

تأثیر تنش شوری و رژیم آبیاری بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های گیاه بزرک

اعظم کدخدائی، سمیرا فتح‌اللهی و پرویز احسان زاده*

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان، کد پستی ۸۳۱۱۱-۸۴۱۵۶، اصفهان

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۴/۰۳/۲

چکیده:

به منظور مطالعه تأثیر سطوح شوری بر تولید ماده خشک در مرحله رشد رویشی و تأثیر رژیم‌های آبیاری بر عملکرد دانه، درصد روغن، پروتئین دانه و سایر صفات گیاه بزرک، تعداد شش ژنوتیپ از این گیاه در دو آزمایش گلدانی و مزرعه‌ای بررسی شدند. در آزمایش گلدانی عامل شوری در چهار سطح: صفر (شاهد)، ۳۵ (شوری متوسط)، ۷۰ (شوری شدید) و ۱۰۵ (شوری بسیار شدید) میلی‌مولار از نمک طعام خالص (NaCl) بود و عامل دوم شش ژنوتیپ بزرک (شامل ژنوتیپ‌های C1، C2، C3، B، خراسان و ۳۳) بودند. در این آزمایش محتوای سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم و وزن خشک گیاه در مرحله گلدهی اندازه‌گیری شد. در آزمایش مزرعه‌ای اثر سه سطح آبیاری (شامل آبیاری پس از ۷۵، ۱۱۵ و ۱۴۵ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A) بر عملکرد دانه، میزان پروتئین و روغن و سایر صفات شش ژنوتیپ بزرک ارزیابی شد. در آزمایش گلدانی با افزایش شوری، میزان سدیم و نسبت سدیم به پتاسیم افزایش یافت و غلظت پتاسیم و میانگین وزن خشک بوته کاهش نشان داد. این نتایج بیانگر آن بود که سطوح شوری بالا و متوسط نیز بر صفات فیزیولوژیک، رشد و تولید ماده خشک بزرک تأثیر منفی داشت. ژنوتیپ‌های خراسان و C3 که کاهش کمتری را در تولید ماده خشک داشتند مقاومت بالاتری را در مقابل شوری نشان دادند. در آزمایش مزرعه‌ای با افزایش خشکی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ‌ها کاهش یافت، درصد روغن دانه تغییر معنی داری را نداشت ولی درصد پروتئین دانه حدود چهار درصد کاهش داشت. با توجه به اینکه ژنوتیپ‌های B و C2 در شرایط کمبود آب کمترین کاهش عملکرد دانه را نشان دادند، می‌توان این ژنوتیپ‌ها را مقاوم تر به خشکی معرفی کرد.

واژه‌های کلیدی: بزرک، خشکی، شوری، رشد، سدیم، پتاسیم، عملکرد.

مقدمه:

ایران معمول بوده است و امروزه همچنان بعنوان زراعت فرعی مورد کشت می‌باشد. دانه بزرک حدوداً دارای ۴۶ درصد روغن، ۲۰ درصد پروتئین و ۲۸ درصد فیبر می‌باشد. روغن بزرک یک منبع غنی از اسیدهای چرب ضروری لینولنیک و لینولنیک می‌باشد و از این رو امروزه بزرک با برخورداری از رتبه ششم جهانی در میان گیاهان دانه روغنی از نظر تأمین این ماده غذایی نقش مؤثری دارد. ضمن آنکه از روغن بزرک بعنوان روغن خشک شونده در صنایع رنگ‌سازی، نقاشی،

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) از جمله گیاهان زراعی قدیمی می‌باشد که از بدو اهلی سازی تا چند دهه قبل بیشتر برای تولید لیاف مورد کشت و زرع بوده است (Diederichsen and Hammer, 1995; Maddock et al., 2005). آسیای جنوب غربی از جمله ایران به عنوان یکی از مراکز تنوع و همچنین اهلی سازی بزرک مطرح است (Diederichsen and Hammer, 1995; Helbaek, 1959). کشت بزرک از زمان‌های قدیم در

* نویسنده مسؤول، نشانی پست الکترونیکی: ehsanp@cc.iut.ac.ir

واسطه مختل کردن مکانیسم های سنتز نشاسته سبب کاهش قدرت مخزن، کاهش وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه می شود (Adamsen et al., 1999).

اگر چه درصد روغن و پروتئین دانه تحت کنترل عوامل ژنتیکی هستند، اما کمیت این دو صفت تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می گیرد (Hamrounia et al., 2001). همچنین Garcyadel Moral و همکاران (2003) با مطالعه ارقام تریتیکاله تحت شرایط مدیترانه‌ای، ارتباط معکوسی را بین محتوای پروتئین دانه آنها و طول دوره رشد گیاه مشاهده کردند. این ارتباط به علت محدودیت رطوبتی و کاهش طول دوره رشد، کاهش تجمع نشاسته و کاهش عملکرد دانه اتفاق می افتد.

مطالعات صورت گرفته بر روی بزرگ بویژه در ارتباط با تحمل به تنش های محیطی اندک بوده و شاید بتوان این گیاه دانه روغنی باستانی را از نقطه نظر پژوهش های جدید فراموش شده تلقی کرد. از آنجا که بخش اعظم ایران دارای اقلیم خشک و نیمه خشک است، تعیین تحمل نسبی به تنش کمبود آب در گیاهان زراعی برای برنامه ریزی های کشاورزی کشورمان از اهمیت ویژه ای برخوردار است. به علاوه، از جمله مشکلات جدی در اقلیم های خشک و نیمه خشک شور بودن منابع آب و خاک و افت عملکرد گیاهان در اثر شوری می باشد.

بخش اول آزمایش به منظور بررسی تأثیر شوری آب بر برخی صفات فیزیولوژیک و وزن ماده خشک ژنوتیپ های بزرگ صورت پذیرفت تا با توجه به نتایج به دست آمده متحمل ترین ژنوتیپ نسبت به شوری در بین ژنوتیپ های مورد مطالعه تعیین گردد. بخش دوم مطالعه حاضر به منظور بررسی اثر تنش کمبود آب روی برخی از صفات زراعی، ارتباط آنها با عملکرد و مقاومت به تنش کمبود آب در ژنوتیپ های بزرگ صورت گرفت.

مواد و روش ها:

آزمایش اول (گلخانه ای)، بررسی تأثیر شوری آب آبیاری بر

تولید جوهر چاپگر و ساخت کف پوش نیز استفاده می شود. کنجاله بزرگ با ۴۵٪ پروتئین به عنوان مکمل غذایی در تغذیه دام مورد استفاده قرار می گیرد (Maddock et al., 2005).

شوری یکی از عوامل مهم کاهش رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی بخصوص در مناطق خشک و نیمه خشک دنیا از جمله ایران به شمار می رود. شوری منجر به کاهش رشد و تغییراتی جدی در متابولیسم گیاهان می شود. کم شدن پتانسیل آب در محیط ریشه، سمیت برخی از یون ها همانند Na^+ و Cl^- و نیز عدم تعادل عناصر غذایی در بخش هوایی به واسطه بر هم خوردن جذب عناصر غذایی از عوامل مهم کاهش رشد گیاهان در این شرایط به شمار می روند. (Munns, 1993). تجمع یون سدیم در بخش هوایی گیاهان از جمله عواقب شوری خاک و آب کشاورزی می باشد. اگر چه تجمع این یون می تواند مقدمه آسیب های جدی به گیاه باشد ولی غلظت یون پتاسیم و بویژه نسبت سدیم به پتاسیم در بافت های گیاهی همبستگی مشهودی با میزان آسیب شوری به گیاه در گونه های مختلف نشان داده است. چنانچه گونه ها یا ژنوتیپ هایی قادر به حفظ نسبت سدیم به پتاسیم کوچک تری باشند نشان دهنده ظرفیت تحمل شوری در آنها می باشد.

کمبود آب یکی از مشخصات کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران می باشد. کمبود آب از تنش هایی است که به شدت رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و چنین کاهش هم در اجزاء رویشی و هم اجزاء زایشی گیاهان مختلف دیده می شود. این تنش باعث کوتاهتر شدن طول دوره رشد می شود. رشد طولی ساقه از حساس ترین صفات به تنش کم آبی می باشد و کمبود آب در این مرحله بر روی اندازه میانگرمها اثر گذاشته و از بزرگ شدن سلول های در حال رشد می کاهد (Duncan, 1980) و شاخص سطح برگ هم در اثر تنش رطوبتی کاهش می یابد (Kibe et al., 2006). در مطالعه امیدبگی و همکاران (۱۳۸۰) معلوم شد که کمبود آب از طریق کاهش تعداد کپسول در بوته، سبب افت عملکرد دانه گیاه بزرگ گردید. در بررسی اثر مقادیر مختلف آب بر صفات ظاهری و عملکرد گندم مشخص شد که تنش کمبود آب به

گلدان به ۴۳ عدد رسید. بعد از تنک کردن گلدان‌ها آبیاری همراه با محلول غذایی هوگلند صورت گرفت. برای جلوگیری از سوختگی ناشی از محلول غذایی به هر گلدان به میزان ۴۰ میلی‌لیتر از محلول غذایی داده شد. برای جلوگیری و مبارزه با بیماری بوته‌میری از قارچ‌کش متلاکسیل به نسبت یک در هزار استفاده شد.

تیمار شوری ۲۷ روز پس از سبز شدن گیاهان (دو هفته بعد از تنک کردن) اعمال گردید. برای جلوگیری از وارد شدن شوک اسمزی به گیاهان، میزان نمک در نظر گرفته شده جهت تیمار شوری به تدریج به محیط رشد گیاه اضافه شد. بعد از اعمال تیمار شوری آبیاری بوته‌های تحت تیمار با محلول نمک هر هفته دو بار برای سطوح مختلف شوری انجام شد و در این مدت از آب معمولی برای آبیاری شاهد استفاده شد. برای رساندن طول روز طی دوره‌ی رشد گیاهان به حداقل ۱۲ ساعت از نور مصنوعی با لامپ‌های معمولی ۲۰۰ وات استفاده شد. برداشت نهایی گیاهان در همه گلدان‌ها ۶۰ روز بعد از اعمال تیمار شوری و در مرحله‌ی گلدهی کامل انجام گرفت. برای اندازه‌گیری میزان عناصر سدیم و پتاسیم در اندام هوایی پس از برداشت نهایی، نمونه‌های خشک شده ابتدا آسیاب شدند سپس از هر نمونه آسیاب شده به مقدار ۰/۲ گرم با ترازوی دقیق توزین شد. نمونه‌های وزن شده داخل کروزه چینی ریخته شد و داخل کوره الکتریکی قرار گرفت. به منظور سوختن کامل نمونه‌ها، کروزه‌های حاوی نمونه به مدت ۳ ساعت در دمای ۵۵۰ درجه سانتیگراد قرار گرفت تا به طور کلی مواد آلی سوخته و مواد گیاهی به خاکستر تبدیل شود. بعد از خنک شدن کروزه‌ها، ۵ میلی‌لیتر اسید کلیدریک ۲ نرمال به کروزه‌ها اضافه شد. سپس با حرارت دادن ملایم کروزه‌ها روی هیتر مواد خاکستر شده در اسید حل شدند، سپس محلول تهیه شده از قیف و کاغذ صافی عبور داده شد. عصاره در بالن ژوژه جمع آوری شد و مقدار کافی آب مقطر به آن اضافه شد و حجم عصاره نهایی به ۶۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای اندازه‌گیری Na و K از دستگاه شعله سنج (Flame photometer) استفاده شد، و بر اساس منحنی‌های استاندارد رسم شده مقدار

برخی صفات فیزیولوژیک و عملکرد ماده خشک بزرگ در مرحله رشد رویشی: این پژوهش به منظور مطالعه‌ی تأثیر شوری آب بر وضعیت یون‌های سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم و عملکرد ماده خشک در مرحله رشد رویشی ژنوتیپ‌های بزرگ در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا شد. در این آزمایش چهار سطح شوری به میزان صفر (شاهد)، ۳۵ (شوری متوسط، ۳/۲ دسی‌زیمنس بر متر)، ۷۰ (شوری شدید، ۶/۴ دسی‌زیمنس بر متر) و ۱۰۵ (شوری بسیار شدید، ۹/۶ دسی‌زیمنس بر متر) میلی‌مولار نمک طعام خالص (NaCl) به عنوان یک فاکتور و شش ژنوتیپ بزرگ شامل C₁ (لاین اصلاحی دیررس با تعداد انشعاب و کپسول زیاد)، C₂ (لاین اصلاحی با تعداد کپسول متوسط)، C₃ (لاین اصلاحی دیررس با تعداد کپسول زیاد)، B (توده بومی کردستان با ارتفاع کم ولی دیررس)، خراسان (توده بومی خراسان با تعداد کپسول زیاد) و ۳۳ (لاین اصلاحی با ارتفاع زیاد) به عنوان فاکتور دیگر در نظر گرفته شد. اتلاق شوری متوسط، شدید و بسیار شدید به غلظت‌های NaCl بکار رفته در این آزمایش به صورت قرار دادی صورت گرفته است. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه نزدیک به ۱۲/۵ درصد از زمین‌های کشاورزی در ایران تحت تأثیر شوری می‌باشد و در خاک‌های شور میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک بیش از ۴ دسی‌زیمنس بر متر است، محدوده شوری یاد شده برای این آزمایش در نظر گرفته شد.

آزمایش به صورت کشت گلدانی انجام گرفت. کشت بذور بزرگ در گلدان‌هایی با قطر ۲۸ سانتی‌متر که توسط ماسه و پرلایت با نسبت ۵۰:۵۰ پر گردید، در دانشگاه صنعتی اصفهان در ماه‌های شهریور تا آذر سال ۱۳۹۱ انجام گرفت. در هر گلدان تعداد ۱۰۰ عدد بذر کاشته شد. گلدان‌ها تا سبز شدن و استقرار با آب معمولی و مطابق با نیاز گیاهان هر سه تا چهار روز یک مرتبه آبیاری شدند. عمل تنک کردن چهارده روز پس از سبز شدن انجام گرفت، به طوری که تعداد بوته‌ها در هر گلدان با توجه به تراکم در مزرعه و تطبیق آن با مساحت

سدیم و پتاسیم نمونه‌ها تعیین شد

اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی: برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی، پس از برداشت گیاهان در انتهای آزمایش، اندام هوایی هریک از واحدهای آزمایشی در داخل پاکت کاغذی قرار داده شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتیگراد در آون خشک و سپس با ترازوی دقیق توزین شد. در نهایت تجزیه واریانس داده‌ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین با آزمون LSD در سطح ۵ درصد با استفاده از نرم افزار SAS انجام گرفت. برای رسم نمودار از برنامه رایانه‌ای Excel و SPSS استفاده شد.

آزمایش مزرعه‌ای: بررسی تأثیر رژیم‌های آبیاری بر رشد و عملکرد بزرک: این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف آباد به صورت کرت های خرد شده در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. رژیم آبیاری به عنوان فاکتور اصلی بر اساس آبیاری پس از تبخیر تجمعی از تشت تبخیر کلاس A به میزان ۷۰ (شاهد)، ۱۱۵ (تنش متوسط) و ۱۴۵ (تنش شدید) میلی لیتر بود. ژنوتیپ های بزرک بعنوان فاکتور فرعی شامل C₁، C₂، C₃، B، خراسان و ۳۳ بود. بذور هر ژنوتیپ در یک ردیف به طول سه متر با تراکم کاشت حدود ۷۰۰ بذر در مترمربع و با فاصله ردیف‌های ۳۰ سانتی متر در ۶ فروردین کشت شدند. اعمال رژیم های آبیاری پس از استقرار کامل بوته‌ها آغاز شد. نمونه‌برداری به صورت تخریبی جهت اندازه‌گیری شاخص سطح برگ در اوایل گلدهی توسط دستگاه اندازه‌گیری سطح برگ مدل جی-آ-۵ در آزمایشگاه صورت گرفت. رخداد مرحله رسیدگی، بصورت تعداد روز از کاشت تا زمانی که حدود ۷۵ درصد کپسول‌ها در هر واحد آزمایشی قهوه‌ای و خشک شدند در نظر گرفته شد. ارتفاع بوته، از سطح زمین تا انتهای بوته‌ها در پنج بوته تصادفی از یک واحد آزمایشی اندازه‌گیری گردید. برای تعیین تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه از ده بوته در هر کرت استفاده شد. برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح، چهار ردیف

میانی پس از حذف حاشیه‌ها از هر کرت ملاک قرار گرفت. شاخص برداشت، با خشک نمودن در آون (دمای ۷۰ درجه بمدت ۴۸ ساعت) نمونه‌های تهیه شده از طول یک متری ردیف دوم با رعایت حاشیه از هر کرت، توزین و سپس جدا کردن دانه‌ها و توزین آنها به صورت درصد محاسبه گردید. جهت اندازه‌گیری درصد روغن از روش سوکسله و حلال پترلیوم اتر استفاده شد. برای اندازه‌گیری پروتئین دانه از روش کلدال استفاده شد (Kjeldahl, 1883). به منظور انجام محاسبات آماری از نرم افزار آماری SAS استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث:

بین سطوح شوری و ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع و وزن ماده خشک اندام هوایی اختلاف معنی‌داری مشاهده گردید و اثر متقابل شوری و رقم از نظر تأثیر بر ارتفاع گیاه و وزن ماده خشک اندام هوایی معنی‌دار شد (جدول ۱). با اینحال روز تا گلدهی تنها تحت تأثیر ژنوتیپ تغییر معنی‌داری نشان داد، در حالیکه میانگین تعداد روز تا گلدهی تحت سطوح مختلف شوری به ۷۴ روز می‌رسید و سطوح شوری از این نظر تفاوت معنی‌داری بر گیاه ایجاد نکردند (جدول ۱)، میانگین ارتفاع گیاه و وزن خشک اندام هوایی تحت شرایط شوری بسیار شدید به ترتیب ۵۳ و ۶۳ درصد نسبت به شرایط شاهد کاهش یافتند. ارتفاع گیاه در آغاز گلدهی بزرک از نزدیک به ۳۰ سانتی متر در ژنوتیپ B تا بیش از ۳۵ سانتی متر در ژنوتیپ C₃ متفاوت بود. تعداد روز تا گلدهی هم از ۶۲ روز در ژنوتیپ B تا نزدیک به ۸۱ روز در ژنوتیپ های خراسان و C₃ متفاوت بود (جدول ۲). شوری هم از طریق کاهش تثبیت دی اکسید کربن و احیا آن به کربوهیدرات‌ها در گیاه و در نتیجه کاهش رشد و طول شدن سلول‌ها (Slama, 1986) و هم از طریق کاهش جذب آب توسط گیاه و کاهش در تورژانس سلول های گیاهی و هم از طریق اختلال در فرایم عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک (Suarez et al., 1998) مؤلفه‌های

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس روز تا گلدهی، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شش ژنوتیپ بزرگ تحت سطوح مختلف شوری

منابع تغییر		میانگین مربعات					
درجه آزادی	روز تا گلدهی	ارتفاع	وزن خشک اندام هوایی	سدیم	پتاسیم	پتاسیم/سدیم	
۳	۱/۱۴ ^{ns}	۱۲/۴۳*	۰/۰۱۱۷ ^{ns}	۵/۸۴ ^{ns}	۲/۵۵ ^{ns}	۰/۴۲ ^{ns}	
۵	۸۱۹/۶۱**	۵۷/۳۵**	۰/۰۸۵۱**	۹۹/۲۲*	۱۴۰/۵۷**	۶/۹۴**	
۳	۱/۵۶ ^{ns}	۲۶۰/۱۹۰**	۴/۳۲**	۱۲۲۳۲/۵۹**	۱۳۴۷/۳۵**	۲۳۴/۰۸**	
۱۵	۳/۵۷ ^{ns}	۲۱/۹۸**	۰/۰۷۹۶**	۱۰۰/۶۰**	۱۳/۲۳**	۳/۶۱**	
۶۹	۲/۸۱	۳/۲۶	۰/۰۱۶۶	۲۲/۹۶	۳/۴۵	۰/۴۹	

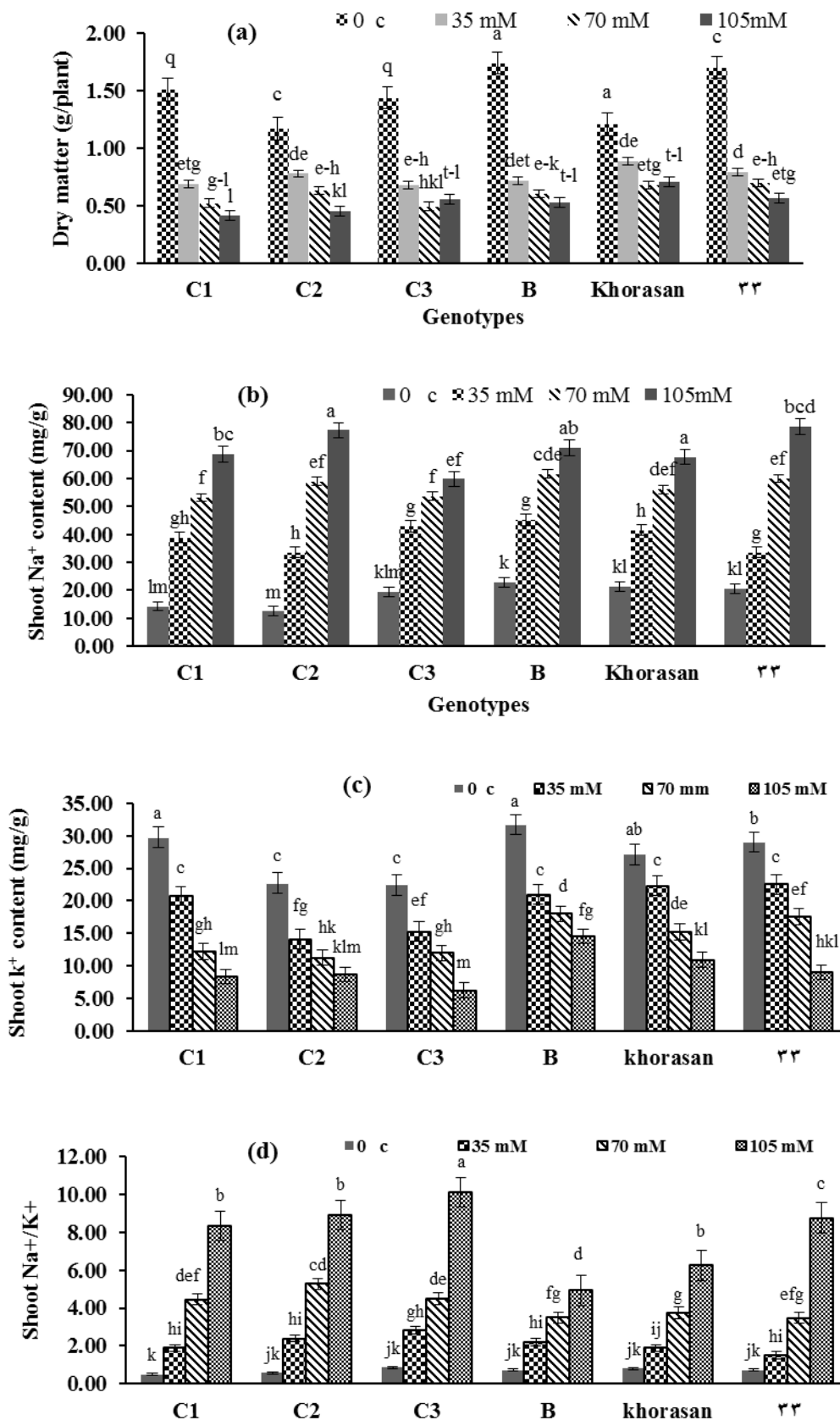
* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های روز تا گلدهی، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شش ژنوتیپ بزرگ تحت سطوح مختلف شوری.

عامل آزمایشی	روز تا گلدهی	ارتفاع (سانتی متر)	وزن خشک (گرم بر بوته)	سدیم (میلی گرم بر گرم)	پتاسیم (میلی گرم بر گرم)	پتاسیم/سدیم	شوری (میلی مولار)
۰	۷۴/۱۶ ^a	۴۵/۲۷ ^a	۱/۴۶ ^a	۱۸/۴۷ ^d	۲۷/۱۲ ^a	۰/۶۸ ^d	۰
۳۵	۷۴/۰۴ ^a	۳۵/۱۲ ^b	۰/۷۵ ^b	۳۹/۲۸ ^c	۱۹/۳۰ ^b	۲/۱۱ ^c	۳۵
۷۰	۷۳/۸۳ ^a	۲۷/۳۹ ^c	۰/۶۰ ^c	۵۷/۲۷ ^b	۱۴/۳۴ ^c	۴/۱۵ ^b	۷۰
۱۰۵	۷۳/۵۸ ^a	۲۱/۱۳ ^d	۰/۵۳ ^c	۷۰/۴۹ ^a	۹/۵۹ ^d	۷/۸۷ ^a	۱۰۵
ژنوتیپ							
C ₁	۷۳/۲۵ ^b	۳۱/۸۹ ^{cd}	۰/۷۸ ^{bc}	۴۳/۷۸ ^c	۱۷/۷۴ ^c	۳/۷۸ ^b	C ₁
C ₂	۷۳/۰۶ ^b	۳۳/۱۷ ^b	۰/۷۵ ^c	۴۵/۵۶ ^{bc}	۱۴/۱۸ ^d	۴/۲۸ ^a	C ₂
C ₃	۸۱/۸۱ ^a	۳۵/۳۹ ^a	۰/۷۹ ^{bc}	۴۳/۹۱ ^c	۱۳/۹۴ ^c	۴/۵۷ ^a	C ₃
B	۶۲/۰۰ ^c	۲۹/۹۰ ^d	۰/۸۹ ^a	۵۰/۱۳ ^a	۲۱/۲۷ ^a	۲/۸۲ ^d	B
خراسان	۷۲/۴۳ ^b	۳۱/۸۹ ^c	۰/۹۳ ^a	۴۸/۲۱ ^{ab}	۱۹/۵۳ ^b	۳/۶۰ ^{bc}	خراسان
۳۳	۸۰/۸۷ ^a	۳۲/۰۰ ^c	۰/۸۶ ^{ab}	۴۸/۶۹ ^{bc}	۱۸/۸۶ ^{bc}	۳/۱۶ ^{dc}	۳۳

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) و در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی داری ندارند.

مختلف رشد گیاه از جمله ارتفاع را تحت تأثیر قرار می‌دهد. کمترین میزان کاهش وزن ماده خشک اندام هوایی در سطح بسیار شدید شوری نسبت به سطح شاهد مربوط به ژنوتیپ‌های خراسان با ۴۴/۱۶ درصد و C₂ با ۴۶/۱۵ درصد بود و در همین سطح نیز بیشترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی مربوط به ژنوتیپ B با ۶۵/۵ درصد بود (شکل ۱ (a)). شوری رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود



شکل ۱- بررسی میانگین اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک اندام هوایی (a)، سدیم (b)، غلظت پتاسیم (c) و نسبت سدیم به پتاسیم (d) در شش ژنوتیپ بزرگ. میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند فاقد تفاوت معنی دار آماری بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح ۵ درصد هستند.

مشاهده شد. غلظت پتاسیم بخش هوایی تمام ژنوتیپ‌ها با تشدید شوری کاهش یافت ولی میزان این کاهش در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود (شکل ۱ (c)). حداکثر میزان کاهش غلظت پتاسیم تحت سطح شوری بسیار شدید نسبت به سطح شاهد در ژنوتیپ C_1 و حداقل آن در ژنوتیپ C_2 مشاهده شد. نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی تمام ژنوتیپ‌ها با تشدید شوری افزایش یافت ولی میزان این افزایش در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود (شکل ۱ (d)). حداکثر میزان افزایش این نسبت تحت سطح شوری بسیار شدید نسبت به سطح شاهد در ژنوتیپ C_2 و حداقل آن در دو ژنوتیپ B و خراسان مشاهده شد.

آزمایش مزرعه ای: تأثیر رژیم آبیاری بر صفت پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش کم آبی درصد پروتئین دانه را بطور معنی‌داری افزایش داد. میانگین درصد پروتئین دانه از $30/85$ درصد در سطح تنش شدید کم آبی به $29/78$ درصد در سطح شاهد (بدون تنش) کاهش نشان داد (جدول ۴).

کاهش در ارتفاع ژنوتیپ‌های بزرگ (جدول ۴) تحت شرایط محدودیت رطوبتی به میزان حدوداً ۱۲ درصد در تنش شدید کم آبی مشاهده شد که در مطالعه حاضر آن را می‌توان به کاهش آماس سلولها و کوچک ماندن سلولهای در حال رشد و همچنین کاهش تقسیم سلولی نسبت داد. Ahmet Ayaz و همکاران (۲۰۰۱) نیز در مطالعه روی بزرگ کاهش ارتفاع گیاه در اثر کمبود آب را گزارش کردند. این محققین بیان کردند که کاهش در رشد ساقه تحت چنین شرایطی بیشتر از ریشه بوده که این افزایش نسبت ریشه به ساقه باعث شده تا گیاه ظرفیت بهتری برای حفظ وضعیت آب خود داشته باشد.

تنش شدید کمبود آب منجر به کاهش تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک در همه ژنوتیپ‌ها به استثنای ژنوتیپ C_3 شد (جدول ۵). با عنایت به تفاوت معنی‌دار در میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ژنوتیپ‌های C_3 ، C_2 و B بعنوان ژنوتیپ‌های زودرس و خراسان به عنوان ژنوتیپ دیررس تشخیص داده شدند. تحقیق دهشیری و همکاران (۱۳۸۰) در کلزا نشان داد که با وقوع تنش کم آبی در مراحل ابتدایی رشد، علاوه بر کاهش سطح برگ میزان کلروفیل برگ

(Kaya et al., 2001). بنابراین گزارش‌های موجود شوری سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع در ذرت (Cicek and Cakirlar, 2002)، آفتابگردان (Knox and Dodge, 1985)، کنگد (Mahmood, 2003) و کلزا (Ashraf and Ali, 2008) می‌شود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌هایی مانند خراسان و C_3 که کاهش کمتری را در تولید ماده خشک نشان دادند ظاهراً از مقاومت بیشتری به شوری آب ناشی از افزایش NaCl برخوردار هستند.

هم ژنوتیپ و هم تیمار کلرید سدیم و هم اثر متقابل آنها موجب تغییر معنی‌دار غلظت سدیم و پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در بزرگ شدند (جدول ۱). میانگین غلظت سدیم بخش هوایی ژنوتیپ‌های بزرگ با افزایش سطح شوری افزایش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به $3/8$ برابر شاهد می‌رسید (جدول ۲). بزرگ‌ترین میانگین غلظت سدیم بخش هوایی ($50/3$ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ B و کمترین آن ($43/78$ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ C_1 بود. میانگین غلظت پتاسیم بخش هوایی ژنوتیپ‌های بزرگ با افزایش سطح شوری کاهش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به ۳۵ درصد سطح شاهد کاهش یافت (جدول ۲). بزرگ‌ترین میانگین غلظت پتاسیم بخش هوایی ($21/27$ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ B و کمترین آن ($3/94$ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ C_3 بود. میانگین نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی ژنوتیپ‌های بزرگ با افزایش سطح شوری به طرز چشمگیری افزایش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به $11/6$ برابر شاهد می‌رسید (جدول ۲). بزرگ‌ترین میانگین نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی ($4/57$) متعلق به ژنوتیپ C_3 و کمترین آن ($2/82$) متعلق به ژنوتیپ B بود.

غلظت سدیم بخش هوایی تمام ژنوتیپ‌ها با تشدید شوری افزایش داشت ولی میزان این افزایش در ژنوتیپ‌ها متفاوت بود (شکل ۱ (b)). حداکثر میزان افزایش غلظت سدیم تحت سطح شوری بسیار شدید نسبت به سطح شاهد در ژنوتیپ C_2 و حداقل آن در سه ژنوتیپ خراسان، C_3 و B

جدول ۳- نتایج تجزیه واریانس روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در هکتار در شش ژنوتیپ بزرگ تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

میانگین مربعات						منابع تغییر	
وزن هزار دانه	تعداد دانه در کپسول	تعداد کپسول در بوته	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	رسیدگی فیزیولوژیک	درجه آزادی	
۰/۴۶۶	۰/۷۶۹	۳۹	۰/۰۷۴	۱۴/۰۷	۱/۱۸	۲	بلوک
۱/۷۲۲*	۱/۹۳۴*	۲۹۲*	۱۱/۲۳**	۲۶۲/۰۳**	۱۳۸/۶۸**	۲	آبیاری
۰/۱۵۹	۰/۱۸۰	۱۷	۰/۲۳۳	۱۴/۴۴	۱/۹۶	۴	خطای الف
۴/۴۲۷**	۴/۳۲۷**	۱۰۴۱**	۸/۹۸**	۵۰۶/۰۳**	۲۳۹/۲۲**	۵	ژنوتیپ
۰/۱۱۰ ^{ns}	۰/۹۵۶**	۱۵۵**	۰/۶۴۳*	۴۲/۵۱**	۲۰/۰۴**	۱۰	ژنوتیپ × آبیاری
۰/۱۱۹	۰/۳۰۹	۳۲	۰/۲۴۰	۹/۱۵	۲/۵۲	۳۰	خطای ب

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

ادامه جدول ۳-

میانگین مربعات					منابع تغییر	
شاخص برداشت خشک	عملکرد ماده	پروتئین	درصد روغن	عملکرد دانه در هکتار	درجه آزادی	
۳۲	۵۱۷۷۴۷۰	۱/۷۸	۵/۰۰	۳۲۳۳۸۸	۲	بلوک
۴۵ ^{ns}	۱۵۴۳۵۳۲۷**	۶/۸۹*	۲/۷۱ ^{ns}	۱۸۱۴۶۸۹**	۲	آبیاری
۱۴	۳۳۰۰۱۳	۰/۴۷	۱/۷۹	۵۴۸۵۶	۴	خطای الف
۳۹۶**	۳۳۳۲۰۷۱*	۴/۴۳**	۹/۶۹ ^{ns}	۱۵۸۶۴۹۰**	۵	ژنوتیپ
۴۱ ^{ns}	۱۸۶۱۷۱۹ ^{ns}	۱/۰۵ ^{ns}	۱۱/۱۲*	۱۲۵۰۱۲*	۱۰	ژنوتیپ × آبیاری
۴۲	۱۱۰۳۶۶۹	۰/۸۷	۴/۱۶	۵۱۲۳۹	۳۰	خطای ب

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشد.

گرفت. در ژنوتیپ C₂ بیشترین کاهش در شاخص سطح برگ تحت شرایط تنش شدید کم آبی دیده شد (جدول ۵). سایر محققان گزارش کرده اند که تنش کمبود آب از طریق کاهش تولید و رشد برگ‌ها، زرد شدن زودرس برگ‌ها و افزایش پیری برگ‌ها مقدار شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد (Casa et al., 1999). تنش شدید کم آبی منجر به ۲۳ درصد کاهش در تعداد کپسول در بوته نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید (جدول ۴). در مطالعه امیدبگی و همکاران (۱۳۸۰)، کاهش عملکرد دانه بزرگ از طریق کاهش تعداد کپسول در بوته گزارش شده است. به نظر می‌رسد که کاهش تعداد کپسول در

نیز کاهش یافت. همچنان که این محققان نیز استدلال نموده اند، در مراحل میانی رشد به دلیل جابجایی مجدد مواد از ساقه به سایر اندام‌های در حال رشد، میزان کربوهیدرات‌ها در برگ پرچم و در نتیجه میزان کلروفیل کاهش یافته و این مسئله موجب پیری زود هنگام برگ‌ها و کل گیاه می‌شود.

شاخص سطح برگ همراه با تشدید کم آبی دچار کاهش شد (جدول ۴). در مطالعه Casa و همکاران (۱۹۹۹) روی بزرگ، کاهش شاخص سطح برگ از ۶ (فصل مرطوب) به ۲ (فصل خشک) مشاهده شد. شاخص سطح برگ ژنوتیپ خراسان به میزان زیادی تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه، عملکرد دانه در هکتار، درصد روغن، پروتئین، عملکرد ماده خشک و شاخص برداشت در شش ژنوتیپ بزرگ تحت رژیم‌های مختلف آبیاری.

عامل آزمایشی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (cm)	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (Kg/h)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)	عملکرد ماده خشک (Kg/h)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری											
I ₁	۹۸/۱۶ ^a	۵۷/۳۴ ^a	۳/۱۲ ^a	۳۴/۷ ^a	۷/۹۳ ^a	۴/۹۱ ^a	۱۶۸۶/۷ ^a	۳۶/۹ ^a	۲۹/۷ ^b	۵۷۹۶/۱ ^a	۲۹/۶ ^۰ ^a
I _۲	۹۳/۴۴ ^b	۵۰/۹ ^b	۲/۰۵ ^b	۳۰/۰ ^b	۸/۰۳ ^a	۴/۴۱ ^b	۱۲۳۴/۰ ^b	۳۶/۶ ^a	۳۰/۸ ^a	۴۵۶۲/۶ ^b	۲۷/۰ ^a
I _۳	۹۳/۲۷ ^b	۵۰/۵۸ ^b	۱/۵۸ ^c	۲۶/۷ ^b	۷/۴۲ ^b	۴/۳۴ ^b	۱۰۷۴/۷ ^b	۳۶/۲ ^a	۳۰/۸ ^a	۳۹۸۲/۹ ^c	۲۶/۸ ^a
ژنوتیپ											
C ₁	۹۵/۸۸ ^b	۶۰/۰۵ ^a	۲/۰۳ ^b	۴۰/۷ ^{ab}	۷/۴۲ ^{bc}	۳/۸۹ ^d	۱۲۹۴/۷ ^b	۳۶/۶ ^{ab}	۳۰/۴ ^{ab}	۴۴۲۲/۰ ^b	۲۹/۳ ^{ab}
C _۲	۶۶/۹۱ ^d	۵۶/۱۰ ^b	۱/۲۲ ^c	۳۶/۶ ^b	۸/۵۵ ^a	۴/۳۲ ^{bc}	۱۲۰۴/۲ ^b	۳۶/۳ ^b	۳۰/۳ ^b	۴۷۵۱/۴ ^b	۲۵/۳ ^{bc}
C _۳	۹۳/۸۸ ^c	۵۳/۰۷ ^c	۱/۹۱ ^b	۴۲/۱ ^a	۸/۶۸ ^a	۴/۱۹ ^{dc}	۷۷۳/۵ ^c	۳۵/۸ ^b	۳۱/۲ ^a	۴۲۱۴/۴ ^b	۱۸/۴ ^d
B	۹۲/۲۲ ^d	۳۸/۱۳ ^d	۲/۲۱ ^b	۱۷/۶ ^d	۷/۰۶ ^c	۵/۹۰ ^a	۲۰۷۱/۹ ^a	۳۸/۳ ^a	۲۹/۲ ^c	۵۷۹۲/۵ ^a	۳۵/۷ ^a
خراسان	۱۰۴/۸۸ ^a	۵۲/۴۵ ^c	۴/۱۷ ^a	۱۹/۷ ^d	۷/۱۸ ^c	۴/۵۹ ^b	۱۲۷۷/۴ ^b	۳۱/۱ ^{ab}	۳۱/۱ ^{ab}	۵۱۸۴/۹ ^{ab}	۲۴/۶ ^c
۳۳	۹۱/۲۲ ^d	۵۷/۲۳ ^{ab}	۱/۹۶ ^b	۲۶/۰ ^c	۷/۸۷ ^b	۴/۴۳ ^{bc}	۱۳۶۹/۲ ^b	۳۰/۵ ^{ab}	۳۰/۵ ^{ab}	۴۳۱۸/۱ ^b	۳۱/۷ ^{ab}

در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال ۰/۰۵ اختلاف معنی‌داری ندارند.

شد، ولی در ژنوتیپ B سبب افزایش در تعداد دانه در طبق شد. دانه‌های بزرگ تولید شده در سطح شاهد (بدون تنش) وزن بیشتری (۱۱٪) نسبت به دانه‌های حاصل در تنش شدید کم آبی داشتند. به نظر می‌رسد که در مطالعه حاضر با توجه به کاهش سطح برگ و ارتفاع گیاه تحت شرایط کمبود آب، احتمالاً کاهش وزن دانه بدلیل کاهش دسترسی به مواد فتوسنتزی بدنال تقلیل اندام‌های رویشی رخ داده باشد. همچنین تنش کم آبی با کاهش در تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک باعث کاهش طول دوره پر شدن دانه شده است، که این امر هم احتمالاً در کاهش وزن هزار دانه دخالت داشته است. ژنوتیپ B بیشترین و ژنوتیپ C₁ کمترین میانگین وزن هزار دانه را در میان شش ژنوتیپ مورد مطالعه دارا بودند.

با تشدید تنش کمبود آب عملکرد دانه نیز کاهش معنی‌دار داشت. علاوه بر اجزاء عملکرد، عملکرد دانه بطور غیر مستقیم به شاخص سطح برگ و کل ماده خشک تولید شده در گیاه وابسته است (Casa et al., 1999). تنش طولانی مدت کمبود آب از طریق کاهش شاخص‌های فوق و در نتیجه کاهش

بوته بزرگ تحت شرایط تنش کمبود آب بعلت کاهش تولید مواد فتوسنتزی قبل و هنگام تشکیل اندام‌های زایشی بوده باشد. تعداد کپسول در بوته تحت شرایط تنش شدید کم آبی نسبت به شاهد (بدون تنش) در مقایسه با سه ژنوتیپ دیگر در ژنوتیپ‌های C₁، C₂ و B کاهش معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های خراسان، ۳۳ و C₃ از این نظر از نظر صفت اخیر نسبت به تنش کمبود آب حساسیت کمتری داشتند و ژنوتیپ C₁ با بیشترین کاهش از این نظر حساسیت بیشتری نسبت به تنش کمبود آب داشت (جدول ۵). شرایط تنش شدید منجر به ۶/۴ درصد کاهش در تعداد دانه در کپسول نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید. تنش کمبود رطوبتی در مرحله گرده افشانی موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و در مراحل بعدی سبب اختلال در تأمین مواد فتوسنتزی جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه‌ها می‌گردد که می‌تواند عامل و دلیل اصلی کاهش در تعداد دانه در کپسول در آزمایش حاضر بوده باشد. با اینکه تنش شدید کم آبی منجر به کاهش معنی‌دار تعداد دانه در کپسول در سه ژنوتیپ C₁، خراسان و ۳۳

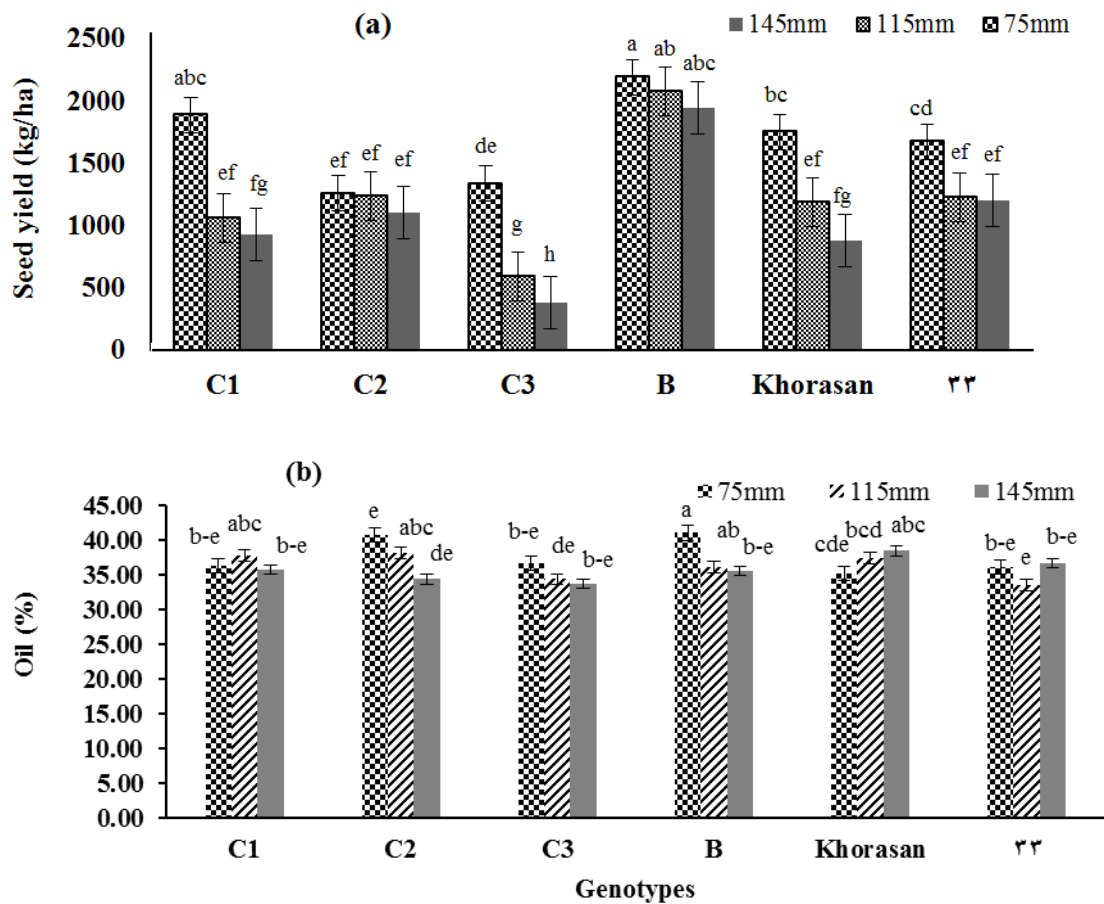
جدول ۵- میانگین‌های اثرات متقابل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شش ژنوتیپ بزرک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

عامل آزمایشی	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتی متر)	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	ژنوتیپ
	آبیاری					
C ₁	۱۰۰/۰ ^{cd}	۶۷/۴ ^a	۲/۸۳ ^c	۵۰/۹ ^a	۷/۷ ^{cd}	۷۵
C ₂	۹۴/۳ ^{efgh}	۵۷/۶ ^{cd}	۱/۵۵	۴۳/۰ ^{abc}	۸/۵ ^{abc}	۷۵
C ₃	۹۳/۶ ^{gh}	۵۱/۴ ^{fghi}	۲/۵۳ ^{cde}	۳۷/۷ ^{cde}	۸/۷ ^a	۷۵
B	۹۶/۳ ^{ef}	۴۳/۱ ^j	۳/۱۹ ^{bc}	۲۴/۸ ^{fghi}	۶/۲ ^f	۷۵
خراسان	۱۰۹/۰ ^a	۵۹/۸ ^{bc}	۵/۹ ^a	۲۳/۸ ^{ghi}	۷/۸ ^{bcd}	۷۵
۳۳	۹۵/۶ ^{efg}	۶۴/۶ ^{ab}	۲/۶۸ ^{cd}	۲۸/۰ ^{fgh}	۸/۵ ^{abc}	۷۵
C ₁	۹۵/۳ ^{fg}	۵۷/۴ ^{cd}	۱/۸۵ ^{ef}	۴۷/۷ ^{ab}	۷/۷ ^{cd}	۱۱۵
C ₂	۹۱/۰ ^{ig}	۵۶/۴ ^{cdef}	۱/۴۷ ^f	۳۳/۸ ^{cdef}	۸/۷ ^{ab}	۱۱۵
C ₃	۹۰/۰ ^{ijk}	۵۰/۹ ^{ghi}	۱/۶۴ ^f	۴۷/۳ ^{ab}	۸/۷ ^{ab}	۱۱۵
B	۹۰/۳ ^{ijk}	۳۷/۹ ^k	۱/۷۴ ^{ef}	۱۵/۴ ^{ijk}	۷/۴ ^{de}	۱۱۵
خراسان	۱۰۴/۳ ^b	۴۷/۵ ^{ij}	۳/۶۵ ^b	۱۴/۲ ^{jk}	۷/۸ ^{bcd}	۱۱۵
۳۳	۸۹/۶ ^{jk}	۵۵/۱ ^{cdefg}	۱/۸۹ ^{def}	۲۱/۵ ^{hijk}	۷/۸ ^{bcd}	۱۱۵
C ₁	۹۲/۳ ^{hi}	۵۳/۳ ^{cdefg}	۱/۳۹ ^{fg}	۲۳/۶ ^{ghij}	۶/۷ ^{ef}	۱۴۵
C ₂	۸۹/۶ ^{jk}	۵۴/۳ ^{defgh}	۰/۶۴ ^g	۳۳/۰ ^{defg}	۸/۴ ^{abc}	۱۴۵
C ₃	۹۸/۰ ^{de}	۵۶/۸ ^{cde}	۱/۵۵ ^f	۴۱/۳ ^{bcd}	۸/۵ ^{abc}	۱۴۵
B	۹۰/۰ ^{ijk}	۳۵/۰ ^k	۱/۷۱ ^f	۱۲/۷ ^k	۷/۴ ^{de}	۱۴۵
خراسان	۱۰۱/۳ ^c	۴۹/۹ ^{hi}	۲/۸۹ ^{bc}	۲۱/۰ ^{hijk}	۵/۹ ^f	۱۴۵
۳۳	۸۸/۳ ^k	۵۱/۹ ^{efghi}	۱/۳۱ ^{fg}	۲۸/۵ ^{efgh}	۷/۳ ^{de}	۱۴۵

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

هزار دانه موجب شد (جدول ۴). با کاهش به وجود آمده در رشد رویشی و همچنین اجزای عملکرد، کاهش ۳۶ درصدی میانگین عملکرد دانه ارقام بزرک تحت شرایط تنش شدید کمبود آب قابل توجه است. با تشدید تنش کمبود آب ضمن آنکه ژنوتیپ‌های C₂ و B کاهش کمتری را در عملکرد نشان دادند، ژنوتیپ ۳۳ در حد متوسط قرار داشت و ژنوتیپ‌های C₁، C₃ و خراسان بیشترین کاهش عملکرد دانه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند (شکل ۲ (a)). بنابراین ظاهراً ژنوتیپ‌های اخیر ثبات کمتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از

فتوستنتز گیاه اثرات منفی زیادی بر عملکرد دانه می‌گذارد. در مطالعه حاضر، رژیم‌های آبیاری از مرحله به ساقه رفتن ارقام بزرک شروع شده، به همین دلیل بزرک با تنش مداوم در مراحل رشد رویشی و بویژه زایشی مواجه بوده است. تنش شدید کمبود آب در مرحله رشد رویشی موجب کاهش شاخص سطح برگ شد، بنابراین مواد فتوسنتزی لازم برای رشد رویشی کافی وجود نداشت. همچنین تداوم تنش کمبود آب در مرحله رشد زایشی کاهش معنی‌داری را در میانگین تعداد کپسول در بوته و همچنین تعداد دانه در کپسول و وزن



شکل ۲- بررسی میانگین اثر متقابل عملکرد دانه (a) و درصد روغن (b) در شش ژنوتیپ بزرگ تحت شرایط مختلف رطوبتی خاک. ستون‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی داری ندارند. میله‌های روی هیستوگرام‌ها نشان‌دهنده خطای معیار می باشند.

و همین امر هم یکی از دلایل پایین تر بودن عملکرد دانه آن در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد. افت شدید عملکرد ژنوتیپ C₁ تحت تنش شدید کم آبی، به دلیل کاهش جدی تر تعداد کپسول در بوته و همچنین کم بودن وزن هزار دانه آن قابل توجه می‌باشد. ژنوتیپ‌های B و C₂ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها بطور میانگین عملکرد دانه بیشتری را تولید نمودند و با توجه به اینکه در شرایط تنش شدید هم کمترین کاهش عملکرد دانه را در مقایسه با شرایط شاهد (بدون تنش) نشان دادند، بنابراین ظاهراً ثبات بیشتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از نظر عملکرد دانه در شرایط متفاوت رطوبتی داشتند و شاید بتوان آنها را به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم تر به خشکی از میان شش ژنوتیپ مورد مطالعه معرفی کرد. در ژنوتیپ B تعداد کپسول در بوته در اثر تنش شدید کم آبی کاهش یافت، اما تعداد محدودتر

نظر عملکرد دانه در شرایط متفاوت رطوبتی داشته و از اینرو می‌توان آنها را به عنوان ارقام حساس تر به خشکی دسته بندی کرد. ژنوتیپ خراسان به عنوان دیررس‌ترین ژنوتیپ، مدت زمان بیشتری تحت شرایط کم آبی قرار گرفت، به ویژه آنکه زمان گرده افشانی آن با گرمای شدیدتری همراه بود که ممکن است باعث تشدید عقیم شدن دانه‌های گرده و در نتیجه کاهش جدی‌تر تعداد دانه در کپسول آن در مقایسه با دیگر ژنوتیپ‌ها شده باشد. همچنین این ژنوتیپ در اواخر فصل رشد دچار خوابیدگی شد. بدون شک مجموعه عوامل فوق عامل اصلی کاهش عملکرد این ژنوتیپ بوده است. قابل ذکر آنکه، ژنوتیپ C₃ نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها درصد سبز شدن کمتری داشت و از نظر صفت تعداد گیاهچه در متر مربع کمترین میزان را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها داشت (داده‌ها نشان داده نشده است)

میزان عملکرد ماده خشک را ژنوتیپ C_3 به خود اختصاص داد (جدول ۴). عملکرد ماده خشک با شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی داری را نشان داد ($r=0.63^{**}$). تولید ماده خشک نتیجه جذب انرژی خورشید می باشد و برآیند تولید و مصرف انرژی در گیاه به حساب می آید (Pandy *et al.*, 1984). نظر به اهمیتی که گسترش سطح فتوسنتزکننده در توانایی گیاه برای جذب انرژی خورشید دارد، همبستگی اخیر بین شاخص سطح برگ و عملکرد ماده خشک منطقی به نظر می رسد.

تأثیر رژیم آبیاری بر شاخص برداشت معنی دار نبود. با این حال، سطح تنش شدید کم آبی منجر به ۸ درصد کاهش در شاخص برداشت نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید (جدول ۴). عدم وجود اختلاف معنی دار در بین سه سطح تیمار آبیاری را می توان به تأثیر نسبتاً یکسان اثرات تنش کمبود آب بر کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت داد.

از نتایج بدست آمده در آزمایش مزرعه ای می توان نتیجه گیری کرد که با افزایش میزان محدودیت رطوبت، کاهش در سطح فتوسنتزکننده هم از طریق کاهش در میزان سطح برگ و هم ارتفاع بوته نقش مهمی در کاهش عملکرد دانه و عملکرد ماده خشک داشت. وقوع تنش کمبود آب اگر چه باعث افت درصد و عملکرد روغن دانه بزرگ شد ولی باعث افزایش میزان پروتئین آن شد. ژنوتیپ های B و C_2 تحمل بیشتری به کمبود آب نشان دادند که بیانگر مزیت این دو ژنوتیپ بواسطه پتانسیل آنها در تولید عملکرد بیشتر در شرایط تنش کم آبی می باشد.

نتیجه گیری کلی:

از نتایج مطالعه حاضر می توان چنین نتیجه گیری نمود که حتی سطوح متوسط شوری نیز بر صفات فیزیولوژیک، رشد و تولید ماده خشک بزرگ تأثیر منفی بر جای می گذارند. شدت تأثیر شوری بر بزرگ تابع ژنوتیپ می باشد و در میان ژنوتیپ های مورد مطالعه خراسان و C_3 کاهش کمتری را در تولید ماده خشک نشان دادند که ظاهراً به شوری آب ناشی از افزایش NaCl تحمل بیشتری دارند. تنش کمبود رطوبت نیز سبب

کپسول تولید شده منجر به بر خورداری آنها از اندازه بزرگتر و نهایتاً تعداد دانه بیشتر گشت. همچنین به نظر می رسد که ژنوتیپ اخیر به دلیل کاهش بیشتر ارتفاع و در نتیجه کاهش سطح تعرق کننده تحت شرایط تنش شدید کمبود آب نسبت به سایر ژنوتیپ ها از نظر مکانیزم های سازگاری به خشکی، دارای برتری باشد. قابل ذکر آنکه، ژنوتیپ C_2 کاهش سطح برگ بیشتری را نسبت به سایر ژنوتیپ ها نشان داد. از جمله مکانیسم های مرتبط با اجتناب از خشکی کاهش سطح برگ می باشد (Kibe *et al.*, 2006). بطور کلی در موارد زیادی اثبات شده است که وقتی که گیاه در معرض این تنش قرار می گیرد با کوتاه کردن چرخه زندگی از اثرات تنش فرار می کند (Stout *et al.*, 1997). بنابراین می توان چنین استدلال نمود که ژنوتیپ های C_2 و B بوسیله تغییر در مراحل نمو خود به تنش کمبود آب سازگاری یافته اند.

میانگین درصد روغن دانه بزرگ در آزمایش حاضر نزدیک به ۳۶/۵ درصد بدست آمد و اگر چه همراه با تشدید کمبود آب روند کاهش داشت ولی این کاهش معنی دار نبود (جدول ۴). در برخی مطالعات کاهش درصد روغن دانه بزرگ در اثر تنش کمبود آب معنی دار بوده است (امیدبگی و همکاران ۱۳۸۰) ولی این کاهش در دیگر گیاه دانه روغنی یعنی کلزا معنی دار نبوده است (دهشیری و همکاران ۱۳۸۰)

در سطح تنش شدید کم آبی، نزدیک به ۳۱ درصد کاهش در عملکرد ماده خشک را نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) نشان داد (جدول ۴). Pandy و همکاران (۱۹۸۴) در تحقیقات خود بیان کردند که اثر کمبود آب بر میزان عملکرد دانه و سطح برگ متفاوت است، ولی در تمام این گیاهان سطوح بالای تنش خشکی باعث افت سریع در سطح برگ، عملکرد دانه و در نهایت ماده خشک می گردد. با توجه به اینکه وزن ماده خشک موجود به اجزایی نظیر ارتفاع بوته، سطح برگ و عملکرد دانه بستگی دارد و تمامی اجزای فوق بر اثر تنش کمبود آب کاهش یافتند، بنابراین روند کاهش وزن ماده خشک بر اثر اعمال تنش غیر منتظره نبود. بیشترین عملکردهای ماده خشک به ترتیب مربوط به ژنوتیپ B و خراسان و کمترین

شوری و کمبود آب در ژنوتیپ‌های یاد شده بزرگ نیازمند پژوهش‌های بیشتری می‌باشد.

سپاسگزاری:

از دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان بابت تأمین هزینه‌های این تحقیق، تشکر و قدردانی می‌گردد.

کاهش جدی در خصوصیات رشد و عملکرد بزرگ می‌شود و شدت چنین کاهش‌هایی در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. چون ژنوتیپ‌های B و C₂ در شرایط کمبود آب کمترین کاهش عملکرد دانه را نشان دادند، بنابراین شاید بتوان آنها را به عنوان ژنوتیپ‌های مقاوم‌تر به کمبود رطوبت خاک معرفی کرد. قضاوت در مورد ساز و کار درجه تحمل بالاتر تنش‌های

منابع:

- امید بیگی، ر.، طباطبایی، م. ف. و اکبری، ت. (۱۳۸۰) اثر کود نیتروژن و آبیاری بر باروری (رشد، عملکرد دانه و مواد مؤثره) کتان روغنی، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۲: ۵۱-۶۴.
- دهشیری، ع.، احمدی، م. ر. و طهماسی سروسستانی، ز. (۱۳۸۰) عکس‌العمل ارقام کلزا به تنش آب. مجله علوم کشاورزی ایران ۳: ۶۴۹-۶۵۲.
- Adamsen, F. J., Pinter, P. J., Barnes, E. M., Lamorte, R. L., Leavitt, S. W. and Kimball, B. A. (1999) Measuring wheat senescence with a digital camera. *Crop Science* 39: 719-724.
- Ahmet Ayaz, F., Kadioglu, A. and Dogru, A. (2001) Leaf rolling effects on lipid and fatty acid composition in *Ctenanthe setosa* (Marantaceae) subjected to water-deficit stress. *Acta Physiologiae Plantarum* 23: 43-47.
- Ashraf, M. and Ali, Q. (2008) Relative membrane permeability and activities of some antioxidant enzymes as the key determinants of salt tolerance in canola (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 63: 266-273.
- Casa, R., Russelb, G., Locascio, B. and Rossini, F. (1999) Environmental effects on linseed (*Linum usitatissimum* L.) yield and growth of flax at different stand densities. *European Journal of Agronomy* 11: 267-278.
- Cicek, N. and Cakirlar, H. (2002) The effect of salinity on some physiological parameters in two maize cultivars. *Journal of Plant Physiology* 28: 66-74.
- Diederichsen, A. and Hammer K. (1995) Variation of cultivated flax (*Linum usitatissimum* L. subsp. *usitatissimum*) and its wild progenitor pale flax (subsp. *angustifolium* (Huds.) Thell.). *Genetic Resources and Crop Evolution* 42: 263-272.
- Duncan, W. G. (1980) Physiology of maize, In: Evans (ed.), *Crop Physiology*. Cambridge University.
- Garcyadel Moral, L. F., Rharrabti, Y., Villegas, D. and Royo, C. (2003) Grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean condition: An ontogenic approach. *Agronomy Journal* 95: 266-274.
- Hamrounia, I., Ben Salahb, H. and Marzouka, B. (2001) Effects of water-deficit on lipids of safflower aerial parts. *Phytochemistry* 58: 277-280.
- Helbaek, H. (1959) Domestication of food plants in the old world. *Science* 130: 365-372.
- Kaya, C., Higgs, D. and Kirnak, H. (2001) The effects of high salinity (NaCl) and supplementary phosphorus and potassium on physiology and nutrition development of spinach. *Bulgarian Journal of Plant Physiology* 27: 47-59.
- Kibe, A. M., Singh, S. and Kalra, N. (2006) Water-nitrogen relationship for wheat growth and productivity in late sown conditions. *Agricultural Water Management* 84: 221-228.
- Kjeldahl, J. (1883) A new method for the estimation of nitrogen in organic compounds. *Analytical Chemistry* 22: 366
- Knox, J. P. and Dodge, A. O. (1985) Singlet oxygen and plants. *Phytochemistry* 24: 889-896.
- Maddock, T. D., Anderson, V. L and Lardy, G. P. (2005) Using flax in livestock diets. NDSU Extension Service, North Dakota Agricultural Experiment Station.
- Mahmood, S., Iram, S. and Athar, H. R. (2003) Intra-specific variability in sesame (*Sesamum indicum*) for various quantitative and qualitative attributes under differential salt regimes. *Bahauddin Zakariya University, Multan, Pakistan* 14: 177-186.
- Munns, R. (1993) Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses. *Plant Cell and Environment* 16: 15-24.
- Pandy, R. k., Herrera, W. A. T, Villegas, A. N. and Pendelton, J. W. (1984) Drought responses of grain legumes under irrigation gradient. *Agronomy Journal* 76: 557-560.
- Slama, F. (1986) Effect of NaCl on the growth and mineral nutrition of six species of cultivated plants. *Agrochimica* 30: 137-147.
- Stout, D. G., Kannungara, T. and Simpson, G. M. (1997) Drought resistance of *Sorghum bicolor*. II. Water stress effects on growth. *Canadian Journal of Plant Science* 58: 225-233.
- Suarez, N., Sobrado, M. A. and Medina, E. (1998) Salinity effects on the leaf water relations components and ion accumulation patterns in *Avicennia germinans* (L.) seedlings. *Ecologia* 114: 299-304.

Effect of drought and salinity stresses on growth and yield of linseed genotypes

Azam Kadkhodae, Samira Fatholahi and Parviz Ehsanzadeh*

Department of Agronomy and Plant Breeding, College of Agriculture, Isfahan University of Technology, 84156-83111, Isfahan, Iran

(Received: 21 October 2014, Accepted: 23 May 2015)

Abstract:

In order to study the effect of salinity on dry mass production of linseed at vegetative phase and the effects of water deficit on some agronomics, grain yield, seed oil and protein content of six linseed genotypes two experiments were carried out in 2012. In pot experiment, four levels of NaCl salt including 0 (control), 35 (moderate salinity), 70 (high salinity) and 105 mM (severe salinity) were applied to six linseed genotypes including C₁, C₂, C₃, B, Khorasan and 33. Plants were grown to flowering and their Na⁺, K⁺, Na⁺/K⁺ and dry mass were measured. In field experiment, three levels of soil moisture including irrigation after 75 (control), 115 (moderate water deficit) and 145 mm (severe water deficit) evaporation from Class-A Pan were applied to linseed genotypes. Plants were grown to physiological maturity and some growth attributes and seed oil and protein content and yield were measured. In the pot experiment, results showed that Na⁺ content and Na⁺/K⁺ increased and K⁺ content and dry mass decreased with progressive salinity, to the extent that the moderate salinity was sufficient to negatively affect physiological, growth and dry mass attributes of linseed. Genotypes Khorasan and C₃ were proven more tolerant to salinity. In the field experiment, growth, grain yield and its attributes were decreased with water deficit in all linseed genotypes but seed oil content remained unchanged and protein content decreased by nearly four percent. Since genotypes B and C₂ indicated the least decreases in their grain yield, they may be considered as more drought-tolerant genotypes.

Key words: Linseed, drought, salinity, growth, Na⁺, K⁺, yield

*corresponding author, Email: ehsanp@cc.iut.ac.ir