ۵۰/۸ درصد داشت (جدول ۸). با افزایش تنش قلیائیت غلظت سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم اندام هوایی افزایش یافت (جدول ۸). با افزایش تنش قلیائیت میزان پتاسیم در ساقه‌های خمر (Lathyrus quinquenervius) کاهش می‌یابد در حالی که میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در آن‌ها افزایش می‌یابد (Zhang and Chun-Sheng, 2009).

افزایش میزان پرولین در شرایط تنش قلیائیت در سایر گیاهان مانند شاه توت (Moris alba L.) (Ahmad and Sharma, 2010)، گندم (Triticum aestivum) (Yang et al., 2008a) و جو (Hordeum vulgare) (Yang et al., 2009a) نیز گزارش شده است. Yang et al., 2009a بیان کردند که در شرایط تنش قلیائیت، تجمع اسمولیت‌های سازگار مانند پرولین، بتائین و قندهای محلول در داخل واکوئل یک راهبرد اصلی برای گیاهان در برقراری دوباره هموستازی سلولی است. گیاهان با روش‌های گوناگونی در برابر تنش‌های محیطی مقاومت می‌کنند. تجمع مواد سازگار مثل قندهای محلول و پرولین در شرایط تنش باعث محافظت غشاهای سلول در برابر غلظت بالای یون‌های معدنی می‌شود (Ahmad and Sharma, 2010). تحقیقات زیادی نشان می‌دهد که تجمع پرولین به‌عنوان یک پاسخ عمومی گیاهان تحت تنش شوری و قلیائیت است (Yang et al., 2008b). به‌نظر می‌رسد در این آزمایش گیاه با تجمع کربوهیدرات‌های کل و پرولین به تنش قلیائیت واکنش نشان داده است.

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان می‌دهد که میزان مالون دی‌آلدئید تنها تحت تأثیر قلیائیت قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش تنش قلیائیت میزان مالون دی‌آلدئید یک روند افزایشی داشت (جدول ۴). مالون دی‌آلدئید به‌عنوان محصول نهایی اکسیداسیون اسیدهای چرب غیراشباع در غشاء سلولی تولید می‌شود. تنش اکسیداتیو سبب افزایش در محتوای مالون دی‌آلدئید می‌گردد (Weber et al., 2004).

طبق نتایج جدول تجزیه واریانس اثر قلیائیت بر کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل a+b و کاروتنوئید معنی‌دار شد. اثر رقم تنها بر میزان کلروفیل a و کلروفیل a+b معنی‌دار بود و رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت تأثیر اثر متقابل قلیائیت و رقم قرار نگرفتند (جدول

جدول ۵- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گلرنگ

Table 5- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on photosynthetic pigments of safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b	کاروتنوئید Cartonoied
قلیائیت Alkalinity	6	0.045**	0.1188**	0.286**	0.020**
رقم Variety	1	0.075**	0.0012 ^{ns}	0.09*	0.004 ^{ns}
رقم × قلیائیت Variety × Alkalinity	6	0.008 ^{ns}	0.0007 ^{ns}	0.012 ^{ns}	0.0001 ^{ns}
خطا Error	28	0.008	0.008	0.016	0.001
ضریب تغییرات (%) C.V		14.8	14.2	10.1	18.2

*, ** در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

**, * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۶- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیائیت و رقم بر رنگیزه‌های فتوسنتزی گلرنگ

Table 6- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on photosynthetic pigments of safflower

قلیائیت Alkalinity (mM)	کلروفیل a Chlorophyll a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg.g ⁻¹)	کلروفیل a+b Chlorophyll a+b (mg.g ⁻¹)	کاروتنوئید Cartonoied (mg.g ⁻¹)
0	0.72 a	0.92 a	1.65 a	0.14 d
10	0.69 a	0.75 b	1.44 b	0.16 cd
20	0.68 a	0.64 bc	1.33 bc	0.19 cd
30	0.66 ab	0.61 cd	1.27 cd	0.19 c
40	0.57 bc	0.56 cd	1.13 de	0.24 b
50	0.53 c	0.55 cd	1.09 e	0.26 ab
60	0.50 c	0.52 d	1.03 e	0.30 a
رقم Variety				
411	0.66 a	0.66 a	1.32 a	0.22 a
صفه Sofeh	0.58 b	0.65 a	1.23 b	0.20 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج‌درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.
Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

جدول ۷- تجزیه واریانس اثرات قلیائیت و رقم بر محتوای یونی اندام هوایی گلرنگ

Table 7- Analysis of variance of the effect of the alkalinity and variety on the ion content of safflower

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی d.f	سدیم Na	پتاسیم k	نسبت سدیم به پتاسیم Na/K
قلیائیت Alkalinity	6	10.32**	7.91**	2.805**
رقم Variety	1	1.33 ^{ns}	2.028 ^{ns}	0.002 ^{ns}
رقم × قلیائیت Variety × Alkalinity	6	0.28 ^{ns}	0.90 ^{ns}	0.178 ^{ns}
خطا Error	28	0.639	0.498	2.947
ضریب تغییرات (%) C.V		12.3	14.2	21.8

*, ** در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد معنی‌دار، ^{ns} عدم تفاوت معنی‌دار

**, * Significant at 1% and 5% probability level, ^{ns} no significant difference

جدول ۸- مقایسه میانگین اثرات اصلی قلیانیت و رقم بر محتوای یونی اندام هوایی گلرنگ
Table 8- Mean comparison of the effects of alkalinity and variety on the ion content of safflower

قلیانیت Alkalinity (mM)	سدیم Na (%)	پتاسیم K (%)	نسبت سدیم به پتاسیم Na/k
0	4.70 d	6.a 24	0.776 e
10	5.53 cd	6.00 ab	0.904 de
20	5.70 bc	5.ab 51	1.06 de
30	6.32 b	5.bc 19	1.27 d
40	7.62 a	4.61 c	1.66 c
50	7.60a	3.73 d	2.08 b
60	8.14 a	3.17 d	2.64 a
رقم Variety			
411	6.67 a	5.14 a	1.49 a
صفه Sofeh	3.31 a	4.70 a	1.48 a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارد.
Means in each column followed by the same letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using LSD test

بر اساس نتایج به‌دست آمده از این مطالعه افزایش تنش قلیانیت بر تمامی صفات مربوط به رشد رویشی گیاه گلرنگ تأثیر کاهنده‌ای داشت. همچنین در شرایط تنش قلیانیت پتانسیل عملکرد کوانتوم، میزان کلروفیل و پتاسیم کاهش پیدا کرد، در حالی که تنش قلیانیت موجب افزایش محتوای کربوهیدرات کل، پرولین، مالون‌دی‌آلدئید، کاروتنوئید، سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم در گیاه گلرنگ گردید. در بین دو رقم مورد مطالعه رقم ۴۱۱ رشد رویشی و میزان کلروفیل بیشتری نسبت به رقم صفه داشت. با این وجود هر دو رقم عکس‌العمل یکسانی به تنش قلیانیت نشان دادند.

همچنین محققین مشاهده کردند که تنش قلیانیت سبب کاهش پتاسیم و نسبت پتاسیم به سدیم در ساقه‌های گندم می‌گردد و میزان سدیم را افزایش می‌دهد (Yang *et al.*, 2009b). افزایش تجمع سدیم در ساقه ممکن است به علت کاهش در جریان Na^+ باشد. در شرایط تنش قلیانیت، کمبود پروتون‌های خارجی ممکن است فعالیت تبادل ناقلین Na^+/H^+ را روی غشای پلاسما کاهش دهد که تجمع Na^+ را در بافت‌های زنده افزایش می‌دهد (Munns and Tester, 2008).

نتیجه‌گیری

References

- Ahmad, P., and Sharma, S. 2010. Physio-biochemical attributes in two cultivars of mulberry (*Morus alba* L.) under NaHCO_3 Stress. International Journal of plant Production 4(2): 1735-6814.
- Arnon, D. I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. Plant Physiology 4: 1-150.
- Baghre, V., and Roosta, H. R. 2012. Effect of different concentrations of sodium bicarbonate (alkalinity stress) on some varieties of cabbage in a hydroponic system. Environmental stresses Journal of Crop Science 5: 67-70. (In Persian without English Abstract)
- Bates, L.S., Waldren, R.P. and Teare, F.D. 1973. Rapid determination of free proline from water stress studies. Plant and Soil 39:205-207.
- Bavaresco, L., Giachino, E. and Colla, R. 1999. Iron chlorosis paradox in grapevine. Journal of Plant Nutrition 22: 1589-1597.
- Campbell, S. A. and Nishio, J. N. 2000. Iron deficiency studies of sugar beet using an improved sodium bicarbonate-buffered hydroponic growth system. Journal of Plant Nutrition 23: 741-757.
- De Vos, C., Schat, H., De Waal, M., Vooijs, R. and Ernst, W. 1991. Increased to copper-induced damage of the root plasma membrane in copper tolerant *silene cucubalus*. Plant Physiology 82: 523-528.
- Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Reber, P. A. and Smith, F. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Annual Chemistry 28: 350-356.
- Guo, R., Zhou, J., Hao, W., Gong, D., Zhong, X., Gu, F., Liu, Q., Xia, X., Tian, J. and Li, H. 2011. Germination, growth, photosynthesis and ionic balance in *Setaria viridis* seedlings subjected to saline and alkaline stress.

- Canadian Journal Plant Science 91: 1077-1088.
10. Khajeh puor, M. R. 2004. Industrial plants, Isfahan University Press
11. Li, R.L., Shi, F.C., Fukuda, K. and Yang, Y. L. 2010. Effects of salt and alkali stresses on germination, growth, photosynthesis and ion accumulation in alfalfa (*Medicago sativa* L.). Soil Science and Plant Nutrition 56: 725-7336.
12. Liu, J., Guo, W.Q. and Shi, D.C. 2010. Seed germination, seedling survival, and physiological response of sunflowers under saline and alkaline conditions. Photosynthetica 48(2): 278-286.
13. Munns, R. and Tester, M. 2008. Mechanisms of salinity tolerance. Annual Review of Plant Biology 59: 651-681
14. Nikolic, M. and Kastori, R. 2000. Effect of bicarbonate and Fe supply on Fe nutrition of grapevine. Journal of Plant Nutrition 23: 1619-1627.
15. Pearce, R.C., Li, Y. and Bush, L.P. 1999. Calcium and bicarbonate effects on the growth and nutrient uptake of burley tobacco seedlings: float system. Journal of Plant Nutrition 22: 1079-1090.
16. Rao, P.S., Mishra, B., Gupta, S.R. and Rathore, A. 2008. Reproductive stage tolerance to salinity and alkalinity stresses in rice genotypes. Plant Breeding 127: 256-261.
17. Ritchie, S.W., Nguyen, H.T. and Haloday, A.S. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop Science 30: 105-111.
18. Schreiber, U., Bauer, R. and Frank, U.F. 1971. p. 169-179. In: G. Forti, M. Avron and A. Melandri (ed.), Proceedings of the 2nd International Congress on Photosynthesis. Junk, The Hague,
19. Shi, D.C. and Zhao, K.F. 1997. Effects of NaCl and Na₂CO₃ on growth of *Puccinellia tenuiflora* and on present state of mineral elements in nutrient solution. Acta pratau 6: 51-61.
20. Shi, D.C. and Wang, D. 2005. Effects of various salt-alkali mixed stresses on *Aneurolepidium chinense* (Trin.) Kitag. Plant and Soil 271: 15-26.
21. Valdez Aguilar, L.A. 2004. Effect of alkalinity in irrigation water on selected greenhouse crops. Ph.D. thesis. Texas A&M University.
22. Valdez Aguilar, L. A. and Reed, D.W. 2007. Response of selected greenhouse ornamental plants to alkalinity in irrigation water. Journal of Plant Nutrition 30: 441-452.
23. Valdez Aguilar, L. A. and Reed, D.W. 2008. Influence of potassium substitution by rubidium and sodium on growth, ion accumulation, and ion partitioning in bean under high alkalinity. Journal of Plant Nutrition 31: 867-883
24. Waling, I., Van Vark, W., Houba, V. J. G. and Der lee, J. J. 1989. Soil and plant analysis. A series of sillabi. Part 7. Plant analysis procedures. Wageningen Agricultural University.
25. Weber, H., Chetelat, A., Reymond, P. and Farmer, E.E. 2004. Selective and powerful stress gene expression in Arabidopsis in response to malondialdehyde. Plant Journal 37: 877-888.
26. Yang, C., Chong, J., Kim, C., Li C., Shi, D. and Wang, D. 2007. Osmotic adjustment and ion balance traits of an alkaline resistant halophyte *Kochia sieversiana* during adaptation to saline and alkaline conditions. Plant Soil 294: 263-276.
27. Yang, C.W., Wang, P., Li C.Y., Shi, D. C. and Wang, D. L. 2008a. Comparison of effects of salt and alkali stresses on the growth and photosynthesis of wheat. Photosynthetica 46(1): 107-114
28. Yang, C.W., Shi, D.C. and Wang, D.L. 2008b. Comparative effects of salt and alkali stresses on growth, osmotic adjustment and ionic balance of an alkali-resistant halophyte *Suaeda glauca* (Bge.). Plant Growth Regulation 56:179-190.
29. Yang, C., Xu, H., Wang, L., Liu, J., Shi, D. and Wang, D. 2009a: Comparative effects of salt-stress and alkali-stress on the growth, photosynthesis, solute accumulation, and ion balance of barley plants. Photosynthetica 47: 79-86-
30. Yang, C.W., Zhang, M. L., Liu, J., Shi, D. C. and Wang, D. L. 2009b. Effects of buffer capacity on wth,photosynthesis, and solute accumulation of a glycophyte (wheat) and a halophyte (*Chloris virgata*). Photosynthetica 47: 55-60.
31. Yang, J.Y., Zheng, W., Tian, Y., Wu, Y. and Zhou, D.W. 2011. Effects of various mixed salt-alkaline stresses on growth, photosynthesis, and photosynthetic pigment concentrations of *Medicago ruthenica* seedlings. Photosynthetica 49: 275-284.
32. Zhang, J. T., and Chun-Sheng, M. U. 2009. Effects of saline and alkaline stresses on the germination, growth, photosynthesis, ionic balance and anti-oxidant system in an alkali-tolerant leguminous forage *Lathyrus quinquenervius*. Soil Science and Plant Nutrition 55: 685-697.



Effect of Alkaline Stress on Some Morphophysiological Characteristics of Two Varieties of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)

Sh. Bemany Golnabadi¹- B. Mahdavi^{2*} - B. Torabi²

Received: 03-02-2015

Accepted: 17-06-2015

Introduction

Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) is an important oilseed crop grown throughout the semiarid regions in many parts of the world. It has been cultivated for its oil and flowers and as a meal. Alkaline stress is caused by alkaline salts such as Na_2CO_3 or NaHCO_3 in the soil. Alkaline stress, is widespread environmental constraint affecting crop productivity, which can inhibit absorption of inorganic anions such as Cl^- , NO_3^- and $\text{H}_2\text{PO}_4^{4-}$, greatly affect the selective absorption of K^+ - Na^+ , and break the ionic balance. However, under alkali stress, accumulation of compatible solutes, such as betaine, proline and soluble sugar into the vacuole are considered as the basic strategies for plant re-established cellular homeostasis. Some reports have clearly demonstrated that alkaline salts (NaHCO_3 and Na_2CO_3) are more destructive to plants than neutral salts (NaCl and Na_2SO_4). Moreover, the salt-alkali stress can directly damage plant growth, alter the availability of nutrients and disrupt the balance of ions and mineral nutrition. The objective of this study was to investigate the effects of alkaline stress on growth and some physiological characteristics of safflower.

Materials and Methods

This study was conducted in a greenhouse in Vali-e-Asr University of Rafsanjan as factorial arrangement in completely randomized design with three replications. Experimental factors included alkaline stress in 7 levels (0, 10, 20, 30, 40, 50 and 60 mM) and two varieties of safflower (Sofeh and 411). Seeds were planted in pots filled with perlite and cocopite (1:1). The pots were irrigated with a nutrient solution with half strength Hoagland's solution. After the fourth true leaves appeared, alkaline stress in the pot was created by adding NaHCO_3 , to half strength Hoagland's solution. Control plants were only irrigated with half strength Hoagland's solution. Plants were harvested after 40 days of seed sowing. After forty days, shoot and root height, shoot and root dry weight, F_v/F_m , PI, proline, total carbohydrate, malondialdehyde content, cha, chb, total chlorophyll, carotenoid content, potassium, sodium content and sodium to potassium rate were measured.

Results and Discussion

Result showed that with increasing alkaline stress, decreased shoot and root height, shoot and root dry weight. A similar result had observed previously in sugar beet. Researches have indicated that plants respond to elevated NaHCO_3 concentrations in soil or in growing medium solution with decreased shoot and root growth. This could be due to either HCO_3^- or Na^+ . Many of the data test showed high pH as a key factor in limiting plant growth and development under alkaline conditions. 411 variety showed superiority compared to Sofeh cultivar in mentioned characteristics. Also, F_v/F_m and PI decreased under alkaline stress condition, whereas proline, total carbohydrate and malondialdehyde content increased. Also, the increases in proline and total carbohydrate content were reported in wheat under alkaline stress condition. Baghre and Roosta (2012) reported that F_v/F_m values and PI reduced under alkalinity stress.

In the present experiment, alkaline stress decreased cha, chb and total chlorophyll whereas it increased carotenoid content. Yang *et al.*, (2009a) concluded that in alkalinity stress, the contents of Chl and Car in the barley plants decreased sharply with increased stress in comparison to salinity stress. They also stated that high pH might decrease contents of photosynthetic pigments. Potassium content decreased under alkaline stress condition whereas sodium and sodium to potassium rate increased. Also, Zhang and Chun-Sheng (2009) reported that with increasing alkaline stress, potassium content decreased in *Lathyrus quinquenervius* whereas,

1- MSc Student of Agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

2- Assistant of Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Agriculture College, Vali-e-Asr University of Rafsanjan

(*- Corresponding Author Email: b.mahdavi@vru.ac.ir)

sodium content and sodium to potassium rate increase. In wheat stems, a decrease in potassium content and potassium to sodium rate and an increase in sodium content were also observed. A high-pH environment surrounding the roots can cause metal ions and phosphorus to precipitate, with loss of normal physiological functions of roots and destruction of root cell structure.

Conclusions

Result showed that alkaline stress decreased shoot and root height, shoot and root dry weight, whereas proline, total carbohydrate and malondialdehyde content increased. Also, with increasing alkaline stress F_v/F_m , PI, cha, chb, total chlorophyll and potassium content decreased whereas carotenoid content, sodium and sodium to potassium rate increased. 411 variety showed superiority compared to Sofeh cultivar in growth characteristics, cha, total chlorophyll. Also, both cultivars showed same reaction under alkaline stress.

Keywords: Ion content, Photosynthetic pigments, Proline, Stress



اثر تنش شوری بر صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نخود (*Cicer arietinum* L.) رقم آزاد

غلامرضا دره‌کی^{۱*} - غلامرضا زمانی^۲ - محمدحسن سیاری^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۳/۱۶

چکیده

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده‌ای است که باعث کاهش قابلیت تولید محصول و کاهش بهره‌وری گیاه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود. در گیاهان زراعی، شوری ضمن تأثیر منفی بر عملکرد و اجزاء عملکرد، بسیاری فرایندهای دخیل در رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. این تحقیق با هدف مطالعه صفات فیزیولوژیک، فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و عملکرد نخود رقم آزاد تحت تأثیر سطوح مختلف شوری، در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند در سال ۱۳۹۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار انجام شد. تیمارهای شوری خاک شامل ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری بر کلیه صفات اندازه‌گیری شده داشت. بر اساس نتایج این آزمایش شوری باعث افزایش اندکی در شاخص SPAD نخود شده و اثر منفی بر محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت‌ها و عملکرد دانه داشت. به‌طوری‌که بیش‌ترین سطح شوری این آزمایش موجب کاهش ۱۷/۷ درصدی RWC، افزایش ۲۷/۷۵ درصدی نشت الکترولیت‌ها و کاهش ۵۹/۸۳ درصدی عملکرد دانه در بوته نسبت به شاهد شد. همچنین شوری باعث افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت نخود شد. نتایج نشان داد افزایش شوری از یک به هفت دسی‌زیمنس بر متر موجب افزایش ۶۳/۷۹ درصدی فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) شد و در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر فعالیت کاتالاز کاهش یافت. فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD) تا شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۵۷/۲۲ درصد افزایش یافت، در شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر بدون تغییر ماند. در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر کاهش یافت. همچنین بیش‌ترین سطح شوری باعث افزایش ۷۵/۹۵ درصدی فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX) نسبت به شاهد شد. بیش‌ترین اثرات کاهنده شوری بر صفات اندازه‌گیری شده نخود در این آزمایش در محدوده شوری VdSm^{-1} مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کلروفیل، شوری خاک، کاتالاز، محتوای نسبی آب برگ، نشت الکترولیت‌ها

مقدمه

بسیاری از مناطق کشاورزی دنیا خصوصاً در آب و هوای خشک و نیمه‌خشک، از عوامل مهم محدودکننده استقرار و تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود. برآوردها حاکی از آن است که بیش از ۸۰۰ میلیون هکتار برابر با شش درصد زمین‌های جهان تحت تأثیر سطوح مختلف شوری بوده و حدود ۲۳ درصد از اراضی تحت کشت با مشکل شوری مواجه هستند (FAO, 2011). ایران جزء مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا محسوب می‌شود. در این مناطق مقدار کم و پراکنده بودن نزولات جوی و تبخیر زیاد سبب تجمع املاح در لایه سطحی خاک می‌شود (Kafi et al., 2011). شوری باعث ایجاد محدودیت‌های تغذیه‌ای از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیتрат و کلسیم، افزایش غلظت یونی درون سلولی و تنش اسمزی می‌گردد. در شرایط وقوع شوری، یون‌هایی مثل Na^+ و Cl^- ، به داخل لایه‌های هیدراسیونی پروتئین‌ها نفوذ کرده، سبب اختلال در کار این پروتئین‌ها می‌گردند. سمیت یونی، تنش اسمزی و کمبود مواد مغذی که در شرایط وقوع شوری رخ می‌دهد، سبب به‌هم خوردن توازن متابولیسی و در پی آن تنش

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده‌ای است که باعث کاهش قابلیت تولید محصول و کاهش بهره‌وری گیاه در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌شود. از مشخصه‌های یک خاک شور، سطوح سمی کلریدها و سولفات‌های سدیم می‌باشد. عوامل مسبب تنش شوری ممکن است زمین‌شناسی، اقلیمی و هیدرولوژیکی در طبیعت باشد (Ahmad et al., 2009). مساله شوری خاک در اثر آبیاری، زهکشی نامناسب، پیش‌روی دریا در مناطق ساحلی و تجمع نمک در نواحی بیابانی و نیمه‌بیابانی در حال افزایش است. شوری در

۱- دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد شناسایی و مبارزه با علف‌های‌هرز دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۲- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

۳- دانشیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه بیرجند

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

آسکوربات پراکسیداز می‌باشد. که می‌تواند رادیکال‌های اکسیژن فعال که در شرایط تنش تولید می‌شوند را از بین ببرند. آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از غشاهای در مقابل اثرات مخرب ROSها که در برابر تنش غیرزنده تولید می‌شود، محافظت می‌کنند و موجب مقاومت و پایداری گیاهان در برابر تنش‌هایی چون شوری می‌شوند (Tan et al., 2006; Mohammadkhani and Heidari, 2007). همچنین گزارش شده که اثر شوری بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت بر اساس ژنوتیپ گیاه، نوع نمک، غلظت نمک، مرحله رشد و شرایط محیطی تغییر می‌کند (Rezaei et al., 2006).

نخود گیاهی دو لپه، یکساله، متعلق به خانواده حبوبات Leguminosae می‌باشد. و با دارابودن سومین رتبه از نظر تولید در میان کل حبوبات، در آسیا، اروپا، استرالیا و شمال آمریکا کشت می‌شود (Roy et al., 2010). ایران با تولید بیش از ۲۰۰ هزار تن عملکرد دانه، جایگاه هفتم در کشت این محصول را دارد. نخود زراعی به واسطه‌ی دارابودن میزان بالای پروتئین (۱۸ تا ۳۰ درصد وزن خشک) نقش مهمی در برطرف کردن کمبود پروتئین دارد. در کشورهای در حال توسعه نخود مشابه با سایر حبوبات نقش مهمی در سیستم‌های کشت سنتی ایفا می‌کند. علاوه‌بر اهمیت این گیاه به‌عنوان یک منبع مهم تغذیه برای انسان و دام، این گیاه به‌ویژه در مدیریت حاصلخیزی خاک به‌ویژه در مناطق خشک کمک نماید (Sharma and Jodha, 1982). با این وجود مشخص شده که شوری می‌تواند عملکرد و کیفیت محصول نخود را حتی در ارقام متحمل به شوری کاهش دهد (Asha Dhingra, 2007). Kafi et al., 2011 در مطالعه‌ای که جهت بررسی تأثیر تنش شوری بر متغیرهای فیزیولوژیک ارقام نخود انجام دادند گزارش کردند، افزایش میزان کلرید سدیم موجب افزایش غلظت کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها در نخود شد. با این وجود، تنش شوری ناشی از کلرید سدیم تأثیر معنی‌داری بر نسبت کلروفیل a به کلروفیل b در ژنوتیپ‌های مختلف نداشت. Arefian et al., 2012 گزارش کردند، با افزایش شدت تنش، وزن تر همه ژنوتیپ‌های نخود کاهش یافت و با افزایش مدت زمان تنش، شدت کاهش وزن، بیشتر نیز شد. بررسی فرآیندهای فیزیولوژیک و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانت در پاسخ به تنش جهت مدیریت گیاه زراعی در شرایط شوری از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. این تحقیق با هدف مطالعه تأثیر سطوح مختلف شوری بر برخی صفات فیزیولوژیک و فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت و عملکرد نخود رقم آزاد، جهت کمک به توسعه کشت این گیاه در مواجهه با شرایط شور انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۹۲ در گلخانه تحقیقاتی دانشکده

اکسیداتیو می‌گردند. شوری بر انتقال و تسهیم عناصر در اندام‌های مختلف گیاه تأثیر می‌گذارد که این امر سبب افت کیفیت در اندام‌های رویشی و زایشی می‌گردد (Turan and Sezan, 2001). تنش شوری مانع رشد ریشه و ساقه شده و در غلظت کم شوری با کاهش رشد و عملکرد و در غلظت‌های بالا با قرار گرفتن در معرض شوری برای مدت طولانی منجر به مرگ گیاه می‌شود (Munns, 2005). شوری بر جنبه‌های مختلف رشد اثر گذاشته و موجب کاهش و به تأخیر افتادن جوانه‌زنی، کاهش رشد اندام‌های هوایی و کاهش تولید ماده خشک می‌گردد (Munns and Tester, 2008). در گزارش Kafi et al., 2012 آمده است افزایش تنش شوری موجب کاهش معنی‌دار عدد SPAD در برگ کوشیا (*Kochia scoparia*) شد. این کاهش با افزایش تنش شوری از تیمار شاهد به 20 dSm^{-1} و 40 dSm^{-1} به ترتیب ۴۰ و ۵۲ درصد بود. Arefian et al., 2012 گزارش کردند محتوای آب نسبی برگ (RWC) تمام ژنوتیپ‌های نخود (*Cicer arietinum* L.) در اثر تنش شوری کاهش داشت. Arzani, 2008 اظهار داشت که محتوای آب نسبی برگ از شاخص‌های مرتبط با فتوسنتز در گیاهان زراعی است که با عملکرد بالا ارتباط قوی داشت. نتایج مطالعات انجام شده در گندم (*Triticum aestivum*) و جو (*Hordeum vulgare*) توسط Munns et al., 2006 و Kafi et al., 2011 مشخص کردند با وجود این که در شرایط تنش شوری پتانسیل تورژانس تغییر نکرده ولی محتوای آب نسبی کاهش یافت. درصد رطوبت نسبی بافت‌ها از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی است که نشان‌دهنده وضعیت آبی گیاه می‌باشد. تنش شوری سبب تولید گونه‌های فعال اکسیژن می‌شود که نشت از غشاهای سلولی را به دنبال خواهد داشت (Summart et al., 2010). پایداری غشاء از جمله خصوصیات فیزیولوژیک است که تحت تأثیر تنش‌های محیطی قرار می‌گیرد. تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار درصد نشت الکترولیت‌ها از غشاهای در کلزا (*Brassica napus* L.) شد (Azari et al., 2012). Dehshiri et al., 2012 گزارش کردند که شوری باعث کاهش عملکرد دانه، محتوای آب نسبی برگ و افزایش نشت یونی غشاء، میزان کلروفیل کل برگ و فلورنس کلروفیل برگ در کلزا شد. تنش شوری مانند دیگر تنش‌های محیطی باعث تجمع گونه‌های فعال اکسیژن مانند سوپراکسید (O_2^-) و پراکسید هیدروژن (H_2O_2) و رادیکال هیدروکسیل ($\text{OH}^\bullet$) در سلول و آسیب رساندن به لیپیدهای غشاء، پروتئین‌ها و اسیدهای نوکلئیک می‌شود (Becana et al., 1998; Noctor and Foyer, 1998). آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت مهم‌ترین ترکیبات در سیستم‌های جاروب کردن اکسیژن‌های رادیکال آزاد (ROS) هستند. اولین راه دفاعی در برابر صدمات اکسیژن‌های رادیکال آزاد هستند. در گیاهان عالی سیستم جاروب کردن اکسیژن‌های رادیکال آزاد از چندین آنزیم آنتی‌اکسیدانت تشکیل شده است که شامل گلوکاتایون پراکسیداز، کاتالاز، سوپراکسیددیسموتاز و

کشاورزی دانشگاه بیرجند، در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سطوح شوری ۱، ۳، ۵، ۷ و ۹ دسی‌زیمنس بر متر، در چهار تکرار انجام شد. بافت خاک از نوع لومی شنی، PH معادل ۸/۰۹، هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برابر با یک دسی‌زیمنس بر متر و برای آبیاری از آب تصفیه شده با $Ec < 350 \mu S/cm$ استفاده شد. برای اعمال شوری خاک ابتدا درصد رطوبت اشباع خاک در آزمایشگاه تعیین، و سپس درصد رطوبت ظرفیت زراعی به دست آمد و مقدار نمک لازم از منبع کلرید سدیم برای رسیدن به سطوح شوری از معادله ۱ تأمین شد (Stephen, 2008).

$$TDS (mg L^{-1}) = Ec (dS m^{-1}) \times 640 \quad (۱)$$

بذر نخود رقم آزاد از ایستگاه تحقیقات کشاورزی شیروان تهیه و در هر گلدان تعداد هشت عدد بذر کشت و پس از تنک، چهار بوته باقی ماند. در طول مدت آزمایش آبیاری با توزین روزانه گلدان‌ها بر اساس درصد رطوبت ظرفیت زراعی با استفاده از آب تصفیه شده صورت گرفت. شرایط محیطی گلخانه در طول فصل رشد گیاهان کنترل شده و شامل طول روز ۱۶ و طول شب ۸ ساعت، رطوبت نسبی در محدوده ۵۵ تا ۷۵ درصد و دمای حدود $25^{\circ}C$ در روز و $15^{\circ}C$ در شب بود.

در اوایل گلدهی میزان سبزیگی^۱ (شاخص کلروفیل) برگ‌ها با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD-502) اندازه‌گیری شد. برای انجام این کار در هر گلدان از سه بوته و در هر بوته از برگ انتهایی کامل و توسعه یافته سه برگچه اندازه‌گیری و میانگین^۲ به دست آمده (۹ عدد) ثبت گردید. برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ نمونه برداری در اوایل گلدهی از آخرین برگ توسعه یافته انجام و بلافاصله وزن تر نمونه‌ها با ترازوی دارای دقت 0.0001 اندازه‌گیری شد. سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر قرار داده شد و پس از تمیز کردن با دستمال کاغذی وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری و این برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای $70^{\circ}C$ سانتری‌گراد در آون قرار گرفته و وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد. محتوای نسبی آب برگ بر اساس معادله ۲ محاسبه گردید (Ritchie and Nguyen 1990).

$$RWC = [(Fw - Dw) / (Sw - Dw)] \times 100 \quad (۲)$$

که در این رابطه Fw = وزن تر برگ، Dw = وزن خشک برگ و Sw = وزن اشباع برگ می‌باشد. برای اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها در اوایل گلدهی از آخرین برگ توسعه یافته تعداد پنج عدد پانچ تهیه و در $25^{\circ}C$ سی‌سی آب مقطر دی‌یونیزه قرار گرفت. نمونه‌ها به مدت سه ثانیه بهم زده شد و سپس EC آن با دستگاه EC متر اندازه‌گیری شد. بعد از گذشت ۱۲ ساعت مجدداً هدایت الکتریکی قرائت و میزان نشت الکترولیت‌ها گزارش گردید. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم‌های

آنتی‌اکسیدانت نمونه‌ها از آخرین برگ توسعه یافته در اوایل گلدهی تهیه و پس از انجماد در دمای $-80^{\circ}C$ نگهداری شد. برای اندازه‌گیری فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT) و سوپراکسید دیسموتاز (SOD) از روش Cakmak and Horst 1991 و برای سنجش فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (APX)، از روش Nakano and Asada, 1981 به شیوه اسپکتروفتومتری با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر مدل (CECil CE 3021) با کووت^۳ کوارتزی انجام شد. همچنین بعد از زرد شدن کامل، بوته‌ها غلاف‌ها برداشت و بعد از خشک شدن و رسیدن به رطوبت حدود ۱۲ درصد وزن دانه در بوته اندازه‌گیری و میانگین بوته‌ها در هر گلدان گزارش شد. پس از پایان آزمایش و اطمینان از نرمال بودن داده‌ها، تجزیه و تحلیل آن‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۸) انجام، و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح معنی‌داری پنج درصد انجام شد و اشکال با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم گردید.

نتایج و بحث

شاخص SPAD

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر شاخص SPAD در گیاه نخود داشت (جدول ۱). و مقایسه میانگین شاخص SPAD گیاه نخود در سطوح مختلف شوری بیانگر آنست که با افزایش شوری شاخص SPAD در گیاه نخود افزایش اندکی یافت (شکل ۱).

بر اساس این نتایج کمترین شاخص SPAD در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر و بیش‌ترین شاخص SPAD در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. افزایش شوری از یک به ۹ دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش ۵/۶۲ واحدی (۱۰/۴۸ درصدی) شاخص SPAD در نخود شد (شکل ۱) که این شاخص در نخود به ازای افزایش هر واحد شوری، به‌طور میانگین ۰/۷ واحد (۱/۳۱ درصد) افزایش یافته و بیش‌ترین اثرات مربوط به افزایش شوری از یک به سه دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۵/۸۲ درصد بود. در سطوح بالای شوری این افزایش بسیار ناچیز بود.

مطالعات نشان می‌دهد، که نخود، سورگوم (*Sorghum bicolor* L. Moench) و گندم در مراحل رشد رویشی و اوایل رشد زایشی به شوری حساس بوده و در مرحله گلدهی دارای حساسیت کمتر و در مرحله پُرشدن دانه کمترین حساسیت به شوری را دارند (Bernstein et al., 1993; Francois et al., 1394). بر این اساس اندازه‌گیری خصوصیات فیزیولوژیک نخود در مرحله‌ای از رشد که حساسیت بیشتری به شوری دارد، انجام شده است.

1- Chlorophyll Index (SPAD)

2- Average

3- Cuvet

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک گیاه نخود در سطوح متفاوت شوری
Table 1- Analysis of variance for Physiological traits in Chickpea at different levels of salinity

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS			
		شاخص SPAD SPAD index	محتوای نسبی آب برگ RWC	نشست الکترولیت ها Electrolyte leakage	عملکرد دانه Grain yield
Block بلوک	3	0.67 ^{ns}	^{ns} 4.26	2.28 ^{ns}	0.099^{ns}
Salinity شوری	4	22.31 ^{**}	144.02 ^{**}	46.18 ^{**}	5.59^{**}
Error خطا	12	1.33	6.04	3.32	0.082
C.V. ضریب تغییرات (درصد)		2.22	3.51	7.62	7.13

ns, * و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد
ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۶۲/۸۶ درصد بود. با افزایش شوری در کلیه سطوح درصد محتوای نسبی آب برگ نخود کاهش یافته به طوری که بیش‌ترین سطح شوری باعث کاهش ۱۷/۷ درصدی در این شاخص نسبت به شاهد شد. که به‌ازای افزایش هر واحد شوری، این شاخص در نخود به‌طور میانگین ۲/۲۱ درصد کاهش یافته و بیش‌ترین اثرات مربوط به افزایش شوری از پنج به هفت دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۸/۹۷ درصد بود.

در مطالعه‌ای که Arefian *et al.*, 2012 به‌منظور بررسی اثر تنش شوری بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک پنج ژنوتیپ مختلف نخود انجام دادند، گزارش کردند: در همه مراحل نمونه‌گیری میزان آب نسبی برگ تمام ژنوتیپ‌ها در اثر تنش شوری کاهش داشت؛ که با نتایج این آزمایش هم‌خوانی دارد. در گزارش آن‌ها آمده است در غلظت 12 dSm^{-1} کمترین مقدار و بیش‌ترین میزان کاهش نسبت به شاهد در هفته دوم به‌ترتیب مربوط به ژنوتیپ‌های MCC544 (۱/۱۸ برابر) و MCC806 (۱/۹۲ برابر کاهش) بود. در هفته سوم و چهارم ژنوتیپ‌های MCC760 (۱/۸۵ و ۳/۱ برابر کاهش) و MCC806 (۳/۴۱ و ۴/۶ برابر کاهش) کمترین مقدار و بیش‌ترین میزان کاهش را داشتند. بنابراین ژنوتیپ‌های MCC760 و MCC544 (بر خلاف ژنوتیپ MCC806) با توانایی حفظ آب بیشتر در شرایط شوری و تبخیر کمتر، بیش‌ترین تحمل را به تنش شوری داشتند. نتایج بسیاری از تحقیقات نشان‌دهنده هم‌بستگی معنی‌دار بین تحمل به شوری و میزان آب نسبی (RWC) و پتانسیل آب گیاه می‌باشد (Sairam *et al.*, 2002; Borzouei *et al.*, 2012). همچنین Stroehrer *et al.*, 1995 کاهش بیشتر میزان RWC را در کلزا نسبت به خردل (*Sinapis arvensis* L.) در اثر افزایش شوری گزارش کرده‌اند. بنابراین، همان‌طور که Sinclair and Ludlow, 1985 نیز اعلام کردند، درصد رطوبت نسبی بافت‌ها از مهم‌ترین مؤلفه‌هایی است که نشان‌دهنده وضعیت آبی گیاه می‌باشد. آن‌ها

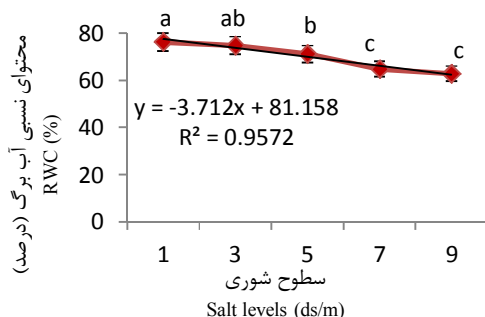
Kafi *et al.*, 2011 گزارش کردند، افزایش شوری موجب افزایش غلظت کلروفیل a و b و کاروتنوئیدها در نخود شد و بیش‌ترین غلظت رنگدانه کلروفیل a و b در تیمار شاهد و تنش شوری 12 dSm^{-1} مربوط به ژنوتیپ MCC674 بود. Zibai *et al.*, 2012 گزارش کردند شوری اثر معنی‌داری بر عدد SPAD در گلرنگ (*Carthamus tinctorius*) رقم گلدشت داشت. به‌طور ی‌که با کاربرد سطوح شوری ۸، ۱۶ و ۲۴ دسی‌زیمنس بر متر، عدد SPAD به‌ترتیب ۰/۷، ۱/۷ و ۱۷ درصد نسبت به شاهد کاهش نشان‌داد. و بین تیمار شاهد و سطوح شوری ۸ و ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر تفاوت معنی‌دار نبود. این به‌ویژه دلیلی بر پایداری میزان کلروفیل تا آستانه معینی از شوری باشد. در این آزمایش با افزایش شوری به‌طور محدودی شاخص SPAD در نخود افزایش یافت. در شرایط تنش شوری، گیاه برای مقابله با تنش سطح برگ خود را کاهش می‌دهد که باعث ضخیم شدن برگ‌ها، تجمع بیشتر کلروپلاست در واحد سطح برگ و افزایش محتوای کلروفیل برگ شده که نتیجه آن تیره‌شدن برگ و افزایش شاخص SPAD می‌شود (Misra *et al.*, 1977). البته افزایش شاخص SPAD در شرایط تنش شوری بیشتر در گیاهان متحمل به شوری گزارش شده است.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

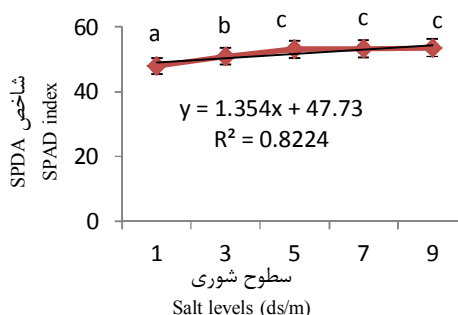
نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان‌داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری ($p < 0.01$) بر درصد محتوای نسبی آب برگ در گیاه نخود داشت (جدول ۱). مقایسه میانگین درصد محتوای نسبی آب برگ گیاه نخود در سطوح مختلف شوری نشان‌داد که با افزایش شوری درصد محتوای نسبی آب برگ گیاه نخود کاهش یافت (شکل ۱).

بررسی نتایج مقایسات میانگین محتوای نسبی آب برگ گیاه نخود نشان‌داد که بیش‌ترین درصد محتوای نسبی آب برگ در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر و کمترین درصد محتوای نسبی آب برگ در

نتایج مطالعات انجام شده در گندم و جو توسط Munns *et al.*, 2006 و در نخود توسط Kafi *et al.*, 2011 مشخص کردند، با وجود این که در شرایط تنش شوری پتانسیل تورژسانس تغییر نکرده ولی محتوای آب نسبی کاهش یافت. البته در گیاهان مقاوم به شوری؛ آستانه کاهش محتوای نسبی آب برگ بسیار بالاتر از گیاهان حساس به شوری است.



گزارش کردند تیمار شوری نیز بر RWC تأثیر معنی داری داشت و میانگین این صفت در شوری های ۱۰ و ۱۲ دسی زیمنس بر متر کاهش معنی داری با شاهد نشان داد. Kafi *et al.*, 2012 گزارش کردند، میزان محتوای نسبی آب برگ کوشیا با افزایش شوری تا 20 dSm^{-1} کلرید سدیم بدون تغییر ثابت ماند و رسیدن سطح تنش به 40 dSm^{-1} موجب کاهش ۴/۴ درصد در میزان محتوای نسبی آب برگ در کوشیا شد. محتوای آب نسبی برگ از شاخص های مرتبط با فتوسنتز در گیاهان زراعی است که با فتوسنتز و عملکرد بالا ارتباط قوی دارد.



شکل ۱- اثر سطوح مختلف شوری بر شاخص SPAD (سمت راست) و محتوای نسبی آب برگ (سمت چپ) در گیاه نخود

Figure 1- Effect of different levels of salinity on SPAD and RWC of Chickpea

(خطوط عمودی بالای هر ستون نشان دهنده خطای استاندارد از میانگین و حروف نتایج آزمون LSD ($P < 0.05$) است)

Values are means of four replicates $\pm$ SE. and letters LSD test results ($P < 0.05$)

هیدروژن و پراکسیداسیون لیپیدها در اثر شوری موجب کاهش پایداری غشاء در گیاهان می گردد (Farooq and Azam, 2006). تنش شوری سبب تولید گونه های فعال اکسیژن می شود که نشت از غشاء های سلولی را به دنبال خواهد داشت (Summart *et al.*, 2010). افزایش نشت یونی غشاء و کاهش محتوای آب نسبی با افزایش سطح شوری و در نتیجه خشکی فیزیولوژیک حاصل از آن در برخی آزمایش ها روی ارقام آفتابگردان (*Helianthus annuus*) گزارش شده است (Shi and Sheng, 2004). Jome Bidokhti, 2014. گزارش کردند، نشت الکترولیت ها در نخود با افزایش شوری به صورت خطی افزایش داشت. به طوری که بیش ترین میزان نشت الکترولیت ها در بالاترین سطح شوری رخ داد. Azari *et al.*, 2012 نیز گزارش کردند تنش شوری باعث افزایش معنی دار درصد نشت الکترولیت ها از غشاء ها در کلزا گونه (*Brassica napus*) شد. Dehshiri *et al.*, 2012 بیان کردند شوری باعث کاهش عملکرد دانه، محتوای آب نسبی برگ و افزایش نشت یونی غشاء، میزان کلروفیل کل برگ و فلورسنس کلروفیل برگ در کلزا شد. این گزارشات با نتایج حاصل شده از این آزمایش همخوانی دارد. همچنین Askary *et al.*, 2013 گزارش کردند شوری بر میزان تراوش یونی غشاء در برگ ذرت (*Zea mays* L. اثر معنی داری در سطح ($p < 0.01$) داشت به طوری که

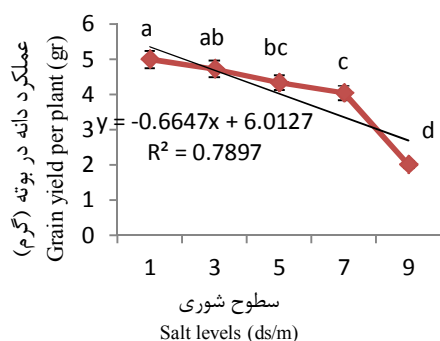
نشت الکترولیت ها

نتایج تجزیه واریانس داده های این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی داری ($p < 0.01$) بر نشت الکترولیت ها در گیاه نخود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین نشت الکترولیت های گیاه نخود در سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری نشت الکترولیت ها در گیاه نخود افزایش یافت (شکل ۲). کمترین نشت الکترولیت ها در شوری یک دسی زیمنس بر متر و بیش ترین نشت الکترولیت ها در شوری ۹ دسی زیمنس بر متر بود. در کلیه سطوح شوری این شاخص در نخود افزایش یافته به طوری که شوری ۹ دسی زیمنس بر متر باعث افزایش ۲۷/۷۵ درصدی نشت الکترولیت ها نسبت به شاهد شد (شکل ۲)، که به ازای افزایش هر واحد شوری این شاخص در نخود به طور میانگین ۳/۴۶ درصد افزایش یافته و بیش ترین اثرات مربوط به افزایش شوری از هفت به ۹ دسی زیمنس بر متر به مقدار ۱۹/۵۸ درصد بود.

اثر آسیب وارده بر غشاء سیتوپلاسمی در اثر تنش باعث می شود که محتویات سلول آن ها به بیرون تراوش کند، که مقدار این آسیب را می توان با اندازه گیری مقدار نشت یونی تعیین نمود (Jabari *et al.*, 2006). پایداری غشاء از جمله خصوصیات فیزیولوژیک است که تحت تأثیر تنش های محیطی قرار می گیرد. افزایش تجمع پراکسید

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری ($P < 0.01$) بر عملکرد دانه در گیاه نخود داشت (جدول ۱). نتایج مقایسه میانگین عملکرد دانه در بوته گیاه نخود در سطوح مختلف شوری نشان داد، با افزایش شوری مقدار عملکرد دانه در بوته گیاه نخود کاهش یافت (شکل ۲).



شکل ۲- اثر سطوح مختلف شوری بر نشت الکترولیت‌ها و عملکرد دانه در بوته گیاه نخود

Figure 2- Effect of different levels of salinity on Electrolyte leakage and Grain yield per plant of Chickpea

(خطوط عمودی بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین و حروف نتایج آزمون LSD، ($P < 0.05$) است)

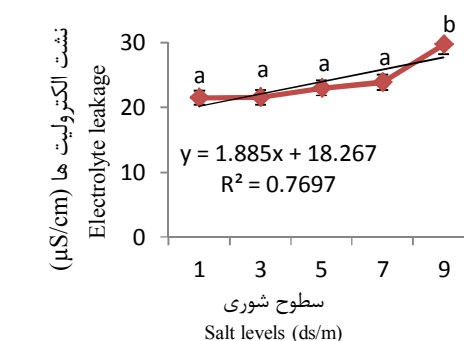
Values are means of four replicates $\pm$ SE. and letters LSD test results ($P < 0.05$)

رقم جو نشان می‌دهد که با افزایش سطوح شوری، عملکرد و اجزای عملکرد به‌طور بسیار معنی‌داری کاهش یافت. Grattan and Grive, 1998 نیز در مطالعات خود گزارش کردند که عوامل مختلف ایجاد شده تحت تنش شوری باعث کاهش تعداد گل، تعداد غلاف، تعداد تخمک‌های بارور شده و تولید بذور سالم و در نتیجه تعداد دانه در غلاف و وزن ۱۰۰۰ دانه و در نهایت کاهش عملکرد شده است. نتایج این آزمایش مطابق با یافته‌های Sharma *et al*, 1984 می‌باشد. نتایج تحقیقات Francois *et al*, 1994 نشان داد که بیش‌ترین تأثیر شوری بر عملکرد دانه گندم از طریق تغییر در وزن ۱۰۰۰ دانه بود. کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه به‌ویژه به‌علت کاهش طول پُرشدن دانه در تیمارهای تحت شوری و نیز به‌علت کاهش سنتز مواد گیاهی باشد (Francois *et al.*, 1994). هم‌چنین تغییر مسیر اختصاص مواد فتوسنتزی به ریشه‌ها جهت مقابله با شوری نیز به‌ویژه دلیل دیگری بر کاهش وزن خشک دانه‌ها باشد. تأثیر تنش شوری بر وزن دانه‌ها، به زمان اعمال تنش و غلظت نمک در محیط رشد بستگی دارد، به‌طوری که اعمال تنش در مراحل اولیه نمو گیاه، به‌علت کوتاه‌شدن دوره پُرشدن دانه، تأثیر بیشتری بر کاهش وزن در هر دانه می‌گذارد.

فعالیت آنزیم کاتالاز (CAT)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که سطوح

نشت یونی با افزایش شوری افزایش پیدا کرد و شاخص پایداری غشاء نیز تحت تأثیر شوری قرار گرفت. در این آزمایش بیش‌ترین میزان پایداری غشاء مربوط به کمترین سطح شوری بود و کمترین میزان پایداری غشاء در شرایط تنش شدید مشاهده گردید. پژوهش به عمل آمده توسط Jabar *et al.*, 2006 بر روی گندم نشان داد ارقامی که نشت یونی کمتری دارند، به شوری متحمل‌ترند.



بر اساس نتایج این آزمایش بیش‌ترین مقدار عملکرد دانه در بوته نخود در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر و کمترین مقدار عملکرد دانه در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. بر اساس این نتایج در کلیه سطوح شوری عملکرد دانه نخود کاهش یافت. اگرچه افزایش شوری از یک تا هفت دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش اندکی در عملکرد دانه نخود شد، ولی شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش ۵۹/۸۳ درصدی در عملکرد دانه نسبت به شاهد شد. که به‌ازای افزایش هر واحد شوری عملکرد دانه نخود به‌طور میانگین ۷/۴۷ درصد کاهش یافته و بیش‌ترین اثرات مربوط به افزایش شوری از هفت به ۹ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۵۰/۴۹ درصد بود. بنابراین گزارش‌های اعلام شده تنش شوری باعث کاهش شاخص‌های رشد در گیاه نخود (Jome Bidokhti, 2014) ذرت (Momeni *et al.*, 2012)، عدس (*Lens culinaris*) (Bandeoglu *et al.*, 2004) و جو (*Hordeum vulgare*) (El-Tayeb, 2005) شده است. Sadikia and Rabihi, 2001 گزارش کردند تنش شوری باعث کاهش تعداد گل و غلاف در شش نوع ژنوتیپ نخود شد. دلیل اصلی این کاهش و کاهش تعداد و وزن دانه‌ها نیز کاهش در فتوسنتز، متابولیسم نیتروژن و متابولیسم کربن تحت شرایط تنش شوری گزارش شده است. در آزمایش Ahmad *et al*, 2005 بر روی شش واریته گندم نیز، شوری سبب کاهش معنی‌دار در تعداد کل سنبله‌ها شد. نتایج مطالعه دیگری در دو

مختلف شوری اثر معنی داری ($p < 0.01$) بر فعالیت آنزیم کاتالاز در گیاه نخود داشت (جدول ۲).

جدول ۲- تجزیه واریانس فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدانت گیاه نخود در سطوح متفاوت شوری

Table 2- Analysis of variance for antioxidant enzymes activity in Chickpea at different levels of salinity

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS		
		کاتالاز (CAT)	سوپراکسید دیسموتاز (SOD)	آسکوربات پراکسیداز (APX)
Block بلوک	3	12.64 ^{ns}	2.58 ^{ns}	16.47 ^{ns}
Salinity شوری	4	556.4 ^{**}	225.42 ^{**}	1014.78 ^{**}
Error خطا	12	24.8	5.16	19.97
C.V. ضریب تغییرات (درصد)		16.24	9.06	17.42

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

ns, * and **: Not significant, significant at 5% and 1% levels of probability, respectively.

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی داری ($p < 0.01$) بر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در گیاه نخود داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز نخود در سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری فعالیت این آنزیم تا شوری 5 dSm^{-1} افزایش، در شوری 7 dSm^{-1} بدون تغییر و در شوری 9 dSm^{-1} کاهش یافت (شکل ۳).

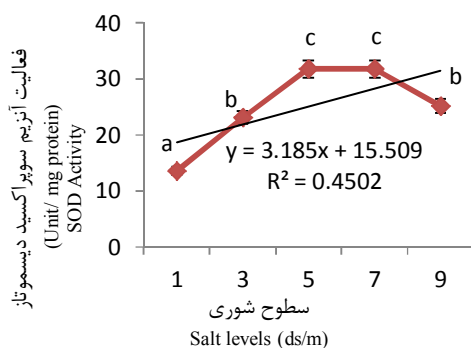
کمترین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر و حداکثر فعالیت آنزیم در شوری پنج دسی‌زیمنس بر متر، باعث افزایش $57/27$ درصدی در این شاخص نسبت به شاهد شد. که به‌ازای افزایش هر واحد شوری فعالیت این آنزیم در نخود به‌طور میانگین $14/31$ درصد افزایش یافت. با افزایش شوری از پنج به هفت دسی‌زیمنس بر متر در فعالیت آنزیم تفاوتی مشاهده نشد و در شوری 9 دسی‌زیمنس بر متر فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز شوری $20/69$ درصد نسبت به شوری 7 dSm^{-1} کاهش یافت.

این آنزیم توانایی تبدیل یون‌های سوپراکسید را به اکسیژن و پراکسید هیدروژن دارد. سوپراکسید دیسموتاز به‌عنوان اولین خط دفاعی سوپراکسید را تبدیل به پراکسید هیدروژن می‌کند. این آنزیم در چرخه گلی‌اکسالات فعال است (Douce et al., 2001). سم‌زدایی پراکسید هیدروژن به‌وسیله آسکوربات پراکسیداز، تیورو دوکسین پراکسیداز، گلو تاتیون پراکسیداز و کاتالاز تکمیل می‌شود (Mehlhorn et al., 1996). افزایش فعالیت این آنزیم در بسیاری از گیاهان گزارش شده است. نتایج این آزمایش با یافته‌های Chamaani et al., 2012 و Borzouei et al., 2012 در گندم، Gossett et al., 1994 و Rezaei et al., 2006 در پنبه و Esfandiari et al., 2013 در برگ *Gossypium hirsutum* و Demiral and Turkan, 2013 در برگ *Lathyrus sativus* (Rodriguez et al., 1999) در گوجه‌فرنگی و Habibollahi et al., 2012 در برنج (*Oryza sativa*)، Chamaani et al., 2012 و Momeni et al., 2012 در ذرت مشابهت دارد. با اعمال تنش شوری در گندم، بر میزان آنزیم کاتالاز تفاوت آماری معنی دار در سطح ($p < 0.01$) مشاهده شد. به‌طوری که میزان آنزیم کاتالاز در تنش شوری 150 میلی‌مولار نسبت به 75 میلی‌مولار $25/9$ درصد و نسبت به شاهد $78/8$ درصد افزایش یافت (Chamaani et al., 2012). Habibollahi et al., 2012 گزارش کردند که شوری باعث افزایش معنی دار فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم زاینده‌رود برنج می‌شود، در حالی که تأثیری بر فعالیت این آنزیم در رقم خزر ندارد. Esfandiari et al., 2013 گزارش کردند، در ارقام کوه‌دشت، پیشتاز و MV17 گندم فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد کاهش معنی داری نشان داد؛ اما در رقم ایزنگران بر اثر شوری فعالیت آسکوربات پراکسیداز افزایش و فعالیت کاتالاز کاهش یافت که با کاهش فعالیت کاتالاز در نخود در این آزمایش در شوری بالا هم‌خوانی دارد.

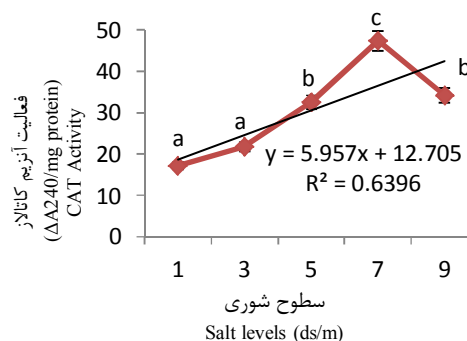
فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

مقایسه میانگین فعالیت آنزیم کاتالاز در نخود در سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری فعالیت این آنزیم تا شوری 7 dSm^{-1} افزایش و در شوری 9 dSm^{-1} کاهش یافت (شکل ۳). به‌طوری که شوری هفت دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش $63/79$ درصدی در این شاخص نسبت به شاهد شد. که به‌ازای افزایش هر واحد شوری این شاخص در نخود به‌طور میانگین $10/63$ درصد افزایش یافته و بیش‌ترین اثرات مربوط به افزایش شوری از سه به پنج دسی‌زیمنس بر متر به مقدار $33/78$ درصد بود. نتایج این آزمایش با گزارش Esfandiari et al., 2010 در برگ خلر (*Lathyrus sativus*)، Rodriguez et al., 1999 در گوجه‌فرنگی (*Solanum lycopersicum*)، Habibollahi et al., 2012 در برنج (*Oryza sativa*)، Chamaani et al., 2012 و Momeni et al., 2012 در ذرت مشابهت دارد. با اعمال تنش شوری در گندم، بر میزان آنزیم کاتالاز تفاوت آماری معنی دار در سطح ($p < 0.01$) مشاهده شد. به‌طوری که میزان آنزیم کاتالاز در تنش شوری 150 میلی‌مولار نسبت به 75 میلی‌مولار $25/9$ درصد و نسبت به شاهد $78/8$ درصد افزایش یافت (Chamaani et al., 2012). Habibollahi et al., 2012 گزارش کردند که شوری باعث افزایش معنی دار فعالیت آنزیم کاتالاز در رقم زاینده‌رود برنج می‌شود، در حالی که تأثیری بر فعالیت این آنزیم در رقم خزر ندارد. Esfandiari et al., 2013 گزارش کردند، در ارقام کوه‌دشت، پیشتاز و MV17 گندم فعالیت آنزیم‌های آسکوربات پراکسیداز و کاتالاز در شرایط تنش شوری نسبت به شاهد کاهش معنی داری نشان داد؛ اما در رقم ایزنگران بر اثر شوری فعالیت آسکوربات پراکسیداز افزایش و فعالیت کاتالاز کاهش یافت که با کاهش فعالیت کاتالاز در نخود در این آزمایش در شوری بالا هم‌خوانی دارد.

فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت در رقم تجن منجر به کاهش توانایی گیاه جهت تحمل صدمات ناشی از تنش شوری می‌گردد. به‌نظر می‌رسد، این موضوع در مورد نخود هم رخ داده و با افزایش شوری روند افزایش فعالیت آنزیم‌ها اتفاق نیافته است.



2005 که امکان کاهش فعالیت این آنزیم در شرایط شوری نیز وجود دارد هم مشابهت دارد. Borzouei *et al.*, 2012 گزارش کردند تأثیر غلظت‌های مختلف نمک بر میزان فعالیت آنزیم مذکور افزایشی بود، به‌نحوی که حداکثر فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در شوری ۱۲ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد که این مقدار ۲۱/۰۶ درصد بیشتر از شاهد بود. همچنین آن‌ها گزارش کردند، عدم افزایش کافی در



شکل ۳- اثر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم کاتالاز و سوپراکسیددیسموتاز در گیاه نخود
 Figure 3- Effect of different levels of salinity on Enzyme activity CAT and SOD of Chickpea
 (خطوط عمودی بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین و حروف نتایج آزمون LSD, $P < 0.05$) است است)
 Values are means of four replicates $\pm$ SE. and letters LSD test results ($P < 0.05$)

شوری یک دسی‌زیمنس بر متر و بیش‌ترین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر بود. به‌طوری‌که شوری ۹ دسی‌زیمنس بر متر باعث افزایش ۷۵/۹۵ درصدی در این شاخص نسبت به شاهد شد. که به‌ازای افزایش هر واحد شوری این شاخص در نخود به‌طور میانگین ۹/۴۹ درصد افزایش یافته و بیش‌ترین اثرات مربوط به افزایش شوری از هفت به ۹ دسی‌زیمنس بر متر به مقدار ۵۱/۰۱ درصد بود.

یکی از آنتی‌اکسیدانت‌های آنزیمی مهم در گیاهان آسکوربات‌پراکسیداز می‌باشد (Khan and Singh, 2008). وظیفه این آنزیم سم‌زدایی H_2O_2 با کمک آسکوربیک‌اسید است (Tuteja and Gill, 2010). افزایش فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در شرایط تنش شوری در مطالعات متعددی گزارش شده است. نتایج این آزمایش با یافته‌های Demiral and Turkan, 2005 و Moradi and Abdelbaghi, 2007 در برنج، Bor *et al.*, 2003 در چغندر قند (*Lactuca sativa*) و Momeni *et al.*, 2012 در ذرت مشابهت دارد. افزایش فعالیت این آنزیم در ژنوتیپ‌های متحمل آن‌ها را قادر می‌سازد تا خودشان را در برابر تنش اکسیداتیو محافظت نمایند. در حالی‌که در ژنوتیپ‌های حساس این افزایش ناچیز و تنها به‌صورت جزئی معنی‌دار بود (Rasoolnia *et al.*, 2012). APX‌گرایش بسیار بالایی به H_2O_2 دارد (در حد میکرومولار)، لذا در مدیریت ROS‌های ایجاد

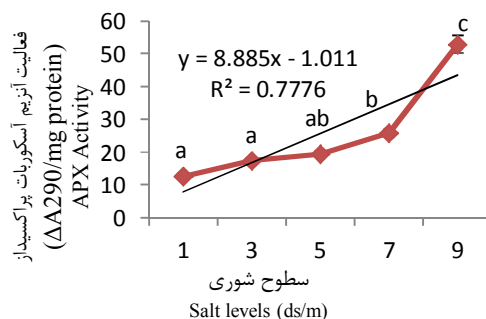
گزارش Chamaani *et al.*, 2012 نشان‌داد با اعمال تنش شوری در گندم بر میزان فعالیت آنزیم سوپراکسیددیسموتاز تفاوت آماری معنی‌دار در سطح $(p < 0.01)$ مشاهده شد. به‌طوری‌که آنزیم سوپراکسیددیسموتاز در تنش شوری ۱۵۰ میلی‌مولار نسبت به ۷۵ میلی‌مولار ۳۵/۳ درصد و نسبت به شاهد ۱۰۷/۲ درصد افزایش یافت. نتایج نشان‌داد که فعالیت این آنزیم در شرایط تنش شوری نسبت به عدم اعمال تنش بیشتر می‌شود که دلیل آن عدم توانایی استفاده از آب به‌دلیل تنش شوری است. افزایش فعالیت آنزیم در مراحل اولیه دال بر این نظریه است که در اثر اعمال تنش محدودیت‌های غیر روزه‌های عامل اصلی کاهش فتوسنتز بوده و در نتیجه افزایش فعالیت در آنزیم SOD میزان رادیکال سوپراکسید را در سطح پائین‌تری نگه داشته و موجب کاهش صدمات اکسیداتیو ایجاد شده ناشی از تنش شوری می‌گردد (Borzouei *et al.*, 2012).

فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز (APX)

نتایج تجزیه واریانس داده‌های این آزمایش نشان‌داد که سطوح مختلف شوری اثر معنی‌داری $(p < 0.01)$ بر فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز در گیاه نخود داشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز نخود در سطوح مختلف شوری نشان‌داد که با افزایش شوری فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز گیاه نخود افزایش یافت (شکل ۴). کمترین فعالیت این آنزیم در

آن با افزایش فعالیت CAT و سایر پراکسیدازها با تنش اکسیداتیو مقابله می‌شود (Munns, 2005).

شده، نقش محوری‌تری نسبت به CAT و SOD دارد (Tuteja and Gill, 2010). با افزایش فعالیت APX و در نتیجه فعال شدن چرخه آسکوربات-گلوتاتیون و جاروب‌کننده‌های پراکسید هیدروژن و به دنبال



شکل ۴- اثر سطوح مختلف شوری بر فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در گیاه نخود

Figure 4- Effect of different levels of salinity on Enzyme activity APX of Chickpea

(خطوط عمودی بالای هر ستون نشان‌دهنده خطای استاندارد از میانگین و حروف نتایج آزمون LSD، $P < 0.05$) است

Values are means of four replicates $\pm$ SE. and letters LSD test results ($P < 0.05$)

شد. مطالعه وضعیت فعالیت آنتی اکسیدانت‌ها بیان‌گر آن‌است که با افزایش شدت تنش این ترکیبات افزایش می‌یابند که به نظر می‌رسد، در مقابله با اثرات سوء شوری و حفظ تولید مؤثر باشند و کاهش فعالیت آن‌ها باعث تشدید اثرات تنش شوری در گیاه می‌شود. در مجموع با اعمال این سطوح از تنش شوری مشخص شد که نخود گیاهی نسبتاً حساس به شوری بوده و اثرات سوء اعمال تنش شوری بالاتر از هفت دسی‌زیمنس بر متر در نخود رقم آزاد قابل توجه بود.

نتیجه‌گیری

در مجموع با بررسی اثر سطوح مختلف شوری بر صفات اندازه‌گیری شده مشاهده گردید، شوری اثر قابل توجهی بر شاخص SPAD در نخود نداشت. ولی تنش شوری اثر منفی بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه نخود داشته و عملکرد دانه را کاهش داد. همچنین موجب افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت از قبیل کاتالاز (CAT)، سوپراکسید دیسموتاز (SOD) و آسکوربات پراکسیداز (APX)

References

- Ahmad, M., Niazi, B. H., and Athar, M. 2005. Varietals difference in agronomic performance of six wheat varieties grown under saline field environment. *International Journal of Science and Technology* 2(1): 49-57.
- Ahmad, P., Jaleel, C., Azooz, M., and Gowher, N. 2009. Generation of ROS and non-enzymatic antioxidants during abiotic stress in plants. *Botany Research International* 2: 11-20.
- Arefian, M., Vesal, S., Bagheri, A., and Ganjeali A. 2012. Evaluation of some morpho-physiological characteristics of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) Under Salt Stress. 1th National Conference on Plant Stress (Abiotic), 31 Oct. - 1 Nov. 2012. University of Isfahan.
- Arzani, A. 2008. Improving salinity tolerance in crop plants: biotechnology view. *In vitro Cellular and Development Biology Plant* 44(5): 373-383.
- Asha Dhingra, H.R. 2007. Salinity mediated changes in yield and nutritive value of Chickpea (*Cicer arietinum* L.) seeds. *Indian Journal of plant physiology* 12(3): 271-275.
- Askary, M., Maghsoudi Moud, A. A., and Saffari, V.R. 2013. Investigation of some physiological characteristics and grain yield of Corn (*Zea mays* L.) hybrids under salinity stress. *Journal of Crop Production and Processing* 9(3): 93-103. (In Persian with English Abstract).
- Azari, A., Modares Sanavi, S. A. M., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A. M., and Alizadeh B. 2012. Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica napus* and *B. rapa*). *Iranian Journal of Crop Sciences* 14(2): 121-135. (In Persian with English Abstract).
- Bandeoglu, E., Egidogan, F., Yucel, M., and Avni Oktm, H. 2004. Antioxidant responses of shoots and roots of lentil to NaCl-salinity stress. *Plant Growth Regulation* 42: 69-77.
- Becana, M., Moran, J. F., and Iturbe-Ormaetxe, I. 1998. Iron dependent oxygen free radical generation in plants subjected to environmental stress: toxicity and antioxidant protection. *Plant and Soil* 201: 137-147.

10. Bernstein, N., Silk, W. K., and Lauchli, A. L. 1993. Growth and development of sorghum leaves under conditions of NaCl stress. *Planta* 191: 433-439.
11. Bor, M., Özdemir, F., and Türkan, I. 2003. The effect of salt stress on lipid peroxidation and antioxidants in leaves of sugar beet *Beta vulgaris* L. and wild beet (*Beta maritima* L.). *Plant Science* 164: 77-84.
12. Borzouei, A., Kafi, M., Khazaei, H., Khorasani, A., and Majdabadi, A. 2012. The Study of Physiological Characteristics and Enzyme Superoxide Dismutase Activity in Two Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars at Different Growth Stages under Irrigation Water Salinity. *Iranian Journal of Field Crops Research* 9(2): 190-201. (In Persian with English Abstract).
13. Cakmak I., and Horst W.J. 1991. Effect of aluminum on lipid peroxidation, superoxide dismutase, catalase, and peroxidase activities in root tips of soybean (*Glycine max*). *Physiologia Plantarum* 83: 463-468.
14. Chamaani, F., Habibi, D., Khodabandeh, N., Davoodifard, M., and Asgharzadeh, A. 2012. Effects of salinity stress on growth and antioxidant enzyme activity of wheat inoculated with plant growth promoting bacteria (*Azotobacter chroococcum*, *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonase putida*) and humic acid. *Journal of Agronomy and Plant Breeding* 8(2): 39-55. (In Persian with English Abstract).
15. Dehshiri, A., Modares Sanavi, M., Rezai, H., and Shirani Rad A. 2012. Effect of elevated concentration of atmospheric carbon dioxide on some traits of three rapeseed (*Brassica napus* L.) varieties under saline conditions. *Seed and Plant Production Journal* 28(2): 35-52.
16. Demiral, T., and Turkan, I. 2005. Comparative lipid peroxidation, antioxidant defense systems and proline content in roots of two rice cultivars differing in salt tolerance. *Environmental and Experimental Botany* 53: 247-257.
17. Douce, R., Bourguignon, J., Neuburger, M., and Rebeille, F. 2001. The glycine decarboxylase system a fascinating complex. *Trends Plant Science* 6: 167-176.
18. El-Tayeb, M.A. 2005. Response of barley grain to the interactive effect of salinity and salicylic acid. *Plant Growth Regulation* 42: 215-224.
19. Esfandiari, E., Abbasi, A., Enayati, W., and Mosavi, S.B. 2010. Different Behavior of Root and Leaf in Grass Pea Landraces in Response to Oxidative Stress Caused by Salinity. *Sustainable Agriculture and Production Science* 20(4): 65-75. (In Persian with English Abstract).
20. Esfandiari, E., Javadi, A., and Shokrpour, M. 2013. Evaluation of some of biochemical and physiological traits in wheat cultivars in response to salinity stress at seedling stage. *Crops Improvement* 15(1): 27-38. (In Persian with English Abstract).
21. FAO., 2011. Land and plant nutrition management service. Available on line at: <http://www.fao.org/ag/agl/agll/spush>. Accessed 25 November 2011.
22. Farooq, S., and Azam, F. 2006. The use of cell membrane stability (CMS) technique to screen for salt tolerant wheat varieties. *Journal of Plant Physiology* 163: 629-637.
23. 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: 100-107.
24. Gossett, D.R., Millhollon, E.P., and Cran-Lucas, M. 1994. Antioxidant response to NaCl stress in salt-tolerant and salt-sensitive cultivars of cotton. *Crop Science* 34: 706-714.
25. Grattan, D.R., and Grive, C.M. 1998. Salinity-mineral nutrient relations in horticultural crops. *Scientia Horticulturae* 78: 127-157.
26. Habibollahi, N., Mahdihyeh, M., and Amirjani, M.R. 2012. Effect of salt stress on growth, proline, antioxidant enzyme activity and photosystem II efficiency in salt-sensitive and-tolerant rice cultivars. *Journal of Plant Biology* 13: 85-96. (In Persian with English Abstract).
27. Han, H.S., and Lee, K.D. 2005. Plant growth promoting rhizobacteria effect on antioxidant status, photosynthesis, mineral uptake and growth of Lettuce under soil salinity. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences* 1 (3): 210-215.
28. Jabari, F., Ahmadi A., and Poustini, K. 2006. Relationships between anti-oxidant enzyme activates and chlorophyll content of different wheat cultivars. *Journal of Agricultural Science* 37(1): 307-316.
29. Jome Bidokhti, E. 2014. Investigation on growth characteristics, grain yield and yield components of some varieties Chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salinity stresses. MSc Thesis in agronomy, Faculty of Agriculture University of Birjand (In Persian).
30. Kafi, M., Bagheri, A., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M., and Masomi, A. 2011. Effect of salinity on some physiological variables of 11 chickpea genotypes under hydroponic conditions. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture* 4(1): 55-69. (In Persian with English Abstract).
31. Kafi, M., Nabati, J., Zare Mehrjerdi, M., Goldani, M., Khaninejad, S., Keshmiri, E., and Norooziyan, A. 2012. Effect of calcium and potassium on amelioration of negative effects of salinity on some physiological characteristics *Kochia* (*Kochia scoparia*). *Environmental Stresses in Crop Sciences* 5(2): 181-192. (In Persian with English Abstract).
32. Khan, N.A., and Singh, S. 2008. Abiotic stress and plant responses. I K International Publishing House, New Delhi, 312.

33. Mehlhorn, H., Lelandais, M., Korth, H.G. and Foyer, C.H. 1996. Ascorbate is the natural substrate for plant peroxidases. *Federation of European Biochemical Societies* 378, 203-206.
34. Misra, A.N., Sahl, S.M., Misra, M., Singh, P., Meera, T., Das, N., Har, M. and Sahu P. 1977. Sodium chloride induced changes in leaf growth, and pigment and protein contents in two rice cultivars. *Biologia Plantarum* 39: 257-262.
35. Mohammadkhani, N., and Heidari, R. 2007. Effects of drought stress on protective enzyme activities and lipid peroxidation in two maize cultivars. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 10(21): 3835-3840.
36. Momeni, N., Arvin, M. J., Khagoei nejad, G. R., Daneshmand, F., and Keramat B. 2012. The effect of sodium chloride and salicylic acid on antioxidant defense system in maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Plant Biology* 14: 23-34
37. Moradi, F., and Abdelbaghi, M. I. 2007. Responses of photosynthesis, chlorophyll fluorescence and ROS-scavenging systems to salt stress during seedling and reproductive stages in rice. *Annals of Botany* 99: 1161-1173.
38. Munns, R. 2005. Genes and salt tolerance: bringing them together. *New Phytologist* 167(3): 645-663.
39. Munns, R., and Tester, M. 2008. Mechanism of salinity tolerance. *The Annual Review of Plant Biology* 59: 651-681.
40. Munns, R., James, R. A., and Lauchi, A. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. *Journal of Experimental Botany* 57(5): 1025-1043.
41. Nakano, Y., and Asada, K. 1981. Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate-specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant cell physiology* 22(1981): 867-880.
42. Noctor, G., and Foyer, C. 1998. Ascorbate and glutathione: Keeping active oxygen under control. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology* 49: 249-279.
43. Rasoolnia, A., Bi hamta, M. R., Peyghambari, A., Alizade, H., Takallo, S., and Kamalizade, M. 2012. Evaluation of leaf proteome pattern and antioxidant activity of barley under salinity stress. *Iranian Journal of Field Science* 43(2): 231-241. (In Persian).
44. Rezaei, M. A., Khavarinezhad, R. A., and Fahimi, H. 2006. Effect salinity natural soils on peroxidase activity of two cotton cultivars. *Journal of Basic Science, University of Azad* 62(1): 79-89. (In Persian with English Abstract).
45. Ritchie, S.W., and Nguyen, H. T. 1990. Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. *Crop Science* 30: 105-111.
46. RodriguezRosales, M.P., Kerkeb, L., Bueno, P., and Donaire, J. P. 1999. Changes induced by NaCl in lipid content and composition, lipoxygenase, plasma memberane H⁺ ATPase and antioxidant enzyme activities of tomato (*Lycopersicon esculantum*, Mill) calli. *Plant Science* 143: 143-150.
47. Roy, F., Boye, J., and Simpson, B. 2010. Bioactive proteins and peptides in pulse crops: Pea, chickpea and lentil. *Food Research International* 43: 432-442.
48. Sadikia, M., and Rabihib, K. 2001. Selection of chickpea (*Cicer arietinum* L.) for yield and symbiotic nitrogen fixation ability under salt stress. *Agronomy* 21: 659-666.
49. Sairam, R.K., Rao K.V., and Srivastava, G.C. 2002. Differential response of wheat genotypes to long term salinity stress in relation to oxidative stress, antioxidant activity and osmolyte concentration. *Plant Science* 163: 1037-1046.
50. Sharma, D. and Jodha, N.S. 1982. Pulses Production in Semi-Arid Regions of India, Constraints and Opportunities. *Economic and Political Weekly* 17(51): A139-A148.
51. Sharma, K.D., Singh, N., and Bishnoi, N. R. 1984. Effect of chloride and sulfate salinity on flowering and yield attributes of cickpea (*Cicer arietinum* L.). *Indian Journal of Plant Physiology* 36: 266-268.
52. Shi, D., and Sheng, Y. 2004. Effect of various salts alkaline mixed stress conditions on sunflower seedling and analysis of their stress factors. *Environmental and Experimental Botany* 54: 8-21.
53. Sinclair, T.R., and Ludlow, M. M. 1985. Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal Plant Physiology* 133: 213-217.
54. Stephen, R.G. 2008. Irrigation water salinity and crop production. University of California, Davis, In *Water Quality Planning Reference Sheet*, 9.10, <http://anrcatalog.ucdavis.edu>, Publication 8066.
55. Stroehrer, V.L., Boothe, J.G., and Good, A.G. 1995. Molecular cloning and expression of turgor responsive gene in *Brassica napus*. *Plant Molecular Biology* 27: 541-551.
56. Summart, J., Thanonkeo, P., Panichajakul, S., Prathepha, P., and Mc Manse, M. T. 2010. Effect of salt stress on growth, inorganic ion and proline accumulation in Thai aromatic rice, Kaho Dawk Mail 105, *Callus Culture* 9(2): 145- 152.
57. Tan, Y., Liang, Z.S., Hongbo, H.B., and Du, F. 2006. Effect of water deficits on the activity of anti-oxidative enzymes and osmoregulation among three different genotypes of *Radix Astragali* at graining stage. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces* 49: 60-65.
58. Turan, M., and Sezan, Y. 2001. Effect of salt stress on plant nutrition uptake.

59. Tuteja, N., and Gill, S. S. 2010. Reactive oxygen species and antioxidant machinery in abiotic stress tolerance in crop plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 48: 909-930.
60. Zibai, S., Rahimi, A., and Dashti, H. 2012. Effects of seed priming on growth, chlorophyll Content, Relative Water Content and Dry Matter Distribution of Safflower (*Carthamus tinctorius*, cv. Gholdasht) under salinity stress. *Journal of Crop Production and Processing* 5(2): 47-58. (In Persian with English Abstract).



Effect of Salt Stress on Physiological Traits and Antioxidant Enzymes Activity of Chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad)

Gh. R. Doraki^{1*} - Gh. R. Zamani² - M. H. Sayyari³

Received: 13-02-2015

Accepted: 06-06-2015

Introduction

Salinity is an important abiotic stress that reduces the crop production potential and the efficiency of plants in arid and semi-arid regions. Soil salinity can be increased by irrigation, inappropriate drainage, sea advancement to coastal regions and the accumulation of salts in desert and semi-desert regions. Salinity is a limiting factor for plant growth because it limits the feeding of the plants through reducing the uptake of P, K, nitrate and Ca and increasing inter-cellular ion concentration and osmotic stress. In addition to its adverse impacts on the yield and yield components of crops, salinity affects most processes involved in the growth and development of the plants too.

Materials and Methods

The present study was conducted in research greenhouse of Department of Agriculture, Birjand University in 2013 on the basis of a Randomized Complete Block Design with four replications. The soil salinity treatments included five levels of 1, 3, 5, 7 and 9 dS m⁻¹. Soil texture was loam-sandy with the pH of 8.09 and EC of 1 dS m⁻¹. The irrigation water was filtered with EC < 350 µS cm⁻¹. The salinity was applied in accordance with soil saturation moisture percentage and field capacity moisture percentage. NaCl was used as the source of salinity. Irrigation was applied by daily weighing of pots in terms of field capacity moisture percentage. At early flowering stage, chlorophyll index (SPAD) of the leaves, leaf relative water content, electrolyte leakage and the activities of antioxidant enzymes catalase, superoxide dismutase, and ascorbate peroxidase were measured. After full yellowing the plants, grain yield per plant was recorded.

Results and Discussion

It was found that salinity level significantly influenced all measured traits. Salinity slightly increased SPAD index and adversely affected leaf relative water content (RWC), electrolytes leakage and grain yield, so that the highest level of salinity resulted in 17.7% lower RWC, 27.7% higher electrolytes leakage, and 59.8% lower grain yield per plant. Under salinity stress, plants reduce their leaf area to counteract the stress resulting in greater thickness of the leaves, the accumulation of more chloroplast per unit leaf area and the increase in leaf chlorophyll content. As a result, the leaves turn darker and SPAD index increases. Leaf relative water content is one of the photosynthesis-related indices in crops with is closely related to the yield. Membrane stability is a physiological trait that is influenced by environmental stresses. Higher accumulation of hydrogen peroxide and lipid peroxides due to salinity reduces membrane stability. Salinity stress causes the production of active oxygen species which is followed with the leakage of cellular membrane. One effect of salinity is on grain yield through changing 1000-grain weight. Lower 1000-grain weight can be associated with shorter grain filling period in salinity treatments and also with lower synthesis of assimilates. On the other hand, the changes in the pathway of assimilate partitioning to roots for counteracting the salinity can be another reason for lower dry weight of the grains. As well, salinity enhanced the activities of antioxidant enzymes in peas. It was revealed that the increase in salinity level from 1 to 7 dS m⁻¹ increased the activity of enzyme catalase (CAT) by 63.79% and further increase to 9 dS m⁻¹ resulted in the loss of its activity. The activity of enzyme superoxide dismutase (SOD) increased up to the salinity of 5 dS m⁻¹ (by 57.22%), did not change up to 7 dS m⁻¹ and decreased at 9 dS m⁻¹. The highest salinity levels as compared to control increased the activity of enzyme ascorbate peroxidase (APX). The highest effects of salinity on the measured traits of peas were observed at the level of 7 dS m⁻¹. As the first defense line, superoxide dismutase converts superoxide to hydrogen peroxide. This enzyme is capable of

1- MSc Graduated of Weed Science Faculty of Agriculture, University of Birjand

2- Associate Professor Faculty of Agriculture, University of Birjand

3- Associate Professor Faculty of Agriculture, University of Birjand

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

converting superoxide ions into oxygen and hydrogen peroxide and is active in Glyoxylate cycle. The detoxification of hydrogen superoxide is complemented with ascorbate peroxidase, thioredoxin peroxidase, glutathione peroxidase and catalase. Ascorbate peroxidase is an important enzymatic antioxidant in plants whose function is to detoxify H₂O₂ with ascorbic acid.

Conclusions

In total, the examination of the effect of different levels of salinity on the measured traits showed that salinity did not significantly affect SPAD index of peas. It had negative impacts on physiological traits and reduced grain yield. In addition, it increased the activity of antioxidant enzymes such as catalase (CAT), superoxide dismutase (SOD) and ascorbate peroxidase (APX) as salinity was intensified. A look at the status of the activities of antioxidants revealed that they were increased with salinity. It seems that this increase played a role in counteracting the adverse effects of salinity so that their decrease deteriorates the effects of salinity stress of plants. In total, the application of these levels of salinity indicated that peas are moderately sensitive plants to salinity, particularly salinity stress level of $>7 \text{ dS m}^{-1}$.

Keywords: Catalase, Electrolyte leakage, RWC, Soil salinity, SPAD



تأثیر محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد کلزا (*Brassica napus* L.) و شاخص های کارایی جذب و مصرف نیتروژن در تاریخ های مختلف کاشت

سپهر دوری^{۱*} - محمدرضا مرادی تلاوت^۲ - سید عطا الله سیادت^۳ - عبدالمهدی بخشنده^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۱۱/۲۵

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۲/۲۲

چکیده

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت و محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد و کارایی مصرف نیتروژن در کلزا، آزمایشی به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان انجام شد. تیمارهای آزمایشی شامل تاریخ کاشت (۶ آذر، ۲۶ آذر و ۹ دی) به عنوان فاکتور اصلی و محلول پاشی نیتروژن از منبع اوره با غلظت پنج درصد در سه زمان روز، غنچه دهی و گل دهی به همراه یک تیمار شاهد (بدون محلول پاشی) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. نتایج به دست آمده نشان داد که تأخیر در کاشت موجب کاهش صفات مورد بررسی به جز درصد نیتروژن دانه و کل بوته گردید. بالاترین میزان عملکرد دانه (۳۴۰۶/۶ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد روغن (۱۴۸۱ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد بیولوژیک (۱۷۲۹۷ کیلوگرم در هکتار)، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن (۱۳/۲۹ کیلوگرم بر کیلوگرم)، میزان جذب نیتروژن (۲۲۳/۸۰ کیلوگرم در هکتار)، کارایی مصرف نیتروژن (۱۴/۸۸ کیلوگرم بر کیلوگرم)، میزان روغن دانه (۴۴/۰۶ درصد) و شاخص برداشت نیتروژن (۵۱/۹ درصد) از تاریخ کاشت اول به دست آمد. افزون بر این، محلول پاشی در زمان غنچه دهی و گل دهی میزان جذب نیتروژن، شاخص برداشت نیتروژن، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن، عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه و عملکرد روغن را به طور معنی داری افزایش دادند. در مجموع می توان بیان کرد که تاریخ کاشت اوایل آذرماه و محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی کلزا تیمار برتر در آزمایش حاضر بودند.

واژه های کلیدی: تنش گرما، شاخص برداشت نیتروژن، عملکرد دانه، کلزا

مقدمه

نیتروژن در تولید دانه نیازمند انجام مؤثر فرآیندهای مربوط به جذب، انتقال، آسیمیلایون و توزیع مجدد نیتروژن است (Moll et al., 1982). به دلیل حلالیت فراوان کودهای نیتروژن، زمان مصرف کود بسیار مهم است و یکی از دلایل پائین بودن کارایی کودهای نیتروژن استفاده از آن ها در زمان نامناسب است. اکثر شیوه های مناسب جهت برآورد کارایی مصرف نیتروژن وابسته به گیاه، تولید محصول و فرآیندهای مرتبط با آن است (Pathak et al., 2008).

کلزا نیاز بالایی به نیتروژن دارد و علاوه بر آن ظرفیت و توانایی بالایی در جذب نیتروژن از خاک نیز دارد تا جایی که به عنوان یک گیاه گیرنده برای کاهش آبشویی نیترات از نظام های زراعی به کار می رود (Rossate et al., 2001). نیتروژن عملکرد کلزا را از طریق برخی پارامترهای رشد مانند تعداد شاخه و تعداد خورجین در هر گیاه و همچنین تولید بوته های قوی تر دارای ساقه های قطورتر و بلندتر و شاخص سطح برگ بیشتر و با دوام تر افزایش می دهد (Moraditelavat et al., 2007). با محلول پاشی نیتروژن اگر دقت کافی به عمل آید و در موقع مناسب اعمال شود کارایی انتقال نیتروژن به دانه افزایش می یابد، زیرا که در این روش برگ مهم ترین اندام جذب کننده نیتروژن محسوب می شود و تنها مقدار کمی از

در میان گیاهان روغنی، کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی است که روغن آن هم از نظر کمیت و هم از نظر کیفیت و شاخص های تغذیه ای در سطح مناسبی قرار دارد (Diepenbrok, 2000). یکی از مهم ترین عوامل برای افزایش عملکرد کلزا، تعیین نیاز کودی آن به نیتروژن و انتخاب بهترین زمان مصرف این عنصر غذایی است. از راه های سنجش بهره وری کودها، به ویژه نیتروژن برررسی کارایی مصرف نیتروژن است. این شاخص نشان دهنده افزایش عملکرد به ازای افزایش هر واحد نهاده است (Delbert and Ulter, 1989). نحوه جذب، کارایی مصرف و نحوه تخصیص نیتروژن در گیاهان تحت تأثیر عواملی همچون رطوبت، حاصلخیزی خاک و رقابت قرار می گیرد. همچنین افزایش کارایی جذب و استفاده از

۱- دانش آموخته ارشد زراعت، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۲- استادیار، دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۳- استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

۴- استاد دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان

(Email: saham.dori67@gmail.com)

(*) نویسنده مسئول:

گزارش Diepenbrok, 2000 با توجه به نقش کلیدی برگ‌ها در فتوسنتز گیاه، ماده خشک تجمع یافته در طول دوره رشد رویشی گیاه در مرحله پُرسیدن دانه‌ها با انتقال به اندام‌های ذخیره‌ای، منجر به رشد خورجین و پُرسیدن دانه‌ها شد. به نظر این پژوهشگر بین تجمع ماده خشک تا زمان گل‌دهی با تعداد خورجین در بوته رابطه خطی وجود دارد، به طوری که با تأخیر در کاشت گیاه فرصت کمتری برای تجمع ماده خشک دارد و عملکرد کاهش یافت. Dehdasht *et al*, 2009 نیز با بررسی اثر کاشت تأخیری بر رشد و عملکرد کلزا نشان دادند که تأخیر در کاشت بر دانه را کاهش داد که این کاهش عملکرد ناشی از شاخص سطح برگ پایین و جذب تشعشع کمتر طی مرحله رویشی و مرحله کوتاه‌تر رشد زایشی همراه با دمای زیاد در زمان گل‌دهی و مراحل بعد از آن بود. این موضوع سبب کاهش خورجین‌های بارور شد و نیز در انتقال مواد ذخیره‌ای به دانه اختلال ایجاد کرد. و در نهایت سبب کاهش وزن ۱۰۰۰ دانه و پوکی دانه‌ها و در نتیجه کاهش عملکرد دانه گردید.

کاشت کلزا در استان خوزستان در تناوب با ذرت (*Zea mays* L.) و برنج (*Oryza sativa* L.) صورت گرفته و این موضوع سبب می‌شود که در برخی مناطق، برداشت دیر هنگام این محصولات و انجام عملیات شخم و آماده‌سازی زمین پس از آن، سبب عدم کاشت به موقع کلزا و در نتیجه برخورد مرحله گل‌دهی با تنش گرمای آخر فصل شود. افزون بر این، در شرایط تنش گرمایی کارایی جذب نیتروژن از ریشه می‌تواند، کاهش یابد و بنابراین مصرف برگری این عنصر می‌تواند مفید باشد. با توجه به اهمیت کارایی مصرف نیتروژن در شرایط محیطی مواجه با گرمای پایان فصل، هدف از آزمایش حاضر بررسی امکان افزایش کارایی مصرف این عنصر و در نتیجه کاهش آثار نامساعد تاریخ کاشت دیر هنگام کلزا از طریق تیمار محلول پاشی نیتروژن بود.

نیتروژن جذب شده به ریشه انتقال می‌یابد و وارد خاک می‌شود (Feiziasl and Valizadeh, 2003).

Tousikehal *et al*, 2012 بیان کردند که علاوه بر مصرف کود سرک نیتروژن به صورت خاکی، تغذیه برگری به صورت محلول پاشی می‌تواند به افزایش عملکرد دانه کلزا کمک کند. Abou El-Nour, 2002 نیز بیان کرد که محلول پاشی می‌تواند کارایی استفاده از عناصر غذایی را افزایش دهد و در نتیجه کاربرد خاکی کودها را کاهش دهد. بنابراین مصرف برگری عناصر غذایی موجب کاهش آلودگی‌های محیطی شده و جذب ریشه‌ای مواد غذایی را نیز همراه با رشد ریشه افزایش می‌دهد. Raun and Johnson, 2008 نیز تقسیم هر چه بیشتر کود نیتروژن طی دوره رشد و مطابق با نیاز گیاه، کود آبیاری و محلول پاشی را از راه‌های افزایش کارایی نیتروژن دانسته‌اند. مصرف کود نیتروژن به خاک در اواخر دوره رویشی گیاه ممکن است به دلیل خشک بودن سطح خاک، کاهش فعالیت ریشه و غیره چندان مناسب نباشد. لذا محلول پاشی نیتروژن با مزایایی متعددی هم‌چون جذب سریع‌تر و بیشتر توسط گیاه، آسانی کاربرد و غیره می‌تواند به عنوان راهی سریع و کارآمد جهت رفع نیاز غذایی گیاه مطرح باشد (Salmon *et al*, 1990).

تأخیر در کاشت کلزا در خوزستان علاوه بر کاهش طول دوره‌ی رشد، موجب بروز تنش گرما در دوره‌ی گل‌دهی و پُرسیدن دانه می‌گردد. Malcolm *et al*, 2002 با بررسی اثر تنش گرمایی بر دوره‌ی گل‌دهی ناشی از تاریخ کاشت‌های دیر هنگام بر عملکرد کلزا دریافتند که ارتفاع گیاه، تعداد خورجین در واحد سطح و در نتیجه عملکرد دانه و روغن در اثر تأخیر کاشت به طور معنی‌داری کاهش یافت. Angadi *et al*, 2000 بیان نمودند که مرحله زایشی حساس‌ترین مرحله‌ی نمو کلزا به تنش گرما است که می‌تواند ناشی از حساسیت نمو دانه‌های گرده و گرده‌افشانی باشد. بر اساس

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- physical and chemical properties of soil in experimental site

عمق خاک	بافت خاک soil texture	ماده آلی Organic matter (%)	هدایت الکتریکی (ds m ⁻¹)	شاخص واکنش (pH)	پتاسیم k	فسفر p	نیتروژن Nitrogen (%)
					(ppm)		
0-30	لومی-رسی-Loamy clay	0.76	4.5	8.1	214	7.2	0.05
30-60	سیلتی-رسی-Silty clay	0.52	2.8	7.7	167	6.4	0.04

به منظور بررسی اثر تاریخ کاشت دیر هنگام توأم با محلول پاشی

مواد و روش‌ها

$$NUE = \frac{WG}{Nt}$$

(۳) شاخص برداشت نیتروژن $(NHI)^3$

$NHI =$ شاخص برداشت نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، Ng : کل نیتروژن جذب شده توسط دانه (کیلوگرم) است که از حاصل ضرب نیتروژن دانه در عملکرد دانه به دست آمده است و Nt : مقدار نیتروژن جذب شده توسط زیست توده است. $NHI = Ng/Nt \times 100$

(۴) میزان جذب نیتروژن $(UPA)^4$

$UPE =$ میزان جذب نیتروژن (کیلوگرم در هکتار)، از حاصل ضرب درصد نیتروژن کل بوته در عملکرد بیولوژیک به دست می آید. در پایان آنالیز داده های آزمایشی با استفاده نرم افزار SAS و مقایسات میانگین داده ها بر مبنای آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و بیولوژیک

تأثیر تاریخ کاشت و زمان محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار بود (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه مربوط به تاریخ کاشت اول با میانگین $3406/6$ کیلوگرم در هکتار و کمترین عملکرد دانه با میانگین 1803 و $1499/1$ کیلوگرم در هکتار به ترتیب از تاریخ کاشت دوم و سوم به دست آمد (جدول ۳). در مورد زمان محلول پاشی بیشترین عملکرد دانه با میانگین $2636/3$ و $2183/3$ از محلول پاشی در مرحله غنچه دهی و گل دهی و کمترین عملکرد دانه با میانگین $1828/9$ از تیمار شاهد به دست آمد. تاریخ کاشت دیر هنگام در کلزا سبب کاهش دوره رشد محصول و در نتیجه دوره ای فعال فتوسنتزی می گردد و عملکرد را از این طریق کاهش می دهد. در این شرایط احتمال برخورد مراحل حساس گل دهی و پُرسیدن خورجین به شرایط خشکی و گرمای آخر فصل به ویژه در مناطق گرمسیر افزایش می یابد که در مطالعات مشابه کاهش عملکرد بیشتر از طریق کاهش تعداد خورجین در واحد سطح بوده است (Moraditelavat and Siadat, 2012). Rabiee et al 2014 با بررسی اثر محلول پاشی نیتروژن مشاهده کردند که در تیمار محلول پاشی نیتروژن در مراحل ساقه رفتن + قبل از گل دهی و نیز تیمار انجام سه مرحله محلول پاشی (شش - هشت برگ + ساقه رفتن + قبل از گل دهی) عملکرد دانه کلزا به ترتیب با میانگین $3628/3$ و $3686/2$ کیلوگرم در هکتار و عملکرد روغن به ترتیب با میانگین های $1486/1$ و $1489/3$ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج آزمایش کنونی نیز مؤید واکنش پذیری مطلوب کلزا

نیتروژن، آزمایشی در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه ای دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی رامین خوزستان در ملاثانی در 35 کیلومتری شمال شرقی اهواز با عرض جغرافیایی 31 درجه شمالی و طول جغرافیایی 48 درجه شرقی با ارتفاع 40 متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. عامل اصلی شامل تاریخ کاشت [تاریخ کاشت بهینه D_1 (آذر)، D_2 (۲۶ آذر) و کاشت دیر هنگام D_3 (دی)] و عامل فرعی شامل زمان های محلول پاشی نیتروژن با غلظت پنج درصد از منبع اوره (20 لیتر در هکتار) [T_0 (عدم محلول پاشی)، T_1 (محلول پاشی در مرحله رُوزت)، T_2 (محلول پاشی در مرحله غنچه دهی) و T_3 (محلول پاشی در مرحله گل دهی)] بودند که در کلزا رقم هایولا ۴۰۱ مورد ارزیابی قرار گرفتند. خصوصیات خاک مورد آزمایش در جدول شماره ۱ ارائه شده است. کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک بود، لذا در همه ی کرت های آزمایشی 162 کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (از منبع اوره) به صورت کاربرد خاکی (یک سوم پس از سبز شدن گیاهچه ها بر روی خاک، یک سوم در مرحله ی سه تا چهار برگ و پس از عملیات تُنک و یک سوم در آغاز رشد طولی ساقه) و 100 کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت به خاک داده شد. هر کرت آزمایشی شامل هشت خط کاشت به فاصله 20 سانتی متر و طول چهار متر بود. آبیاری اول بلافاصله بعد از کاشت و آبیاری های بعدی بر اساس شرایط گیاه، دما و شرایط جوی انجام پذیرفت که به دلیل وقوع بارندگی های مؤثر تعداد دفعات آبیاری بین ۲ تا سه مرتبه در طی فصل رشد در نظر گرفته شد. عملیات تُنک به منظور رسیدن به تراکم مورد نظر در مرحله سه - چهار برگ و مبارزه با علف های هرز در چندین نوبت به صورت دستی انجام گرفت. همچنین، از سم دیازینون جهت مبارزه با آفات موجود استفاده گردید. برداشت نهایی محصول کلزا در حد فاصل $1393/1/25$ تا $1393/2/8$ انجام گردید. درصد روغن دانه به روش Porim, 1995 و درصد نیتروژن دانه و کل نیز به روش Brenemer, 1996 اندازه گیری شد و با استفاده از آن شاخص های زیر اندازه گیری گردید (Timsina et al, 2001; Huggins and Pan, 1993).

(۱) کارایی زراعی استفاده از نیتروژن $(NUE)^1$

$NUE =$ کارایی زراعی استفاده از نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، NF : مقدار نیتروژن مصرفی به صورت کود بر حسب کیلوگرم و WG : وزن دانه بر حسب کیلوگرم است. $NUE = \frac{WG}{NF} \times 2$ (کارایی مصرف نیتروژن) (2) کارایی فیزیولوژیک $NUE =$ کارایی مصرف نیتروژن (کیلوگرم بر کیلوگرم)، WG : وزن دانه Nt : کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه (کیلوگرم) است.

3- Nitrogen harvest index
4- Amount of nitrogen uptake

1- Nitrogen utilization of agronomy efficiency
2- Nitrogen utilization efficiency

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد و کارایی کاربرد نیتروژن کلزا

Table 2- Analysis of variance for yield and nitrogen application efficiency in canola

مجموع مربعات (ss)													
منابع تغییرات		درجه آزادی d.f	عملکرد دانه (Grain yield)	عملکرد روغن (Oil yield)	عملکرد بیولوژیک (Biological yield)	نیتروژن دانه (Seed nitrogen content)	نیتروژن کل (bush nitrogen content)	نیتروژن استفاده از نیتروژن (Nitrogen utilization of agronomy efficiency)	شاخص نیتروژن برداشت (Nitrogen harvest index)	مصرف نیتروژن (Nitrogen utilization efficiency)	میزان جذب نیتروژن (Amount of nitrogen uptake)	درصد روغن دانه Seed oil content	
S.O.V	تکرار	2	143113.17	1701.83 ^{ns}	99577989.3 ^{ns}	0.31 ^{ns}	0.28 ^{ns}	3.57 ^{ns}	58.59 ^{ns}	25.60 ^{ns}	1859.70 ^{ns}	10.11 ^{ns}	
	تاریخ کاشت	2	26206139.50 ^{**}	2292089.33 ^{**}	529359004.8 ^{**}	6.81 ^{**}	5.19 ^{**}	643.94 ^{**}	2591.12 ^{**}	258.29 [*]	51365.31 [*]	376.13 ^{**}	
	خطای اصلی	4	2109137.83	120911.68	103193270	0.34	0.63	50.88	154.17	44.13	10070.33	9.15	
	محلول پاشی	3	3293617.56 ^{**}	119243.92 [*]	82665866.6 [*]	0.02 ^{ns}	0.07 ^{ns}	53.87 ^{**}	342.77 [*]	6.67 ^{ns}	33517.90 ^{**}	128.10 ^{**}	
	D*F	6	1308427.61 ^{ns}	134960.14 ^{ns}	66138744 ^{ns}	0.95 ^{ns}	1.11 ^{ns}	30.57 ^{ns}	472.87 ^{ns}	27.63 ^{ns}	15768.15 ^{ns}	45.17 ^{ns}	
	خطای فرعی	18	1502924.33	189370.46	138961604	1.15	0.74	38	704.21	33.77	22906.83	124.09	
c.v(%)	ضریب تغییرات		12.9	18.3	22.4	6.1	11.3	15.5	15.6	12.7	19.6	6.6	

*، **؛ significant at 5% and 1% probability levels, Respectively

Ns: not significant

غير معنی دار

نسبت به مدیریت مصرف نیتروژن است. بیشترین عملکرد دانه از تاریخ کاشت اول و محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی و کمترین عملکرد از تیمار تاریخ کاشت سوم و عدم محلول پاشی به دست آمد (جدول ۴).

اثر تاریخ کاشت و محلول پاشی نیتروژن بر عملکرد بیولوژیک کلزا معنی دار بود (جدول ۲). طبق نتایج مقایسه میانگین تاریخ کاشت اول در مقایسه با تاریخ کاشت سوم عملکرد بیولوژیک بیشتری تولید کرد. این موضوع نشان دهنده اثر کاهنده تأخیر در کاشت بر تجمع ماده خشک است، که به واسطه کاهش دوره رویش و وقوع تنش گرما در مرحله زایشی است. در خصوص تیمار محلول پاشی بالاترین عملکرد ماده خشک با میانگین ۱۴۸۶۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار انجام محلول پاشی در مرحله غنچه دهی و کمترین میزان ماده خشک در سایر تیمارها مشاهده شد (جدول ۳). به نظر می رسد محلول پاشی در مرحله غنچه دهی با افزایش سطوح سبز پوشش گیاهی، بر خورداری بهتر از تابش خورشیدی و افزایش فعالیت فتوسنتزی عملکرد ماده خشک را افزایش داده است. براساس گزارش Diepenbrok, 2000 با توجه به نقش کلیدی برگها در فتوسنتز گیاه، ماده خشک تجمع یافته در طول دوره رشد رویشی گیاه در مرحله پُرسدن دانه ها با انتقال به اندام های ذخیره ای، منجر به رشد خورجین و پُرسدن دانه ها می شود به نظر این پژوهشگر بین تجمع ماده خشک تا زمان گل دهی با تعداد خورجین در بوته رابطه خطی وجود دارد، به طوری که با تأخیر در کاشت گیاه فرصت کمتری برای تجمع ماده خشک داشته و عملکرد با کاهش روبرو می شود.

درصد و عملکرد روغن دانه

نتایج تجزیه واریانس مربوط به درصد روغن دانه نشان داد که اختلاف معنی داری در مورد هر دو عامل مورد بررسی (تاریخ کاشت و محلول پاشی نیتروژن) وجود داشت. با تأخیر در کاشت درصد روغن دانه کاهش یافت و حداکثر درصد روغن دانه در تاریخ کاشت اول با میانگین ۴۴/۰۶ درصد و حداقل روغن دانه در تاریخ کاشت سوم با میانگین ۳۶/۶۶ درصد مشاهده شد. درصد روغن دانه صفاتی ژنتیکی است که تا حدودی تحت تأثیر عوامل محیطی از جمله دما قرار می گیرد، به نحوی که افزایش دما ناشی از تأخیر کاشت موجب کاهش درصد روغن می گردد. با توجه به این که درصد روغن دانه و نیتروژن رابطه عکس دارند، بنابراین افزایش پیش ماده های پروتئینی، می تواند موجب افزایش پروتئین دانه و کاهش درصد روغن دانه کلزا شود (Moraditelav et al, 2007).

جدول ۳- مقایسه میانگین عملکرد دانه و کارایی کاربرد نیتروژن کلرا در تیمارهای مختلف تاریخ کاشت و محلول پاشی نیتروژن
Table 3- Mean comparison of yield and nitrogen application efficiency of canola in sowing date and N foliar application treatment

تیمارهای آزمایشی Treatment	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد بیولوژیک Biological yield (kg ha ⁻¹)	نیتروژن دانه Nitrogen seed content(%)	بوته bush nitrogen content(%)	نیتروژن کل	نیتروژن of agronomy efficiency (kg kg ⁻¹)	کارایی زراعی استفاده از Nitrogen utilization	شاخص برداشت Nitrogen harvest index (%)	نیتروژن Nitrogen use efficiency (kg kg ⁻¹)	میزان جذب Amount of nitrogen uptake (kg ha ⁻¹)	روغن دانه (درصد) Seed oil content (%)
تاریخ کاشت Sowing date												
27 November	3406.06a	1481a	17297a	3.6c	1.28b	13.29a	51.9a	14.88a	223.80a	44.06a		
17 December	1803b	671.9b	11543b	4.15b	1.88a	7.2b	35.5b	9.4b	190.78a	37.92b		
30 December	1499.1b	548.7b	7990b	4.66a	2.20a	5.63 b	32.6b	8.85b	132.44b	36.66b		
محلول پاشی نیتروژن Foliar application of nitrogen												
control	1828.9c	805.6b	11024b	4.17a	1.80a	8.04c	36.6b	11.20a	145.79c	42.18a		
Rosette	2098.8bc	824.7b	11505b	4.15a	1.81a	8.49bc	37.3b	11.57a	171.59bc	38.38b		
Budding	2636.6a	1043.4a	14865a	4.12a	1.85a	11.18a	43.6a	10.48a	230.01a	38.66b		
Flowering	2183.3ab	928.3ab	11712b	4.1a	1.83a	9.7ab	42.5ab	10.92a	181.96b	38.34b		

هر ستون میانگین‌ها که دارای حروف مشترک هستند در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی داری ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

عملکرد روغن در سطح احتمال یک درصد به طور معنی داری تحت تأثیر تاریخ کاشت و در سطح احتمال پنج درصد تحت تأثیر زمان محلول پاشی قرار گرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که تاریخ کاشت اول با میانگین ۱۴۸۱ کیلوگرم در هکتار و تاریخ کاشت سوم با میانگین ۵۴۸/۷ کیلوگرم در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد روغن را داشتند، اگرچه تاریخ کاشت دوم و سوم تفاوت معنی داری را نشان ندادند (جدول ۳).

در خصوص تیمار زمان محلول پاشی، محلول پاشی در زمان غنچه دهی و گل دهی با میانگین ۱۰۴۳/۴۲ و ۹۲۸/۳ کیلوگرم در هکتار عملکرد روغن بیشتری را نسبت به سایر تیمارها تولید نمودند (جدول ۳). عملکرد روغن تابعی از عملکرد دانه و درصد روغن است، لذا تاریخ کاشت مطلوب با عملکرد دانه و درصد روغن بالا، بیشترین عملکرد روغن را تولید نمود، در حالی که تأخیر در کاشت به علت کاهش طول دوره‌ی رشد گیاه، برخورد با گرما در طی مرحله پُرشدن دانه و نیز افزایش احتمالی تنفس و کاهش تولید مواد فتوسنتزی منجر به کاهش عملکرد دانه و درصد روغن، و در نهایت عملکرد روغن شد. بیشترین عملکرد روغن از تاریخ کاشت اول و محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی و کمترین عملکرد روغن از تاریخ کاشت سوم و عدم محلول پاشی حاصل گردید. افزایش عملکرد روغن در تاریخ کاشت اول ناشی از بالا بودن درصد روغن و عملکرد دانه می باشد، زیرا با تأخیر در کاشت درصد روغن دانه و عملکرد دانه کاهش می یابد (جدول ۳). با توجه به نتایج مقایسه میانگین محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی به دلیل داشتن میزان بالاتری از عملکرد دانه در مقایسه با سایر مراحل رشد، دارای بالاترین عملکرد روغن هستند (جدول ۳ و ۴).

درصد نیتروژن دانه و اندام رویشی

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که درصد نیتروژن دانه تحت تأثیر معنی دار تاریخ کاشت قرار گرفت. به گونه ای که بالاترین میزان نیتروژن با میانگین ۴/۶ درصد و کمترین میزان نیتروژن دانه با میانگین ۳/۶ درصد به ترتیب از تاریخ کاشت سوم و اول به دست آمدند (جدول ۳). گزارش شده است که کاهش طول دوره‌ی پُرشدن دانه در اثر برخورد این مرحله از رشد با شرایط گرم و خشک پایان فصل، باعث افزایش محدودیت تجمع کربوهیدرات ها در دانه، افزایش درصد پروتئین و کاهش وزن دانه می شود (Tahir et al, 2006).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که درصد نیتروژن کل بوته تحت تأثیر معنی دار تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بالاترین درصد نیتروژن از تاریخ کاشت سوم و دوم به میزان ۲/۲ و ۱/۸ درصد و کمترین میزان آن از تاریخ کاشت اول به میزان ۱/۳ درصد به دست آمد (جدول ۳).

به میزان ۲۸ و ۱۷ درصد افزایش می دهد. لازم به ذکر است که کارایی زراعی استفاده از نیتروژن افزایش بخش اقتصادی گیاه را به ازای واحد نیتروژن مصرفی در شرایط مزرعه ای، مورد ارزیابی قرار می دهد (Harmsen et al, 1983). از نظر کارایی استفاده از نیتروژن برترین تیمار تاریخ کاشت اول با میانگین ۱۳/۲۹ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین تیمار تاریخ کاشت سوم با میانگین ۵/۶۳ کیلوگرم بر کیلوگرم بود که تفاوت معنی داری با تاریخ کاشت دوم نداشت (جدول ۳). Timsina et al, 2001 بیان کردند که تأخیر در کاشت مناسب از طریق تغییر در تلاقی مراحل مختلف فنولوژیکی با شرایط متفاوت محیطی، نظیر برخورد با خشکی و یا گرمای انتهایی فصل و یا در برخی موارد عدم استفاده از بارندگی های ابتدای فصل و رطوبت ذخیره شده در خاک موجب کاهش عملکرد و کارایی زراعی مصرف نیتروژن می گردد. تاریخ کاشت اول و محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی دارای بالاترین میزان کارایی زراعی استفاده از نیتروژن بودند (جدول ۴).

کارایی مصرف نیتروژن مقدار محصول تولید شده به ازای هر واحد عنصر غذایی مصرف شده است. کارایی مصرف نیتروژن دارای رابطه نزدیکی با عملکرد دانه است و مقادیر بالاتر کارایی مصرف نیتروژن در عملکرد بالاتر به دست می آید (Hojin et al, 2004). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت در سطح احتمال یک درصد بر کارایی مصرف نیتروژن معنی دار بود (جدول ۲). بالاترین میزان کارایی مصرف نیتروژن از تاریخ کاشت اول به میزان ۱۴/۸۸ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین میزان آن از تاریخ کاشت آخر به میزان ۸/۸۵ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد که با تاریخ کاشت دوم تفاوت معنی داری را نشان نداد (جدول ۳). این موضوع نشان می دهد که تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت سوم ۴۰ درصد کارایی مصرف نیتروژن بیشتری دارد. Jafarnejady and Rahnama, 2011 بررسی تأثیر کشت تأخیری بر عملکرد و کارایی مصرف کود نیتروژن در کلزا نشان دادند که با تأخیر در کاشت میزان کارایی مصرف کود نیتروژن کاهش یافت که در نهایت باعث اتلاف سرمایه، آلودگی های محیطی و آب های زیرزمینی خواهد شد.

میزان جذب نیتروژن به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد به طور معنی داری تحت تأثیر معنی دار تاریخ کاشت و زمان محلول پاشی قرار گرفت (جدول ۱). مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین میزان جذب نیتروژن از تاریخ کاشت اول و دوم با میانگین ۲۲۳/۸۰ و ۱۹۰/۷ کیلوگرم در هکتار و کمترین میزان جذب نیتروژن از تاریخ کاشت سوم با میانگین ۱۳۲/۴۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. در خصوص زمان محلول پاشی بالاترین میزان جذب نیتروژن از محلول پاشی در مرحله غنچه دهی با میانگین ۲۳۰/۰۱ و کمترین میزان جذب نیتروژن از سایر تیمارها حاصل گردید. میزان جذب نیتروژن از حاصل ضرب عملکرد بیولوژیک در درصد نیتروژن

همان طور که در فنولوژی گیاه مشاهده می شود، تأخیر در کاشت سبب مصادف شدن مرحله زایشی گیاه با درجه بالا و بروز تنش گرما و نهایتاً کاهش طول این دوره می شود. Robertson et al, 2004 نتایج مشابهی در خصوص افزایش درصد نیتروژن به دلیل افزایش درجه حرارت در زمان گل دهی و پُرسیدن دانه گزارش نمودند.

شاخص برداشت نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تاریخ کاشت و محلول پاشی نیتروژن بر شاخص برداشت نیتروژن معنی دار بود (جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین ها مشخص شد که از بین زمان های مختلف محلول پاشی، بیشترین شاخص برداشت نیتروژن از تیمار محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی (۴۳/۶۵ و ۴۲/۵۲ درصد) و کمترین شاخص برداشت نیتروژن از محلول پاشی در زمان رُزت و شاهد (۳۷/۳ و ۳۶/۶) به دست آمد (جدول ۳). در خصوص تاریخ کاشت نیز بیشترین میزان شاخص برداشت نیتروژن از تاریخ کاشت اول (۵۳/۸ درصد) و کمترین آن از تاریخ کاشت سوم (۳۷/۹ درصد) به دست آمد که با تاریخ کاشت دوم تفاوت معنی داری نشان نداد (جدول ۳). شاخص برداشت نیتروژن برای مقایسه خصوصیات کیفی و توان انتقال نیتروژن جذب شده به دانه مورد استفاده قرار می گیرد (Harmsen, 1984). مقدار این شاخص با افزایش اختصاصی نیتروژن به خورجین ها در کلزا و کاهش هدرروی نیتروژن از طریق مصرف به هنگام آن افزایش پیدا می کند (Malagoli et al, 2005). در اوایل دوره رشد نیاز غذایی کلزا کم است، ولی در مراحل زایشی با بهبود قابلیت دسترسی گیاه به نیتروژن و تداوم جذب آن، تعداد گل های تبدیل شده به خورجین، تعداد دانه ها و در نتیجه شاخص برداشت نیتروژن افزایش می یابد (Sabahi and Ghalavand, 2005). بالاترین میزان شاخص برداشت نیتروژن در تاریخ کاشت اول و محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی مشاهده شد (جدول ۴).

کارایی زراعی و فیزیولوژیک مصرف نیتروژن

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که کارایی زراعی استفاده از نیتروژن به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد تحت تأثیر معنی دار تاریخ کاشت و محلول پاشی نیتروژن قرار گرفت (جدول ۲). در تیمار زمان محلول پاشی بیشترین کارایی زراعی استفاده از نیتروژن از محلول پاشی در مراحل غنچه دهی و گل دهی به ترتیب به میزان ۱۱/۱۸ و ۹/۷ کیلوگرم بر کیلوگرم و کمترین میزان از تیمار عدم محلول پاشی (شاهد) با میانگین ۸/۰۴ کیلوگرم بر کیلوگرم به دست آمد که با محلول پاشی در مرحله رُزت تفاوت معنی داری نشان ندارد (جدول ۳). این موضوع بدین معنی است که کاربرد هر کیلوگرم نیتروژن به صورت محلول پاشی در مرحله غنچه دهی و گل دهی میزان عملکرد دانه را

کل بوته به دست می‌آید و علی‌رغم بالاتر بودن درصد نیتروژن در تاریخ کاشت سوم به دلیل این که تاریخ کاشت اول دارای عملکرد ماده خشک بیشتری است از میزان جذب نیتروژن بالاتری برخوردار است.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که به طور کلی تأخیر در کاشت باعث برخورد مراحل پُرشدن دانه و گل‌دهی با دمای بالا گردید که این شرایط موجب کاهش عملکرد دانه و تمامی صفات مورد بررسی شد. در شرایط افزایش دما محلول‌پاشی نیتروژن باعث افزایش عملکرد دانه، عملکرد روغن، عملکرد بیولوژیک، بهبود شاخص

برداشت نیتروژن، کارایی زراعی استفاده از نیتروژن و میزان جذب نیتروژن گردید. بر اساس نتایج این آزمایش به نظر می‌رسد که محلول‌پاشی کود نیتروژن در مرحله غنچه‌دهی و گل‌دهی باعث تأمین نیاز کودی نیتروژن و کمک به افزایش محصول و کارایی زراعی استفاده از کود نیتروژن و میزان جذب نیتروژن در این گیاه می‌گردد. در نتیجه با در نظر گرفتن حداکثر عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص‌های کارایی و جذب نیتروژن، تاریخ کاشت اول و محلول‌پاشی در مراحل غنچه‌دهی و گل‌دهی در آزمایش حاضر در سال ۹۳-۱۳۹۳ تیمار برتر بودند.

جدول ۴- اثر متقابل تاریخ کاشت و محلول‌پاشی نیتروژن بر عملکرد و شاخص‌های کارایی جذب نیتروژن در کلزا

Table 4- Interaction effect of sowing date and N foliar application on yield and nitrogen uptake efficiency index in canola

تیمار treat ment	شاخص برداشت نیتروژن Nitrogen harvest index (%)	کارایی زراعی استفاده از نیتروژن Nitrogen utilization of agronomy efficiency (kg kg ⁻¹)	عملکرد روغن Oil yield (kg ha ⁻¹)	عملکرد دانه Grain yield (kg ha ⁻¹)
D1T0	44.12cd	12.38c	1398.1b	2877b
D1T1	45.88bc	14bc	1268.6b	2926.7b
D1T2	62.2a	18.22a	1720.3a	4076.7a
D1T3	55.49ab	16.39 ab	1537.1ab	3746a
D2T0	34.2e	4.78e	599.1cd	1455.7de
D2T1	34.9e	5.44e	613.9cd	1776cde
D2T2	37.1cd	8.35d	797c	2154c
D2T3	36.7de	7.23de	677.8cd	1827.7cd
D3T0	21.6f	2.12f	419.6d	1104.3e
D3T1	22.5f	2.29f	591.8cd	1443.3cde
D3T2	33.7e	4.23e	613cd	1678.3cde
D3T3	28.9ef	3.21ef	570.2cd	1570.3cde

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

References

1. Abou elnour, E. A. 2002. Can supplemented potassium foliar feeding reduce the recommended soil potassium. Journal of Biological Science 5: 259-26.
2. Angadi, S. V., Cutforth, H. W., Miller, P. R., McConkey, B. G., Entz, M. H., Brandt, A., and Olkmar, K. M. 2000. Response of three Brassica species to high temperature stress during reproductive grow. Journal of Plant science 80: 693-701.
3. Anonymous porim test methods. 1995. Palm Oil Research Institute of Malaysia, p. 72-75, 40-42, 92-101, 33-36, 37-39, 64-65. Ministry of Primary Industries, Malaysia.
4. Brenemer, J. M. 1996. Nitrogen total. Method of soil Analysis, part 3: Chemical Method; Spark, D. L and et al. Journal of Soil Science Society of America: Madison, Wisconsin: 1085-1121.
5. Dehdashti, M., Soleymani, A. and Nasiri, P.M. 2009. Effect of late sowing on physiology indexes of canola varieties. Journal of Study in Agriculture science 4(2): 152-163. (In Persian)
6. Delbert, E. J. and Ulter, R. A. 1989. Sunflower growth and nutrient uptake: Response of tillage system, hybrid maturity and weed control method. Journal of Soil Science 53: 133-138.
7. Diepenbrok, W. 2000. Yield analysis of winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). Journal of Field Crop Research 67: 35-49.

8. Feiziasl, V. and Valizadeh, GH. 2003. Effect of urea liquid fertilizer spraying at different plant growth stages on grain quality and quantity in sardari dryland wheat (*T. aestivum* L.). Journal of Agriculture Science 2(35): 301-311. (In Persian with English Abstract).
9. Harmsen, K. 1984. Nitrogen fertilizer use in rain fed agriculture. Fertilizer Research 5: 371-382.
10. Harmsen, K., Spegherd, K. D. and Allan, A. Y. 1983. Crop response to nitrogen and phosphorus in rainfed agriculture. P: 223-248. In: Nutrient balance and the need for fertilizer in semi-arid and arid region. Proc. 17th. Colloquium. Int. Potash Ins. Bern, Switzerland.
11. Hojin, L., Seung-Hun, L. and Hoon, Ji. 2004. Variation of nitrogen use efficiency and its relationship with growth characteristic in Korean rice cultivars. Journal of Crop science 49(2):89-93.
12. Huggins, D. R. and Pan, W. L. 1993. Nitrogen efficiency component analysis: an evaluation of cropping system differences in productivity. Journal of Agronomy 85: 898-905.
13. Jafarnejady, A. and Rahnama, A.R. 2011. Investigation the effect of delay in sowing on yield of canola and nitrogen application efficiency. Journal of water and soil science 25(3): 225-233. (In Persian)
14. Kimber, D. and Mak gergur, D. I. 1998. Canola, Physiology, Agronomy, Breeding, Biological technology, Translated by Azizi, *et al.* JDM Press 230 p.
15. Malagoli, P., Laine, P., Rossato, L. and Quarry, A. 2005. Dynamics of Nitrogen uptake and mobilization in field grown winter oilseed rape (*Brassica napus* L.) from stem extension to harvest. II. An ¹⁵N-labelling-based simulation model of N partitioning between vegetative and reproductive tissues. Journal of Annals of Botany 95: 1187-1198.
16. Malcolm, J., Morrison, M. J. and Stewart, D. J. 2002. Heat of water stress on glucosinolate and oil content in the rape (*Brassica napus* L.) and turnip rape (*B. rapa* L.). Journal of Australia Agriculture 27: 707-711.
17. Moll, R. H., Kamprath, E. J. and Jackson, W. A. 1982. Analysis and interpretation of factor which contribute to efficiency of nitrogen utilization. Journal of Agronomy 74: 262-264.
18. Moraditelavat, M. R., Siadat, S. A., Nadian, H. and Fathi, GH. 2007. Response of canola grain and oil yield, oil and protein contents to different levels of nitrogen and boron fertilizers in Ahwaz region. Journal of Crop Science 9(3): 213-214. (In Persian with English Abstract)
19. Moraditelavat, M. R., Siadat, S.A. 2012. An introduction to production of oilseed. Education and promotion of Agriculture.
20. Pathak, R. R., Ahmad, A., Lochab, S., and Raghuram, N. 2008. Molecular physiology of plant Nitrogen use efficiency and biotechnological option for its enhancement. Journal of Current Science 94: 1394-1403.
21. Rabiee, M., Tosi, P. and Esfahani, M. 2014. Effect of concentration and time of foliar spraying of nitrogen fertilizer in term of supplement soil nutrition on remobilization of dry matter, seed yield and oil of canola. Journal of production and processing of agronomy and garden product 4(11):53-65. (In Persian)
22. Raun, W. R. and Johnson, G. V. 2008. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Journal of Agronomy 91: 357-367.
23. Robertson, M. J., Holland, J. F. and Bambach, R. 2004. Response of canola and Indian mustard to sowing date in the grain belt of north-eastern Australia. Journal of Agriculture 44: 43-52.
24. Rossate, L., Laine, P. and Curry, A. 2001. Nitrogen storage and remobilization in *Brassica napus* L. during in growth cycle: nitrogen fluxes within the plant and changes in soluble protein patterns. Journal of Plant cell Environmental 52(361): 1655-1663.
25. Sabahi, H. and Ghalavand, A. 2005. Comparison on uptake, utilization and losses of nitrogen in organic, integrated and conventional fertilization methods in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Journal of Environment Science 6: 15- 27.
26. Salmon, S. E., Green Well, P. and Dampney, P. M. R. 1990. The effect of rate and timing of late nitrogen application to breadmaking wheats as ammonium nitrate of foliar urea-N, and the effect of foliar sulphur application . II. Effect on milling and baking quality. Journal of Biology science 25: 242-253.
27. Tahir, I. S. A., Nakata, N., Ali, A. M., Mustafa, H., Saad, A. S. I., Takata, K., Ishikawa, N. and Abdalla, O. S. 2006. Genotype and temperature effect on wheat grain yield and quality in a hot irrigated. Journal of Environment Plant Breeding 125(4): 323-330.
28. Timsina, T., Singh, U., Badaruddin, M., Meisner, C. and Amin, M. R. 2001. Cultivar, Nitrogen and water effect on productivity, and nitrogen-use efficiency and balance for rice –wheat sequence of Bangladesh. Journal of Field Crop Research 72: 143-161.
29. Tousikehal, P., Esfahani, M., Rabiee, B. and Rabiee M. 2012. The change of growth and harvest indexes of canola oil (Hyola 401) in different concentration and times of supplement foliar application of nitrogen. Journal of production and processing of agronomy and garden product 2(6): 179-189. (In Persian)



Effect of Nitrogen Foliar Application on Canola Yield (*Brassica napus* L.) and Nitrogen Efficiency across Different Sowing Dates

S. Doori^{1*} - M. R. Moradi Telavat² - A. Siadat³ - A. Bakhshandeh⁴

Received: 14-02-2015

Accepted: 12-05-2015

Introduction

Between oil seeds, from the quality, quantity and nutrition index point of view, canola has the top level. Because of the solubility of N fertilizers, the time of urea application, is very important and one of the main reasons of the reduction in N application efficiency is utilization of urea in an inappropriate time. By precisely foliar application of nitrogen, the efficiency of nitrogen transformation to the grain will be very high because in this method the leaf is considered the main organ of nitrogen uptake and a low amount of absorbed nitrogen was transferred to the root and entered the soil. The more division of N application in growth stages and in accordance with plant need and foliar application result in increasing nitrogen use efficiency. The delay in sowing will result in the reduction of yield and this is due to low LAI, and thus low radiation absorb in vegetable phase and shorter reproductive phase with high temperature in flowering and subsequent stages that result in low prolific silique and make disorder in transferring stored material to grain. In this experiment using N foliar application to decrease the adverse effect of delay in sowing is objective.

Materials and Methods

The experiment was conducted in 2013-2014 in Ramin Agriculture and Natural Resource University of Khuzestan. Experiment was conducted as split plots in a randomized complete blocks design with three replications. In this experiment sowing date[optimum sowing (27 November), 17 December and late sowing (30 December)] were assigned to main plots and several time of N-foliar application with 5 percent density from urea (20 liter per ha), [T₀ (control), T₁ (foliar N application in rosette stage), T₂ (foliar N application in budding stage), T₃ (foliar N application in flowering stage)] were placed in sub-plots in randomized way. Fertilizing was based on the results of soil examination. Therefore, 162 kg ha⁻¹ of pure nitrogen (from resource urea) in the way of dusty application (1/3 after appearance of seedling on the soil, 1/3 in 3-4 leaves stage after thinning and 1/3 at the beginning of stem elongation) and 100 kg ha⁻¹ super phosphate triple in all plot was applied before planting. Each plot was consist of 8 planting line with 20 cm apart from each other and 4 m length. The data were analyzed by using SAS and mean comparison of data based on LSD test in 5% probably level.

Results and Discussion

Late sowing date and nitrogen foliar have significant effect on the yield and efficiency and uptake index of nitrogen. With delay in sowing because the flowering and silique formation stage faced with the heat tension, the vegetative phase, production of photosynthesis matter and growth all treatment like: yield, oil yield, biological yield, oil seed percent, nitrogen harvest index, nitrogen use efficiency, nitrogen utilization of agronomy efficiency and amount of nitrogen uptake, were decrease. But it should be pointed out that with delay in sowing the percentage of nitrogen seed and nitrogen of all bushes was increased.

The highest yield with mean of 3406.6 kg ha⁻¹ was relevant to first sowing date and least yield with mean 1803 and 1499.1 kg ha⁻¹ was achieved of second and third sowing date, respectively. In foliar treatment the highest yield was obtained from N foliar in budding and flowering stages and the least yield was obtained from control treatment.

1- MSc Graduated of Agronomy, Ramin Agriculture and Natural Resource University of Khuzestan

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

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

4- Professor, Ramin Agriculture and Natural Resource University of Khuzestan

(*- Corresponding Author Email: saham.doori67@gmail.com)

Foliar in budding and flowering stages by increasing the green surfaces of plant, more benefit of sun radiation, increasing in photosynthetic activity were increase and in this way the seed yield and oil yield were increase. As well nitrogen harvest index was increased with increasing of assigned nitrogen to silique in canola and the reduction in wasting of nitrogen will be increased by consume it in appropriate time. With nitrogen foliar application because of availability of nitrogen in appropriate amount and adequate utilization of plant of nitrogen, caused to increase the nitrogen utilization of agronomy efficiency and nitrogen uptake amount.

Conclusions

The results of this experiment showed that with delay in sowing the flowering and grain formation stages were faced to heat tension and can result in reduction in all treatment. The nitrogen foliar in heat stress caused an increase in seed yield, oil yield, dry mater, nitrogen harvest index, nitrogen utilization of agronomy efficiency and amount of nitrogen uptake. As the result, first sowing date and N foliar application in budding and flowering stages were best treatment in this experiment.

Keywords: Heat tension, Nitrogen harvest index, Seed yield



اثرات خاک‌ورزی و مدیریت فسفر بر لایه‌بندی فسفر در سیستم تولید ذرت دانه‌ای

مجید روزبه^{*۱}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۲

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۲۳

چکیده

فسفر از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان زراعی است که در صورت عرضه بیش از حد می‌تواند محدودکننده رشد یا آلوده‌کننده محیط زیست باشد. از طرف دیگر عملیات خاک‌ورزی تأثیر مستقیمی بر رفتار و قابلیت جذب فسفر خاک دارد. بر این اساس طی آزمایشی تأثیر مدیریت خاک‌ورزی و کود فسفره بر غلظت فسفر قابل‌استفاده در اعماق مختلف خاک و عملکرد ذرت دانه‌ای موردبررسی قرار گرفت. آزمایش به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. روش‌های خاک‌ورزی به‌عنوان کرت اصلی در دو سطح مرسوم و کم‌خاک‌ورزی و مدیریت کود فسفره به‌عنوان کرت‌های فرعی شامل دو عامل مقادیر مختلف کود فسفره در سه سطح: ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد توصیه کودی و روش‌های کوددهی در سه سطح: پخش سطحی، جای‌گذاری عمقی و نواری به‌صورت فاکتوریل بود. نتایج آزمایش نشان داد، تهیه بستر با روش کم‌خاک‌ورزی موجب بیش‌ترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر-۱۵) خاک گردید و عملیات خاک‌ورزی به روش مرسوم با استفاده از گاواهن‌برگردان‌دار، از نظر مقدار غلظت فسفر با ۷/۲ درصد کاهش در رتبه دوم قرار گرفت. کمترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۷۵ درصد توصیه کودی و بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در شرایطی حاصل شد که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۲۵ درصد توصیه کودی مصرف گردید. تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه‌ای غیرمعنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد از روش کم‌خاک‌ورزی به‌دست آمد و تیمار خاک‌ورزی مرسوم بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه دوم قرار گرفت. میزان عملکرد ذرت دانه‌ای در واکنش به روش‌های مدیریت کود فسفره اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کمترین مقدار عملکرد مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۱۲۵ درصد توصیه کودی به‌دست آمد. استفاده از دستگاه کودکار بذرکار (روش نواری) موجب تولید بیش‌ترین مقدار عملکرد گردید و کاربرد کود به روش عمقی در رتبه دوم قرار گرفت.

واژه‌های کلیدی: تجمع فسفر، روش‌های خاک‌ورزی، عملکرد ذرت، مدیریت فسفر

مقدمه

روش‌های کوتاه و بلندمدت بی‌خاک‌ورزی و خاک‌ورزی مرسوم گزارش کردند که تجمع فسفر در لایه ۲ تا شش سانتی‌متری تحت سیستم بی‌خاک‌ورزی بیشتر از مرسوم بود. به‌گفته (Bravo *et al.*, 2006) اختلاف در غلظت فسفر در سیستم‌های خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم می‌تواند به توزیع کود در عمق خاک به‌هم‌خورده توسط هر یک از سیستم‌ها نسبت داده شود. Schwab *et al.*, 2006 در طی آزمایشی نشان‌دادند، قرارگیری زیر سطحی کود فسفر تحت روش‌های کم و بی‌خاک‌ورزی، موجب افزایش جذب فسفر و عملکرد محصول گردید، آن‌ها همچنین گزارش کردند کاربرد کود فسفر به‌صورت پخش سطحی در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی به تجمع فسفر قابل‌استفاده در لایه سطحی خاک (صفر-پنج سانتی‌متر) گردید. در بررسی روش‌های جاگذاری کود فسفره تحت روش‌های مختلف خاک‌ورزی Kimmel *et al.*, 2001 نشان‌دادند که تلفات فسفر کل در روش جاگذاری کود به‌صورت نواری تحت روش بی‌خاک‌ورزی، به‌طور معنی‌داری کمتر از روش‌های خاک‌ورزی نواری و خاک‌ورز مرکب بود. Bahgar *et al.*, 1998 در بررسی اثرات سیستم‌های خاک‌ورزی و

فسفر از عناصر ضروری در تغذیه گیاهان زراعی است که در صورت عرضه بیش از حد می‌تواند محدودکننده رشد یا آلوده‌کننده محیط زیست باشد. یافته‌های محققین نشان‌داده است که تأثیر خاک‌ورزی بر لایه‌بندی فسفر به بافت خاک، نوع سیستم خاک‌ورزی و گونه گیاه زراعی وابسته می‌باشد (Bauer *et al.*, 2002; Lupwayi *et al.*, 2006). از آنجایی که کاربرد روش‌های مختلف خاک‌ورزی (مرسوم و حفاظتی) منجر به الگوهای مختلف توزیع فسفر خاک می‌شود، بنابراین نیاز کودهای فسفری، فسفر قابل‌استفاده و متعاقباً واکنش محصول به آن ممکن است در روش‌های مختلف خاک‌ورزی متفاوت باشد (Grant and Baileym, 1994). Jones *et al.*, 2007 در بررسی توزیع فسفر در لایه‌های خاک متأثر از

۱- استادیار بخش تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان فارس، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، شیراز، ایران

(*) - نویسنده مسئول: Email: roozbeh.majid@gmail.com

مواد و روش‌ها

این بررسی به‌صورت اسپلیت‌فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و به‌مدت دو سال زراعی (۹۱-۸۹) در ایستگاه تحقیقات کشاورزی داراب واقع در ۲۵۰ کیلومتری جنوب شرقی شیراز به عرض جغرافیایی ۲۸ درجه در ۴۷ دقیقه و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۱۷ دقیقه اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل روش‌های خاک‌ورزی به‌عنوان کرت اصلی در دو سطح خاک‌ورزی مرسوم (CT: گاواهن برگردان دار + دیسک) و کم‌خاک‌ورزی (RT: کولتیواتور با تیغه دو سر نیزه‌ای) و کرت‌های فرعی شامل دو عامل مقادیر مختلف کود فسفره در سه سطح: ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد توصیه کودی (به‌ترتیب P_2 , P_1 , P_3) و روش‌های کوددهی در سه سطح: پخش سطحی، جای‌گذاری عمقی و روش نواری (به‌ترتیب M_1 , M_2 و M_3) بود. در این آزمایش پخش سطحی از طریق پاشیدن کود در سطح خاک بعد از عملیات لولرزی در روش مرسوم، و بعد از شخم توسط کولتیواتور در روش کم‌خاک‌ورزی با استفاده از کودپاش سانتریفوژ اجرا شد. جای‌گذاری عمقی در هر دو سیستم خاک‌ورزی، به‌صورت پاشیدن کود در سطح خاک قبل از عملیات شخم و سپس مدفون کردن آن تا عمق شخم هر یک از ادوات (گاواهن برگردان دار و کولتیواتور)، و در روش نواری به‌وسیله یک دستگاه کودکار-بذرکار انجام شد. قبل از شروع آزمایش تعداد یک نمونه مرکب از ۱۰ نقطه در هر کرت از اعماق (صفر-۱۵) و (۳۰-۱۵) سانتی‌متر جهت تعیین بافت خاک، فسفر قابل جذب و توصیه کودی گرفته شد. مقادیر مختلف کود فسفره براساس نتایج حاصل از آزمون خاک و حد بحرانی فسفر (۱۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) محاسبه و تعیین شد. زمین موردنظر در تناوب با گندم و دارای بافت لوم بود. تیمارهای تهیه بستر بعد از کرت‌بندی زمین آزمایشی و پس از جمع‌آوری کاه و کلش‌های محصول قبلی اعمال شد. در قطعه زمین موردنظر ۵۴ کرت تهیه گردید که ابعاد هر کرت ۲۰×۶ مترمربع، فاصله هر کرت از کرت مجاور سه متر و فاصله تکرارها از یکدیگر هفت متر در نظر گرفته شد. عملیات کم‌خاک‌ورزی با استفاده از یک دستگاه کولتیواتور سه شاخه به‌فواصل ۷۵ سانتی‌متر از یک‌دیگر (هر شاخه مجهز به چهار تیغه دو سر نیزه‌ای) و در عمق ۱۶-۱۴ سانتی‌متر انجام گردید. بعد از انجام عملیات خاک‌ورزی، سطوح مختلف کود فسفره براساس تیمارهای مطرح شده در آزمایش و با توجه به حد بحرانی فسفر و نتایج آزمون خاک محاسبه گردید. کود فسفره از منبع سوپرفسفات‌تریپل و کود ازته از منبع اوره تأمین شد. اعمال روش‌های کوددهی و تأمین فسفر موردنیاز در تیمارهای مختلف، از طریق تنظیم کردن جعبه‌دنده دستگاه کودکار برای روش نواری و تنظیم کردن کودپاش سانتریفوژ، انجام شد. عملیات کاشت ذرت در کلیه تیمارها به‌وسیله یک دستگاه کودکار-بذرکار چهار واحدی با فاصله ردیف

مقادیر فسفر بر عملکرد ذرت سیلوئی گزارش کردند که سطوح بالای فسفر مصرفی در سیستم خاک‌ورزی حفاظتی (بی‌خاک‌ورزی) موجب بهبود رشد ریشه، ساقه و جذب عناصر غذایی گردید. سطوح بالای فسفر به‌طور معنی‌داری جذب کلیه عناصر به‌جز روی و مس را افزایش داد.

Afsahi and Moshtaghi, 2008 در آزمایش مقایسه ردیف‌کار-کودکار ذرت، با ردیف‌کار نیوماتیک در افزایش عملکرد محصول و کاهش مصرف کود فسفره گزارش کردند، عملکرد ذرت دانه‌ای (*Zea mays L.*) در هنگام کاشت کود زیر بذر در ماشین بذرکار-کودکار در مقایسه با ماشین ردیف‌کار نیوماتیک افزایش ۲۵ درصدی دارد. آن‌ها همچنین اعلام کردند با کاهش ۲۵ الی ۵۰ درصدی مصرف کود از حد توصیه شده، اختلاف معنی‌داری در عملکرد محصول حاصل نشد. Mallarino and Rueber, 2001 هم‌چنین در بررسی مدیریت کاربرد کودهای فسفر و پتاسیم در محصول ذرت و سویا (*Glycine max L.*) در سیستم‌های بی‌خاک‌ورزی و کم‌خاک‌ورزی گزارش کردند که مصرف کود پتاسیم و فسفر به‌صورت نواری و پخش کردن آن‌ها در هر دو سیستم خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد محصول نداشته است. Mengel *et al.*, 1988 در بررسی اثرات روش‌های مختلف مصرف کود پتاسیم و فسفر در دو سیستم خاک‌ورزی مرسوم و بی‌خاک‌ورزی در تولید ذرت گزارش کردند که روش کاربرد کود قبل از کاشت (پخش کردن) در هر دو سیستم خاک‌ورزی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد نداشت. Zibilske *et al.*, 2002 در آزمایش تأثیر کاهش عملیات خاک‌ورزی بر قابلیت جذب عناصر غذایی و عملکرد ذرت نشان داد که عملکرد محصول و جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم در خاک توسط گیاه تحت تأثیر نوع عملیات خاک‌ورزی قرار گرفت. در آزمایشات دیگری نتایج حاصل از جاگذاری ردیفی کودهای فسفره و پتاسه و مصرف بهینه نیتروژن بر عملکرد ذرت نشان داد که مصرف ردیفی کودهای فسفره و پتاس در خاک، بالاترین میزان محصول دانه را تولید کرد. کاهش این کودها به‌میزان ۲۵ و ۵۰ درصد، تأثیر معنی‌داری بر میزان محصول و شاخص‌های رشدی گیاه نداشت (Yong *et al.*, 2002). Mahmood and Mian, 1980 در ارزیابی ارتباط مقادیر مختلف فسفر و روش‌های مختلف مصرف آن بر رشد و جذب عناصر غذایی به‌وسیله ذرت گزارش کردند که استفاده از کود فسفر به‌صورت نواری در زیر بذر نسبت به روش پخش کردن در سطح خاک موجب افزایش عملکرد گردید.

بر این اساس هدف از اجرای این آزمایش بررسی تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی، مدیریت کود فسفر (شیوه‌های مختلف مصرف و مقادیر کود) و برهم‌کنش آن‌ها بر تجمع فسفر قابل‌جذب در پایان فصل رویش و عملکرد ذرت دانه‌ای بود.

گرفت. اختلاف در غلظت فسفر تحت دو سیستم مرسوم و کم خاک‌ورزی احتمالاً می‌تواند به عمق خاک به هم خورده، کود توزیع شده در عمق خاک‌ورزی نسبت داده شود.

تأثیر سطوح مختلف کود فسفره و روش‌های کوددهی بر غلظت فسفر قابل جذب خاک

میزان غلظت فسفر قابل جذب خاک در واکنش به کاربرد مقادیر مختلف کود فسفره از نظر آماری معنی‌دار بود (شکل ۱). کمترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۷۵ درصد توصیه کودی و بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در شرایطی حاصل شد که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۲۵ درصد توصیه کودی مصرف گردید.

نتایج هم‌چنین نشان‌داد میزان غلظت فسفر قابل جذب در عمق (۱۵-۳۰) سانتی‌متر در تیمارهای مختلف سطوح کودی اختلاف معنی‌داری با یک‌دیگر نداشتند هر چند که تیمار کاربرد کود فسفره براساس ۷۵ درصد توصیه کودی، موجب کمترین میزان غلظت فسفر در عمق (۱۵-۳۰) سانتی‌متر خاک شده بود (جدول ۲).

هم‌چنین تأثیر روش‌های مختلف کوددهی بر تجمع فسفر قابل جذب در اعماق مختلف خاک معنی‌دار بود. نتایج آشکار ساخت چنانچه کود فسفات به صورت نواری توسط دستگاه کودکار-بذرکار مصرف شود میزان غلظت فسفر در اعماق (صفر-۱۵) و (۱۵-۳۰) سانتی‌متر خاک کمترین مقدار خواهد بود (جدول ۳) و در صورت مصرف کود قبل از عملیات کاشت و پخش آن در سطح خاک، میزان غلظت فسفر در اعماق مذکور به‌ترتیب، با ۱۱/۲ و ۱۶/۵ درصد افزایش نسبت به روش نواری و عمقی در رتبه اول قرار گرفتند. اسکواب و همکاران (Schwab et al., 2006) نیز دریافتند که کاربرد فسفر به روش پخش سطحی منجر به تجمع فسفر در لایه سطحی شده است. در این رابطه نتایج مشابهی توسط سایر محققین گزارش شده است (Kimmel et al., 2001; Afsahi and Moshtaghi, 2008).

۷۵ سانتی‌متر و با موزع صفحه‌ای کنار ریز و شیاربازکن کششی به‌میزان بذر ۲۵ کیلوگرم در هکتار (هیبرید سینگل کراس ۷۰۴) اجرا شد. آبیاری کرت‌ها به‌صورت نشتی و به طریقه جوی و پشت‌های صورت گرفت. جهت کنترل علف‌های هرز از سم ارادیکان و به‌میزان پنج لیتر در هکتار استفاده شد. به‌منظور اندازه‌گیری تجمع فسفر قابل جذب در خاک، تعداد یک نمونه مرکب از ۱۰ نقطه در هر کرت از اعماق (صفر-۱۵) و (۱۵-۳۰) سانتی‌متر بعد از عملیات برداشت محصول گرفته شد و مقدار آن با استفاده از روش السن (Olsen et al., 1954) در آزمایشگاه تعیین گردید. هم‌چنین عملکرد محصول با حذف ۲ متر از ابتدا و انتهای هر کرت و برداشت چهار ردیف ذرت به‌وسیله یک دستگاه کمباین مجهز به هد برداشت ذرت انجام گردید. تجزیه و تحلیل آماری با کمک نرم‌افزار آماری MSTAT- C انجام و میانگین‌ها با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح پنج‌درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

تجمع فسفر قابل جذب

تأثیر خاک‌ورزی بر تجمع فسفر قابل جذب در اعماق مختلف خاک

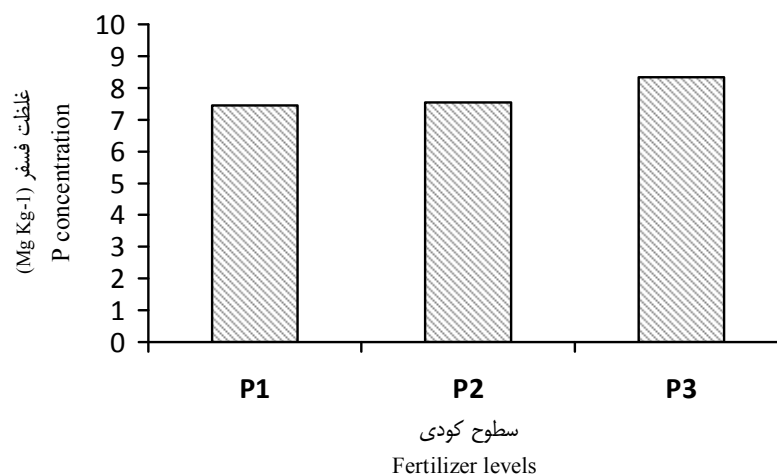
نتایج به‌دست آمده از اجرای آزمایش نشان‌داد که تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر مقدار غلظت فسفر در اعماق (صفر-۱۵) و (۱۵-۳۰) سانتی‌متر خاک غیر معنی‌دار بود. تهیه بستر با روش کم‌خاک‌ورزی موجب بیش‌ترین مقدار غلظت فسفر در عمق (صفر-۱۵) خاک گردید و عملیات خاک‌ورزی به روش مرسوم با استفاده از گاواهن برگردان‌دار، از نظر مقدار غلظت فسفر با ۷/۲ درصد کاهش در رتبه دوم قرار گرفت (جدول ۱). این نتایج با یافته‌های Schwab et al., 2006 مطابقت دارد که گزارش کرده بودند میزان تجمع فسفر در لایه سطحی خاک در سیستم‌های کم و بی‌خاک‌ورزی بیشتر از مرسوم بوده است. نتایج هم‌چنین نشان‌داد در صورت انجام عملیات تهیه بستر به روش مرسوم مقدار غلظت فسفر قابل جذب در عمق (۱۵-۳۰) سانتی‌متری خاک بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه اول قرار

جدول ۱- غلظت فسفر (ppm) متأثر از روش‌های خاک‌ورزی در اعماق مختلف خاک

Table 1- Phosphorus concentration as affected by tillage methods in different soil depths

روش‌های خاک‌ورزی Tillage methods	عمق (۱۵-۳۰) Depth(15-30 Cm)	عمق (صفر-۱۵) Depth(0-15Cm)
مرسوم (Conventional)	7.42 ^a	7.48 ^a
کم‌خاک‌ورزی (Reduce till.)	7.14 ^a	8.07 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level



شکل ۱- تأثیر مقادیر مختلف کود بر تجمع فسفر قابل جذب خاک در عمق (صفر-۱۵)
Figure 1- Effect of fertilizer rates on Phosphorus concentration in 0-15 cm depth of soil

جدول ۲- غلظت فسفر متأثر از سطوح مختلف کودی در عمق (۱۵-۳۰) سانتی‌متر
Table 2- Phosphorus concentration as affected by different fertilizer levels in 15-30cm depth

سطوح کودی fertilizer levels (%)	غلظت فسفر P concentration (mg kg ⁻¹ soli)
75	6.96 ^a
100	7.07 ^a
125	7.81 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

جدول ۳- غلظت فسفر متأثر از روش‌های مختلف کوددهی
Table 3- Phosphorus concentration as affected by different fertilizer application methods

روش‌های کوددهی (Fertilizer application methods)	عمق (۱۵-۳۰) Depth(15-30 Cm)	عمق (صفر-۱۵) Depth(0-15Cm)
سطحی (Surface)	7.85 ^a	8.13 ^a
عمقی (Deep)	7.43 ^{ab}	7.97 ^a
نواری (Band)	6.55 ^b	7.22 ^b

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج‌درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

شرایطی که عملیات تهیه بستر به‌صورت کم‌خاک‌ورزی انجام پذیرد، بیش‌ترین میزان تجمع فسفر قابل جذب در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، به‌ترتیب متعلق به برهم‌کنش تیمارهای مقدار کود مصرفی ۱۲۵ و ۷۵ درصد توصیه کودی با روش کوددهی پخش سطحی بوده است. مقدار غلظت فسفر از برهم‌کنش عملیات تهیه بستر به روش مرسوم توسط گاواهن برگردان‌دار با مقدار کود

برهم‌کنش روش‌های خاک‌ورزی، مقادیر مختلف کودفسفره و روش‌های کوددهی بر غلظت فسفر قابل جذب برهم‌کنش سه‌گانه روش‌های خاک‌ورزی، مقادیر مختلف کود فسفره و شیوه‌های کوددهی بر میزان تجمع فسفر قابل جذب در اعماق مختلف خاک در جدول ۴ آورده شده است. مقایسه میانگین‌ها از برهم‌کنش سه‌گانه تیمارها نشان داد در

۱۲۵ درصد توصیه کودی و مصرف به شیوه پخش سطحی، بدون داشتن اختلاف معنی داری با ۷۱ درصد کاهش در رتبه سوم قرار گرفت (جدول ۴).

جدول ۴- مقایسه میانگین غلظت فسفر از برهم کنش روش های خاک ورزی، مقادیر کود و روش های کوددهی
Table 4- Tillage methods × fertilizer rates × application methods interaction effects on Phosphorus concentration

P concentration (mg kg ⁻¹ soli)		تیمارها Treatments		
عمق (۱۵-۳۰) Depth(15-30 Cm)	عمق (صفر-۱۵) Depth(0-15Cm)	روش های کوددهی Application methods	مقادیر کود فسفره براساس توصیه کودی Fertilizer rates (%)	خاک و رزی Tillage
8.36 ^{abc}	6.74 ^{cd}	(Surface) سطحی	75	مرسوم (Conventional)
7.61 ^{abc}	6.94 ^{cd}	(Deep) عمقی		
6.02 ^c	6.35 ^d	(Band) نواری		
7.41 ^{abc}	7.43 ^{bcd}	(Surface) سطحی	100	
6.04 ^c	8.64 ^{abc}	(Deep) عمقی		
6.97 ^{abc}	6.89 ^{cd}	(Band) نواری		
8.98 ^{ab}	8.71 ^{abc}	(Surface) سطحی	125	
6.08 ^c	7.35 ^{bcd}	(Deep) عمقی		
7.03 ^{abc}	8.31 ^{abcd}	(Band) نواری		
8.03 ^{abc}	9.07 ^{ab}	(Surface) سطحی	75	کم خاک و رزی (Reduce till.)
7.92 ^{abc}	8.24 ^{abcd}	(Deep) عمقی		
6.47 ^{bc}	7.37 ^{bcd}	(Band) نواری		
7.37 ^{abc}	7.57 ^{abcd}	(Surface) سطحی	100	
7.45 ^{abc}	8.08 ^{abcd}	(Deep) عمقی		
6.49 ^{bc}	6.64 ^{cd}	(Band) نواری		
9.41 ^a	9.53 ^a	(Surface) سطحی	125	
6.72 ^{abc}	8.35 ^{abcd}	(Deep) عمقی		
6.74 ^{abc}	7.78 ^{abcd}	(Band) نواری		

میانگین های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

همان مقدار و با روش مصرف به شیوه سطحی، مقدار غلظت فسفر در عمق (۱۵-۳۰) سانتی متر خاک با ۴/۵۷ درصد کاهش بدون داشتن اختلاف معنی داری در رتبه دوم قرار گرفت. از مشاهده میانگین اثرات متقابل استنباط می شود که تفاوت ایجاد شده در غلظت فسفر قابل جذب ناشی از سطوح مختلف کودی، بیشتر از روش های کوددهی و خاک ورزی بوده است، این موضوع احتمالاً می توان به تحرک کمتر فسفر و همچنین تجمع آن در در لایه سطحی متأثر از سطوح بالای کود فسفر مصرفی نسبت داد (جدول ۴).

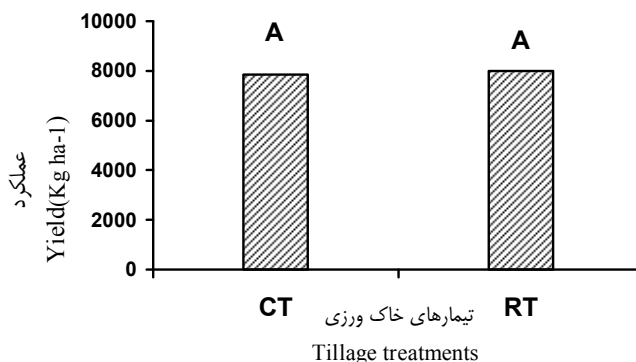
عملکرد محصول

تأثیر خاک ورزی بر عملکرد ذرت دانه ای

بالا بودن تجمع فسفر ناشی از برهم کنش مدیریت کم خاک ورزی و کود فسفره، احتمالاً می تواند به کود زیادی توزیع شده و افزایش سطح تماس ذرات خاک با کود پخش شده نسبت داد. نتایج همچنین نشان داد، از برهم کنش عملیات تهیه بستر به روش مرسوم و مقادیر کود مصرفی براساس ۷۵، ۱۰۰ و ۱۲۵ درصد توصیه کودی و شیوه مصرف کود به صورت نواری و عمقی، به ترتیب موجب کمترین مقدار غلظت فسفر قابل جذب در عمق (۱۵-۳۰) سانتی متر خاک گردید. همچنین بررسی ها نشان داد، در صورت انجام عملیات به روش کم خاک ورزی، بیشترین میزان غلظت فسفر قابل جذب در عمق (۱۵-۳۰) سانتی متری خاک، از برهم کنش مقدار کود مصرفی براساس ۱۲۵ درصد توصیه کودی و مصرف کود به شیوه سطحی حاصل شد. با تغییر روش تهیه بستر از کم خاک ورزی به خاک ورزی مرسوم و با

به هم زدن کمتر خاک موجب بیش‌ترین مقدار عملکرد گردید. تیمار استفاده از گاواهن برگردان‌دار در عملیات خاک‌ورزی اولیه بدون داشتن اختلاف معنی‌داری در رتبه دوم قرار گرفت (شکل ۲).

نتایج به دست آمده از اجرای آزمایش نشان داد که تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت غیر معنی‌دار بود. استفاده از کولتیواتور با تیغه دو سر نیزه‌ای به عنوان روش کم‌خاک‌ورزی با

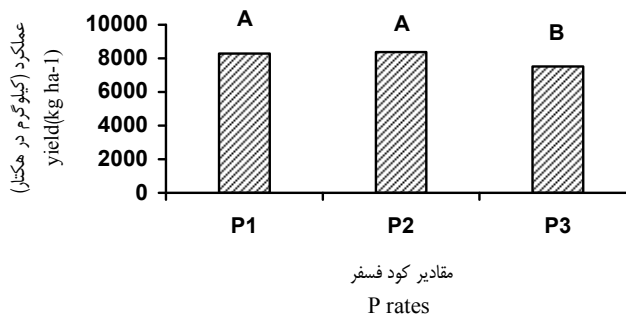


شکل ۲- تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی بر عملکرد ذرت دانه‌ای
Figure 2- Effect of different tillage methods on corn yield

فسفره مورد نیاز براساس ۱۰۰ درصد توصیه کودی مصرف گردید (جدول ۲). کاهش عملکرد متأثر از افزایش مقدار کود مصرفی، احتمالاً می‌تواند به تجمع بیشتر غلظت فسفر در محلول خاک و همچنین به هم خوردن توازن عناصر غذایی (کاهش جذب روی ناشی از غلظت زیاد فسفر) نسبت داد (Karimian and Yasrebi, 1995; Moraghan and Mascagni 1991). نتایج همچنین آشکار ساخت کاربرد کود فسفره براساس ۷۵ درصد توصیه کودی بدون داشتن اختلاف معنی‌داری با ۶۷ درصد کاهش نسبت به تیمار اول (۱۰۰ درصد توصیه کودی) در رتبه دوم قرار گرفت، و افزایش کود مصرفی (P3) تأثیری بر بهبود محصول تولیدی نداشت (شکل ۳).

نتایج فوق با یافته‌های دیگر محققین مطابقت دارد که گزارش کرده بودند، بین عملکرد محصول در روش‌های خاک‌ورزی حفاظتی (شخم با گاواهن قلمی، فاروئر و دیسک) و خاک‌ورزی مرسوم (گاواهن برگردان‌دار) اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (Bahgar *et al.*, 1998; Roozbeh *et al.*, 2002).

تأثیر مقادیر مختلف کود فسفره و روش‌های کوددهی بر عملکرد میزان عملکرد ذرت دانه‌ای در واکنش به مقادیر مختلف کود فسفره از نظر آماری اختلاف معنی‌داری را نشان داد. کمترین مقدار عملکرد مربوط به کاربرد کود فسفره براساس ۱۲۵ درصد توصیه کودی و بیش‌ترین میزان عملکرد در شرایطی حاصل گردید که مقدار کود



شکل ۳- تأثیر مقادیر مختلف کود فسفره بر عملکرد ذرت دانه‌ای
Figure 3- Effect of different phosphorus rates on corn yield

و سایر عناصر غذایی توسط گیاه نسبت داده شود. همچنین کمترین مقدار عملکرد نیز مربوط به شرایطی بود که کود فسفات بعد از عملیات تسطیح و قبل از کاشت ذرت در سطح خاک پاشیده شده بود (جدول ۵).

سایر محققین نیز نتایج مشابهی در ارتباط با افزایش جذب فسفر و عملکرد محصول در نتیجه قرارگیری زیر سطحی کود فسفر گزارش کرده‌اند (Mahmood. and Mian, 1980; Schwab *et al.*, 2006)

نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق بیان کرد که تجمع فسفر قابل جذب در لایه سطحی (صفر-۱۵) تحت سیستم کم‌خاک‌ورزی دارای بیشترین مقدار بود. میزان تجمع فسفر قابل جذب خاک در واکنش به کاربرد مقادیر مختلف کود فسفره از نظر آماری معنی‌دار بود. بیش‌ترین میزان غلظت فسفر در شرایطی حاصل شد که مقدار کود فسفره موردنیاز براساس ۱۲۵ درصد توصیه کودی مصرف گردید. بررسی برهم‌کنش‌ها نشان داد در شرایطی که عملیات تهیه بستر به صورت کم‌خاک‌ورزی انجام پذیرد، بیش‌ترین میزان تجمع فسفر قابل جذب در عمق (صفر-۱۵) سانتی‌متری خاک، متعلق به برهم‌کنش تیمارهای مقدار کود مصرفی ۱۲۵ و ۷۵ درصد توصیه کودی با روش کوددهی پخش سطحی بوده است. همچنین از مقایسه میانگین عملکرد محصول مشخص شد که تفاوتی بین سیستم کم‌خاک‌ورزی (RT) و روش مرسوم (CT)، وجود نداشته است.

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد ذرت متأثر از روش‌های مختلف کوددهی

Table 5- Corn yield as affected by different P application methods

روش‌های کوددهی	عملکرد
Application methods	Yield (Kg ha ⁻¹)
سطحی (Surface)	7067 ^c
عمقی (Deep)	8047 ^b
نواری (Band)	8663 ^a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند
Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

در ارتباط با کاهش مصرف کود فسفره، Afsahi and Mostashari, 2008) و دیگر محققین (Yang *et al.*, 2002) در طی آزمایشی گزارش کردند، با کاهش سطوح کودی به میزان ۲۵ و ۵۰ درصد کمتر از حد توصیه شده، اختلاف معنی‌داری در عملکرد ذرت دانه‌ای حاصل نشده است. نتایج نشان داد چنان‌چه کود سوپرفسفات‌ترپیل به صورت نواری توسط دستگاه کودکار-بذرکار مصرف گردد، میزان عملکرد بیش‌ترین مقدار خواهد بود و در صورت مصرف کود قبل از عملیات شخم (روش عمقی)، میزان عملکرد با ۸/۰۳ درصد کاهش نسبت به روش نواری، در رتبه دوم قرار خواهد گرفت (جدول ۵). افزایش عملکرد ناشی از کاربرد زیرسطحی طبق گزارشات Bahgar *et al.*, 1998 احتمالاً می‌تواند به جذب بهتر فسفر

References

- Afsahi, K. and Mostashari, M. 2008. Performance of seed placement of fertilizer planter and its comparison with pneumatic planter at optimization of phosphorus application in grain corn. Journal Agricultural Science Natural Research 1: 133-139.
- Bahgar, V. C., Wright, R. J. and Smedley, M. D. 1998. Tillage and phosphorus effects on silage corn. Developments in Plant and Soil Science 82: 323-330.
- Bauer, P. J., Fredrick, J. R. and Busscher, W. J. 2002. Tillage effect on nutrient stratification in narrow and wide row cropping systems. Soil and Tillage Research 66: 175-182.
- Bramley, R. G.V. and Barrow, N. J. 1992. The reaction between phosphate and dry soil. The effect of time, temperature and moisture status during incubation on the amount of plant available P. Journal Soil Science 43: 759-766.
- Bravo, C., Torrent, J., Giraldez, J. V. and Ordonez, R. 2006. Long term effect of tillage on phosphorous forms and sorption in a vertisol of Southern Spain. European Journal Agronomy 25(3): 264-269.
- Grant, CA. and Bailey, LD. 1994. The effect of tillage and KCl addition on pH, conductance, NO₃-N, P, K and Cl distribution in the soil profile. Canadian Journal Soil Science 74: 307-314.
- Jones, C., Chen, C., Allison, E. and Neill, K. 2007. Tillage effects on phosphorus availability. Western Nutrient Management Conference. Salt Lake City, UT.
- Karimian, N. and Yasrebi, J. 1995. Prediction of residual effects of zinc sulfate on growth and zinc uptake of corn plants, using three zinc soil tests. Soil Plant Annual 26: 277-287.
- Kimmell, R.J., Pierzynski, GM., and Barnes, PL. 2001. Effect of tillage and phosphorus placement on phosphorus runoff losses in a grain sorghum-soybean rotation. Soil Science Society American Journal 43: 1155-1158.
- Lupwayi, N.Z., Clayton, GW. and Soon, YK. 2006. Soil nutrient stratification and uptake by wheat after seven

- years of conventional and zero tillage in the Northern Grain belt of Canada. *Canadian Journal Soil Science* 86: 767-778.
11. Mahmood, Z. and Mian, MA. 1980. Interrelations of phosphorus rates and placement methods on the growth and nutrient uptake by corn. *Pakistan Journal Science Research* 32: 32-37.
 12. Mallarino, A P. and Rueber, D. 2001. Phosphorus and potassium fertilization for corn and soybeans managed with no-till and chisel-plow tillage. *Soil Science Society American Journal* 70:702-707.
 13. Mengel, D.B., Hawkins, SE. and Walker, P. 1988. Phosphorus and potassium placement for no till and spring plowed corn. *Journal Fertilizer* 5(1): 31-36.
 14. Moraghan, J.T. and Mascagni, J.1991.Environmental and soil factors affecting micronutrients in agriculture. *Soil Science Society of America*.pp. 371- 425.
 15. Olsen, S.R., Cole, C.V., Watanabe, F.S. and Dean, L.A. 1954. Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. *USDA Circ.* 939. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
 16. Roozbeh, M., Almasi, M. and Hemmat, A. 2002. Evaluation and comparison of energy requirements in different tillage methods for corn production. *Journal Agricultural Science Natural Research* 9(1): 117-128
 17. Schwab, G.J., Whitney, D.A. and Sweeney, DW. 2006. Tillage and phosphorus management effects on cop production in soils with phosphorus stratification. *Soil Science Society American Journal* 98(3): 430-435.
 18. Yang, J. E., Jones, J. J. and Jacobsen, J. S. 2002. Effects of fertilizer amount and incubation time. *Soil Science Plant* 33: 855-871.
 19. Zibilske, L. M., Bradford, J. M. and Smart, J. R .2002. Conservation tillage induced changes in organic carbon, total nitrogen and available phosphorus in a semi-arid alkaline subtropical soil. *Soil and Tillage Research* 66: 153-163.



Tillage and Phosphorus Management Effects on Stratification of Phosphorus in a Grain Corn Production System

M. Roozbeh^{1*}

Received: 11-04-2015

Accepted: 14-07-2015

Introduction

Phosphorus (P) is an essential element in crop nutrition, which can be growth limiting or an environmental contaminant, if present in excess. On the other hand, tillage practices have a direct effect on behavior and availability of soil P. Since, application of different tillage methods lead to different patterns of soil phosphorus distribution, hence P fertilizer needs and P availability may be different in tillage systems. Researchers have found that the effects of tillage on P stratification depends on soil texture. Kimmel *et al.* (2000) reported that total P losses were significantly lower for NT than chisel-disk-field cultivator and ridge-till. Bahgar *et al.* (1998) showed that higher levels of P fertilizer improved shoot, root growth and the uptake of all nutrient elements in No till system. High levels of P also significantly enhanced the uptake of all nutrient elements except Zn and Cu.

Materials and Methods

This study was conducted in Darab Agricultural Research Station in Fars Province, located in the south-western region of Iran (28° 47'N , 57° 17 ' E ; 1120 m above sea level). The soil texture was loam. The experimental design was a randomized complete block with split factorial arranged in three replications. Tillage methods were main plots in two levels: conventional (CT) and reduce tillage (RT). Sub plots included phosphate fertilizer rates in three levels: 75%, 100% and 125% of recommended fertilizer (P1, P2 and P3, respectively) and P application methods in three levels: surface broadcast, banded starter and deep placed (M1, M2 and M3, respectively) in factorial technique. Corn hybrid 704 was planted using a four-row planter with 75 cm row spacing. Phosphorus concentration in the 0-15 and 15-30 cm soil layer and grain yield in the end of growth season were measured.

Results and Discussion

Different tillage systems had no significant effects on phosphorus concentration in the 0-30 cm soil layer. The results indicated that RT treatment had greater phosphorus accumulated in the surface soil (0-15 cm) and CT system reduced phosphorus concentration by 7.2%. The difference in the P concentration between the two tillage systems can be attributed over a greater depth under conventional tillage (25cm) than under reduce tillage. Different fertilizer levels had significant effects on phosphorus concentration. In P1 treatment, phosphorus concentration was significantly less than P3 treatment. The minimum and maximum accumulation of available P was observed for 75 and 125% of recommended fertilizer in the 0-15 cm soil layer, respectively. The results indicated that there was Non-significant difference between P1 and P2 treatments. Also different phosphorus application methods had significant effects on phosphorous concentration. P concentration in surface broadcast treatment increased by 11.2 and 16.5% as compared to banded and deep placed treatments. The different tillage methods× fertilizer levels× application methods interactions on phosphorus concentration were significant. The maximum phosphorus concentration were observed for RT× P3× M1 treatments in the 0-15cm soil layer and the minimum occurred for the RT× P2× M3 and CT× P2× M3, respectively. The CT× P3× M3 interaction had a greater impact in increase of phosphorus concentration. The results also revealed that different tillage systems had no significant effect on grain yield. The most of yield was observed for RT system, although there was no significant difference between CT and RT systems. Phosphorus management methods had significant effects on corn yield. The lowest yield was observed for P3 treatment. The M2 treatment led to maximum grain yield as compared with M3 treatment.

Conclusions

This study indicated that RT treatment had greater phosphorus accumulated in the surface soil (0-15 cm) and CT system reduced phosphorus concentration by 7.2%. It also found no difference in phosphorus concentration between tillage systems. Reduced tillage seedbed preparation method coupled with broadcast P application lead to an accumulation of available P in the surface 0-15 cm soil layer.

Keywords: Corn yield, Phosphorus accumulation, Phosphorus management, Tillage methods

1- Assistant Professor, Department of Agricultural Engineering Research, Fars Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Shiraz, Iran

(*- Corresponding Author Email: roozbeh.majid@gmail.com)



تأثیر سیلیکون روی برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و عملکرد سورگوم دانه‌ای (*Sorghum bicolor* L.) تحت تنش شوری

سیما حسینی^۱ - حسن فرح‌بخش^{۲*} - غلامرضا خواجهویی‌نژاد^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۱/۲۴

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۴

چکیده

امروزه شوری خاک از جمله مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی است، که به‌عنوان یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح می‌باشد. از این‌رو به‌منظور بررسی تأثیر سیلیکون در جهت افزایش تحمل به شوری سورگوم دانه‌ای، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش شوری و نرمال در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهیدباهنر کرمان در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ به‌اجرا درآمد. عامل اصلی شامل سیلیسیم در دو سطح (صفر و شش میلی‌مولار) و عامل فرعی شامل ژنوتیپ‌ها (ارقام سپیده، پیام و لاین‌های TN-04-95، TN-04-71، TN-04-39، TN-04-107، TN-04-100، TN-04-37، TN-04-68، TN-04-83، TN-04-62) بود. نتایج تجزیه مرکب نشان داد که سیلیسیم به‌طور معنی‌دار عملکرد دانه، وزن ۱۰۰۰ دانه و نفوذپذیری غشاء پلاسمایی را تحت شرایط تنش شوری بهبود بخشید. بیش‌ترین میزان عملکرد در شرایط تنش شوری از ارقام سپیده و پیام حاصل شد. نتایج نشان داد که ژنوتیپ‌های پیام و TN-04-39 به‌ترتیب مقاوم‌ترین و حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها بودند. به‌طور کلی، می‌توان گفت که سیلیسیم تا حدی قادر است اثرات منفی شوری بر عملکرد سورگوم دانه‌ای و اجزای آن را در هر دو شرایط تنش و غیر تنش کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: شاخص برداشت، شاخص کلروفیل، عملکرد دانه، محتوای آب نسبی، نشست یونی

مقدمه

غلات گیاهی است، یک‌ساله، روزکوتاه، خودگشن و متحمل به شوری و خشکی که از نظر میزان تولید در سطح جهانی بعد از گندم (*Triticum aestivum*)، ذرت (*Zea mays*)، برنج (*Oryza sativa*) و جو (*Hordeum vulgare*) در ردیف پنجم می‌باشد (Stoskopf, 1985) و در تغذیه دام و طیور نقش مهمی را به عهده دارد. علی‌رغم فراوان بودن سیلیسیم در سطح زمین به‌دلیل همراه بودن آن با سایر عناصر از دسترس گیاهان خارج بوده و گیاهان تنها قادر به‌استفاده از فرم سیلیسیک اسید $Si(OH)_4$ آن می‌باشند و جزء عناصر ضروری برای رشد گیاه قرار نگرفته است. مطالعات زیادی در زمینه تأثیر سیلیکون در رشد گیاه، چه در شرایط ایده‌آل و چه در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار گرفته انجام شده است و همه این مطالعات تأثیر مثبت سیلیکون را در رشد و عملکرد گیاه در هر دو شرایط و به‌خصوص در شرایط تنش به‌اثبات رسانده‌اند (Tahir et al., 2006). سیلیکون به‌طور چشم‌گیری اثرات انواع تنش‌های غیرزنده از جمله شوری، خشکی، سرما و هم‌چنین سمیت عناصر سنگین، آلومینیوم و منگنز را کاهش می‌دهد (Liang et al., 2006). از جمله دلایلی که می‌تواند در کاهش اثرات زیان‌بار تنش شوری در گیاه توسط سیلیسیم دخیل باشند، می‌توان به بهبود وضعیت آب در گیاه، افزایش فعالیت فتوسنتز، تعدیل اثرات مخرب یون‌هایی مانند سدیم به‌وسیله جلوگیری و

شوری خاک از جمله تنش‌های محیطی است که به‌عنوان یک مشکل عمده در مناطق خشک و نیمه‌خشک مطرح است. پس از خشکی از مهم‌ترین و متداول‌ترین تنش محیطی در سطح جهان و از جمله ایران است (Shahidi et al., 2010). از جمله دلایلی که می‌توان در زمینه به‌وجود آمدن شوری در خاک ذکر نمود، تبخیر زیاد آب از سطح خاک و استفاده از آب‌های با کیفیت پایین و شور می‌باشند (Emam, 2004). مهم‌ترین واکنش گیاه به افزایش شوری خاک، کاهش سرعت رشد است. در مواجهه با شوری، ابتدا رشد رویشی گیاه متأثر می‌شود (Khaladbarin and Eslamzadeh, 2001)؛ بنابراین وجود مقادیر زیاد نمک در محیط ریشه یک محدودیت جدی برای تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان می‌باشد. سورگوم (ذرت خوشه‌ای) با نام علمی *Sorghum bicolor* L. از تیره

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت، دانشگاه شهید باهنر کرمان
۲- دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان، دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی
۳- دانشیار بخش زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید باهنر کرمان، دکتری زراعت (اکولوژی کشاورزی)
(*) نویسنده مسئول:
(Email: hfarahbakhsh@uk.ac.ir)

کاهش جذب یون مذکور و افزایش فعالیت آنزیم ($H^+-ATPase$) که باعث افزایش جذب پتاسیم از خاک و حرکت آن به سمت ساقه می‌گردد، اشاره نمود (Rohanipour, 2010). کاربرد برگی عناصر غذایی میکرو و ماکرو به عنوان روشی مؤثر برای بهبود جذب و افزایش سرعت جذب این عناصر توسط برگ‌ها و اندام‌های هوایی ثابت شده است، زیرا این عناصر بدون این که تحت تأثیر عوامل محدودکننده خاک در محدوده ریشه قرار گیرند، به راحتی توسط برگ‌ها و از طریق کوتیکول و روزنه‌ها جذب و با طی کوتاه‌ترین مسافت ممکن وارد دستجات آوندی، سلول‌های مزوفیل و آپوپلاست می‌شوند (Emadi, 2011). معمولاً در مناطق خشک و نیمه خشک علاوه بر کمبود مواد آلی خاک، شاهد pHهای بالا و مقادیر زیاد $CaCO_3$ نیز در خاک هستیم (Malakouti, 2008). با توجه به این که در حال حاضر تنش شوری مهم‌ترین تنش غیرزیستی به خصوص در مناطق جنوبی کشورمان بوده که محدودکننده تولید بسیاری از محصولات کشاورزی است (Peyvast *et al.*, 2009). همچنین با توجه به تأثیری که سیلیسیم در بهبود مقاومت به تنش‌های مختلف در سایر گیاهان داشته است، این آزمایش با هدف بررسی تأثیر سیلیسیم در بهبود تحمل به شوری سورگوم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید باهنر کرمان با عرض جغرافیایی ۳۰ درجه و طول جغرافیایی ۵۶ درجه، میانگین بارندگی ۱۵۰ میلی‌متر با ارتفاع ۱۷۵۴ متر از سطح دریا و با آب‌وهوای گرم و خشک واقع در جنوب شرقی ایران انجام شد. ژنوتیپ‌های مورد استفاده شامل ارقام سپیده، پیام و لاین‌های TN-04-68, TN-04-62, TN-04-95, TN-04-70, TN-04-71, TN-04-39, TN-04-107, TN-04-100, TN-04-83 بودند که از مؤسسه تحقیقات نهال و بذر کرج تهیه گردید. در این مطالعه تأثیر دو سطح سیلیسیم (صفر و شش میلی‌مولار) و دو سطح شوری (صفر و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) بر گیاه سورگوم مورد بررسی قرار گرفت. برای تهیه زمین ابتدا از گاوآهن برگردان‌دار برای عملیات شخم استفاده شد. سپس کلوخه‌ها توسط دیسک خرد و اقدام به جوی‌پشته شد. کاشت بذور بر روی پشته‌ها به صورت دستی و آبیاری توسط کنتور حجمی بلافاصله پس از کاشت انجام گردید. خاک محل آزمایش دارای بافت شنی-لومی بود. در این آزمایش از سدیم سیلیکات به عنوان منبع سیلیسیم استفاده شد. محلول پاشی سیلیکون طی دو مرحله و هم‌زمان با اعمال تنش شوری صورت گرفت؛ به نحوی که، محلول پاشی اول در مرحله چهار-شش برگی و محلول پاشی دوم در مرحله شش برگ کاملاً توسعه یافته با غلظت شش میلی‌مولار صورت گرفت. محلول پاشی توسط سم‌پاش دستی و به میزان ۸۰۰ لیتر در هکتار صورت گرفت. به منظور جلوگیری

از واردشدن خسارت ناگهانی به گیاه و در نتیجه نابودی گیاهچه، اعمال شوری به تدریج صورت گرفت؛ به طوری که اولین تنش با میزان $EC=5$ در مرحله شش برگ کاملاً توسعه یافته اعمال گردید و سپس به تدریج در آبیاری‌های بعدی تنش وارده بیشتر شد تا به حد مورد نظر (۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) رسید. فاصله بین دو بوته روی ردیف ۱۰ سانتی‌متر، فاصله بین ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و طول هر پشته ۱/۵ متر در نظر گرفته شد. کاشت بذور در تاریخ یک خرداد ۱۳۹۲ صورت پذیرفت. بذور گیاهان تحت تیمار شوری نیز در بلوک‌های سیمانی به ابعاد $100 \times 100 \times 80$ سانتی‌متر با فواصل فوق‌الذکر در همان محل کشت شدند. قبل از کاشت، جهت تعیین ظرفیت زراعی خاک، آبیاری توسط کنتور حجمی تا زمان خروج آب از لوله‌های تعبیه شده در کف کرت (اشباع خاک) صورت گرفت. پس از گذشت ۲۴ ساعت آب خروجی هر کرت (آب ثقلی) اندازه‌گیری و پس از کسر از مقدار آب داده شده، مقدار حاصل به عنوان تقریبی از ظرفیت زراعی خاک در نظر گرفته شد. با توجه به مشخص شدن مقدار آب امکان ثابت نگه داشتن سطح شوری در کرت‌ها فراهم گردید. قبل از کاشت با توجه به مقدار فسفر خاک (۱۰ ppm)، کود شیمیایی فسفات‌تریپل به مقدار لازم تا عمق ۳۰ cm خاک مخلوط گردید. برای تأمین ازت از کود اوره به صورت سرک استفاده شد.

محتوای نسبی آب برگ (RWC)

براساس روش Ritchie and Nguyen, 1990 نمونه‌برداری از آخرین برگ توسعه یافته تمامی تیمارهای آزمایشی انجام شد و نمونه‌ها بلافاصله درون پاکت زیپ‌دار در ظرفی محتوای یخ قرار گرفته و در آزمایشگاه وزن تر آن‌ها به وسیله ترازوی دارای دقت ۰٫۰۰۱ اندازه‌گیری شد (F_w). سپس تمامی نمونه‌ها در آب مقطر قرار داده شده و به مدت ۲۴ ساعت در یخچال با دمای چهار درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. بعد از ۲۴ ساعت وزن اشباع برگ‌ها اندازه‌گیری شد (S_w) و برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت دیگر در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون قرار گرفته و وزن خشک هر کدام تعیین گردید (D_w). با قرار دادن اعداد حاصل از توزین در فرمول زیر، محتوای نسبی آب برگ به دست آمد.

$$RWC (\%) = (F_w - D_w) / (S_w - D_w) \times 100$$

میزان نفوذپذیری غشاء پلاسمایی

براساس روش Zheng *et al.*, 2008 برگ‌های انتخاب شده به قطعات یک سانتی‌متری برش داده شده و با دقت توسط آب مقطر شسته شدند. برگ‌ها را در ظرف‌های کوچک دارویی که در آن ۱۰ میلی‌لیتر آب مقطر قرار داشت گذاشته و برای مدت حدود نیم ساعت توسط شیکر و با دور ۱۰۰ rpm به هم زده شدند؛ بعد از این مرحله EC محلول گرفته شد (EC_0). سپس نمونه‌ها به مدت ۲۴ ساعت در یخچال گذاشته شدند و بعد از گذشت این مدت EC محلول اندازه‌گیری

محاسبه شد. علاوه بر این صفات وزن ۱۰۰۰ دانه، شاخص برداشت و ارتفاع بوته نیز تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

این تحقیق به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دو شرایط تنش شوری و نرمال صورت گرفت؛ سیلیسیم در کرت اصلی و ژنوتیپ‌ها در کرت فرعی قرار گرفتند. سپس دو آزمایش به صورت تجزیه مرکب آنالیز شدند. جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن و سطح معنی‌داری $(\alpha=0/05)$ استفاده شد و داده‌ها توسط نرم‌افزارهای SAS، Excel و MSTAT-C آنالیز شدند.

نتایج و بحث

محتوای آب نسبی برگ

محتوای آب نسبی به طور معنی‌داری تحت تأثیر اثر متقابل شوری و سیلیکون و همچنین اثر متقابل ژنوتیپ و شوری قرار گرفت (جدول ۱). در شرایط نرمال تفاوت معنی‌داری در محتوای آب نسبی بین دو سطح سیلیسیم وجود نداشت؛ در حالی که در شرایط تنش استفاده از سیلیسیم منجر به افزایش محتوای آب نسبی برگ در حد شرایط نرمال شد و عدم کاربرد سیلیسیم سبب کاهش ۱۳ درصدی در محتوای آب نسبی برگ شد (شکل ۱). بیش‌ترین محتوای آب نسبی در رقم سپیده تحت شرایط اعمال تنش شوری و سیلیکون مشاهده شد که اختلاف معنی‌داری با لاین‌های TN-04-95 و TN-04-70 داشت. علاوه بر این می‌توان گفت که سیلیکون تحت شرایط تنش شوری محتوای آب نسبی گیاه را در ارقام سپیده، پیام و لاین‌های TN-04-62، TN-04-37، TN-04-83 و TN-04-68 نسبت به شرایط نرمال افزایش داده است، هرچند که این افزایش معنی‌دار نبود (شکل ۲).

گردید (EC_1). سپس همان نمونه‌ها در داخل اتوکلاو و دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد برای مدت ۲۰ دقیقه قرار گرفتند و بعد از خنک شدن مجدداً EC توسط دستگاه EC سنج قرائت گردید (EC_2) و در نهایت با استفاده از رابطه زیر نفوذپذیری غشا پلاسمایی محاسبه گردید.

$$\text{Relative Permeability (\%)} = (EC_1 - EC_0) / (EC_2 - EC_0) \times 100$$

شاخص کلروفیل

جهت اندازه‌گیری محتوای کلروفیل از دستگاه کلروفیل‌متر (SPAD) استفاده شد. نحوه انجام کار بدین صورت بود که تعداد پنج برگ عاری از گردوغبار از هر گیاه که شاخص کل گیاه بودند، انتخاب و با قراردادن برگ در بین دو الکتروستگاه، میانگین قرائت‌های انجام شده به عنوان محتوای کلروفیل آن گیاه در نظر گرفته شد.

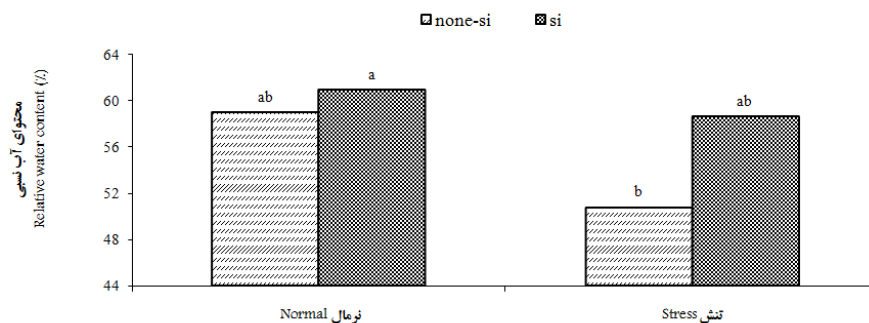
شاخص سطح برگ

جهت محاسبه شاخص سطح برگ طول و پهنای برگ در عریض‌ترین قسمت به وسیله خط‌کش اندازه‌گیری و بعد از ضرب کردن طول × عرض × عدد ثابت ۰/۷۵ شاخص سطح برگ بر حسب سانتی‌مترمربع گزارش گردید (Rashed Mohasel et al., 1997).

وزن خشک کل اندام هوایی گیاه

پس از برداشت یک مترمربع از گیاهان از سطح خاک و انتقال به آزمایشگاه، تا رسیدن به وزن ثابت در آون با درجه حرارت ۷۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس وزن خشک آن‌ها بر حسب گرم بر مترمربع محاسبه شد.

جهت تعیین عملکرد دانه پس از برداشت بوته‌های هر کرت، خوشه‌ها جدا و سپس دانه‌های هر خوشه جدا و توزین شدند. نمونه‌ای از دانه‌های هر کرت جهت تعیین رطوبت در آون گذاشته شد و پس از تعیین رطوبت عملکرد بر اساس ۱۴ درصد رطوبت برای هر تیمار



شکل ۱- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر محتوای آب نسبی

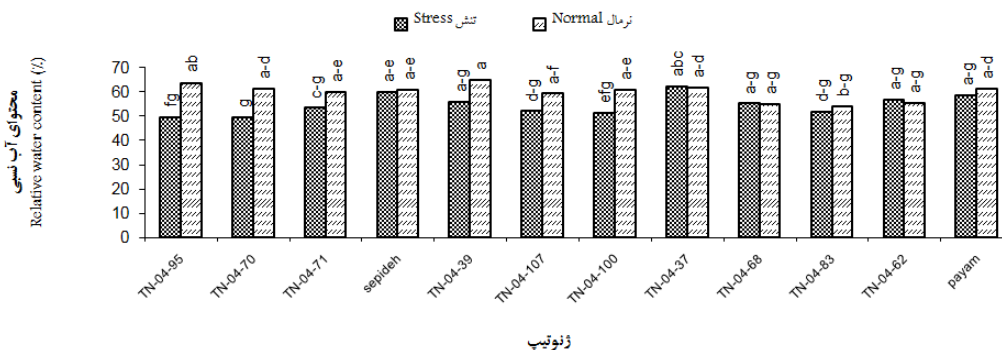
Figure 1- The interaction of salinity and silicon on relative water content

مربوط به کاهش پتانسیل آب محیط ریشه و کاهش توان گیاه در

در اثر شوری مقدار آب مصرفی گیاه کاهش می‌یابد، که می‌تواند

تحت شرایط شوری رشد می کنند، به طور قابل ملاحظه ای کاهش پیدا می کند؛ اما اضافه کردن سیلیکون به محیط رشد با شرایط شور از این کاهش جلوگیری به عمل آورده و باعث افزایش در محتوای آب گیاهی می شود (Raven, 1983).

جذب آب باشد (Chaudhuri and Choudhuri, 1998). در تحقیقی کاهش محتوای آب نسبی در اثر کاربرد تنش شوری در ذرت (Zea mays) گزارش گردید و نتایج آن همچنین نشان داد که با افزایش سطح شوری محتوای آب نسبی نیز بیشتر کاهش می یابد (EI- Bassiouny and Bekheta, 2005). محتوای آب در گیاهانی که



شکل ۲- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر محتوای آب نسبی
Figure 2- The interaction of salinity and genotype on relative water content

معنی داری افزایش یافت (Mobasser et al., 2008).

وزن خشک کل اندام هوایی گیاه

وزن خشک اندام هوایی به طور معنی داری ($p \leq 0.05$) تحت تأثیر سیلیسیم قرار گرفت (جدول ۱). سیلیسیم توانست تحت تنش شوری وزن خشک را در ژنوتیپ های پیام، سپیده، TN-04-107، TN-04-70، TN-04-37 نسبت به شرایط نرمال و عدم برگ پاشی سیلیکون افزایش دهد. با توجه به نتایج جدول ۲ اضافه نمودن سیلیکون به ژنوتیپ سپیده و TN-04-37 تحت شرایط تنش به شکل قابل ملاحظه ای سبب تجمع ماده خشک در اندام هوایی گشت؛ این تأثیر سیلیسیم در شرایطی که گیاه تحت تنش قرار نداشت مشاهده نگردید. با این حال بیش ترین وزن خشک اندام هوایی متعلق به لاین TN-04-68 با وزن تقریبی چهار کیلوگرم در مترمربع بود که تحت شرایط نرمال و کاربرد سیلیکون رشد کرده بود. وزن خشک گیاهی که متأثر از رشد گیاه و انجام فعالیت فتوسنتز در گیاه است مسلماً با کاهش رشد گیاهی و فعالیت فتوسنتز، کاهش می یابد (Mirmohammadi and Ghareh yazi, 2002). در آزمایش انجام گرفته بروی گیاه ذرت مشاهده شد که وزن خشک اندام هوایی گیاهانی که تحت تنش شوری در بازه زمانی ۱۵ روزه قرار گرفته بودند، ۴۵ درصد کمتر از تیمار شاهد بود (Neto et al., 2006). وزن تر و خشک گیاه جو (*Hordeum vulgare*) در شرایطی که گیاه تحت شرایط شوری رشد کند کاهش پیدا می کند اما این تأثیر منفی تنش شوری با اضافه کردن سیلیسیم کاهش پیدا می کند (Liang et al., 2003).

وزن ۱۰۰۰ دانه

نتایج تجزیه واریانس داده ها (جدول ۱) نشان داد که شوری تأثیر معنی داری بر وزن ۱۰۰۰ دانه داشت و با اعمال تنش به طور قابل توجهی از وزن ۱۰۰۰ دانه کاسته شد. همچنین در هر دو شرایط تنش و نرمال، کاربرد سیلیسیم سبب افزایش وزن ۱۰۰۰ دانه گردید که این افزایش، در شرایط تنش معنی دار بود (جدول ۲). شوری به سبب تداخل در جذب عناصر غذایی و کاهش میزان فتوسنتز تولیدی منجر به کاهش طول سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن ۱۰۰۰ دانه، عملکرد دانه، سیوس و کاهش کاه و گلش در گیاه اسفزه (*Plantago psyllium*) گردید (Singh and Pal, 1995). سیلیس باعث رشد رویشی و افزایش تولید ماده خشک، کاهش تعرق و افزایش تعداد برگ ها می شود و از این طریق موجب افزایش ماده خشک، تعداد پنجه و وزن ۱۰۰۰ دانه می گردد و بر کیفیت دانه و کمیت آن اثر می گذارد (Agarie et al., 1993).

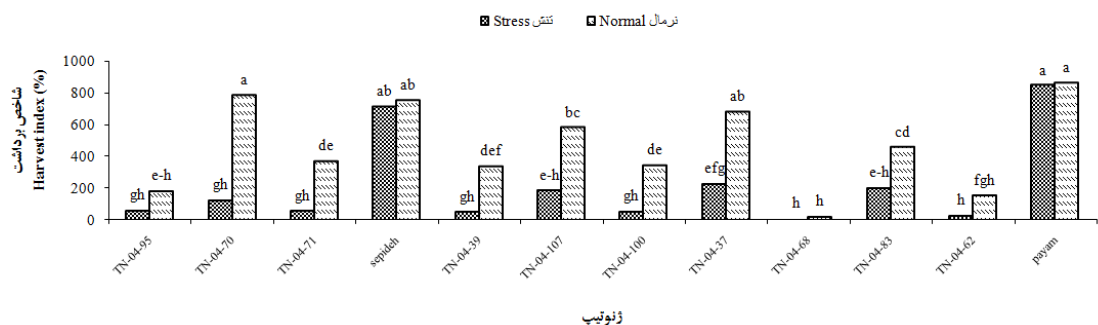
عملکرد دانه

بیش ترین میزان عملکرد دانه با میزان ۹۸۷/۶ گرم در مترمربع در لاین TN-04-39 مشاهده شد که تحت شرایط نرمال و محلول پاشی سیلیسیم قرار گرفته بود. براساس نتایج جدول ۲ عملکرد دانه تحت شرایط تنش شوری و کاربرد سیلیسیم برای ژنوتیپ های پیام، سپیده، TN-04-37، TN-04-68 نسبت به شرایط نرمال افزایش نشان داد؛ به طوری که رقم سپیده تحت این شرایط افزایش ۳۸ درصدی نسبت به شرایط نرمال و عدم کاربرد سیلیسیم داشت. سیلیس در گیاه برنج باعث افزایش عملکرد شد. با مصرف سیلیسیم عملکرد دانه به طور غیر

کاهش نشان‌داد (شکل ۳). Sedghi, 2007 نشان‌داد که شاخص برداشت تحت تأثیر مصرف سیلیسیم قرار نگرفت، اما روند آن افزایشی بود، زیرا میزان عملکرد دانه را نسبت به عملکرد کاه با شدت بیشتری افزایش داد.

شاخص برداشت

در این تحقیق اثرات متقابل شوری و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). از بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به ترتیب ارقام پیام و سپیده کمترین حساسیت به شوری را نشان دادند. شاخص برداشت سایر ژنوتیپ‌ها تحت تأثیر شوری بیش از ۵۰ درصد

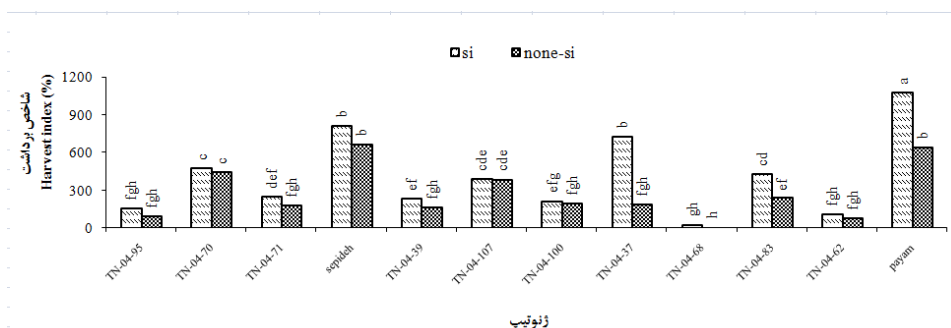


شکل ۳- اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر شاخص برداشت

Figure 3- The interaction of salinity and genotypes on Harvest Index

به طوری که تفاوت معنی‌داری با لاین TN-04-37 که تحت شرایط نرمال و مصرف سیلیکون رشد کرده بود نداشت. کمترین شاخص برداشت نیز مربوط به لاین TN-04-68 در شرایط تنش و عدم مصرف سیلیکون مشاهده گردید.

شاخص برداشت تحت تأثیر اثر متقابل سیلیس و رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). طبق شکل ۴ بیشترین میزان شاخص برداشت در رقم پیام مشاهده شد که تحت شرایط تنش شوری و مصرف سیلیکون رشد کرده بود. سپس رقم سپیده بیشترین میزان شاخص برداشت را در همین شرایط به خود اختصاص داد،



شکل ۴- اثر متقابل سیلیسیم و ژنوتیپ بر شاخص برداشت

Figure 4- The interaction of silicon and genotypes on Harvest Index

TN-04-100 معنی‌دار نبود. بیشترین شاخص سطح برگ مربوط به لاین TN-04-39 بود که تحت شرایط نرمال و اعمال سیلیکون رشد کرده بود؛ در حالی که تفاوت معنی‌داری با لاین TN-04-62 که در شرایط تنش همراه با اعمال سیلیکون رشد کرده بود نداشت. کاهش در توسعه و گسترش برگ‌ها توسط تنش شوری می‌تواند به علت کاهش در توسعه پذیری دیواره سلولی و یا افزایش در آستانه عملکرد به وجود آید (Hu and Schmidhalter, 2004). شاخص سطح برگ

شاخص سطح برگ

در این مطالعه شاخص سطح برگ تحت تأثیر اثر متقابل شوری، سیلیکون و رقم در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شده است (جدول ۱). براساس نتایج جدول ۲، سیلیکون توانسته است در شرایط تنش شوری سطح برگ را در ارقام سپیده، پیام و لاین‌های TN-04-62, TN-04-100, TN-04-37, TN-04-83, TN-04-68 به‌طور قابل توجهی افزایش دهد؛ گرچه این افزایش برای ژنوتیپ‌های پیام و

در کلزا (*Brassica napus*) با افزایش شوری کاهش می‌یابد که این کاهش در نتیجه ممانعت از بزرگ شدن و تقسیم سلول است (Kazimi, 2004). در تحقیقی نتایج نشان داد گیاهانی که تحت تأثیر شوری قرار داشتند در مقایسه با تیمار شاهد، کاهش ۵۸ درصدی در سطح برگ شان نشان می‌دهند در حالی که اگر به گیاهان تحت تأثیر شوری، سیلیکون اضافه شود فقط ۲۰ درصد کاهش در سطح برگ در مقایسه با تیمار شاهد مشاهده می‌شود (Romero-Aranda, 2006).

ارتفاع

براساس نتایج به دست آمده، کاربرد سیلیکون در شرایط تنش

سبب بهبود ارتفاع در رقم سپیده و لاین TN-04-37 نسبت به گیاهان شاهد شد، اگرچه که این تفاوت معنی دار نبود (نتایج نشان داده نشده است). از آنجا که نوسانات ارتفاع گیاه معمولاً بارزترین مشخصه ژنتیکی و تغییر شرایط محیطی در اغلب گیاهان است، گاهی اوقات افزایش ارتفاع بوته یک مزیت برای رقابت با سایر بوته‌ها در جامعه گیاهی محسوب می‌شود که یکی از نتایج آن تشکیل برگ‌های جدید در بالای سایه‌انداز است. این خصوصیت، کارآمدترین برگ‌ها را در بهترین موقعیت از نظر فتوسنتز قرار می‌دهد (Ozouni douji *et al.*, 2007). سیلیسیم باعث بهبود ارتفاع گیاه و همچنین باعث افزایش مقاومت به ورس در گیاه برنج می‌شود (Fallah, 2008).

جدول ۱- تجزیه واریانس تیمارهای مختلف برای صفات اندازه‌گیری شده در سورگوم دانه‌ای

Table 1- Analysis of variance for traits in sorghum treatments

منابع تغییر SOV	درجه آزادی df	ارتفاع Height (cm)	وزن هزار دانه (1000-grain weight) (gr)	عملکرد دانه (Grain Yield gr m ⁻²)	اندام هوایی (gr m ⁻²) (Shoot dry weight gr m ⁻²)	شاخص برداشت Harvest Index	شاخص کلروفیل SPAD Number	شاخص سطح برگ (Leaf area index)	نفوذپذیری غشاء (Relative permeability (%))	محتوای نسبی آب برگ relative water content
بلوک (R)	2	305.87ns	63.64ns	1757.73ns	3517ns	1091.07ns	34.18ns	0.04ns	1.34ns	65.52 ns
شوری (Salt)	1	185940.86**	4776.82**	316457.03**	10845631.44**	2225662.11**	6177.63**	2.13**	2096.68**	992.03**
خطا (Error1)	2	422.28	20.65	13762.46	21009.65	26402.16	16.72	0.005	0.74	9.74
سیلیکون (Silicon)	1	6635.5**	876.98**	1163348.78**	6429961.83**	651818.23**	133.02*	11.72**	1303.28**	861.05**
شوری×سیلیکون Salt×Silicon	1	1605.58*	64.43*	97411.70**	155356.67ns	45.47ns	550**	0.59*	12.19*	319.41*
خطا (Error2)	4	469.34	19.20	4289.35	25533.78	27362.12	3.46	0.02	2.27	44.50
ژنوتیپ Genotype	11	10516.77**	185.20**	140446.82**	8845585.83**	787739.86**	105.12**	0.86**	253.40**	89.85*
ژنوتیپ×شوری Salt×Genotype	11	4757.78**	169.77**	224812.11**	1237663**	116232.28**	64.55**	0.88**	141.97**	82.20*
ژنوتیپ×سیلیکون Silicon Genotype×	11	157.86ns	16.51ns	11394.77*	276120.34**	90578.07**	24.80 ns	0.21*	49.58**	7.57 ns
ژنوتیپ×سیلیکون ×شوری Silicon Genotype×Salt	11	221.58ns	3077 ns	32034.41**	108934.60*	12624.66ns	24.73ns	0.57**	17.19**	11.64ns
خطای کل Total Error	88	225.56	14.51	3680.763	48283.9	10129.89	15.64	0.06	2.85	25.09
ضریب تغییرات CV(%)		15.40	20.24	22.27	17.44	29.65	12.95	29.83	20.98	8.73

ns و ** و *** به ترتیب معنی داری در سطح پنج درصد، یک درصد و غیر معنی دار.

ns, significant at 5%, 1% and non-significant, respectively

جدول ۲- مقایسه میانگین اثرات متقابل سه گانه شوری، سیلیکون و ژنوتیپ

Table 2- Comparison of the interactions between the salt, silicon and genotype

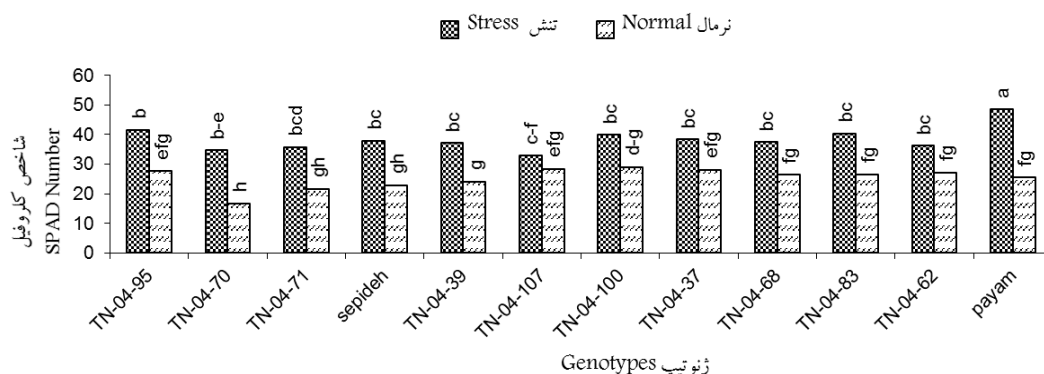
تیمارهای آزمایش (Treatments)			وزن ۱۰۰۰ دانه	وزن خشک اندام	عملکرد دانه	نفوذپذیری
شوری	سیلیکون	ژنوتیپ	(1000-grain weight) (gr)	هوایی گیاه	(Grain Yield gr m ⁻²)	غشاء پلاسمایی
(Salt)	(Silicon)	(Genotype)		(Shoot dry weight gr m ⁻²)		(Relative permeability %)
عدم تنش (Normal)	کاربرد سیلیکون (Si)	TN-04-95	26.57 a-g	3088.19 b	907.26 ab	3.73 m-t
		TN-04-70	31.15 a	1192.60 g-k	836.20 b	1.73 p-u
		TN-04-71	30.83 ab	1707 f	670.93 cd	0.77 stv
		Sepideh	22.46 d-m	347.38 q-v	234.06 mno	1.19 r-u
		TN-04-39	30.04 abc	2922.55 bc	987.06 a	0.53 tu
		TN-04-107	28.10 a-g	1084.52 g-l	590.7 def	1.51 p-u
		TN-04-100	29.58 a-e	2131.56 e	715.02 c	1.33 q-u
		TN-04-37	20.78 g-o	177 tuv	144.34 o-t	0.29 u
		TN-04-68	31.58 a	4058.15 a	110.92 p-u	1.87 o-u
		TN-04-83	18.52 i-q	1016.6 h-m	525.38 e-h	0.35 u
	عدم کاربرد سیلیکون (None-Si)	TN-04-62	24.92 a-k	3107.26 b	485.82 f-i	2.36 n-u
		Payam	22 f-m	504.71 o-u	427.35 h-k	2.51 n-u
		TN-04-95	25.19 a-j	2925.81 bc	375.46 jkl	9.60 gh
		TN-04-70	29.81 a-d	862.22 j-o	546.25 d-g	22.32 c
		TN-04-71	28.59 a-f	1240.51 g-k	380.18 i-l	4.42 k-r
		Sepideh	21.32 f-n	228.30 s-v	154.61 o-s	5.87 i-m
		TN-04-39	26.43 a-h	2078.41 e	607.70 de	5.47 j-n
		TN-04-107	25.35 a-j	581.15 n-t	305.50 lmn	5.12 j-o
		TN-04-100	27.40 a-g	1402.53 fgh	453 g-j	6.37 h-m
		TN-04-37	18.74 i-p	93.41 uv	30.41 tu	4.81 k-p
	کاربرد سیلیکون (Si)	TN-04-68	18.07 j-q	2806.95 bc	53.78 stu	7.29 h-k
		TN-04-83	17.42 k-r	669.54 l-r	213.13 nop	1.47 q-u
		TN-04-62	17.51 k-r	2247.23 de	330.27 klm	6.13 i-m
		Payam	17.52 k-r	341.10 q-v	205.96 n-q	4.51 k-r
		TN-04-95	15.89 m-r	2580.36 cd	190.33 o-r	6.38 h-m
		TN-04-70	18.08 j-q	969.05 i-n	117.06 o-u	12.88 f
		TN-04-71	22.59 c-m	955.03 i-n	78.12 r-u	4.21 k-r
		Sepideh	23.54 b-l	750.52 l-r	540.11 efg	4.61 k-q
		TN-04-39	12.25 p-u	1079.28 g-l	106.12 p-u	5.64 i-n
		TN-04-107	12.64 p-u	768.83 l-q	142.04 o-t	3.91 l-s
تنش (Stress)	عدم کاربرد سیلیکون (None-Si)	TN-04-100	19.03 h-p	1298.68 ghi	86.64 q-u	3.69 m-t
		TN-04-37	22.23 e-m	577.07 n-t	234.19 mno	4.47 k-r
		TN-04-68	5.50 uvw	2663.88 c	56.30 stu	30.22 ab
		TN-04-83	13.34 o-t	636.22 m-s	156.65 o-s	8.90 ghi
		TN-04-62	3.52 vw	1284.75 ghi	72.59 r-u	6.4 h-m
		Payam	25.72 a-i	399.07 p-v	475.38 ghi	11.46 fg
		TN-04-95	8.32 s-v	2122.05 e	100.45 p-u	18.43 de
		TN-04-70	14.23 n-s	694.88 l-r	79.19 r-u	27.48 b
		TN-04-71	11.18 q-u	849.52 k-o	29.87 tu	10.57 fg
		Sepideh	17.83 j-r	181.12 tuv	91.75 q-v	6.61 h-m
	کاربرد سیلیکون (Si)	TN-04-39	0 w	517.11 o-t	0 u	7.10 h-l
		TN-04-107	11.77 p-u	718.60 l-r	127.9 o-t	7.13 h-l
		TN-04-100	18.69 i-q	824.46 k-p	33.46 tu	8.41 g-j
		TN-04-37	10.46 r-v	80.44 v	1.02 u	9.60 gh
	عدم کاربرد سیلیکون (None-Si)	TN-04-68	5.50 uvw	1449.48 fg	80.22 r-u	31.75 a
		TN-04-83	6.61 t-w	636.50 m-s	90.40 q-u	16.33 e
		TN-04-62	0.06 w	1280.05 g-j	1.27 u	18.42 de
		Payam	16.16 l-r	325.34 r-v	167.25 o-s	20.13 cd

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون اختلاف آماری معنی‌داری با یکدیگر در سطح احتمال پنج درصد ندارند
 Means in each column followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level

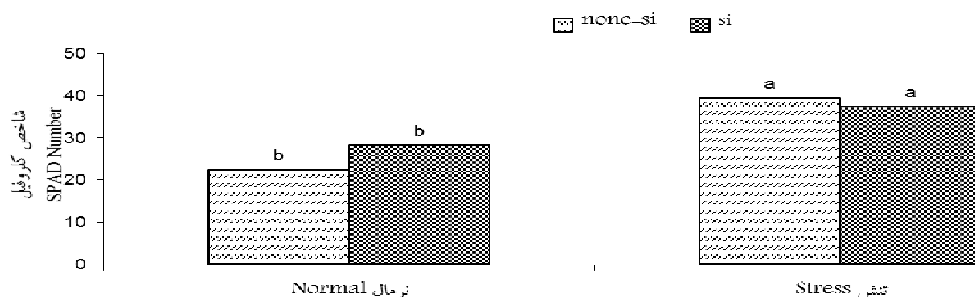
شاخص کلروفیل

Borzouei *et al*, 2011 نشان دادند شوری تأثیر معنی داری بر میزان کلروفیل a نداشت، ولی باعث کاهش معنی داری میزان کلروفیل b و همچنین افزایش میزان کل کلروفیل دو رقم گندم (*Triticum aestivum*) گردید. Sioseh mardeh, 1998 با بررسی بروی سه رقم گندم به این نتیجه رسید که در شرایط شوری موازنه و تعادل رنگیزه های فتوسنتزی به هم می خورد و اشاره کرد که در گیاهان خیلی حساس کلروفیل ها در اثر شوری آسیب دیده در حالی که در گیاهان متحمل به شوری میزان کلروفیل افزایش نشان می دهد. این افزایش احتمالاً به دلیل تجمع کلروفیل های a و b می باشد، ولی در گیاهان حساس به شوری کاهش در میزان کلروفیل عمدتاً به دلیل تخریب کلروفیل a است که تجزیه پذیرتر به نظر می رسد. باتوجه به

متحمل بودن سورگوم به شوری، میزان کلروفیل همه ژنوتیپ های مورد مطالعه در شرایط تنش افزایش داشته است (شکل ۵). بیشترین میزان کلروفیل مربوط به رقم پیام در شرایط تنش و عدم کاربرد سیلیکون مشاهده شد. با توجه به جدول تجزیه واریانس سیلیکون در شرایط اعمال تنش شوری میزان کلروفیل گیاهی را در سطح معنی داری یک درصد نسبت به شرایط نرمال افزایش داده است؛ منتها به نظر می رسد که سیلیکون در شرایط تنش از افزایش بیش از حد کلروفیل جلوگیری نموده است، زیرا که میزان کلروفیل در شرایط تنش و عدم کاربرد سیلیکون بیشتر از شرایطی است که سیلیکون به کار نرفته است (شکل ۶).



شکل ۵- اثر متقابل شوری و رقم بر شاخص کلروفیل
Figure 5- The interaction of salinity and genotypes on SPAD Number



شکل ۶- اثر متقابل شوری و سیلیسیم بر شاخص کلروفیل
Figure 6- The interaction of Salinity and silicon on SPAD Number

که تحت تنش شوری و عدم مصرف سیلیکون قرار گرفته بود و اختلاف معنی داری با سایر ژنوتیپ ها داشت. مصرف سیلیکون تحت شرایط تنش شوری توانسته بود، سبب بهبود پایداری غشاء پلاسمایی در ژنوتیپ های TN-04-100, TN-04-107, TN-04-37, TN-04-70, TN-04-71 و سپیده شود. همچنین تحت شرایط

نفوذپذیری غشاء پلاسمایی

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس نفوذپذیری غشاء پلاسمایی تحت تأثیر اثر متقابل سه گانه شوری، سیلیسیم و ژنوتیپ در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین ها نشان داد که بیشترین نفوذپذیری غشاء مربوط به لاین TN-04-68 می باشد،

می‌دهد، اما اضافه کردن سیلیسیم به محیط رشد با تحریک فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانتی باعث کاهش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی و در نتیجه کاهش آثار زیان بار شوری می‌شود (Moussa, 2006).

نتیجه‌گیری

استفاده از سیلیسیم سبب بهبود صفات فیزیولوژیکی، عملکرد و اجزای عملکرد در گیاه سورگوم شد. به‌خصوص تحت شرایط تنش شوری اکثر ژنوتیپ‌ها پاسخ مثبتی به عنصر سیلیسیم دادند. طبق نتایج به‌دست آمده تحت شرایط تنش شوری و کاربرد سیلیسیم بیش‌ترین عملکرد دانه به‌ترتیب در رقم سپیده (۵۴۰ گرم در مترمربع) و پیام (۴۷۵ گرم در مترمربع) مشاهده گردید؛ کمترین عملکرد دانه نیز مربوط به لاین‌های TN-04-39 و TN-04-68 در شرایط تنش و عدم کاربرد سیلیسیم بود. به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد، از بین ژنوتیپ‌های مورد آزمایش رقم سپیده، پیام و لاین TN-04-100 بهترین پاسخ به سیلیسیم در شرایط تنش را داشته و تنش شوری را بهتر تحمل کرده‌اند؛ حساس‌ترین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه به شوری نیز لاین‌های TN-04-39، TN-04-68، TN-04-62 بودند. بنابراین به‌طور کلی به‌نظر می‌رسد که می‌توان از سیلیسیم به‌عنوان یک عنصر مفید در افزایش عملکرد این گیاه و افزایش مقاومت آن به شوری استفاده نمود.

تنش شوری و عدم مصرف سیلیسیم کمترین نفوذپذیری غشاء در رقم سپیده مشاهده گردید (جدول ۲). جهت اندازه‌گیری نفوذپذیری غشاء پلاسمایی از پارامتری تحت عنوان تراوش یونی غشاء استفاده می‌شود که هرچه تراوش یونی بیشتر باشد در نتیجه نفوذپذیری غشاء هم بیشتر می‌شود. نتایج تحقیقات مختلف حاکی از افزایش نفوذپذیری غشا پلاسمایی در اثر ایجاد شرایط تنش شوری است که علت این امر، ایجاد شرایط اکسیدی است که یون سدیم به‌طور غیرمستقیم و با تولید رادیکال‌های آزاد در غشاء پلاسمایی به‌وجود می‌آورد و به‌تبع آن پراکسیدی شدن لیپیدهای غشاء افزایش پیدا می‌کند و در نتیجه نفوذپذیری غشاء و حساسیت آن به ورود عوامل بیماری‌زا و یون‌های مزاحم کم می‌شود (Jenks, 2007). در آزمایشی تنش شوری (کلرید سدیم ۱۵۰ میلی‌مولار) باعث افزایش معنی‌دار در سطح محتوای مالون‌دی‌آلدهید در گیاه ارزن (*Panicum miliaceum*) شد که این افزایش سطح پراکسیداسیون غشاء را نشان می‌دهد و با توجه به این یافته‌ها تنش شوری باعث افزایش نفوذپذیری غشاء پلاسمایی و افزایش حساسیت گیاه به یون‌های مزاحمی مثل سدیم می‌شود (Sreenivasulu et al., 1999). با انجام آزمایشی که تأثیرات سیلیکون را بر روی ذرت رشد کرده تحت شرایط تنش شوری بررسی می‌نمود، مشخص شد که تنش شوری باعث آسیب به غشاء می‌شود و با بسته‌شدن سلول‌های روزنه، جذب CO_2 را کاهش می‌دهد و در نتیجه باعث کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیکی و آنتی‌اکسیدانتی و افزایش پراکسیداسیون غشاء شده و نفوذپذیری غشا را افزایش

References

1. Agarie, S., Agata, H., Kubota, F. and Kaufman, B. 1993. Effect of silicon on growth, dry matter production and photosynthesis in rapeseed, crop production and improvement technology No. 34.
2. Borzouei, A., Kafi, M., Khazaei, H. R., Khorasani, A. and Majdabadi, A. 2011. Study of physiological characters and activity of superoxide enzyme on two sensitive and resistant varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) in different stage of growth by irrigation with saline water. (In Persian with English abstract)
3. Chaudhuri, K., and Choudhuri, M.A. 1998. Effects of short term NaCl stress on water relation and gas exchange in two jute species. *Journal of Plant Biology* 40: 373-383.
4. El-Bassiouny, H. M. S. and Bekheta, M. A. 2005. Effect of salt stress on relative water content, lipid peroxidation, polyamines, amino acids and ethylene of two wheat cultivars. *International Journal of Agriculture and Biology* 3: 363-368.
5. Emadi, M. 2011. Effect of foliar application of polyamines and some essential nutrients on qualitative and quantitative characteristics of different varieties of wheat (*Triticum aestivum* L.) in Ahvaz. Master thesis. Agriculture College of Chamran University. (In Persian with English abstract)
6. Emam, Y. 2004. Agriculture of Grain. Publication of Shiraz University. (In Persian)
7. Fallah, A. 2008. Effect of Silicon on the parameters which affected on lodging of rice plant grown under hydroponically condition in a greenhouse experiment. Silicon in Agriculture Conference. South Africa. 21-36 October. (In Persian with English abstract)
8. Hu, Y., and Schmidhalter, U. 2004. Limitation of salt stress to plant growth. In: Plant Toxicology (Hock, B. A., and E. F., Elstner (eds) Marcel Dekker. New York Pp: 191-224.
9. Jenks, M.A., Hasegawa, P.M. and Jain, S. M. 2007. Advances in molecular breeding toward drought and salt tolerant crops. Published by Springer.
10. Kazemi, F. 2004. Effect of different levels of salinity on growth, yield and yield components of spring rapeseed cultivars. Master of thesis. Department of Plant Production in Ramin Agricultural Research and Higher Education Center. Chamran University of Ahvaz. Pp: 185. (In Persian with English abstract)

11. Khaladbarin, B., and Eslamzadeh, T. 2001. Mineral nutrition of higher plants. Translation of Marschner book. Publications of Shiraz University. Shiraz. Iran. (In Persian)
12. Liang, Y., Chen, Q., Liu, Q., Zhang, W. and Ding, R. 2003. Exogenous silicon (Si) increases antioxidant enzyme activity and reduces lipid peroxidation in roots of salt stressed barely (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Plant Physiology 160: 1157-1164.
13. Liang, Y., Zhu, Y. and Christie, P. 2006. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A Review. Environmental Pollution 147(2): 422-428.
14. Malakouti, M. J. 2008. The effect of Micro elements in ensuring the efficient use of Macro elements. Journal of Turkish agriculture and forestry 215: 22-32. (In Persian with English abstract)
15. Mir mohamadi, A. and Ghareh yazi, B. 2002. Physiological and breeding aspects of Salinity stress in plants. Publications of Isfahan University. Pp: 274. (In Persian)
16. Mobasser, H.R., Ghanbari mellidareh, A., and Sadeghi, A.H. 2008. Effect of Silicon on the amount of nitrogen and agronomic traits in rice (*Oryza sativa* L.). Silicon in Agriculture Conference. South Africa. 26-31 October. (In Persian with English abstract)
17. Moussa, H.R. 2006. Influence of exogenous application of silicon on physiological response of salt-stressed Maize (*Zea mays* L.). International Journal of Agriculture and Biology 2: 293-297.
18. Neto, A.D., Prisco, J.T., Eneas-Filho, J., De abreu, C. E. and Gomes-Filho, E. 2006. Effect of salt stress on antioxidative enzymes and lipid peroxidation in leaves and roots of salt tolerant and salt-sensitive maize genotypes. Environmental and Experimental Botany 56: 87-94.
19. Ozouni douji, A., Isfahani, A. M., Samieezadeh lahiji, H. A. and Rabiei, M. 2007. Effect of planting density on yield and yield components of two petalled and without petal canola. Journal of Iranian Crop Sciences 2:60-76. (In Persian with English abstract)
20. Peyvast, Gh., Zare, M. and Samieezadeh, H. 2009. Interaction between the different levels of Silicon and Salinity on screw lettuce grown under culture condition in a thin layer of nutrient solution. Journal of Olum & Sanaye Keshavarzi 22: 79-87. (In Persian with English abstract)
21. Rashed mohasel, M. H., Hoseini, M., Abdi, M. V. and Molafilabi, A. 1997. Agriculture of Grain. Publications of Jahad Daneshgahi Mashhad. (In Persian)
22. Raven, J. A. 1983. The transport and function of silicon in plants. Journal of Biological Reviews 58: 179-207.
23. Ritchie, S.W., and Nguyen, H.T. 1990. "Leaf water content and gas exchange parameters of two wheat genotypes differing in drought resistance. Crop science 30: 105-111.
24. Rohanipour, A. 2010. Effect of Silicon on corn (*Zea mays*) grown under Salinity and hydroponic culture. Master of thesis. Chamran University of Ahvaz. Pp: 166. (In Persian with English abstract)
25. Romero-Aranda, M. R., Juado, O., Cuartero, J. 2006. Silicon alleviates the deleterious salt effect on tomato plant growth by improving plant water status. Journal of plant Physiology 163: 847-855.
26. Sedghi, A. 2007. Effect of silicon and separation of nitrogen in reaction with use of silicon in rice (*Oriza sativa* L.). Master of thesis. Azad University of varamin. Pp: 90. (In Persian with English abstract)
27. Shahidi, R., Kamkar, B., Latifi, N. and Galeshi, S. 2010. The Effect of different levels of Salinity stress on yield and yield components of hulls barley plants (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Electronic Crop Production 2:49-63. (In Persian with English abstract)
28. Singh, L. and Pal., B. 1995. Effect of water salinity on yield attributing characters of blonde psyllium (*Plantago ovata*). Indian Journal of Agricultural Sciences 65:503-505.
29. Sioseh mardeh, A. 1998. Effect of Salinity on changes of Plant ion content at different stages of growth of three varieties of wheat. Master thesis. Agriculture College of Tehran University. Pp: 142. (In Persian with English abstract)
30. Sreenivasulu, N., Ramanjulu, S., Ramachandra-kini, K., Prakash, H. S., Shekar-Shetty, H., Savithri, H. S., and Sudhakar, C. 1999. Toatl peroxidase activity and peroxidase isoforms as modified by salt stress in two cultivars of fox-tail millet with differential salt tolerance. Journal of Plant Science 141: 1-9.
31. Stoskopf, N.C. 1985. Cereal Grain Crop. Reston, Virginia, U.S.A.
32. Tahir, M. A., Rahmatullah, T., Aziz, M., Kanwal, A. S. and Maqsood, M.A. 2006. Beneficial effects of Silicon in wheat (*Triticum aestivum* L.) under salinity stress. Pakistan Journal of Botany 38(5): 1715-1722.
33. Zheng, Y., Jia, A., Ning, T., Xu, J., Li, Z. and Jiang, G. 2008. Potassium nitrate application alleviates sodium chloride stress in winter wheat cultivars differing in salt tolerance. Journal of Plant Physiology 165: 1455-1465.



The Effect of Silicon on some Morpho-physiological Characteristics and Grain Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under Salt Stress

H. Farahbakhsh¹ - S. Hasibi^{2*} - Gh. Khajoeinejad³

Received: 13-04-2015

Accepted: 05-07-2015

Introduction

Nowadays, salinity is one of the limiting factors for crop production in arid and semi-arid regions. On the other hand, sorghum (*Sorghum bicolor* L.) is a self-pollinated and short-day plant, which partly has been adapted to salinity and water stress conditions; also play an important role in humans, livestock and poultry nourishments. All studies have showed the positive effects of Silicon on growth and yield of plants in both normal and stress conditions. The aim of this experiment was to improve salinity tolerance of Sorghum by application of Silicon.

Materials and Methods

A split plot experiment based on randomized complete block design with three replications in both normal and salt stress conditions was carried out at research farm of Shahid Bahonar University of Kerman in 2013. Silicon treatments (0 and 6 mM) were considered as main plot and various sorghum genotypes (payam, sepideh, TN-4-70, TN-04-71, TN-04-39, TN-04-107, TN-04-100, TN-04-37, TN-04-68, TN-04-83, TN-04-62 and TN-04-95) were assigned to sub plots. The sodium silicate was used as silica source. The data were analyzed by SAS software using combine analysis. Means comparisons were accomplished by Duncan multiple range test at 5% probability level. Some of the measured traits were as follow: Relative water content (Ritchie and Nguyen, 1990), Relative permeability (33), leaf area index and chlorophyll index (by SPAD).

Results and Discussion

According to the results, use of silicon led to increase of RWC under salinity stress, while RWC decreased by 13% when no silicon applied. Salinity significantly decreased 1000-grain weight. Maximum grain yield obtained from TN-04-37 (987.6 g m⁻²) under normal condition with foliar application of silicon. Application of silicon under stress condition led to 38% increase in grain yield of Sepideh compared to control. Under salt stress, silicon also increased shoot dry weight in TN-04-107, TN-04-70, TN-04-37, Payam and Sepideh genotypes in comparison with control. Sepideh and Payam showed the lowest sensitive to salinity. In the other genotypes, harvest index decreased more than 50%. The minimum rate of harvest index was recorded for Payam genotypes under salinity stress and silicon treatments. Under stress conditions, silicon significantly increased leaf area index in Sepideh, Payam, TN-04-83, TN-04-68, TN-04-37, TN-04-100 and TN-04-62. Chlorophyll index also increased under salinity stress using silicon treatments. The highest chlorophyll index belonged to TN-04-68 and was significantly different from the others genotypes. Use of silicon improved the membrane stability in TN-04-37, TN-04-107, TN-04-100, TN-04-71, TN-04-70, TN-04-95 and Sepideh.

Conclusions

The results showed that the use of silicon improved the physiological characteristics, yield and yield components of sorghum. Most of the genotypes showed a positive reaction to the applied silicon especially under stress condition. According to the results the maximum yield obtained from Sepideh (540 g m⁻²) and Payam (475 g m⁻²), respectively. It seems that among the studied genotypes, Sepideh, Payam and TN-04-100 had the best response to the silicon and showed the minimum sensitivity to the salinity stress. The most sensitive genotypes were TN-04-39, TN-04-68, and TN-04-62. In general it can be said that either under normal condition or salinity stress, silicon is able to improve yield production of grain Sorghum and its components.

Keywords: Grain yield, Harvest index, Relative permeability, Relative water content, SPAD number

1- Associate Professor of Agronomy & Plant Breeding Department, Shahid Bahonar University of Kerman, Crop Physiology

2- Professor of Agronomy & Plant Breeding Department, Shahid Bahonar University, Ecology

3- MSc Student of Agronomy, Shahid Bahonar University

(* - Corresponding Author Email: hfarahbakhsh@uk.ac.ir)



اثر مقدار و نحوه کاربرد پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در شرایط شور

عزیزالله اردکانی^۱ - محمد آرمین^{۲*} - اسماعیل فیله کش^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۲/۰۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۴/۱۴

چکیده

پتاسیم نقش اساسی در کاهش اثرات تنش شوری در گیاهان زراعی دارد. به منظور بررسی اثر مقدار و روش مصرف پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه در شرایط شوری آب و خاک، آزمایشی به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سبزوار (حارث آباد) در سال ۱۳۹۳ انجام شد. مقدار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع کودی سولوپتاس) به عنوان عامل اصلی و نحوه مصرف در پنج سطح: ۲۵ درصد کاشت+۲۵ درصد اولین گلدهی+۵۰ درصد غوزه‌بندی، ۲۵ درصد کاشت+۲۵ درصد اولین گلدهی+۲۵ درصد غوزه‌بندی، ۲۵ درصد کاشت+۲۵ درصد رویشی+۲۵ درصد اولین گلدهی+۲۵ درصد غوزه‌بندی، ۲۵ درصد کاشت+۲۵ درصد رویشی+۵۰ درصد اولین گلدهی+۲۵ درصد غوزه‌بندی و ۲۵ درصد کاشت+۲۵ درصد رویشی+۵۰ درصد اولین گلدهی+۲۵ درصد غوزه‌بندی اعمال فرعی بودند. نتایج نشان داد مصرف ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم سبب افزایش در تعداد غوزه، عملکرد و ش و بیولوژیک شد، در حالی که ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه در بوته و درصد کیل الیاف واکنش معنی داری به مقدار مصرف پتاسیم نداشت، به جز ارتفاع بوته، تعداد غوزه در بوته و تعداد شاخه زایا بالاترین مقدار صفات مورد بررسی از کاربرد پتاسیم به صورت ۲۵ درصد کاشت+۲۵ درصد رویشی (مرحله پنج-هشت برگه) (۲۵ درصد اولین گلدهی+۲۵ درصد غوزه‌بندی) به دست آمد. در سطوح پتاسیم تقسیط به صورت مساوی در چهار مرحله کاشت، رویشی، گلدهی و غوزه‌بندی، عملکرد و ش بیشتری را تولید کرد و کاربرد پتاسیم در مرحله گلدهی یا غوزه‌دهی در مقایسه با رویشی عملکرد و ش بیشتری داشت. در مجموع در شرایط شور استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولوپتاس در چهار مرحله کاشت، رویشی، گلدهی و غوزه‌بندی جهت حصول بالاترین عملکرد و ش مناسب می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: تقسیط پتاسیم، شوری، صفات مورفولوژیکی، عملکرد و ش

مقدمه

(2009)، اما نه تنها مقاومت به شوری در این گیاه محدود است؛ بلکه مراحل مختلف نمو نیز واکنش متفاوتی به شوری نشان می‌دهند (Zhang et al., 2012). جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و مراحل اولیه رشد نسبت به سایر مراحل حساسیت بیشتری به شوری دارد. تجمع نمک در شرایط شور سبب ممانعت یا کاهش جوانه‌زنی، ظهور گیاهچه و رشدونمو گیاه از طریق اثرات اسمزی، اثرات سمی یونی و به هم زدن توازن مواد غذایی می‌شود (Ashraf, 2002). در شرایط تنش شوری کاهش تعداد شاخه زایا، عملکرد و ش و لینت، تعداد غوزه و وزن غوزه گزارش شده است (Hezhong, 2012; Zhang et al., 2012).

مدیریت صحیح زراعی در شرایط شور می‌تواند عملکرد مناسبی را تولید کند. شیوه‌های مختلفی مانند کشت گیاهان و ارقام متحمل به شوری، مدیریت آبیاری و زهکشی اراضی (Hussein et al., 2014)، مدیریت تهیه بستر (Dong et al., 2009) و نحوه کشت برای استفاده بهینه از منابع خاک و آب شور وجود دارد. استفاده مناسب از کودهای شیمیایی نیز نقشی بسیار مهم در افزایش تولیدات کشاورزی ایفا می‌نماید (Saadat et al., 2015). در بین انواع مواد غذایی که برای رشدونمو پنبه ضروری می‌باشد پتاسیم از اهمیت ویژه‌ای

پنبه (*Gossypium hirsutum*) عمده‌ترین محصول لیفی است که به صورت گسترده‌ای جهت مصارف کشاورزی و صنعتی در مناطق معتدل و گرم بیش از ۱۵ کشور جهان کشت می‌شود. اگرچه هدف اصلی از کشت پنبه تولید الیاف است، اما استفاده وسیع و ارزشمند فراوان دیگری نیز در صنعت دارد. در چند سال گذشته صادرات پنبه بعد از نفت سومین محصول صادراتی عمده کشور محسوب می‌گردد. شوری منابع آب و خاک یکی از مهم‌ترین مشکلات کشاورزی مخصوصاً در مناطق خشک و نیمه خشک است. بخش اعظم مزارع کشاورزی هم در کشورهای توسعه یافته و هم در کشورهای در حال توسعه تحت تأثیر شوری قرار دارند (Hezhong, 2012). اگرچه پنبه به عنوان یک گیاه متحمل به شوری شناخته می‌شود (Dong et al.,)

۱- دانشجوی سابق کارشناس ارشد زراعت، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی

۲- دانشیار، واحد سبزوار، دانشگاه آزاد اسلامی

۳- استادیار مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان رضوی

(Email: Armin@iaus.ac.ir)

(*) نویسنده مسئول:

al., 2011 گزارش کردند که مصرف پتاسیم سبب افزایش تولید ماده خشک، غلظت کلروفیل کل، تعداد غوزه باز شده در بوته، وزن غوزه، شاخص بذری، شاخص الیاف و عملکرد وُش در بوته و عملکرد وُش و عملکرد لپنت در هکتار و زودرسی در پنبه شد. شرایط آب‌وهوایی در واکنش پنبه به نحوه مصرف کود پتاسیم تأثیر داشته است. در شرایط آب‌وهوایی خشک مصرف پتاسیم به صورت نواری سبب افزایش عملکرد می‌شود در حالی که در شرایط معتدله تفاوتی بین پخش سطحی و مصرف نواری گزارش نشده است. نتایج تحقیقی نشان داد که ترکیب مصرف نواری (۳۴ کیلوگرم در هکتار) و پخش سطحی (۱۳۶ کیلوگرم در هکتار) حداکثر عملکرد وُش را تولید کرد (Akhtar et al., 2003).

اگرچه واکنش کمی و کیفی پنبه به منبع کودی پتاسیم و میزان مصرف پتاسیم در شرایط شور و غیرشور در پنبه مورد توجه محققان بوده است (Abood et al., 2014; Aladakatti et al., 2011; Feng et al., 2013; Dev et al., 2009; Arshad et al., 2014; Grewal and Duhan, 2012; Li et al., 2012; اندکی در مورد تقسیط پتاسیم در شرایط شور بر عملکرد پنبه وجود دارد. هدف از این آزمایش بررسی مقدار و نحوه تقسیط پتاسیم از منبع سولوپتاس بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه بود.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی ایستگاه تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی سبزوار (حارث‌آباد) در سال ۱۳۹۳ انجام شد. این ایستگاه در ۱۵ کیلومتری جنوب شهرستان سبزوار (استان خراسان رضوی) در ۳۶ درجه و ۱۳ دقیقه عرض و ۵۷ درجه و ۴۴ دقیقه طول جغرافیایی قرار دارد و ارتفاع آن از سطح دریا ۹۹۰ متر می‌باشد. عامل اصلی مقدار ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (از منبع کودی سولوپتاس (50k₂O, 18S)) و نحوه مصرف در پنج سطح: ۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد اولین گلدهی + ۵۰ درصد غوزه‌بندی (25P+25F+25B)، ۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد غوزه‌بندی (25P+50F+25B)، ۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد رویشی (مرحله پنج-هشت برگ) + ۲۵ درصد اولین گلدهی + ۲۵ درصد غوزه‌بندی (25P+25V+25F+25B)، ۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد رویشی + ۵۰ درصد گلدهی (25P+25V+50B) و ۲۵ درصد کاشت + ۵۰ درصد رویشی + ۲۵ درصد غوزه‌بندی (25P+25V+25B) به عنوان عامل فرعی بودند.

زمین آزمایش در سال قبل آیش بود و در پاییز ۱۳۹۲ مزرعه شخم عمیق زده شد و در فروردین ماه ۹۳ عملیات خاک‌ورزی شامل شخم سطحی، دو مرتبه دیسک و تسطیح کامل زمین انجام شد.

برخوردار است و هم‌ردیف نیتروژن قرار دارد (Dev et al., 2019; Gormus, 2002; Jagdish et al., 2010; Chen et al., 2014). نیاز روزانه سه تا پنج کیلوگرمی به پتاسیم در طی مراحل رشد و ناکارآمدی سیستم ریشه در جذب پتاسیم (Panayotova and Valkova, 2010) سبب شده است که پتاسیم نقش ویژه‌ای در رشد و نمو پنبه داشته باشد. اگرچه در خاک‌های شور متوسط میزان پتاسیم در حد مطلوب یا کفایت دیده می‌شود، اما بخش زیادی از پتاسیم موجود قابلیت جذب توسط گیاه را ندارد. عوامل متعددی مانند آب‌شویی، اثرات هم افنی سدیم و کلسیم بر پتاسیم و به هم خوردن نسبت Na/K و Ca/K سبب کاهش جذب پتاسیم می‌گردد (Kafi et al., 2012). لذا در این گونه خاک‌ها مصرف کودهای پتاسیمی سبب افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود. در بین عناصر غذایی پتاسیم بعد از نیتروژن و فسفر سومین عنصر مورد نیاز می‌باشد. نقش‌های فیزیولوژیکی متعددی برای پتاسیم توسط محققان مختلف گزارش شده است (Oosterhuis, Panayotova and Valkova, 2010; 2002). نتایج متعدد سودمندی مصرف کود پتاسیمی را بر عملکرد کمی و کیفی پنبه گزارش کرده‌اند. اثرات مثبت مصرف پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد پنبه (Pervez et al., 2002; Gormus, 2002; 2005)، کیفیت الیاف پنبه (Pervez et al., 2005; Pettigrew, 2003; Gormus, 2002) و مقاومت به بیماری‌ها و افزایش راندمان مصرف آب (Jiang et al., 2011) در پنبه گزارش شده است. کمبود پتاسیم اثرات منفی بر سرعت توسعه سطح برگ (Zhao et al., 2001) روابط آبی، تعرق و کارایی مصرف آب (Pervez et al., 2005) فتوسنتز (Zhao et al., 2001)، عملکرد بیولوژیکی (Pettigrew, 2003)، وزن و اندازه غوزه (Akhtar et al., 2003)، عملکرد وُش (Gormus and Yucel, 2002; Arshad et al., 2014; Gormus and Yucel, 2002; Akhtar et al., 2003) و کیفیت الیاف (Gormus and Yucel, 2002) در پنبه داشته است.

علاوه بر مقدار مصرف، نوع کود مصرفی، نحوه مصرف پتاسیم نیز در واکنش محصولات زراعی خصوصاً پنبه تأثیرگذار است. Gormus, 2002 عدم واکنش پنبه به مصرف مقادیر بیشتر از ۱۶۰ کیلوگرم پتاسیم را گزارش کرده، وی معتقد است که مصرف یک‌باره پتاسیم در اوایل مرحله غوزه‌دهی در شرایط غیرشور سبب تولید عملکرد وُش و وزن غوزه بیشتری در مقایسه با تقسیط پتاسیم می‌گردد، در حالی که مصرف یک‌باره پتاسیم عملکرد کیفی پنبه را تحت تأثیر قرار نداد. با این وجود نشان داده شده است که فعالیت ریشه پنبه بعد از میوه‌دهی کاهش چشم‌گیری پیدا می‌کند، در حالی که در این زمان نیاز روزانه به پتاسیم افزایش قابل توجهی دارد. بر این اساس اعتقاد بر این است که در این مرحله که جذب پتاسیم از خاک با محدودیت رشد ریشه همراه می‌شود. تأمین پتاسیم از طریق محلول‌پاشی می‌تواند راه‌کار مفیدی برای تأمین نیاز پتاسیمی گیاه باشد (Aswan et al., 1998).

سپس از خاک سطحی (عمق صفر تا ۶۰ سانتی‌متری) و آب ورودی به مزرعه نمونه‌گیری و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی انجام شد (جدول شماره ۱ و ۲).

جدول ۱- خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک محل آزمایش

Table 1- physicochemical properties of soil on experimental site

سیلت	رس	شن	نیتروژن	پتاس	فسفر	آهن	مس	روی	سدیم	منگنز	EC	pH _(1:5)
Silt	Clay	Sand	Nitrogen	Potash	Phosphorus	Iron	Copper	zinc	Sodium	Manganese	(dS m ⁻¹)	
	%		(%)		ppm			(mg kg ⁻¹)				
24	13	63	14	110	4	2.42	0.46	0.55	10.55	7	10.5	8.2

جدول ۲- خصوصیات فیزیکوشیمیایی آب محل آزمایش

Table 2- physicochemical properties of water on experimental site

EC	کلسیم	منیزیم	سدیم	بی‌کربنات	کلر	سولفات	pH
(dS m ⁻¹)	Calcium	Magnesium	Sodium	Bicarbonate	Chlorine	Sulfate	
	meq l ⁻¹						
9	4.01	5.02	51.15	2.4	5.36	21.19	7.5

و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها توسط آزمون محافظت‌شده حداقل اختلاف معنی دار^۱ در سطح پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که مقادیر مختلف پتاسیم بر ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه در بوته و کیل اثر معنی داری نداشت. در حالی که وزن غوزه، عملکرد و ش و بیولوژیک تحت تأثیر مقدار مصرف پتاسیم قرار گرفت. کلیه صفات موردبررسی به جز ارتفاع بوته و کیل تحت تأثیر نحوه مصرف پتاسیم قرار گرفت. اثر متقابل و نحوه مصرف پتاسیم بر ارتفاع بوته، وزن غوزه، عملکرد و ش و درصد کیل الیاف معنی دار شد (جدول ۳).

ارتفاع بوته

در مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار K₂O از نظر آماری اختلاف معنی داری بین کلیه شیوه‌های مصرف مشاهده نشد؛ اما با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار، تأخیر در مصرف پتاسیم سبب کاهش ارتفاع بوته شد. مصرف ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار به صورت 25P+25V+25F+25B بیش‌ترین ارتفاع بوته را تولید کرد، در حالی که مصرف به صورت 25P+25V+50F کمترین ارتفاع بوته را در بین تیمارهای آزمایش به خود اختصاص داد که اختلاف آماری معنی داری با صورت 25P+25F+50B و 25P+50F+25B نداشت (شکل ۱).

بر اساس آزمون خاک ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن از منبع اوره در سه مرحله (پنج برگ به میزان ۴۶ کیلوگرم، ۱۰ برگ به میزان ۷۰ کیلوگرم و اوایل گلدهی به میزان ۴۶ کیلوگرم در هکتار) و ۷۰ کیلوگرم در هکتار P₂O₅ از منبع سوپرفسفات تریپل قبل از کاشت اعمال شد. قبل از کاشت بذرها با سم کاربوکسین تیرام (ویتاواکس) به نسبت دو در هزار ضد عفونی شدند. برای مبارزه با آفت تریپس بذرها به نسبت هفت در هزار با سم لاروین (تیودیکارب) آغشته شدند. هر کرت شامل شش ردیف ۵۰ سانتی‌متری با طول شش متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد.

کاشت در تاریخ ۹۳/۲/۱۵ با بذراکار پنوماتیک و با استفاده از بذر دلیتنه رقم ورامین انجام شد. به منظور جلوگیری از سله‌بستن خاک و بهبود وضعیت سبز گیاهچه‌های پنبه آبیاری دوم با فاصله ۱۰ روز بعد انجام گردید. آبیاری در طی فصل رشد بر اساس عرف منطقه و هر ۱۰ روز یک‌بار انجام شد. به منظور جلوگیری از اختلاط آب تیمارها در تکرارهای مختلف، بین تکرارها دو جوی آب جداگانه برای انجام آبیاری و تخلیه فاضلاب کرت‌های تکرار بالایی احداث گردید. پس از استقرار کامل و در مرحله پنج تا شش برگ بوته‌ها، عملیات تُنک‌کردن بوته‌ها روی ردیف به فاصله ۲۰ سانتی‌متر از یک‌دیگر به منظور دستیابی به تراکم مطلوب انجام شد. عملیات وجین جهت حذف علف‌های هرز به صورت دستی صورت گرفت.

برداشت در یک چین انجام شد. قبل از برداشت تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب و در آن ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی زایا، تعداد غوزه در بوته و وزن غوزه اندازه‌گیری شد. خطوط طرفین و ۵/۰ متر از ابتدا و انتها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد و برداشت و ش از مساحت ۱۰ متر مربع از هر کرت آزمایش انجام گرفت.

داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS V. 9.1 مورد تجزیه

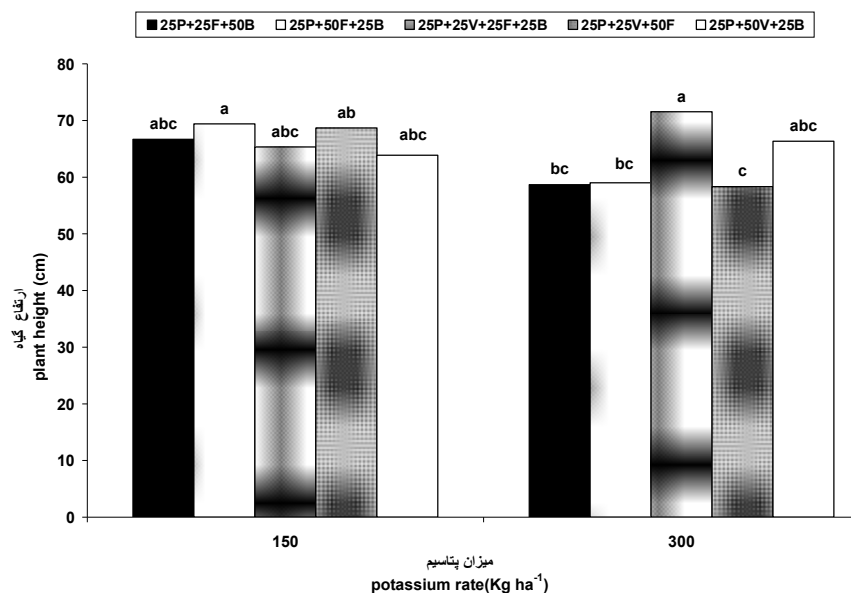
1- Fischer least significant difference (FLSD)

جدول ۳- تجزیه واریانس ارتفاع بوته، تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه، وزن غوزه، عملکرد و ش و بیولوژیک و درصد کیل الیاف
Table 3- Analysis of variance of Plant height, Sympodial branch N, Boll number, Boll weight, Lint and biological yield, Lint percent

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات Means of square						درصد کیل الیاف Lint percent
		ارتفاع بوته Plant height	تعداد شاخه زایا No, of sympodial branch	تعداد غوزه Boll N.	وزن غوزه Boll weight	عملکرد و ش Lint/Seed yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	
تکرار replication	2	75.85	1.22	1.66	2.88	65779.72	14647802.20	10.36
پتاسیم (A) Potassium(A)	1	120.80 ^{ns}	10.09 ^{ns}	25.76 ^{ns}	39.10*	774577.95*	12761354.92**	21.25 ^{ns}
خطای اصلی main error	2	51.16	2.96	5.21	2.05	33759.95	22288.28	6.37
نحوه مصرف Application method(B)	4	29.83 ^{ns}	3.35**	16.7*	6.05*	33759.34*	19729413.80**	8.72 ^{ns}
(A*B)	4	91.09*	1.54 ^{ns}	3.24 ^{ns}	5.56*	375044.52**	385805.43 ^{ns}	34.19**
خطای فرعی sub error	16	1.76	1008.7	2.05	1.60	46487.42	783920.8	4.56
ضریب تغییرات CV (%)		8.0	16.9	22.9	6.2	4.6	6.4	5.0

ns و * و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج‌درصد و یک‌درصد

ns, * and **: non significant, significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.



شکل ۱- تأثیر مقادیر و روش مصرف پتاسیم بر ارتفاع بوته
Figure 1- Effects of rate and application method on plant height

است که در شرایط شور کاهش ارتفاع بوته به دلیل اثرات منفی پتانسیل اسمزی بالای محلول خاک است که سبب کاهش جذب آب

تأثیر مثبت پتاسیم در افزایش ارتفاع بوته به دلیل نقش این عنصر در حفظ و نگهداری پتانسیل اسمزی در شرایط شور است گزارش شده

و عناصر غذایی در خاک می‌شود (Zia ul et al., 2014). در شرایط شور افزایش سطوح پتاسیم سبب کاهش اثرات منفی شوری می‌گردد. در شرایط شور مصرف پتاسیم سبب پایداری آنزیم‌ها و پروتئین‌ها و کاهش اثرات سمیت Na^+ می‌گردد (Kafi et al., 2012).

تعداد شاخه زایا

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که مصرف کود پتاسیم به صورت 25P+50V+25B بالاترین تعداد شاخه زایا را تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری با مصرف پتاسیم به صورت 25P+25F+50B نداشت. مصرف پتاسیم به صورت 25P+25V+50F کمترین تعداد شاخه زایا را تولید کرد (جدول ۴). تولید حداکثر شاخه زایا در تیمار 25P+50V+25B را می‌توان به فراهمی بیشتر عنصر پتاسیم در مرحله رویشی نسبت داد اگرچه پنبه یک گیاه رشد نامحدود حساب

می‌شود و بعد از گل‌دهی نیز توانایی تولید شاخه‌های زایا را دارد، اما به دلیل این که اکثر شاخه‌های زایا در مراحل ابتدایی رشد گیاه تولید می‌گردد، لذا مصرف دیرتر اگرچه افزایش تعداد شاخه زایا را به همراه دارد، اما این افزایش در مقایسه با مراحل اولیه رشد بسیار کمتر است. کاهش تعداد شاخه زایا در تیمار 25P+25V+50F نیز ممکن است به این دلیل باشد که در مراحل اولیه شروع تشکیل غوزه‌ها، غوزه‌ها به عنوان مخزن اصلی جذب پتاسیم محسوب می‌شوند. در این مرحله بخش اعظم پتاسیم جذب شده صرف رشد و تکامل غوزه‌ها می‌شود که این امر سبب کاهش مقدار پتاسیم در برگ و کاهش تولید کربوهیدرات‌ها می‌شود که این امر ممکن است سبب کاهش مواد فتوسنتزی جهت تولید شاخه‌های زایا در گیاه شده باشد. نتایج این تحقیق با نتایج Zia ul et al., 2014 مطابقت دارد.

جدول ۴- اثر روش مصرف پتاسیم بر تعداد شاخه زایا، تعداد غوزه و عملکرد بیولوژیک

Table 4- Effect of K application method on sympodial branch N., boll number and biological yield

روش مصرف پتاسیم Potassium application method	تعداد شاخه زایا No. of sympodial branch	تعداد غوزه Boll number	عملکرد بیولوژیکی Biological yield (kg ha ⁻¹)
۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد اولین گلدهی + ۵۰ درصد غوزه‌بندی 25P+25F+50B	5.47 ab	4.63 c	11200.40 c
۲۵ درصد کاشت + ۵۰ درصد اولین گلدهی + ۲۵ درصد غوزه‌بندی 25P+50F+25B	4.57 bc	5.20 c	15281.47 a
۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد رویشی (مرحله پنج-هشت برگی) + ۲۵ درصد اولین گلدهی + ۲۵ درصد غوزه‌بندی 25P+25V+25F+25B	4.27 c	7.13 ab	15781.19 a
۲۵ درصد کاشت + ۲۵ درصد رویشی + ۵۰ درصد گلدهی 25P+25V+50F	3.83 c	5.60 bc	13857.97 b
۲۵ درصد کاشت + ۵۰ درصد رویشی + ۲۵ درصد غوزه‌بندی 25P+50V+25B	6.16 a	8.67 a	13252.54 b

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

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

غذایی در پنبه بعد از شروع گلدهی کاهش می‌یابد که این امر نیز می‌تواند دلیلی بر عدم جذب پتاسیم مصرف شده در مرحله گلدهی و خصوصاً مصرف بخش اعظم کود در مرحله غوزه‌دهی باشد.

وزن غوزه

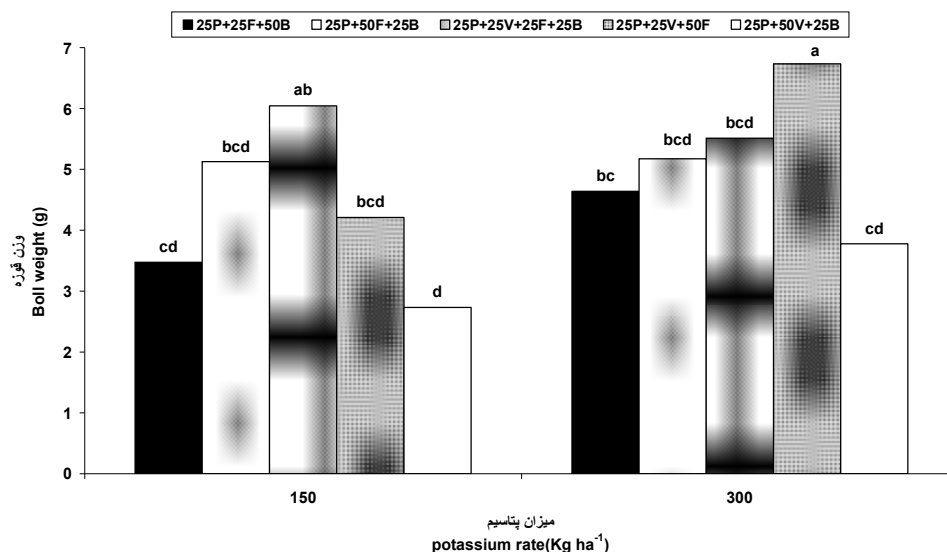
مقایسه میانگین اثرات متقابل روش و مقدار مصرف نشان داد که در مقادیر پایین واکنش وزن غوزه به نحوه مصرف در مقایسه با مقادیر زیاد پتاسیم بیشتر است. در سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار مصرف پتاسیم به صورت 25P+25V+25F + 25B بیش‌ترین وزن غوزه را تولید کرد در حالی که در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مصرف به صورت 25P+25V+50F حداکثر وزن غوزه را به خود اختصاص داد

تعداد غوزه در بوته

مصرف پتاسیم به صورت 25P+50V+25B بیش‌ترین تعداد غوزه در بوته را تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری با تیمار 25P+50V+25F+25B نداشت. کمترین تعداد غوزه در بوته نیز در تیمار 25P+25F+50B مشاهده شد (جدول ۴). مشاهده می‌شود که تأخیر در مصرف پتاسیم تا مرحله غوزه‌دهی سبب کاهش اثرات مثبت این عنصر در تعداد غوزه در بوته شده است. اگرچه حداکثر نیاز پنبه به کود پتاسیم از شروع مرحله گلدهی شروع می‌شود، اما به دلیل این که پتاسیم عنصری متحرک است، لذا ذخیره آن در اندام‌های رویشی که قبل حداکثر نیاز می‌تواند انجام شود نیز در تعداد غوزه بسیار مؤثر است. در نتایج تحقیقی گزارش شده است که کارایی جذب عناصر

۲۰۰۹ نقش فیزیولوژیکی پتاسیم را در مرحله تشکیل میوه و رسیدگی در متابولیسم کربوهیدراتها و انتقال متابولیتها از برگها به سایر اندامهای رویشی برای توسعه غوزه ارتباط داده‌اند. سایر محققان نیز افزایش معنی‌دار وزن غوزه را در اثر مصرف پتاسیم گزارش کرده‌اند. افزایش میزان فتوسنتز برگها و آسیمیلاسیون CO_2 را دلیل اصلی افزایش وزن غوزه در اثر مصرف پتاسیم دانسته‌اند (Abood *et al.*, 2014; Dewdar and Rady, 2013; Akhtar *et al.*, 2003; *et al.*, 2014; Pettigrew, 2008; Pervez *et al.*, 2005; Oosterhuis, 2002).

(شکل ۲). در هر دو سطح ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار مصرف بخش اعظم پتاسیم در مرحله رویشی کمترین وزن غوزه را تولید کرد که بیانگر این مطلب است که فراهمی پتاسیم در مرحله رشد غوزه‌ها که حداکثر نیاز به پتاسیم در پنبه وجود دارد نسبت به ذخیره آن در اندامهای رویشی ممکن است اثر بیشتری داشته باشد، لذا مصرف مستقیم سبب برطرف شدن نیاز غذایی پنبه خواهد شد. مطابق با این نتایج Srinivasan and Ramalingam, 2011 واکنش مناسب‌تر وزن غوزه به مصرف مقادیر مساوی پتاسیم در چهار مرحله کاشت، رویشی، گلدهی و توسعه غوزه‌ها گزارش کردند. Sawan *et al.*,

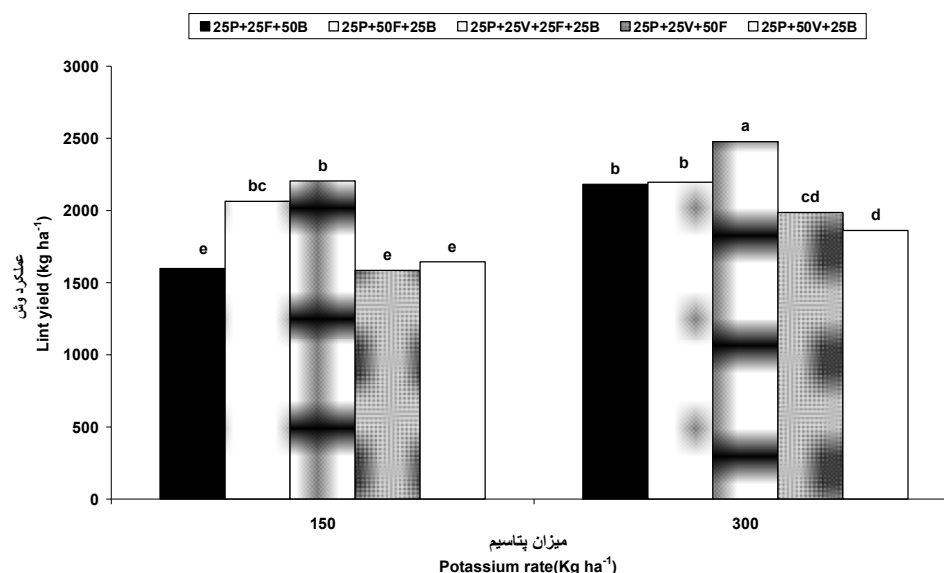


شکل ۲- تأثیر مقادیر و روش مصرف پتاسیم بر وزن غوزه
Figure 2- Effects of rate and application method on boll weight

گزارش شده است. به عنوان مثال؛ در بررسی Gormus and Yucel, 2002 رابطه بسیار قوی و معنی‌داری بین وزن غوزه و عملکرد وُش در پنبه گزارش شده است که با نتایج این تحقیق هم‌خوانی دارد در حالی که Zia ul *et al.*, 2014 نقش تعداد غوزه در افزایش عملکرد را بیشتر از وزن غوزه گزارش کرده است. Srinivasan and Ramalingam, 2011 تقسیم کود پتاسیم در چهار مرحله کاشت، رویشی، گلدهی و غوزه‌دهی را مناسب‌ترین روش مصرف پتاسیم جهت حصول حداکثر عملکرد گزارش کرده است که مطابق نتایج این تحقیق است. در حالی که Gormus, 2002 مصرف همه پتاسیم در مرحله کاشت را در مقایسه با مصرف ۲۵ درصد در زمان مشاهده اولین غنچه، ۲۵ درصد در زمان گلدهی و ۵۰ درصد در زمان غوزه‌دهی در شرایط غیر شور مناسب‌تر گزارش کرده است.

عملکرد وُش

مقایسه میانگین تیمارها نشان داد در سطح ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در کلیه روش‌های مصرف عملکرد وُش بیشتری در مقایسه با مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مشاهده شد. در هر دو سطح پتاسیم مصرف کود در زمان‌های حداکثر نیاز (مرحله غوزه‌دهی یا گلدهی) در مقایسه با مصرف در زمان رویشی عملکرد وُش بیشتری را تولید (شکل ۳). در سطح ۷۵ کیلوگرم در هکتار پتاسیم مصرف به صورت 25P+25V+25F+25B و 25P+50F+25B در مقایسه با سایر روش‌های مصرف عملکرد وُش مناسب‌تری را تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم به صورت 25P+50F+25B و 25P+25F+50B نداشت. دلیل اصلی افزایش عملکرد وُش در این بررسی افزایش وزن غوزه بوده است. در سایر مطالعات نیز ارتباط معنی‌دار و مثبتی بین وزن غوزه و عملکرد



شکل ۳- تأثیر مقادیر و روش مصرف پتاسیم بر عملکرد وش
Figure 3- Effects of rate and application method on lint yield

وجود گوگرد در ترکیب این کود حلالیت سایر عناصر مانند نیتروژن را نیز ممکن است افزایش داده باشد که این امر نیز افزایش عملکرد بیولوژیکی را به همراه داشته است. مطابق با نتایج فوق Zhang *et al.*, 2012 گزارش کردند که در شرایط تنش شوری استفاده از کودهای شیمیایی نه تنها نقش تغذیه‌ای دارد، بلکه می‌تواند در بهبود جذب سایر عناصر غذایی نیز مؤثر باشد. علاوه بر این جذب سدیم نیز با مصرف کود نیتروژنه کاهش پیدا می‌کند که این امر سبب بهبود مقاومت به شوری در پنبه می‌شود. همان‌طور که در جدول ۴ نشان داده شده است مصرف پتاسیم در مرحله غوزه‌دهی کمترین عملکرد بیولوژیکی را به خود اختصاص داده است که بیان‌گر عدم تأثیر مصرف خاکی پتاسیم در اواخر دوره رشد گیاه بوده است.

درصد کیل الیاف

اثر متقابل روش و مقدار مصرف نشان داد که مصرف ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار به صورت 25P+25V+25F+25B بیش‌ترین درصد کیل الیاف و مصرف ۷۵ کیلوگرم در هکتار به صورت 25P+50F+25B کمترین درصد کیل الیاف را داشت. در سطح ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بین تیمارهای مختلف تقسیط اختلاف آماری معنی‌داری مشاهده نشد. نحوه تقسیط پتاسیم در سطوح مختلف پتاسیم مشابه با هم نبودند، در حالی که در سطوح کم پتاسیم مصرف در مراحل قبل از غوزه‌دهی سبب افزایش درصد کیل الیاف شد، اما در سطوح بالای پتاسیم مصرف پتاسیم در بعد از غوزه‌دهی

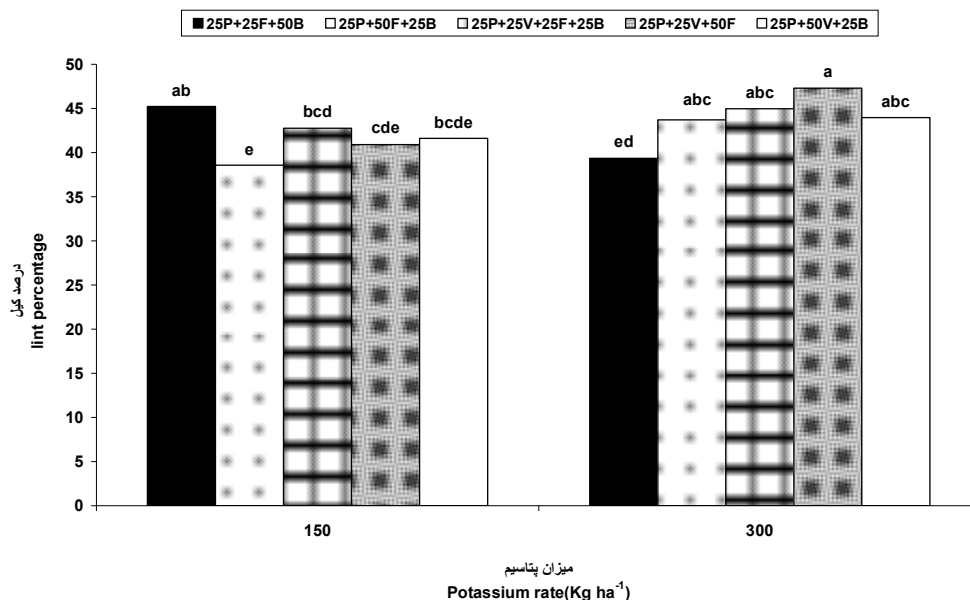
عملکرد بیولوژیک

با افزایش مقدار مصرف پتاسیم عملکرد بیولوژیکی ۹/۸۶ درصد افزایش پیدا کرد. گزارش شده است که عملکرد بیولوژیکی ماده خشک پنبه ارتباط مستقیمی با مقدار پتاسیم موجود در دُم‌برگ دارد و هرچه مقدار پتاسیم در برگ بیشتر باشد، عملکرد ماده خشک نیز بیشتر بوده است (Aswan *et al.*, 2011). Aneela *et al.*, 2003 گزارش کردند که مقدار K_2O در دُم‌برگ با افزایش مقدار مصرف پتاسیم به ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش پیدا می‌کند که این افزایش عملکرد بیولوژیک را به همراه خواهد داشت. Wang *et al.*, 2014 گزارش کردند که در شرایط کمبود پتاسیم و در شرایط شور آسمیلاسیون نیتروژن و CO_2 ممانعت می‌شود. همچنین مسیر واکنش روشنایی فتوسنتز در فتوسیستم I و II نیز صدمه می‌بیند که این امر ساخت مواد فتوسنتزی برای رشد را کاهش می‌دهد که در نهایت سبب کاهش عملکرد بیولوژیک خواهد شد.

نحوه تقسیط پتاسیم اثر معنی‌داری بر عملکرد بیولوژیکی داشت. همانند عملکرد وش در هکتار، بیش‌ترین عملکرد بیولوژیکی در تیمار 25P+25V+25F+25B مشاهده شد که اختلاف آماری معنی‌داری با مصرف 25P+50F+25B نداشت. نقش پتاسیم در افزایش تولید کربوهیدرات و انتقال آن به اندام‌های مختلف سبب می‌شود که گیاه از ارتفاع و تعداد شاخه در بوته بیشتری برخوردار باشد که این امر سبب افزایش عملکرد بیولوژیکی شده است. از طرف دیگر مصرف سولوپتاس در شرایط شور که عموماً مقدار pH خاک بالا است به دلیل

پنبه فراهم می‌کند. از طرف دیگر، مصرف پتاسیم در خاک سبب بهبود وضعیت آبی خاک و در نتیجه جذب آب بیشتر خصوصاً در شرایط شوری می‌گردد که این امر نیز بر افزایش درصد الیاف می‌تواند تأثیرگذار باشد (Gormus, 2002).

اثرات بیشتری بر درصد کیل داشت (شکل ۴). افزایش درصد کیل الیاف با مصرف پتاسیم به نقش این عنصر در تورژسانس سلولی ارتباط داده شده است. گزارش شده است، سلول‌های الیاف پنبه جهت طول شدن نیاز به تورژسانس سلول دارند که مالات و پتاسیم به‌عنوان مواد اسمزی اولیه فشار تورژسانس لازم را برای رشد سلول‌های الیاف



شکل ۴- تأثیر مقادیر و روش مصرف پتاسیم بر درصد کیل

Figure 4- Effects of rate and application method on lint percentage

25P+25V+25F+25B بالاترین عملکرد و ش، عملکرد بیولوژیک، تعداد غوزه در بوته و درصد کیل الیاف را داشت. بر این اساس در شرایط شور استفاده از ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم از منبع سولوپتاس به‌صورت تقسیط در چهار مرحله مساوی در زمان کاشت، رویشی، گلدهی و غوزه‌دهی بالاترین عملکرد و ش در پنبه را سبب خواهد شد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که مقادیر مصرف پتاسیم از طریق افزایش تعداد غوزه در بوته و افزایش وزن غوزه سبب افزایش عملکرد و ش در هکتار پنبه گردید و مصرف ۱۵۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار بالاترین عملکرد و ش را در هکتار موجب شد واکنش عملکرد و اجزای عملکرد به‌نحوه تقسیط نیتروژن تقریباً مشابه بود. مصرف پتاسیم به‌صورت

References

1. Abaye, A. 1998. Effect of method and time of potassium application on cotton lint yield. Better Crops 82:25-27.
2. Abood, M. A., Ahmed, O. A. and Mehdi, A. S. 2014. Effect of potassium fertilizer, deficit irrigation and organic matter on cotton tolerance to drought. Diyala Agricultural Sciences Journal 6:202-214.
3. Adeli, A. and Varco, J. 2002. Potassium management effects on Cotton yield, nutrition, and soil potassium level. Journal of plant nutrition 25:2229-2242.
4. Akhtar, M. E., Sardar, A., Ashraf, M., Akhtar, M. and Khan, M. Z. 2003. Effect of potash application on seed cotton yield and yield components of selected cotton varieties-I. Asian Journal of Plant Science 2:602-604.
5. Aladakatti, Y., Hallikeri, S., Nandagavi, R., Naveen, N., Hugar, A. and Blaise, D. 2011. Yield and fiber qualities of hybrid cotton (*Gossypium hirsutum*) as influenced by soil and foliar application of potassium. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 24:133-136.
6. Aneela, S., Muhammad, A. and Akhtar, M. 2003. Effect of potash on boll characteristics and seed cotton yield in

- newly developed highly resistant cotton varieties. Pakistan Journal of Biological Sciences 6: 813-815.
7. Arshad, M., Basra, S., Rajpar, I., Shah, A. and Galani, S. 2014. Response of potassium-use-efficient cotton genotypes to soil applied potassium. International Journal of Agriculture and Biology 16: 771-776.
 8. Ashraf, M. 2002. Salt tolerance of cotton: some new advances. Critical Reviews in Plant Sciences, 21:1-30.
 9. Chen, Y., Wen, Y., Wang, J., Zhang, X., and Chen, D. 2014. Cotton potassium uptake and use efficiency vary with potassium application rates and soil potassium nutrition levels. Journal of Food, Agriculture & Environment 12: 221-227.
 10. Dev, R., Promila, K., Bhattoo, M. S. and Duhan, B.S. 2009. Effect of potassium application on yield, potassium uptake and fibre quality of cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Journal of Cotton Research and Development 23: 247-250.
 11. Dewdar, M. and Rady, M. 2013. Influence of soil and foliar applications of potassium fertilization on growth, yield and fiber quality traits in two *Gossypium barbadense* L. varieties. African Journal of Agricultural Research 8: 2211-2215.
 12. Dong, H., Li, W., Tang, W. and Zhang, D. 2009. Early plastic mulching increases stand establishment and lint yield of cotton in saline fields. Field Crops Research 111: 269-275.
 13. Feng, Z., Liu, A., Yi, J., Li, R., Wang, X. and Zou, Q. 2013. Effects of amount of applying potassium fertilizer on yield, fiber quality and potassium fertilizer application efficiency of three hybrid cotton cultivars. Journal of Hunan Agricultural University 39: 343-347.
 14. Gormus, O. 2002. Effects of rate and time of potassium application on cotton yield and quality in Turkey. Journal of agronomy and crop science 188: 382-388.
 15. Gormus, O. and Yucel, C. 2002. Different planting date and potassium fertility effects on cotton yield and fiber properties in the Cukurova region, Turkey. Field Crops Research 78: 141-149.
 16. Grewal, K.S. and Duhan, B.S. 2012. Effect of phosphorus and potassium application on yield, quality and potassium uptake by cotton in a sandy loam soil. Haryana Journal of Agronomy 28:25-27.
 17. Hajinezhad, H. and Armin, M. 2017. Yield and yield components response of cotton to Potash source and Zinc amount application under saline condition. Journal of Plant Ecophysiology 27: In press.(In Persian with English Abstract).
 18. Hezhong, D. 2012. Technology and field management for controlling soil salinity effects on cotton. Australian Journal of Crop Science 6: 333-341.
 19. Hussein, M., Youssef, R. and Nesreen, H. 2014. Influences of potassium foliar fertilization and irrigation by diluted seawater on growth and some chemical constituents of Cotton. International Journal of Science and Research 3: 3127-3134.
 20. Jagdish, K., Yadav, M. P., Kushwaha, S. P. and Nand, K. 2010. Effect of different spacing and potassium levels on yield attributes, yield and economics of hirsutum cotton. Journal of Cotton Research and Development 24: 208-209.
 21. Jiang, C.-c., Xia, Y., Chen, F., Lu, J.-w. and Wang, Y. H. 2011. Plant growth, yield components, economic responses, and soil indigenous K uptake of two cotton genotypes with different K-efficiencies. Agricultural Sciences in China 10: 705-713.
 22. Kafi, M., Salehi, M. and Eshgheizade, H.R., 2012. Biosaline Agriculture Plant, Water and Soil Management Approaches. Ferdowsi University of Mashhad.
 23. Li, Z., Chen, E., Zhang, M., Zhao, Q., Xu, X., Ji, H., Song, X. and Sun, X. 2012. Effect of potassium application methods on antioxidant enzyme activities, yield ,and potassium use efficiency of cotton. Acta Agronomica Sinica 38:487-494.
 24. Oosterhuis, D.M. 2002. Potassium management of cotton. pp 331-346 in N. S. Pasricha and S. K. Bansal. eds Potassium for Sustainable Crop Production. Potash Research Institute India. Gurugram, Haryana, India.
 25. Panayotova, G. and Valkova, N. 2010. Potassium fertilization on cotton. Agricultural Science and Technology 2: 78-83.
 26. Pervez, H., Ashraf, M. and Makhdum, M.I. 2004. Influence of Potassium nutrition on gas exchange characteristics and water relations in cotton (*Gossypium hirsutum* L.). Photosynthetica 42: 251-255.

27. Pervez, H., Ashraf, M. and Makhdum, M.I. 2005. Effects of potassium rates and sources on fiber quality parameters in four cultivars of cotton grown in aridisols. *Journal of Plant Nutrition* 27: 2235-2257.
28. Pettigrew, W. 2003. Relationships between insufficient potassium and crop maturity in cotton. *Agronomy Journal* 95:1323-1329.
29. Pettigrew, W.T. 2008. Potassium influences on yield and quality production for maize, wheat, soybean and cotton. *Physiologia plantarum* 133: 670-681.
30. Saadat, S., Dehghany, F., and Rezaei, H. 2015. Effect of saline water and nitrogen application management at different growth stages on wheat yield. *Journal of Water Research in Agricultural* 28:263-272. (In Persian with English Abstract).
31. Sawan, Z. M., Fahmy, A. H. and Yousef, S. E. 2009. Direct and residual effects of nitrogen fertilization, foliar application of potassium and plant growth retardant on Egyptian cotton growth, seed yield, seed viability and seedling vigor. *Acta Ecologica Sinica* 29: 116-123.
32. Sawan, Z. M., Fahmy, A. H. and Yousef, S.E. 2011. Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Archives of Agronomy and Soil Science* 57: 75-90.
33. Srinivasan, G. and Ramalingam, A. 2011. Response of summer irrigated cotton (*Gossypium hirsutum*) to foliar nutrition of potassium. *Journal of Cotton Research and Development* 25: 214-216.
34. Wang, X., Mohamed, I., Xia, Y. and Chen, F. 2014. Effects of water and potassium stresses on potassium utilization efficiency of two cotton genotypes. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 14: 833-844.
35. Zhang, D., Li, W., Xin, C., Tang, W., Eneji, A.E. and Dong, H. 2012. Lint yield and nitrogen use efficiency of field-grown cotton vary with soil salinity and nitrogen application rate. *Field Crops Research* 138: 63-70.
36. Zhao, D., Oosterhuis, D. and Bednarz, C. 2001. Influence of potassium deficiency on photosynthesis, chlorophyll content, and chloroplast ultrastructure of cotton plants. *Photosynthetica* 39: 103-109.
37. Zia ul, H., Arshad, M., Basra, S. M. A., Rajpar, I., Shah, A. N. and Galani, S. 2014. Response of potassium-use-efficient cotton genotypes to soil applied potassium. *International Journal of Agriculture and Biology* 16: 771-776.



The Effect of Rate and Application Method of Potassium on Yield and Yield Components of Cotton in Saline Condition

A. O. Ardakani¹ - M. Armin^{2*} - E. Filekesh³

Received: 24-04-2015

Accepted: 05-07-2015

Introduction

Salinity is a major abiotic stress that affects approximately 7% of the world's total land area. Cotton (*Gossypium barbadense* L.) is considered as one of the most important cash crops which is widely used for agricultural and industrial purposes. Although, cotton is classified as one of the most salt-tolerant major crops but its growth and development are adversely affected by soil or water salinity. Understanding salinity and fertilizer interaction can mitigate salinity stress and improving crop yield. Potassium (K) is an essential nutrient that affects most of the biochemical and physiological processes that are involved in plant resistance to biotic and abiotic stresses. Proper management of K fertilizer is especially important in saline soils where K application might reduce the adverse effects of salinity on plant growth and yield. There is a little information about rate and application method of K on yield and yield component of cotton in saline condition. The objective of this study was to determine the effects of rate and application method of K on yield and yield component of cotton in soil and water saline condition.

Materials and Methods

The experiment was carried out at Sabzevar Agriculture and Natural Resources Research center (Haresabad), 30km southwest of Sabzevar (32°32'N, 51°23'E and 1630 above mean sea level), in 2014. This experiment was conducted as split plot design based on randomized complete block design with three replications. Factors were: K rate (75 and 150 kg ha⁻¹ Solopotash (containing 50% K₂O and 18% S) comprising the main plot and application method (25% at planting+25% at first flowering and 50% at early boll development (25P+25F+50B), 25% at planting+50% at first flowering and 25% at early boll development (25P+50F+25B), 25% at planting+25% at vegetative stage (5-8 leaves stage), 25% at first flowering and 25% at early boll development (25P+25V+25F+50B), 25% at planting+25% at vegetative stage and 50% at first flowering (25P+25V+50F), and 25% at planting+50% at vegetative stage and 25% at early boll development (25P+50V+25B) as the subplot. The seeds planted had been acid-delinted and treated with chemicals against seed and seedling diseases. Plots consisted of six rows spaced 0.5 m row and 0.2 m in plant (10 plants m⁻²) and 6 m in length. To evaluate yield components of cotton including plant height, sympodial branch number, boll number, boll weight, 10 individual plants were selected randomly from final harvest area. At harvesting time one meter square from the beginning and a half meter around each plot was removed as a marginal effect. The remaining area was harvested by hand for determine of lint and biological yield. Seed-cotton samples were ginned to separate the fiber (lint) from the seed. Lint percentage (%) was calculated as the weight of lint to weight of the seed-cotton. The statistical analyses were performed by SAS software Ver. 9.1. The mean separation was done through Fischer least significant difference (FLSD) test at alpha 0.05.

Results and Discussion

Analysis of variance showed that boll weight, seed cotton yield and biological yield were significantly affected by potassium rate, whereas plant height, number of sympodial branch, boll number and lint percentage was not affected by potassium rate. All traits were affected by potassium application method except plant height and lint percentage. Plant height, boll weight, seed cotton yield and lint percentage were affected by interaction of potassium rate and application method. Increasing of K level up to 150 kg ha⁻¹ increased boll weight (23.64%), seed cotton yield (17.67%), and biological yield (9.86%) in comparison with the application of 75 kg

1- MSc Student of agronomy, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

2- Associate Prof. Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran

3- Assistance Prof. Sabzevar Agriculture and Natural Resources Research center

(*- Corresponding Author Email: Armin@iaus.ac.ir)

ha⁻¹. Plant height, sympodial branch number and lint percentage did not respond to K rate. K application as 25% at planting+25% at vegetative stage (5-8 leaves stage), 25% at first flowering and 25% at early boll development (25P+25V+25F+25B) had the highest boll weight, seed cotton yield, biological yield and lint percentage. In both K rate, split application of K at planting, vegetative stage, flowering and early boll development (equally at each stage) had the highest seed cotton yield. Potassium application at flowering or early boll development had more positive effect on seed cotton yield than planting or vegetative stage.

Conclusions

The best seed cotton yield could be achieved with a combination of high dose of K fertilizer and split application of K at planting, vegetative stage, flowering and early boll development (equally at each stage). Increased K rate increased seed cotton yield because of improved boll weight and boll number in saline condition. Boll weight had more correlated with seed cotton yield than boll number. The K application as 25% at planting+25% at vegetative stage (5-8 leaves stage), 25% at first flowering and 25% at early boll development (25P+25V+25F+25B) gave higher cotton yields than other split applications in saline conditions.

Keywords: Lint yield, Morphological traits, Salinity stress, Split potassium application



بررسی عملکرد و اجزاء عملکرد علوفه علف‌قناری (*Phalaris canariensis* L.) در پاسخ به سطوح مختلف آبیاری، کودهای آلی، شیمیایی و تلفیقی

ویدا ورناصری قندعلی^۱ - پرویز رضوانی مقدم^{۲*} - سرور خرم دل^۳

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۳/۲۳

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۵/۲۴

چکیده

به منظور بررسی اثر مقادیر مختلف آبیاری و مدیریت تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد و اجزاء عملکرد علوفه علف‌قناری (*Phalaris canariensis* L.) آزمایشی به صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳ اجرا شد. سه رژیم آبیاری (بر اساس ۶۰، ۸۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی) در کرت‌های اصلی و شش تیمار کودی؛ کود شیمیایی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل)، کود ورمی کمپوست (۶ تن در هکتار)، کود دامی (۳۰ تن در هکتار)، کود شیمیایی+کود ورمی کمپوست (۵۰:۵۰)، کود شیمیایی+کود دامی (۵۰:۵۰) و شاهد) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. نتایج آزمایش نشان داد، که اثر سطوح مختلف آبیاری بر اکثر صفات مورد بررسی به جز درصد برگ به کل ماده خشک علف‌قناری معنی‌دار بود. بیش‌ترین عملکرد علوفه تر به ترتیب برای رژیم‌های آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی با ۲۴/۷۶ و ۲۴/۱۲ تن در هکتار و بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک نیز برای رژیم آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۶/۵۱ و ۶/۳۰ تن در هکتار مشاهده شد. همچنین صفات‌های ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، درصد سنبله، عملکرد علوفه تر و خشک و پروتئین علوفه تحت تأثیر معنی‌دار تیمار کودی قرار گرفتند. بیش‌ترین عملکرد علوفه تر تحت تأثیر تیمار کودی ورمی کمپوست و دامی با ۲۴/۹۲ تن در هکتار به دست آمد و کمترین میزان به تیمار بدون کود (شاهد) با ۱۸/۴۲ تن در هکتار اختصاص داشت. بیش‌ترین عملکرد علوفه خشک، برای کودهای دامی و ورمی کمپوست مشاهده شد. بر اساس نتایج حاصل، مصرف کودهای دامی یا ورمی کمپوست و همچنین به صورت تلفیقی با شیمیایی عملکرد قابل توجه‌تری خواهد داشت. بنابراین، با توجه به نتایج این آزمایش استفاده از روش کم‌آبیاری علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف آب، به صورت ۸۰ درصد نیاز آبی می‌توان به عملکرد مطلوب علف‌قناری در واحد سطح دست یافت.

واژه‌های کلیدی: عملکرد علوفه تر، کود دامی، مدیریت تلفیقی کودهای آلی، ورمی کمپوست

مقدمه

دارابودن ویژگی‌هایی از جمله عملکرد بالا در واحد سطح، قدرت پنجه‌زنی زیاد، رشد بسیار سریع و ارزش غذایی مناسب از اهمیت قابل توجهی برخوردار است و توسعه کشت آن به خصوص در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌تواند در تأمین قسمتی از نیاز علوفه‌ای کشور مؤثر باشد.

کشاورزی پایدار بدون استفاده بهینه از منابع آب هرگز به وقوع نخواهد پیوست. کشور ایران دارای آب‌وهوای خشک و نیمه‌خشک و اراضی مستعد کشاورزی زیادی است. حدود ۹۳/۵ درصد آب استحصالی از منابع سطحی و زیرزمینی کشور در بخش کشاورزی مصرف می‌شود و در عین حال، کمبود آب عامل اصلی محدودکننده تولید است (Noorjoo, 2005). بر این اساس، کم‌آبیاری با صرفه‌جویی در مصرف آب می‌تواند به عنوان ایده‌ای مفید در وضعیت محدودیت آب و با هدف حداکثر استفاده از واحد حجم آب مصرفی، مطرح شود. با کم‌آبیاری به‌طور آگاهانه به گیاه اجازه داده می‌شود تا با دریافت کمتر از نیاز، محصول قابل قبولی تولید کند (Musick and

علف‌قناری (*Phalaris canarises* L.) گیاهی یک‌ساله از خانواده Poaceae می‌باشد. این گیاه بومی مدیترانه است و در کشورهای ایتالیا و شمال آفریقا از دانه آن به عنوان غذا برای انسان و پرندگان استفاده می‌شود. همچنین با توجه به بحران انرژی در بعضی از کشورها به عنوان سوخت زیستی سازگار با محیط زیست مطرح بوده است (Adaum and Duncan, 1999). به عنوان گیاه دارویی از گل‌آذین این گیاه در درمان سرطان مری استفاده می‌شود (Hodson et al, 1994). افزایش روزافزون جمعیت و عدم توانایی مراتع در برآورد نیاز غذایی دام‌ها موجب شده است که به کشت گیاهان علوفه‌ای بیش از پیش توجه گردد. در این راستا، علف‌قناری با

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد اگر واکولوژی، استاد و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

(*) نویسنده مسئول: Email: rezvani@um.ac.ir

معنی‌داری روی بهبود کمیت تولید غذا در جهان داشته و یکی از اجزاء مهم در مدیریت بوم‌نظام‌های کشاورزی محسوب می‌شود، ولی بررسی‌ها نشان می‌دهد که بیش از ۵۰ درصد از افزایش تولید در کشاورزی به کاربرد کودهای شیمیایی مربوط می‌شود (Fixon and West, 2002). روش‌های کشاورزی متداول در جهان امروز موفقیت قابل‌قبولی را در استفاده از مدیریت منابع نداشته و با اتکاء بیش از حد به نهاده‌های مصنوعی و تزریق انرژی کمکی مانند کودها و سموم شیمیایی باعث ایجاد سیستم زراعی ناپایدار شده است.

با توجه به این که در کشاورزی پایدار تکیه بر روی عدم استفاده از نهاده‌های شیمیایی مثل کودها و سموم است، هدف این تحقیق بررسی واکنش صفات علوفه‌ای اجزای عملکرد و عملکرد علف‌قناری به انواع کودهای حیوانی و شیمیایی در شرایط تنش آب، برای نیل به کشاورزی پایدار می‌باشد. در ضمن تعیین مناسب‌ترین رژیم آبیاری و تیمار کودی که بتواند علاوه بر صرفه‌جویی در میزان آب عملکرد کمی و کیفی قابل‌قبولی برای گیاه علوفه‌ای علف‌قناری تولید نماید نیز از اهداف دیگر آزمایش بود.

مواد و روش‌ها

این مطالعه به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد، واقع در ۱۰ کیلومتری شرق مشهد با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه و ۲۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۹۸۵ متری از سطح دریا در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ اجرا شد. در این آزمایش تأثیر دو عامل کم‌آبیاری (به عنوان عامل اصلی) و مدیریت کودی (به عنوان عامل فرعی) مورد بررسی قرار گرفتند. رژیم‌های آبیاری در سه سطح (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی علف‌قناری) و تیمارهای مدیریت کودی در شش سطح (کود شیمیایی نیتروژن، کود ورمی کمپوست، کود دامی، کود شیمیایی + کود ورمی کمپوست (۵۰:۵۰)، کود شیمیایی + کود دامی (۵۰:۵۰) و شاهد) در نظر گرفته شد. ویژگی‌های اقلیمی کوتاه مدت و بلندمدت منطقه مشهد در طول فصل زراعی آزمایش در جدول ۱ نشان داده شده است. قبل از شروع آزمایش جهت تعیین ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و توصیه کودی، نمونه‌برداری از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری خاک برداشت شد که نتایج تجزیه آن در جدول ۲ نشان داده شده است. ویژگی‌های شیمیایی کودهای آلی مورد استفاده نیز قبل از مصرف اندازه‌گیری و تعیین شد (جدول ۲).

(Murty, 1990). اگرچه به اعتقاد Göksoy et al, 2004 قبل از شروع فعالیت زراعی اثرات کم‌آبیاری بر عملکرد و کیفیت گیاه باید به دقت مورد بررسی قرار گیرد. با بررسی تنش آبی روی چچم چندساله (*Lolium temulentum* L.)، ارزن (*Panicum miliaceum* L.) و دو گونه کلزای علوفه‌ای (*Brassica napus* L.) نتیجه‌گیری شد که بالاترین ماده خشک گونه‌های مورد مطالعه در تیمار آبیاری کامل به دست آمد (Göksoy et al, 2004). بررسی تنش خشکی بر روی گیاه ارزن نوتروفید (*Pennisetum glaucum* L.) کاهش عملکرد هم‌سویی با تنش خشکی نشان داد (Pandey et al, 2000).

یکی دیگر از نیازهای مهم در برنامه‌ریزی زراعی به منظور حصول عملکرد بالا و با کیفیت مطلوب به‌ویژه در مورد گیاهان علوفه‌ای ارزیابی سیستم‌های مختلف تغذیه گیاه است. با روش صحیح حاصل‌خیزی خاک و تغذیه گیاه می‌توان ضمن حفظ محیط زیست، افزایش کیفیت آب، کاهش فرسایش و حفظ تنوع زیستی، کارایی نهاده‌ها را افزایش داد. هم‌چنین با اجتناب از کاربرد غیرضروری و بی‌رویه مصرف عناصر غذایی هزینه تولید را به حداقل کاهش داد که این امر می‌تواند راهی به‌سوی کشاورزی پایدار باشد (Mallanagouda, 1995). در راستای تولید محصولات زراعی، استفاده از کودهای آلی از جایگاه ویژه‌ای در نظام کشاورزی پایدار برخوردار می‌باشد (Mando et al, 2005).

کودهای آلی هم‌چون دامی و ورمی کمپوست علاوه بر تأمین عناصر مورد نیاز غذایی برای رشد گیاه می‌تواند در بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نیز مؤثر باشد (Limon-Ortega et al, 2008). نظر به کمبود میزان ماده آلی خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک و با توجه به نقش این مواد در بهبود کارکرد اکوسیستم‌های زراعی این مناطق، مصرف کودهای آلی در این مناطق از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد (Shirani et al, 2010). کودهای آلی، از جمله کودهای حیوانی، قادر به افزایش قدرت نگهداری آب توسط خاک، کاهش تنش‌ها از جمله تنش خشکی (Macilwain, 2004)، بهبود ساختمان فیزیکی و جلوگیری از فرسایش خاک می‌باشد (Pinamonti, 1998) که به همراه تامین بخشی از مواد غذایی (Turgut, 2005)، رشد و عملکرد گیاه را بهبود بخشیده (Kumar et al, 2005)، کیفیت و سلامت محصول را افزایش می‌دهد (Giles, 2004). با توجه به نتایج بسیاری از پژوهش‌ها، توسعه حاصل‌خیزی و کیفیت خاک، به خصوص در شرایط استفاده از سیستم‌هایی که در آن حجم ورودی مواد و انرژی پایین است، نیاز به افزودن مواد آلی در بوم‌نظام‌های زراعی به ضرورت احساس می‌شود (Palm et al, 2001). از طرف دیگر، اگر چه مصرف کودهای شیمیایی تأثیر

جدول ۱- بارندگی و متوسط دمای هوا و متوسط رطوبت در سال زراعی ۱۳۹۲-۹۳

Table 1- Total precipitation, mean temperature and mean humidity during growing season of 2013-2014

پارامترهای محیطی Environmental parameters	اسفند Feb.	فروردین Mar.	اردیبهشت Apr.	خرداد May	تیر Jun.
بارندگی (میلی‌متر) Precipitation (mm)	37.3	67.4	24.2	22	0
دما (درجه سانتی‌گراد) Temperature (°C)	7.8	12.5	22.3	25.1	28.6
رطوبت Humidity	59	50	33	24	15

جدول ۲- نتایج ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک (عمق صفر-۳۰ سانتی‌متر)

Table 2- Result of physical and chemical soil properties (0-30 cm depth)

نمونه Sample	بافت Texture	نیتروژن کل Total N (%)	کربن آلی Total C (%)	شاخص واکنش pH	پتاسیم قابل استفاده Available K (%)	فسفر قابل استفاده Available P (%)	هدایت الکتریکی EC (dS.m ⁻¹)
خاک Soil	لومی Loamy	0.05	0.57	7.70	0.02	0.57	2.74
کود دامی Animal manure	-	0.48	-	6	6.8	1.1	0.08
کود ورمی کمپوست Vermi compost	-	1.3	-	5	6.9	-	1.3

گرفته شد (Eghball et al., 2001). برای تیمار تلفیقی براساس توصیه کودی مقادیر کود شیمیایی+کود دامی، با نسبت برابر ۵۰:۵۰، کود شیمیایی+ورمی کمپوست با نسبت برابر ۵۰:۵۰ نظر گرفته شد. مراحل آماده‌سازی زمین شامل شخم اولیه در آذرماه و عملیات خاک‌ورزی ثانویه شامل دو دیسک عمود بر هم، تسطیح زمین توسط لولر و هم‌چنین ایجاد جوی‌ویشته توسط فاروئر در اواسط بهمن‌ماه سال قبل از اجرای آزمایش انجام شد. کودهای دامی و ورمی کمپوست به‌صورت یکجا دو هفته قبل از کاشت به کرت‌های مربوطه داده و تا عمق ۱۵ سانتی‌متری با خاک مخلوط شدند. کود سوپرفسفات به‌صورت یکجا و یک‌سوم کود اوره هم‌زمان با کاشت به خاک داده شد. مابقی کود اوره به‌صورت سرک در مراحل چهار برگی و ساقه‌دهی علف‌قناری همراه با آب آبیاری اعمال شد.

ابعاد کرت‌های آزمایشی فرعی ۱/۸×۳ متر در نظر گرفته شد. در هر کرت تعداد سه پشته ۶۰ سانتی‌متری ایجاد و بذور (توده بومی مشهد) به‌صورت ردیفی در دو طرف هر پشته کاشته شدند. به‌منظور جلوگیری از اختلاط اثر تیمارها فاصله کرت‌های فرعی از هم ۶۰ سانتی‌متر و فاصله‌ی بلوک‌ها از هم یک متر تعیین شد و انتهای کرت‌ها بسته شد. بذور علف‌قناری با تراکم بالا در ۲۱ اسفند ۱۳۹۲ به‌صورت دستی کاشته شد.

نیاز آبی علف‌قناری با استفاده از نرم‌افزار Optiwa در شرایط اقلیمی مشهد برآورد (Alizadeh and Kamali, 2007). سپس مقادیر آب بر اساس تیمارهای مربوطه تعیین و در هر دور آبیاری توسط کنتور ثبت و اعمال شد. لازم به‌ذکر است که نیاز آبی در این نرم‌افزار بر اساس آمار هواشناسی (دمای حداقل، دمای حداکثر، رطوبت نسبی حداقل، رطوبت نسبی حداکثر، ساعت آفتابی، تبخیر از تشت و بارندگی) مشخصات دشت و مشخصات گیاهی (تاریخ کشت دقیق محصول، طول مراحل مختلف رشد (روز): آغازین، توسعه، میانی، پایانی، ارتفاع گیاه، عمق اولیه ریشه، حداکثر عمق ریشه، حداکثر شوری، ضریب پاسخ عملکرد، شیب کاهش عملکرد، درصد تخلیه مجاز) تعیین می‌گردد.

مقادیر تیمار کودهای شیمیایی نیتروژن (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار از منبع اوره و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار از منبع سوپرفسفات تریپل) بر اساس توصیه کودی شرکت زراوند خراسان، در کرت‌های مربوطه اعمال شد. مقادیر کودهای دامی (۳۰ تن در هکتار) و ورمی کمپوست (شش تن در هکتار) بر اساس مقدار نیتروژن توصیه شده برآورد و قبل از کاشت به خاک اضافه شد. با توجه به این‌که از کل عناصر موجود بر کود دامی مقدار ۵۰-۴۰ درصد در سال اول آزاد می‌شود، مقدار به‌دست آمده برای کود دامی دو برابر مقادیر نیتروژن توصیه شده در نظر

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر سطوح مختلف آبیاری و کود بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه علف‌قناری
Table 3- Analysis of variance (mean comparisons) for effects of irrigation levels and fertilizer on yield and yield components of Canary forage

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	ارتفاع بوته Plant height	تعداد پنجه در بوته Number of filler plant	نسبت برگ به کل ماده خشک Leaf weight/dry matter weight ratio	نسبت ساقه به کل ماده خشک Stem weight/dry matter weight ratio	نسبت کل آذین به کل ماده خشک Inflorescence weight/dry matter weight ratio	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield	پروتئین علوفه خشک Dry forage protein
بلوک Block	2	4968.03**	0.12 ^{ns}	5698.87 ^{ns}	5732.67 ^{ns}	16550.57**	85.88**	14.72 ^{ns}	1.025**
آبیاری Irrigation	2	1626.24**	1.17**	452.46 ^{ns}	25900.90*	19547.91**	247.81**	14.97**	0.207**
خطای اصلی Main error	4	53.46 ^{ns}	0.14 ^{ns}	4829.86 ^{ns}	7959.80 ^{ns}	3576.38*	10.33 ^{ns}	1.51 ^{ns}	0.004 ^{ns}
کود Fertilizer	5	181.32*	0.33*	1491.79 ^{ns}	10382.21 ^{ns}	5587.60**	53.96**	8.18**	31.76**
آبیاری × کود Irrigation × fertilizer	10	778.67 ^{ns}	0.04 ^{ns}	1339.93 ^{ns}	1583.98 ^{ns}	431.75 ^{ns}	6.77 ^{ns}	0.50 ^{ns}	0.031 ^{ns}
خطای فرعی Sub error	30	263.44	0.10	83.47	7764.82	1367.28	10.63	1.77	0.02
ضریب تغییرات (%) CV (%)		18.29	13.56	20.06	19.66	21.37	14.61	22.66	2.77

ns, * and **: nonsignificant, significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.
* و ** به ترتیب غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد

لازم به ذکر است که با توجه به اعداد به دست آمده برای صفت‌های نسبت برگ و ساقه و گل به کل ماده خشک، توزیع نرمال آن‌ها انجام شد. داده‌های حاصل با نرم‌افزار SAS 9.1 تجزیه و مقایسه میانگین بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن و با نرم‌افزار MSTAT-C در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس اثر سطوح آبیاری و کودهای مختلف بر عملکرد و اجزای عملکرد علوفه علف‌قناری در جدول ۳ نشان داده شده است. نظر به این که اثرات متقابل تیمارها بر صفات مورد مطالعه معنی‌دار نبود (جدول ۳)، تنها اثرات ساده مورد بررسی و تجزیه تحلیل قرار گرفت.

صفات مورفولوژی

ارتفاع بوته

اثر ساده مقادیر آب آبیاری و تیمارهای کودی به طور معنی‌داری ارتفاع بوته علف‌قناری را به ترتیب در سطوح احتمال یک و پنج درصد تحت تأثیر قرار داد (جدول ۳). بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد نیاز آبی (بدون کم آبیاری) با ۹۵ سانتی‌متر و ۸۰ درصد نیاز آبی با ۹۲ سانتی‌متر مشاهده شد، به طوری که ارتفاع بوته با کاهش سطح آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، ۱۹ درصد کاهش یافت (جدول ۴).

در مرحله چهارم برگ‌ها به تراکم مطلوب ۲۰۰ بوته در مترمربع (با فاصله روی ردیف ۲ سانتی‌متر) رسانده شد (۶) و اولین آبیاری یک روز پس از کاشت به طور مساوی برای همه کرت‌ها انجام شد، تیمارهای آبیاری پس از تَنگ کردن اعمال شدند. آبیاری‌ها با فاصله هر ۱۰ روز یکبار به روش کرتی به وسیله کنتور انجام شد و آخرین آبیاری نیز تا ۱۷ روز قبل از برداشت دانه (۹۳/۰۴/۱۰) انجام گرفت. کنترل علف‌های هرز به وسیله دست در طول فصل رشد بنا به ضرورت انجام شد.

برداشت علوفه در مرحله ظهور ۵۰ درصد سنبله با حذف اثرات حاشیه‌ای از سطحی معادل ۱/۴ مترمربع و ارتفاع سه-پنج سانتی‌متری سطح خاک انجام و به طور هم‌زمان تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی برای اندازه‌گیری صفاتی از جمله ارتفاع بوته و تعداد پنجه انتخاب شدند. سپس علوفه برداشت شده به آزمایشگاه منتقل و از طریق نمونه‌برداری ربعی تعداد دو نمونه به وزن تقریبی ۵۰۰ گرم جدا و پس از توزین یکی از نمونه‌ها به آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از ۴۸ ساعت وزن خشک نمونه‌ها با ترازوی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری و تعیین شد. نمونه دوم علوفه به اجزاء عملکرد علوفه شامل برگ، ساقه و اندام‌های زایشی تفکیک و به صورت جداگانه در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد و سپس اجزاء عملکرد علوفه تعیین گردید. اندازه‌گیری محتوی نیتروژن علوفه با روش کج‌لدال انجام شد (AOAC., 2000). برای برآورد پروتئین، درصد نیتروژن علوفه در ۶/۲۵ ضرب شد (Salo-vaananen and Koivistoinen, 1996).

جدول ۴- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد علف‌قناری تحت تأثیر مقادیر مختلف آب آبیاری

Table 4- Mean comparisons for yield and yield components of Canary forage affected by different irrigation levels

پروتئین علوفه خشک	عملکرد علوفه خشک	عملکرد علوفه تر	نسبت گل‌آذین به کل ماده خشک	نسبت ساقه به کل ماده خشک	نسبت برگ به کل ماده خشک	تعداد پنجه	ارتفاع بوته	آبیاری بر اساس نیاز آبی
Dry forage protein (%)	Dry forage yield (ton ha ⁻¹)	Fresh forage yield (ton ha ⁻¹)	Inflorescence weight/dry matter weight ratio (g/kg)	Stem weight/dry matter weight ratio (g kg ⁻¹)	Leaf weight/dry matter weight ratio (g kg ⁻¹)	Number of tiller plant	plant height (cm)	Irrigation based on water requirement (%)
5.85 ^b	6.51 ^a	24.76 ^a	149.49 ^b	474.52 ^a	375.99 ^a	2.71 ^a	95.62 ^a	100
5.93 ^b	6.30 ^a	24.12 ^a	158.88 ^b	464.96 ^a	376.16 ^a	2.34 ^b	92.70 ^a	80
6.06 ^a	4.83 ^b	18.04 ^b	210.68 ^a	404.56 ^b	375.99 ^a	2.22 ^b	77.89 ^b	60

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

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

ارتفاع گیاه علف‌قناری شد. ارتفاع بوته از جمله صفاتی است که در گیاهان علوفه‌ای مورد توجه می‌باشد (Nabati, 2004; Soleymani et al., 2011)، زیرا افزایش ارتفاع به عنوان صفتی در ارتباط با

کاهش سطح آبیاری از طریق تأخیر در وقوع مراحل رشدی و کاهش طول میان‌گره‌ها تحت تأثیر اُفت آماس سلولی موجب کاهش

(*al.*, 1992). کود دامی و ورمی کمپوست به ترتیب با ۱۰۰ و ۹۹ سانتی‌متر بیش‌ترین ارتفاع بوته علف‌قناری را به خود اختصاص دادند. کمترین ارتفاع بوته در شاهد با ارتفاع ۷۷ سانتی‌متر مشاهده شد (جدول ۵). نتایج آزمایش افوسو و لیچ در غنا نشان داد که مصرف کود دامی باعث افزایش ارتفاع بوته، ماده خشک و محتوای کلروفیل برگ‌های جو بهاره (*Hordeum vulgare*) شد (Ofori-Anim and Leitch, 2009). در همین راستا، نیز می‌توان بیان کرد علت بهبود ارتفاع گیاه ذرت تلقیح شده با کودهای آلی را افزایش فراهمی و به تبع آن بهبود جذب عناصر غذایی و تحریک فتوسنتز عنوان کردند (Wu and Wong, 2005).

عملکرد گیاهان علوفه‌ای مطرح می‌باشد که می‌تواند محققان را در تولید گیاهان علوفه‌ای در جهت افزایش میزان علوفه تولیدی کمک نماید. بنابراین می‌توان گفت: که تعداد میان‌گره‌ها از جمله عوامل مؤثر بر ارتفاع بوته سورگوم (*Sorghum bicolor*) می‌باشد که با توجه به کاهش تعداد گره و طول میان‌گره‌ها در شرایط تنش خشکی از ارتفاع بوته گیاه کاسته می‌شود (Nabati and Rezvani, 2006). نتایج برخی مطالعات نیز مؤید کاهش ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای (*Zea mays*) تحت تأثیر کاهش مقدار آب به دلیل کاهش رشد و تسریع در وقوع مراحل رشدی می‌باشد (Traore *et al.*, 2000). برخی دیگر از مطالعات کاهش ارتفاع بوته ذرت علوفه‌ای را در اثر کاهش مقدار آب مورد نیاز گزارش کرده‌اند (Gavloski *et al.*, 2004).

جدول ۵- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد علف‌قناری تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی

Table 5- Mean comparisons for yield and yield component of Canary forage affected by different fertilizer treatments

نوع کود Fertilizer type	ارتفاع بوته plant height (cm)	تعداد پنجه Number of tiller per plant	نسبت برگ به ماده خشک Leaf weight/dry matter weight (g kg ⁻¹)	نسبت ساقه به ماده خشک Stem weight/dry matter weight ratio (g kg ⁻¹)	نسبت گل‌آذین به ماده خشک Inflorescence weight/dry matter weight ratio (g kg ⁻¹)	عملکرد علوفه تر Fresh forage yield (t ha ⁻¹)	عملکرد علوفه خشک Dry forage yield (t ha ⁻¹)	پروتئین علوفه خشک Dry forage protein (%)
کود دامی Manure animal	100.56 ^a	2.63 ^a	377.10 ^a	492.21 ^a	130.69 ^b	24.92 ^a	6.86 ^a	4.27 ^c
ورمی کمپوست+شیمیایی Vermi compost+ chemical	85.31 ^{ab}	2.54 ^a	384.76 ^a	429.13 ^a	186.11 ^a	22.71 ^{ab}	5.74 ^{ab}	7.12 ^b
ورمی کمپوست Vermi compost	99.55 ^a	2.55 ^a	357.79 ^a	487.73 ^a	154.48 ^{ab}	24.63 ^a	7.07 ^a	4.38 ^c
شیمیایی chemical	83.66 ^{ab}	2.20 ^b	376.31 ^a	436.49 ^a	186.19 ^a	20.66 ^{bc}	4.89 ^b	8.61 ^a
کود دامی+شیمیایی Manure animal + chemical	86.05 ^{ab}	2.46 ^{ab}	379.44 ^a	433.83 ^a	186.73 ^a	22.57 ^{ab}	5.92 ^{ab}	7.01 ^b
شاهد Control	77.28 ^b	2.17 ^b	397.41 ^a	408.68 ^a	193.90 ^a	18.42 ^c	4.80 ^b	4.27 ^c

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

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

از صفات مورفولوژیک که بر ظرفیت بالقوه تولید گیاهان علوفه‌ای بسیار تأثیرگذار است، قدرت پنجه‌زنی بوته می‌باشد. بنابراین شناخت میزان آب آبیاری که در آن تعداد پنجه در مقایسه با نیاز آبی ۱۰۰ درصد تفاوت معنی‌داری نداشته باشد، می‌تواند ضمن تولید پنجه‌های قابل قبول و رشد رویشی و عملکرد بالاتر آب مصرفی را نیز کاهش دهد که این موضوع به‌ویژه در شرایط آب‌وهوایی مناطق گرم و خشک نظیر کشور ما می‌تواند در صرفه‌جویی آب نقش مهمی داشته باشد.

تیمار کودی، کود دامی و ورمی کمپوست و ورمی کمپوست+شیمیایی با ۲/۶۳ بیش‌ترین تعداد پنجه را داشتند که

اجزای عملکرد علوفه

تعداد پنجه در بوته

اثر ساده آبیاری و کود بر تعداد پنجه در بوته علف‌قناری به ترتیب در سطح احتمال یک و پنج درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). بیش‌ترین تعداد پنجه مربوط به تیمار آبیاری ۱۰۰ درصد آبیاری بر اساس نیاز آبی بود و با افزایش شدت تنش و کاهش سطح آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد بر اساس نیاز آبی علف‌قناری از تعداد پنجه در بوته ۱۸ درصد کاسته شد (جدول ۴). آبیاری کامل باعث افزایش تعداد پنجه در علوفه ارزن نوتریفید شد. این محققان دلیل این امر را به تأثیر مثبت آبیاری بر تحریک رشد رویشی نسبت دادند (Khazaie *et al.*, 2004). یکی

دامی و ورمی کمپوست ۴۹۲/۲۱ و ۴۸۷/۷۳ گرم بر کیلوگرم به دست آمد (جدول ۵). از آنجا که میزان ماده خشک تولیدی شاخصی از میزان تجمع مواد فتوسنتزی در گیاه و توان جذب عناصر توسط آن محسوب می شود، به نظر می رسد که مصرف مواد آلی هم چون ورمی کمپوست از طریق بهبود ساختمان فیزیکی خاک تهویه و هوادهی را بهبود بخشیده، هم چنین سبب بهبود رشد ریشه، افزایش توان جذب و نگهداری آب برای گیاه شده و در نتیجه باعث بالارفتن توان فتوسنتزی گیاه و تجمع ماده خشک در گیاه می شود. از این رو نسبت ساقه به کل ماده خشک به علف قناری تحت اثر رژیم آبیاری شدت یافته و کاهش یافت.

نسبت گل آذین به کل ماده خشک

نسبت گل آذین به کل ماده خشک در تیمار رژیم آبیاری و تیمار کودی تحت اثرات ساده در سطح احتمال یک درصد معنی دار گردید (جدول ۳). کمترین نسبت گل آذین به کل ماده خشک در رژیم آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ درصد و بیشترین نسبت گل آذین به کل ماده خشک در رژیم آبیاری ۶۰ درصد مشاهده شد. حداکثر نسبت گل آذین به کل ماده خشک در تیمارهای کودی شیمیایی، ورمی کمپوست + شیمیایی، دامی + شیمیایی و شاهد مشاهده شد. کمترین نسبت گل آذین به کل ماده خشک در تیمار کود دامی مشاهده شد که تفاوت معنی داری با تیمار کودی ورمی کمپوست نداشت. براساس گزارش سویا (Glycine max) قرار گرفته در معرض تنش خشکی در مرحله تشکیل گل، از دوره گلدهی کوتاهتری برخوردار می باشد، در صورتی که به عقیده دیگر محققین بروز تنش خشکی در مراحل نهایی نمو زایشی موجب تسریع پیری در گیاه می شود، زیرا این امر معمولاً با کاهش طول دوره پُرشدن دانه همراه می باشد (Macilwain, 2004; Korte et al., 1993; Sionit and Kramer, 1997). این حالت در مورد لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata*) و ارزن آمریکایی که در معرض خشکی در اواسط فصل قرار گرفته بودند، مشاهده شده است. به نظر می رسد که گیاهان با رفتار رشدی نامحدود، توانایی بالاتری برای گذر از دوره های وقوع خشکی دارند. برعکس، گیاهان دارای عادت رشدی محدود که تعداد مشخصی از برگ و گل را در یک دوره محدود تولید می کنند، حساسیت بیشتری را نسبت به این نوع وضعیت خواهند داشت (Taiz and Zeiger, 1991). بنابراین، نسبت گل به کل ماده خشک در علف قناری که از گیاهان رشد نامحدود هستند انتظار می رفت از دوره وقوع خشکی گذر کند، اما با این حال تحت تأثیر کم آبیاری قرار گرفت.

عملکرد علفه تر و خشک

عملکرد علفه تر و خشک تحت اثر ساده تیمارهای کودی و تیمار آبیاری قرار گرفت (جدول ۳). عملکرد علفه تر و خشک در

در این خصوص با تیمار کود دامی + شیمیایی تفاوت معنی داری نداشتند، ولی با کود شیمیایی و عدم کوددهی تفاوت معنی داری مشاهده شد، در کود شیمیایی و عدم مصرف کود (شاهد) تفاوت معنی داری در تعداد پنجه در بوته نداشتند (جدول ۵). چنین به نظر می رسد که وقوع بارندگی در طی فصل رشد و به تبع آن آبشویی نیتروژن به فرم نترات و وقوع تلفات آن نیتروژن، موجب کاهش رشد و در نتیجه کاهش تعداد پنجه در بوته در تیمار کود شیمیایی و شاهد شد. تعداد شاخه جانبی در علفه علف قناری می تواند به عنوان صفتی جهت افزایش درصد برگ و در نتیجه افزایش خوش خوراکی این گیاه علفه ای مطرح باشد، زیرا این شاخه ها نسبت به ساقه اصلی نقش کمتری در استحکام و نگهداری گیاه داشته و از بافت های خشبی کمتری برخوردار هستند. کاهش رشد گیاه، میزان تجمع ماده خشک، سطح برگ و وزن خشک ساقه در گیاه از مهم ترین دلایل کاهش تعداد پنجه در بوته می باشد.

نسبت برگ به کل ماده خشک

نسبت برگ به کل ماده خشک علف قناری تحت اثر هیچ یک از تیمارهای رژیم آبیاری و کودی قرار نگرفت (جدول ۳). در همین راستا، اثر پژوهشگر دیگر در مورد اثر کم آبیاری در گیاه ذرت علفه ای با یافته های این پژوهش مطابقت دارد (Karimi et al, 2009).

نسبت ساقه به کل ماده خشک

نسبت ساقه به کل ماده خشک علف قناری در تیمار رژیم آبیاری در سطح احتمال پنج درصد معنی دار گردید (جدول ۳). بیشترین نسبت ساقه به کل ماده خشک در رژیم آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد به ترتیب با ۴۷۴ و ۴۷۱ گرم بر کیلوگرم مشاهده شد. در تیمار رژیم آبیاری ۶۰ درصد نیاز آبی ۴۰۴/۵۶ با در مقایسه با رژیم ۸۰ درصد نیاز آبی نسبت ساقه به کل علفه خشک آبیاری ۱۵ درصد کاهش یافت (جدول ۴). برخی پژوهشگران به ترتیب در ارزن علفه ای و سورگوم علفه ای با تأثیر منفی و معنی دار تنش کم آبی در کاهش عملکرد علفه اشاره داشته اند که با این نتایج مطابقت دارد (Eck, 1984). علاوه بر این با بررسی اثر کم آبیاری بر ذرت علفه ای کاهش ساقه نسبت به ماده خشک در اثر کم آبیاری را گزارش کردند (Eck, 1984; Karimi, 2009). بنابراین، با اعمال کم آبیاری و احتمال ایجاد تنش رطوبتی برای علف قناری، تعداد پنجه در بوته و هم چنین ارتفاع گیاه کاسته شد که این امر، در نهایت کاهش نسبت ساقه به کل ماده خشک را به دنبال داشت.

اگرچه نسبت ساقه به کل ماده خشک علف قناری به طور تحت تأثیر تیمار تغذیه کودی قرار نگرفت (جدول ۵). با این وجود، مصرف تیمارهای تغذیه ای موجب بهبود نسبت ساقه به کل ماده خشک گردید؛ به طوری که بیشترین میزان این صفت برای تغذیه با کود

علاوه‌براین برخی بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی از طریق فراهمی عناصر کم‌مصرف و آزادسازی تدریجی عناصر غذایی و بهبود قابلیت جذب این عناصر برای گیاه از طریق افزایش حلالیت و توسعه سیستم ریشه‌ای گیاه، در نهایت، موجب بهبود رشد و عملکرد گیاهان می‌شوند (Daniel and Anderson, 1992). همچنین در گیاه سورگوم استفاده از منابع کودهای آلی برای تامین عناصر موردنیاز گیاه باعث افزایش میزان عملکرد علوفه شد (Kumar, 2005). همچنین دیگر محققین در مطالعه اثر عوامل محیطی روی عملکرد گندم (*Triticum aestivum* L.) مشاهده کردند که تیمار کود آلی بیش‌ترین عملکرد را تولید نمود (Badaruddin and Reynolds, 1999). آزمایشی طولانی مدت ۲۰ ساله روی اثر کودهای آلی و غیرآلی بر عملکرد گندم زمستانه و ذرت بیان کردند که اثر تلفیق کودهای آلی و شیمیایی بر عملکرد این گیاهان بیشتر از اثر این کودها به‌صورت شیمیایی بود (Jiang and Hengsdijk, 2006). بر اساس نتایج آزمایش حاضر مصرف کودهای دامی و ورمی‌کمپوست بر روند عملکرد علوفه خشک و تر گیاه علف‌قناری اثر مثبتی داشت. علاوه‌براین استفاده تلفیقی نسبت به کاربرد کودهای شیمیایی به‌تنهایی اثر مثبتی بر عملکرد علوفه داشت.

محتوی پروتئین علوفه

محتوی پروتئین علوفه علف‌قناری بطور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای ساده آبیاری و کود قرار گرفت (جدول ۳). بیش‌ترین مقدار پروتئین علوفه در آبیاری ۶۰ درصد با ۶/۰۶ درصد مشاهده شد و رژیم‌های آبیاری ۸۰ و ۱۰۰ درصد به‌ترتیب با ۵/۹۳ و ۵/۸۵ درصد کمترین پروتئین علوفه را به‌خود اختصاص دادند (جدول ۴). بیش‌ترین محتوی پروتئین علوفه تحت تأثیر تیمارهای تغذیه‌ای برای کود شیمیایی با ۸/۶۱ و کمترین میزان برای کود دامی و ورمی‌کمپوست به‌ترتیب ۴/۲۷ و ۴/۳۸ درصد به‌دست آمد (جدول ۵). نتایج محققین نشان داده است که افزایش شدت تنش خشکی از طریق افزایش غلظت نیتروژن در گیاهان خانواده غلات، محتوی پروتئین را افزایش می‌دهد (Haberle et al., 2008). همچنین محققین دیگر دریافتند که درصد پروتئین ارزن مرواریدی تحت شرایط دیم نسبت به آبی افزایش یافت (Ortega-Ochoa, 2005). که می‌توان نتیجه گرفت در شرایط اعمال آبیاری ۱۰۰ درصد بر اساس نیاز آبی، میزان پروتئین دانه ذرت کاهش یافت (Thomison et al., 2003). آن‌ها دلیل این امر را به افزایش محتوی نشاسته تحت تأثیر طولانی‌تر شدن طول دوره رشد نسبت دادند. به‌عبارت دیگر، کاهش غلظت پروتئین دانه ذرت در آبیاری مطلوب به‌دلیل کاهش نسبت آندوسپرم سخت به آندوسپرم آردی کاهش بوده است. آندوسپرم سخت دارای غلظت بیشتر پروتئین نسبت به آندوسپرم آردی می‌باشد. نتایج این تحقیق با Topal et al., 2003 مطابقت دارد. تحقیقی بر روی گیاه ذرت

تیمار آبیاری ۱۰۰ و ۸۰ درصد بیش‌ترین بود (جدول ۴). در واقع با کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد بر اساس نیاز آبی عملکرد علوفه تر از ۲۴/۷۶ تن در هکتار به ۱۸/۰۹ تن در هکتار کاهش یافت و در کلاس آماری b قرار گرفت (جدول ۴). همچنین با کاهش مقدار آب آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی عملکرد علوفه خشک از ۵۱/۵۱ تن در هکتار به ۴/۸۳ تن در هکتار کاهش یافت و در کلاس آماری b قرار گرفت (جدول ۴). بنابراین کمبود رطوبت از طریق کاهش تولید و از طریق افزایش پیری برگ‌ها شاخص سطح برگ را کاهش داد (Cakir, 2004). افزایش تنش علاوه بر کاهش شاخص سطح برگ سبب کاهش فشار تورژسانس در سلول‌ها می‌شود که این امر از طریق باقی‌ماندن آب کمتر درون سلول از حجم سلول می‌کاهد که در نهایت، کاهش وزن سلول و کاهش عملکرد علوفه را به‌دنبال دارد (Haji Hasani Asl et al., 2010). با بررسی اثر کم‌آبیاری در مراحل رشد سورگوم، ارزن و ذرت گزارش کردند که کمبود شدید آب منجر به کاهش سطح برگ و کاهش رشد و ماده خشک گیاه شد. کم‌آبیاری در مراحل اولیه رشد رویشی تولید ماده خشک را به‌میزان کمی کاهش می‌دهد، اما تداوم مدت تنش تا اواخر مراحل رشد، کاهش شدید عملکرد ماده خشک را موجب می‌گردد (Pandey, 2000). در آنالیز حاضر نیز عملکرد گیاه علف‌قناری تحت اثر رژیم کم‌آبیاری کاهش پیدا کرد و با تشدید اثر کم‌آبیاری عملکرد متقابلاً با شدت بیشتری کاهش یافت.

عملکرد علوفه تر و خشک علف‌قناری به‌طور معنی‌داری تحت اثر ساده تیمارهای کودی قرار گرفت (جدول ۳). به‌طوری‌که بیش‌ترین عملکرد علوفه تر برای تیمار ورمی‌کمپوست و کود دامی به‌ترتیب با ۲۴/۹۲ و ۲۴/۶۳ تن در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کودی ورمی‌کمپوست + شیمیایی و کود دامی + شیمیایی نداشت. همچنین کمترین عملکرد علوفه تر برای شاهد (بدون کود) با ۱۸/۴۲ تن در هکتار به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با کود شیمیایی نداشت. بیش‌ترین مقدار عملکرد علوفه خشک علف‌قناری نیز برای تیمار کودی ورمی‌کمپوست و کود دامی به‌ترتیب ۷/۰۷ و ۶/۸۶ تن در هکتار به‌دست آمد و کمترین میزان به‌ترتیب به کود شیمیایی و شاهد با مقادیر ۴/۸۹ و ۴/۸۰ تن در هکتار اختصاص داشت. بر اساس نتایج مصرف کودهای آلی به‌خصوص کود دامی بیش‌ترین تأثیر را در بهبود عملکرد علوفه تر و خشک در علوفه علف‌قناری داشت که این موضوع مطابق با یافته‌های دیگر محققین است (Jahanban and Lotfifar, 2011). این محققان بیان نمودند که مصرف کودهای آلی هم‌چون کود دامی از طریق افزایش معنی‌دار ماده آلی خاک موجب بهبود عملکرد ذرت علوفه‌ای گردید. تحقیقات نشان می‌دهد که مصرف کودهای آلی از طریق افزایش فراهمی جذب عناصر غذایی توسط گیاه به‌ویژه نیتروژن می‌تواند منجر به افزایش رشد و عملکرد گیاهان شود (Lui et al., 1991; Arancon, 2003).

علوفه‌ای دریافتند که کمترین درصد پروتئین در شاهد و بیش‌ترین در تیمار کود شیمیایی مشاهده شد (Habibi and Majidian, 2013). نتایج محققین دیگر نیز با نتایج مطالعه حاضر مطابقت داشت (Thind et al., 2002). در واقع به علت نقش انکارناپذیر نیتروژن در ساختمان پروتئین‌ها، مصرف کود اوره سبب افزایش درصد پروتئین گردیده است.

نتیجه‌گیری

با توجه به نتایج به‌دست آمده از آزمایش می‌توان اظهار نمود که اعمال هرگونه تنش در تولید علوفه سبب کاهش کمیت و برخی از صفات زراعی علوفه تولیدی می‌شود. در غالب گیاهان علوفه‌ای بیش‌ترین عملکرد علوفه در شرایطی به‌دست می‌آید که آب کافی در اختیار گیاه قرار بگیرد تا گیاه ضمن جذب آب و با استفاده از روابط سلولی تعداد و اندازه سلول‌ها و در نتیجه عملکرد را افزایش دهد، اما بر طبق نتایج پژوهش حاضر می‌توان بیان کرد که اثر کم‌آبیاری در سطح ۸۰ درصد نیاز آبی مانند سطح ۱۰۰ درصد نیاز آبی (بدون کم‌آبیاری) احتیاجات آبی گیاه را در اجزای عملکرد علوفه و عملکرد تر و خشک علوفه رفع و علوفه قابل قبول تولید می‌نماید.

کاربرد کودهای آلی و شیمیایی باعث بهبود قابل توجه برخی از صفات مورفولوژیک گیاه علوفه‌ای علف‌قناری شد. در بخش عملکرد نیز مصرف این مواد باعث افزایش اجزای عملکرد گیاه علف‌قناری و در نتیجه میزان عملکرد تولیدی گیاه شد. در اکثر شاخص‌های موردبررسی، مواد آلی و کودهای آلی توانستند به‌خوبی با کودهای شیمیایی رقابت کنند. تنها مقدار پروتئین علوفه تحت تأثیر کودهای شیمیایی نسبت به کودهای دامی افزایش یافت. با توجه به افزایش روزافزون کاربرد کودهای شیمیایی و خسارات جبران‌ناپذیری که استفاده بی‌رویه از این ترکیبات به محیط زیست و سلامت انسان وارد می‌کند و همچنین توجه جهانی به مفاهیم کشاورزی پایدار، مواد آلی و کودهای آلی می‌توانند به‌عنوان یک جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی موردتوجه و استفاده قرار گیرند.

سپاسگزاری

اعتبار این پژوهش از محل پژوهش طرح شماره ۳/۱۴۴۱ مصوب ۱۳۹۳/۰۴/۱۸ معاونت محترم پژوهشی و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد تأمین شده است که بدین‌وسیله سپاسگزاری می‌شود.

References

1. Adaum, G. and Duncan, H. G. 1999. Effect of diesel fuel on growth of selected plant species. *Environmental Geochemistry and Health* 21: 353-357.
2. Alizadeh, A., and Kamali, G. 2007. *Water Use of Plants in Iran*. Astan Qods Publication, Mashhad, Iran 228 pp. (In Persian)
3. AOAC. 2000. *Official Methods of Analysis*, 17th ed. Association of official Analytical chemists, Gaithersburg, Maryland, USA.
4. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Bierman, P., Metzger, J. D., Lee, S. and Welch, C. 2003. Effects of vermicomposts on growth and marketable fruits of field-grown tomatoes, peppers and strawberries: The 7th International Symposium on Earthworm Ecology. Cardiff. Wales. *Pedobiologia* 731-735.
5. Badaruddin M. and Reynolds, M. P. 1999. Wheat management in warm environment: Effect of organic and inorganic fertilizer, irrigation frequency and mulching. *American Society of Agronomy* 91: 975-983.
6. Biranvand F., Raffei, M., Khorgami, A., Daraimofrad, A. and Zeydi Toolabi, N. 2011. Effect of plant density and different levels of zinc sulfate on quantitative yield of Triticale in dry land conditions. *Crop Physiology Journal* 2(8): 93-95. (In Persian with English Abstract)
7. Cakir, R. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1- 16.
8. Daniel, O. and Anderson, J.M. 1992. Microbial biomass and activity in contrasting soil materials after passage through the gut of the earthworm lumbricu in a Sahelian environment. II. Shoot growth. *Agriculture Water Management* 46: 15-17.
9. Eck, H.V. 1984. Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agronomy Journal* 76: 421-428.
10. Eghball, B., Wienhold, B. and Gilley, J. 2001. Comprehensive manure management for improve nutrient utilization and environment. *Soil and Water Conservation Research* 1: 128-135.
11. English, M.J., Musick, J.T., Murty, V.V.N., 1990. Deficit irrigation. In: *Management of farm irrigation systems* (Hoffman, G.J., Howell, T.A., and Solomon, K.H., Editors). ASAE Monograph no. 9. American Society of Agricultural Engineers publisher, 1020p.
12. Fixon, P.E. and West, F. B. 2002. Nitrogen fertilizers: meeting contemporary challenges. *A Journal of the Human Environment* 31: 169-176.
13. Gavloski, J. E., Whitfield, G. H. and Ellis, C. R. 1992. Effect of restricted watering on sap flow and growth in corn (*Zea mays* L.) *Canadian Journal Plant Science* 72: 361-368.

14. Giles, J. 2004. Is organic food better for us? *Nature* 428: 796-797.
15. Göksoy, A.T., Demir, A.O., Turan, Z.M. and Dagustu, N. 2004. Responses of sunflower (*Helianthus annuus* L.) to full and limited irrigation at different growth stages. *Field Crops Research* 87: 167-177.
16. Haberle, J., Svoboda, P. and Raimanova, I. 2008. The effect of post-anthesis water supply on grain nitrogen concentration and grain nitrogen yield of winter wheat. *Plant Soil and Environment* 54: 304-312.
17. Habibi S., and Majidian, M. 2013. Effect of different levels of nitrogen fertilizer and vermicompost on yield and quality of sweet corn (*Zea mays* Hybrid Chase). *Journal of Crop Production and Processing* 4(11):15-26. (In Persian with English Abstract)
18. Haji Hasani Asl, N., Moradi Aghdam, A., Shirani Rad, A. H., Hosseini, N., Rassaei Far, M. 2010. Effect of drought stress on forage yield and agronomical characters of millet, sorghum and corn in delay cropping. *Journal of Crop Improvement* 2:63-74. (In Persian with English Abstract)
19. Hodson, M. J., Smith, R. J., Van Blaaderen, A., Crafton, T. and O'Neill, C.H. 1994. Detecting plant silica fibers in animal tissue by confocal fluorescence microscopy. *Annals of Occupational Hygiene* 38(2): 149-160. (In Persian with English Abstract)
20. Jacobs, J., Ward, G. and McKenzie, F. 2004. Effects of irrigation strategies on dry matter yields and water use efficiency of a range of forage species. Available at: <http://www.cropscience.org.au/icsc2004/poster/1/5/533>
21. Jahanban, L. and Lotfifar, O. 2011. Study of the Effective Organism (EM) Application Effect on Efficacy of Chemical and organic fertilizers in corn cultivation (*Zea mayz* s.c 704). *Plant Production Technology* 11(2): 43-52. (In Persian with English Abstract)
22. Jiang, D. and Hengsdijk, H. 2006. Long-term effects of manure and inorganic fertilizers on yield and soil fertility for a winter Wheat-Maize system in Jiangsu, China. *Soil Science Society of China* 16: 25-32.
23. Karimi, M., Esfahani, M., Bigluei, M. H. and Rabiee, B. 2009. Effect of deficit irrigation treatments on morphological traits and growth indices of corn forage in the Rasht Climate. *Electronic Journal of Crop Production* 2(2): 91-110 (In Persian with English Abstract)
24. Khazaie, H. R., Mohammad Abadi, A. A. and Borzooei, A. 2004. The effect of drought stress on morphological and physiological characteristics of millet. *Iranian Journal of field crops Research* 3(1):35-44 (In Persian with English Abstract)
25. Korte, L. L., Williams J. H., Specht, J. E. and Sorenson, R. C. 1993. Irrigation of soybean genotype during reproductive ontogeny. II. Yield component response. *Crop Science* 23(3): 528-533.
26. Kumar, S., Rawat, C. R., Dhar, S. and Rai, S. K. 2005. Dry matter accumulation, nutrient uptake and changes in soil fertility status as influenced by different organic sources of nutrients to forage sorghum (*Sorghum bicolor*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 75(6): 340-342.
27. Limon-Ortega, A., Govaerts, B. and Sayre, K. D. 2008. Straw management, crop rotation, and nitrogen source effect on wheat grain yield and nitrogen use efficiency. *European Journal of Agronomy* 29: 21-28.
28. Lui, S.X., Xiong, D.Z. and Wu, D.B. 1991. Studies on the effect of earthworms on the fertility of red-arid soil. Advances in management and conservation of soil fauna. In: *Proceedings of 10th International Soil Biology*. August 7-13, Colloquium, Banglador, India.
29. Macilwain, C. 2004. Is organic farming better for the environment? *Nature* 428: 797-798.
30. Mallanagouda, B. 1995. Effects of N, P, K and FYM on growth parameters of onion, garlic and coriander. *Journal of Medic and Aromatic Plant Science* 4: 916-918.
31. Mando, A., Ouattara, B., Sédogo, M., Stroosnijder, L., Ouattara, K., Brussaard, L. and Vanlauwe, B. 2005. Long-term effect of tillage and manure application on soil organic fractions and crop performance under Sudano-Sahelian conditions. *Soil and Tillage Research* 80: 95-101.
32. Meckel, L., Egli, D. B., Radeliffe, D. and Leggett, J. E. 1984. Effect of moisture stress on seed growth in soybeans. *Agronomy Journal* 76: 674- 650.
33. Nabati, J. 2004. The effect of irrigation intervals on qualitative and quantitative traits of forage millet, sorghum and corn. M.Sc. Thesis of Ferdowsi University of Mashhad, Iran (In Persian with English Abstract).
34. Nabati, J. and RezvaniMoghaddam, P. 2006. Effect of different irrigation interval on quantitative and qualitative attributes of millet, sorghum and forage corn. *Iranian Journal of Agricultural sciences* 37(1):21-29 (In Persian with English Abstract).
35. Noorjoo, A., Abbasi, F., Baghaie Kia, V. A. and Jodaie, R. 2005. The effect of deficit irrigation on the quality and quantity of sugar beet in Miandoab region. *Journal of Sugar Beet* 22: 53-66. (In Persian with English Abstract).
36. Ofosu-Anim, J. and Leitch, M. 2009. Relative efficacy of organic manures in spring barley (*Hordeum vulgare* L.) production. *Australian Journal of Crop Science* 3(1): 13-19 (In Persian with English Abstract).
37. Ortega-Ochoa, C. 2005. Effect of levels of irrigation on forage standing crop and quality of WW-B. Dahl (*Bothriochloa bladhii*) pasture under summer grazing. PhD. Texas Tech University, Texas, USA.
38. Palm, A.C., Gachengo, C. N., Delve, R. J., Cadisch, G. and Giller, K. E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agro-ecosystems: application of an organic resource database. *Agricultural Ecosystem Environment* 8: 27-42.

39. Pandey, R. K., Maranville, J. W. and Chetima, M. M. 2000a. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. II. Shoot growth. Agriculture Water Management 46: 15-27.
40. Pinamonti, F. 1998. Compost mulch effects on soil fertility, nutritional status and performance of grapevine. Nutrition Cycling Agro-Ecosystem 51: 239-248.
41. Saeed, I. A. M. and El-Nadi, A. H. 1998. Forage sorghum yield and water use efficiency under variable irrigation. Irrigation Science 18: 67- 71.
42. Salo-vaananen, P. P. and Koivistoinen, P. E. 1996. Determination of protein in foods: comparison of net protein and crude protein (N×6.25) values. Food Chemistry 57(1): 27-31.
43. Shirani, H., Abolhasani Zeraatkar, M., Lakzian, A. and Akhgar, A. 2010. Decomposition rate of municipal wastes compost, vermi compost, manure and pistachio compost in different Soil texture and salinity in laboratory condition. Journal of Water and Soil 25:84-93. (In Persian with English Abstract)
44. Sionit, N. and Kramer, J. 1997. Effect of water stress during different stages of growth soybean. Agronomy Journal 69: 274-277.
45. Soleymani, A., Shahrajabian, M. H., Hosseini Far, S. H. and Naranjani, L. 2011. Morphological traits, yield and yield components of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars under drought stress condition in Kerman province. Journal of Food, Agriculture and Environment 9(3&4): 249-251. (In Persian with English Abstract)
46. Tabatabai, S. 2000. Forage sorghum and millet genotypes difference in terms of yield and water use efficiency of different crop management. PhD Thesis, Department of Agriculture, Islamic Azad University, Science and Research Branch of Tehran, 247 p. (In Persian with English Abstract)
47. Taiz, L. and Zeiger, E. 1991. Plant Physiology. The Benjamin/ Cummings publishing Company Inc. California. pp. 565.
48. Thind, S., Sing, S. M., Sidhu, A. S. and Chhibba, I. M. 2002. Influence of continuous application of organic manures and nitrogen fertilizer on crop yield, N uptake and nutrient status under maize-wheat rotation. Journal Research Panjab Agriculture 39: 357-361.
49. Thomison, P. R., Geyer, A. B., Lotz, L. D., Siegrist, H. J. and Dobbels, T. L. 2003. Top cross high oil corn production: Select grain quality attributes. Agronomy Journal 95: 147-154.
50. Topal, A., Yalvac, K. and Akgun, N. 2003. Efficiency of top dresses nitrogen sources and application times in fallow-wheat cropping system, Communication in Soil Science and Plant Annal 34(9-10): 1211-1224.
51. Traore, S. B., Carlson, R. E., Pilcher, C. D. and Rice, M. E. 2000. *Bt* and Non-*Bt* maize growth and development as affected by temperature and drought stress. Agronomy Journal 92: 1027-1035.
52. Turgut, I., Bilgili, U., Duman, A. and Acikgoz, E. 2005. Effect of green manuring on the yield of sweet corn. Agronomy Sustainable Development 25: 1-5.
53. Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. and Wong, M. H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.
54. Zabet, M., Bahamin, S., Ghoreishi, S. and Sadeghi, H. 2014. Effect of deficit irrigation and nitrogen fertilizer on quantitative yield of aboveground part of forage pear millet (*Pennisetum glaucum*) in Birjand. Environmental Stresses in Crop Sciences 7(2): 187-194. (In Persian with English Abstract).



Investigation of Yield and Yield Components of Canary Seed Forage (*Phalaris canariensis* L.) in Response to Different Levels of Irrigation, Organic and Chemical Fertilizers and their integration

V. Varnaseri Ghandali¹ - P. Rezvani Moghaddam^{2*} - S. Khoramdel³

Received: 13-06-2015

Accepted: 15-08-2015

Introduction

Canary seed (*Phalaris canariensis* L.) is a forage plant from Poaceae family. This plant is drought tolerant. Canary seed is originally a native to Mediterranean region, which can be grown commercially in several parts of the world, especially in semi-arid conditions.

Increasing growth of population and lack of ability of pastures to satisfy the food requirement of animal has led to more interest in cultivating forage plants. In this regard, Canary seed having properties such as high yield per unit area, high tillering power, very fast growth and appropriate nutritional value, is of considerable importance and its cultivation development especially in arid and semi-arid regions can be effective in providing part of the country forage needs.

Optimum water requirement is considered as one the important factors to obtain a high growth and yield of the product. On the other hand, Iran is located in arid and semi-arid climate region of the world. Therefore, determination of appropriate amount of irrigation water can lead to the improvement of water use efficiency and preventing the water loss.

In order to achieve a high yield and desirable quality in plants one of the important requirements in agricultural planning is the evaluation of different systems of plant feeding. By applying an appropriate method in soil productivity, in addition to protecting the environment, optimization of water usage, reduction of erosion and protection of biodiversity can be increased. Therefore, gradually replacing chemical fertilizers with biological and organic fertilizers will result in providing feed requirements of plants, improvement of physical, chemical and biological conditions of soil and reduction of adverse environmental effects resulting from application of chemical inputs. The aim of this research was to study the effects of deficit irrigation and fertilizer management based on sole chemical and organic fertilizers or their integrated application on the yield and yield components of the forage of canary seed plant on the path of sustainable agriculture.

Materials and Methods

To investigate the effects of different levels of irrigation water and integrated management of chemical and organic fertilizers on growth indices, yield and yield components of the Canary seed forage, an experiment was conducted as split plot based on a randomized complete block design with three replications at Agricultural Research Station, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran during growing season of 2013-2014.

Different regimes of irrigation were in three levels (60, 80 and 100 percent of water requirement) in main plots and fertilizer treatments were in six levels (chemical fertilizer, vermicompost fertilizer, manure, chemical fertilizer + vermicompost fertilizer, chemical fertilizer + manure and control) in sub-plots. The amounts of treatment of nitrogen chemical fertilizer (200 kg ha^{-1} of urea source and 150 kg ha^{-1} of triple super phosphate) were applied in corresponding plots. The amounts of manure fertilizers (30 ton ha^{-1}) and vermicompost (6 ton ha^{-1}) were determined and applied based on recommended amount of nitrogen. Water requirement of canary seed was estimated by the OPTIWAT software in continental condition of Mashhad. The volume of irrigation water for irrigation treatments was estimated based on 60, 80 and 100 percent of water requirement and was recorded as applied in each round of irrigation.

1- Postgraduate Student in Agroecology; Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

2- Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant Professor, Department of Agronomy, College of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad

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

In order to harvest the forage in the emergence stage of 50% spikes of the Canary seed, 10 plants per plot were randomly chosen before harvest and traits such as per plant height and the number of tillers were recorded. Then, considering marginal effects from a surface equivalent to 1.4 m², plants were harvested from the height 3-5 cm and the weight of forage produced in each plot was measured and determined by weighing. Then, the harvested forage was transferred to the laboratory and two samples with approximate weight of 500 g were picked by quarter sampling. After weighing one of samples, it was transferred to the oven with the temperature of 75°C and after 48 hours the dry weight of samples were measured and determined by the balance with 0.001 g resolution. The second sample was separated into yield components of forage including leaves, stem and reproductive organs of plant. They were placed individually in the oven with the temperature of 75°C for 48 hours and then the yield components of the forage were determined.

Finally, resulted data were analyzed by the software SAS ver. 9.1 and mean comparison based on Duncan multiple-range test was conducted by the software MSTAT-C in the probability level of 5 percent.

Results and Discussion

Experimental results indicated that the effect of the different levels of irrigation water on the most traits examined except the percentage of leaf to the total dry content of canary seed was significant. The maximum yield of wet and dry forage was observed for irrigation regimes of 100 and 80 percent water requirement with 24.7 and 6.51 ton ha⁻¹, respectively. In addition, the traits including plant height, the number of tiller in per plant, the spike percentage, the yield of wet and dry forage and forage protein also underwent manure treatment. The maximum yield of wet forage was obtained from vermicompost and animal manure treatment, the minimum yield was related to treatment without manure (control). The maximum yield of dry forage was observed for vermicompost and animal manure. Thus, consuming vermicompost or animal manure and sometimes their integration with chemical fertilizers will have a more significant yield. Furthermore, using deficit irrigation method, with 80 percent water requirement, in addition to saving water, desirable yield per unit area can be achieved.

Acknowledgements

The authors acknowledge the financial support of the project (grant number 31441, 09 July 2014) by Vice President for Research and Technology, Ferdowsi University of Mashhad, Iran.

Keywords: Integrated fertilizers, Forage yield, Vermicompost, Manure

Contents

Evaluation of Morphophysiological Traits in Cotton Cultivars (<i>Gossypium hirsutum</i>) under Water Deficiency Stress at Seedling Stage	414
H. R. Mehrabadi- A. Nezami- M. Kafi- M. R. Ramezani moghadam	
Genetic Diversity of Oat Genotypes for Iron and Zinc Content in Complete Irrigation and Terminal Moisture Stress Conditions	426
B. Mahmoodi- S. Bahraminejad- R. Fakhri	
Correlation between Traits and Path Analysis of Safflower Grain Yield in Water Stress Conditions	437
P. Yari- A. H. Keshtkar	
Effect of Sowing Date and Sulfur on Yield, Oil Content and Grain Nitrogen of Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) in the Autumn Cultivation	448
N. Safara- M. R. Moradi Telavat- S. A. Siadat- A. Koochakzadeh- S. H. Mousavi	
Alleviation of Salinity Effects by Exogenous Applications of Salicylic Acid in Sugarcane (<i>Saccharum officinarum</i> L.) Seedlings	459
F. Chaharlang Badil- M. Barary- M. Shomeili- Z. Tahmasebi	
Effect of Alkaline Stress on Some Morphophysiological Characteristics of Two Varieties Safflower (<i>Carthamus tinctorius</i> L.)	469
Sh. Bemany Golnabadi- B. Mahdavi- B. Torabi	
Effect of Salt Stress on Physiological Traits and Antioxidant Enzymes Activity in Chickpea (<i>Cicer arietinum</i> L. cv. Azad)	483
Gh. R. Doraki- Gh. R. Zamani- M. H. Sayyari	
Effect of Nitrogen Foliar Application on Canola Yield (<i>Brassica napus</i> L.) and Nitrogen Efficiency in different Sowing Dates	493
S. Doori- M. R. Moradi Telavat- A. Siadat- A. Bakhshandeh	
Tillage and Phosphorus Management Effects on the Stratification of Phosphorus in a Grain Corn Production System	502
M. Roozbeh	
The Effect of Silicon on some Morpho-physiological Characteristics and Grain Yield of Sorghum (<i>Sorghum bicolor</i> L.) under Salt Stress	513
H. Farahbakhsh- S. Hasibi- Gh. R. Khajoeinejad	
The Effect of Rate and Application Method of Potassium on Yield and Yield Components of Cotton in Saline Condition	525
A.O. Ardakani- M. Armin- E. Filekesh	
Investigation of Yield and Yield Components of Canary Seed Forage (<i>Phalaris canariensis</i> L.) in Response to the Different Levels of Irrigation, Organic and Chemical Fertilizers and their integration	538
V. Varnaseri Ghandali- P. Rezvani Moghaddam- S. Khoramdel	

Iranian Journal of Field Crops Research

Ferdowsi University of Mashhad
Center of Excellence for Special Crops (CESC)

Vol. 14

No. 3

2016

Publisher	Ferdowsi University of Mashhad
Managing	P. Rezvani Moghaddam (Agroecology) Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Editor-in-chief	H.R. Khazaei (Crop Physiology) Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Editorial Board

Emam, Y.	Crop Physiology	Prof., Shiraz University
Bagheri, A.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Behdani, M.A.	Crop Ecology	Assoc. Prof., Birjand University
Banayan Awal, M.	Agro-Environment Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Jami Alahmadi, M.	Crop Physiology	Assoc. Prof., Birjand University
Rahimian-Mashhadi, H.	Crop Physiology	Prof., Tehran University
Zamani, Gh.R.	Crop Physiology	Assoc. Prof., Birjand University
Zare- Feizabadi, A.	Crop Ecology	Prof., Agriculture and Natural Resources Research Center of Khorasan Razavi Province
Shahriari-Ahmadi, F.	Genetic and Plant Breeding	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Kafi, M.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Nezami, A.	Crop Physiology	Prof., Ferdowsi University of Mashhad
Mazaheri, D.	Crop Ecology	Prof., Tehran University
Nassiri-Mahalati, M.	Crop Modeling	Prof., Ferdowsi University of Mashhad

Address: Iranian Journal of Field Crops Research Ferdowsi University of Mashhad Faculty of Agriculture
Mashhad, Iran,

P. O. Box: 91775-1163

Email: cesc@ferdowsi.um.ac.ir

Web Site: <https://jcesc.um.ac.ir>

Contents

- Evaluation of Morphophysiological Traits in Cotton Cultivars (*Gossypium hirsutum*) under Water Deficiency Stress at Seedling Stage414**
H. R. Mehrabadi - A. Nezami - M. Kafi – M. R. Ramezani moghadam
- Genetic Diversity of Oat Genotypes for Iron and Zinc Content in Complete Irrigation and Terminal Moisture Stress Conditions426**
B. Mahmoodi – S. Bahraminejad – R. Fakhri
- Correlation between Traits and Path Analysis of Safflower Grain Yield in Water Stress Conditions437**
P. Yari - A. H. Keshtkar
- Effect of Sowing Date and Sulfur on Yield, Oil Content and Grain Nitrogen of Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) in the Autumn Cultivation448**
N. Safara - M. R. Moradi Telavat- S. A. Siadat- A. Koochakzadeh- S. H. Mousavi
- Alleviation of Salinity Effects by Exogenous Applications of Salicylic Acid in Sugarcane (*Saccharum officinarum* L.) Seedlings459**
F. Chaharlang Badil - M. Barary - M. Shomeili – Z. Tahmasebi
- Effect of Alkaline Stress on Some Morphophysiologic Characteristics of Two Varieties Safflower (*Carthamus tinctorius* L.)469**
Sh. Bemany Golnabadi- B. Mahdavi – B. Torabi
- Effect of Salt Stress on Physiological Traits and Antioxidant Enzymes Activity in Chickpea (*Cicer arietinum* L. cv. Azad).....483**
Gh. R. Doraki- Gh. R. Zamani - M. H. Sayyari
- Effect of Nitrogen Foliar Application on Canola Yield (*Brassica napus* L.) and Nitrogen Efficiency in different Sowing Dates493**
S. Doori - M. R. Moradi Telavat - A. Siadat - A. Bakhshandeh
- Tillage and Phosphorus Management Effects on the Stratification of Phosphorus in a Grain Corn Production System.....502**
M. Roozbeh
- The Effect of Silicon on some Morpho-physiological Characteristics and Grain Yield of Sorghum (*Sorghum bicolor* L.) under Salt Stress513**
H. Farahbakhsh – S. Hasibi - Gh. R. Khajoeinejad
- The Effect of Rate and Application Method of Potassium on Yield and Yield Components of Cotton in Saline Condition525**
A-O Ardakani - M. Armin - E. Filekesh
- Investigation of Yield and Yield Components of Canary Seed Forage (*Phalaris canariensis* L.) in Response to the Different Levels of Irrigation, Organic and Chemical Fertilizers and their integration.....538**
V. Varnaseri Ghandali- P. Rezvani Moghaddam - S. Khoramdel