

## تأثیرنش شوری و رژیم آبیاری بر رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های گیاه بزرک

اعظم کدخدائی، سمیرا فتح اللهی و پرویز احسان زاده\*

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

(تاریخ دریافت: ۹۳/۰۷/۲۹، تاریخ پذیرش نهایی: ۹۴/۰۳/۲)

### 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 ببررسی 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 غلاظت 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 عنوان 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 لینولئیک 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 عنوان روغن خشک شونده در صنایع رنگ سازی، نقاشی،

بزرک (*L. usitatissimum*) از جمله گیاهان زراعی قدیمی می‌باشد که از بدبو اهلی سازی تا چند دهه قبل بیشتر برای تولید الیاف 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).

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 در صد روغن و پروتئین دانه تحت کنترل عوامل رژیکی هستند، اما کمیت این دو صفت تحت تأثیر عوامل محیطی نیز قرار می گیرد (Hamrounia *et al.*, 2001). همچنین Moral Garsyadel و همکاران (2003) با مطالعه ارقام تریتیکاله تحت شرایط مدیترانه‌ای، ارتباط معکوسی را بین محظوای 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 بزرک 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 بزرک 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 بزرک 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 بزرک 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، سمعیت برخی از یون ها همانند  $\text{Na}^+$  و  $\text{Cl}^-$  و نیز عدم تعادل عناصر غذایی در بخش هواپی 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 هواپی 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 پتانسیم و بویژه نسبت سدیم به پتانسیم 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 پتانسیم کوچک تری باشند نشان دهنده ظرفیت تحمل شوری در آنها می باشد.

کمبود آب یکی از مشخصات کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک نظری ایران می باشد. کمبود آب از تنش هایی است که به شدت رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و چنین کاهشی 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 میانگرهای 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 امیدبیگی و همکاران (۱۳۸۰) معلوم شد که کمبود آب از طریق کاهش تعداد کپسول در بوته، سبب افت عملکرد دانه گیاه بزرک 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 فارچکش متالاکسیل 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 گلدانی 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 ملايم 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 مقطرب به آن اضافه شد و حجم عصاره نهایی به ۶۰ میلی‌لیتر رسانده شد. برای اندازه گیری 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 بزرک 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 بزرک در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به صورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوك‌های 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) میلی‌مولا ر نمک طعام خالص (NaCl) به عنوان یک فاکتور و شش ژنوتیپ بزرک شامل C<sub>1</sub> (لاین اصلاحی دیررس با تعداد انشعب و کپسول زیاد)، C<sub>2</sub> (لاین اصلاحی با تعداد کپسول متوسط)، C<sub>3</sub> (لاین اصلاحی دیررس با تعداد کپسول زیاد)، B (لاین اصلاحی دیررس با ارتفاع کم ولی دیررس)، خراسان (توده بومی کردستان با ارتفاع کم ولی دیررس) 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 قراردادی صورت گرفته است. لازم به ذکر است که با توجه به اینکه نزدیک به ۱۲/۵ درصد از زمین‌های شور میزان هدایت الکتریکی عصاره اشبع 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 بزرک در گلدان‌های 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

میانی پس از حذف حاشیه ها زیر کرت ملاک قرار گرفت. شاخص برداشت، با خشک نمودن در آون (دما ۷۰ درجه بدمت ۴۸ ساعت) نمونه های تهیه شده از طول یک متري ردیف دوم با رعایت حاشیه از هر کرت، توزین و سپس جدا کردن دانه ها و توزین آنها به صورت درصد محاسبه گردید. جهت اندازه گیری درصد روغن از روش سوکسله و حال پترلیوم اثر استفاده شد. برای اندازه گیری پروتئین دانه از روش کلدا استفاده شد (Kjeldahl, 1883). به منظور انجام محاسبات آماری از نرم افزار آماری SAS استفاده شد. مقایسه میانگین ها نیز با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

### نتایج و بحث:

بین سطوح شوری و ژنوتیپ ها از نظر ارتفاع و وزن ماده خشک اندام هوایی اختلاف معنی داری مشاهده گردید و اثر متقابل شوری و رقم از نظر تأثیر بر ارتفاع گیاه و وزن ماده خشک اندام هوایی معنی دار شد (جدول ۱). با اینحال روز تا گلدهی تنها تحت تأثیر ژنوتیپ تغییر معنی داری نشان داد، در حالیکه میانگین تعداد روز تا گلدهی تحت سطوح مختلف شوری به ۷۴ روز می رسید و سطوح شوری از این نظر تفاوت معنی داری 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 C<sub>3</sub> متفاوت بود. تعداد روز تا گلدهی هم از ۶۲ روز در ژنوتیپ B تا نزدیک به ۸۱ روز در ژنوتیپ های خراسان و C<sub>3</sub> متفاوت بود (جدول ۲). شوری هم از طریق کاهش تثیت دی اکسید کربن و احیا آن به کربوهیدرات ها در گیاه و در نتیجه کاهش رشد و طویل شدن سلول ها (Slama, 1986) و هم از طریق کاهش جذب آب توسط گیاه و کاهش در تورژسانس سلول های گیاهی و هم از طریق اختلال در فراهمی عناصر غذایی قابل جذب گیاه در خاک (Suarez *et al.*, 1998) مؤلفه های

سدیم و پتاسیم نمونه ها تعیین شد  
اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی: برای اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی، پس از برداشت گیاهان در انتهای آزمایش، اندام هوایی هریک از واحد های آزمایشی در داخل پاکت کاغذی قرار داده شد. سپس به مدت ۴۸ ساعت در دما ۷۰ درجه سانتیگراد در آون خشک و سپس با ترازوی دقیق توزین شد. در نهایت تجزیه واریانس داده ها بر اساس آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک های 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 رایانه ای SPSS و Excel استفاده شد.

آزمایش مزرعه ای: بررسی تأثیر رژیم های 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 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, 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 ردیف های ۳۰ سانتی متر در ۶ فروردین کشت شدند. اعمال رژیم های آبیاری پس از استقرار کامل بوته ها آغاز شد. نمونه برداری به صورت تخریبی جهت اندازه گیری شاخص سطح برگ در اوایل گلدهی توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل جی-۱-۵ در آزمایشگاه صورت گرفت. رخداد مرحله رسیدگی، بصورت تعداد روز از کاشت تا زمانی که حدود ۷۵ درصد کپسول ها در هر واحد آزمایشی قهوه ای و خشک شدند در نظر گرفته شد. ارتفاع بوته، از سطح زمین تا انتهای بوته در پنج بوته تصادفی از یک واحد آزمایشی اندازه گیری 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

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

منابع تغییر	میانگین مرباعات						
	درجه آزادی	گلدهی	روز تا گلدهی	ارتفاع	وزن خشک اندام	پتانسیم سدیم	پتانسیم/سدیم
				هوایی	سدیم	پتانسیم	پتانسیم/سدیم
بلوک	۳	۱/۱۴ <sup>ns</sup>	۱۲/۴۳*	۰/۰۱۱۷ <sup>ns</sup>	۵/۸۴ <sup>ns</sup>	۲/۵۵ <sup>ns</sup>	۰/۴۲ <sup>ns</sup>
ژنوتیپ	۵	۸۱۹/۶۱**	۵۷/۳۵**	۰/۰۸۵۱**	۹۹/۲۲*	۱۴۰/۵۷**	۷/۹۴**
شوری	۳	۱/۵۶ <sup>ns</sup>	۲۶۰/۱۹۰**	۴/۳۲**	۱۲۲۳۲/۵۹**	۱۳۴۷/۳۵**	۲۳۴/۰۸**
ژنوتیپ × شوری	۱۵	۳/۵۷ <sup>ns</sup>	۲۱/۹۸**	۰/۰۷۹۶**	۱۰۰/۶۰**	۱۳/۲۳**	۳/۶۱**
خطا	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.

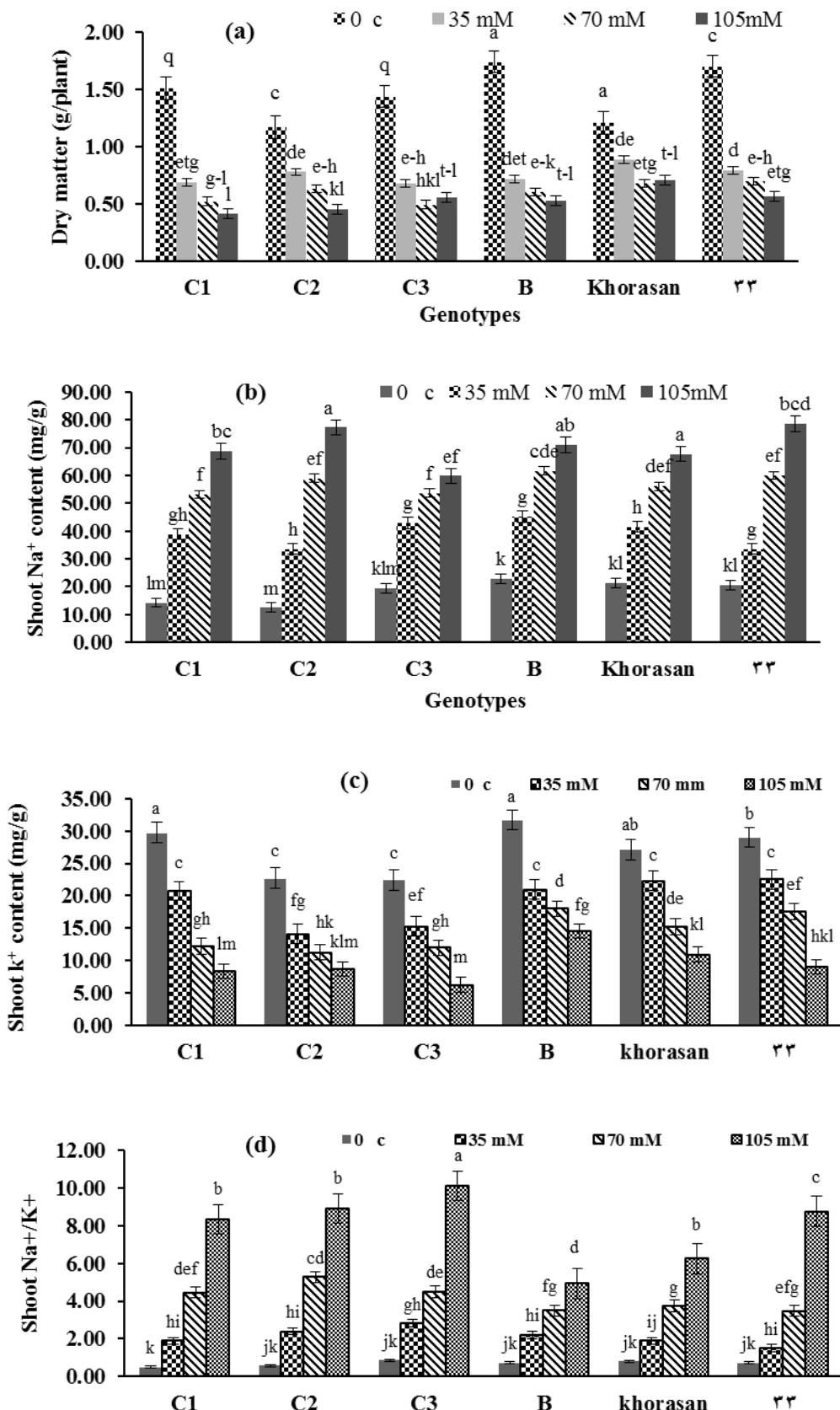
جدول ۲- مقایسه میانگین‌های روز تا گلدهی، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم، پتانسیم و نسبت سدیم به پتانسیم در شش ژنوتیپ بزرگ تحت سطوح مختلف شوری.

عامل آزمایشی	روز تا گلدهی	ارتفاع	وزن خشک	سدیم	پتانسیم	پتانسیم/سدیم	شوری (میلی مولار)	
							(میلی گرم بر گرم)	(میلی گرم بر بوته)
	۷۴/۱۷ <sup>a</sup>	۴۵/۲۷ <sup>a</sup>	۱/۴۶ <sup>a</sup>	۱۸/۴۷ <sup>d</sup>	۲۷/۱۲ <sup>a</sup>	۰/۶۸ <sup>d</sup>	.	.
	۷۴/۰۴ <sup>a</sup>	۳۵/۱۲ <sup>b</sup>	۰/۷۵۶ <sup>b</sup>	۳۹/۲۸ <sup>c</sup>	۱۹/۳۰ <sup>b</sup>	۲/۱۱ <sup>c</sup>	۳۵	
	۷۳/۸۳ <sup>a</sup>	۲۷/۳۹ <sup>c</sup>	۰/۶۰۵ <sup>c</sup>	۵۷/۲۷ <sup>b</sup>	۱۴/۳۴ <sup>c</sup>	۴/۱۵ <sup>b</sup>	۷۰	
	۷۳/۵۸ <sup>a</sup>	۲۱/۱۳ <sup>d</sup>	۰/۵۳۹ <sup>c</sup>	۷۰/۴۹ <sup>a</sup>	۹/۵۹ <sup>d</sup>	۷/۷۷ <sup>a</sup>	۱۰۵	
ژنوتیپ								
C <sub>1</sub>	۷۳/۲۵ <sup>b</sup>	۳۱/۸۹ <sup>cd</sup>	۰/۷۸۳ <sup>bc</sup>	۴۳/۷۸ <sup>c</sup>	۱۷/۷۴ <sup>c</sup>	۳/۷۸ <sup>b</sup>		
C <sub>۱</sub>	۷۳/۰۶ <sup>b</sup>	۳۳/۱۷ <sup>b</sup>	۰/۷۵۷ <sup>c</sup>	۴۵/۵۶ <sup>bc</sup>	۱۴/۱۸ <sup>d</sup>	۴/۲۸ <sup>a</sup>		
C <sub>۲</sub>	۸۱/۸۱ <sup>a</sup>	۳۵/۳۹ <sup>a</sup>	۰/۷۹۲ <sup>bc</sup>	۴۳/۹۱ <sup>c</sup>	۱۳/۹۴ <sup>c</sup>	۴/۵۷ <sup>a</sup>		
B	۶۲/۰۰ <sup>c</sup>	۲۹/۹۰ <sup>d</sup>	۰/۸۹۷ <sup>a</sup>	۵۰/۱۳ <sup>a</sup>	۲۱/۲۷ <sup>a</sup>	۲/۸۲ <sup>d</sup>		
خراسان	۷۲/۴۱ <sup>b</sup>	۳۱/۸۹ <sup>c</sup>	۰/۹۳۹ <sup>a</sup>	۴۸/۲۱ <sup>ab</sup>	۱۹/۵۳ <sup>b</sup>	۳/۶۰ <sup>bc</sup>		
۳۳	۸۰/۸۷ <sup>a</sup>	۳۲/۰۰ <sup>c</sup>	۰/۸۶۹ <sup>ab</sup>	۴۸/۶۹ <sup>bc</sup>	۱۸/۸۶ <sup>bc</sup>	۳/۱۶ <sup>dc</sup>		

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.

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 می دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک گیاه می شود

مختلف رشد گیاه از جمله ارتفاع را تحت تأثیر قرار می دهد. 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 C<sub>۲</sub> با ۴۶/۱۵ درصد بود



شکل ۱- بررسی میانگین اثر متقابل شوری و ژنوتیپ بر وزن خشک اندام هوایی (a)، سدیم (b)، غلظت پتانسیم (c) و نسبت سدیم به پتانسیم (d) در شش ژنوتیپ بزرک. میانگین هایی 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<sub>1</sub> و حداقل آن در ژنوتیپ C<sub>2</sub> 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<sub>3</sub> و حداقل آن در دو ژنوتیپ B و خراسان مشاهده شد.

**آزمایش مزرعه‌ای:** تأثیر رژیم آبیاری بر صفت درصد پروتئین دانه معنی‌دار بود (جدول ۳). تنش کم آبی درصد پروتئین دانه را بطور معنی‌داری افزایش داد. میانگین درصد پروتئین دانه از ۳۰/۸۵ درصد در سطح تنش شدید کم آبی به ۲۹/۷۸ درصد در سطح شاهد (بدون تنش) کاهش نشان داد (جدول ۴).

کاهش در ارتفاع ژنوتیپ‌های بزرک (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. Ayaz و Hemkaran (۲۰۰۱) نیز در مطالعه روی بزرک 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<sub>3</sub> شد (جدول ۵). با عنایت به تفاوت معنی‌دار در میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ژنوتیپ‌های C<sub>2</sub>، ۳۳ 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) (Cicek and Cakirlar, 2002)، آفتابگردان (Knox and Dodge, 1985) (Ashraf and Ali, 2008) و کلزا (Mahmood, 2003) می‌شود. در میان ژنوتیپ‌های مورد مطالعه ژنوتیپ‌هایی مانند خراسان و C<sub>3</sub> 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 بزرک شدند (جدول ۱). میانگین غلظت سدیم بخش هوایی ژنوتیپ‌های بزرک با افزایش سطح شوری افزایش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به ۳/۸ برابر شاهد می‌رسید (جدول ۲). بزرگ‌ترین میانگین غلظت سدیم بخش هوایی (۵۰/۳ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ B و کمترین آن (۴۳/۷۸ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ C<sub>1</sub> بود. میانگین غلظت پتاسیم بخش هوایی ژنوتیپ‌های بزرک 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 (۲۱/۲۷ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ B و کمترین آن (۳/۹۴ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ C<sub>3</sub> بود. میانگین نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی ژنوتیپ‌های بزرک با افزایش سطح شوری به طرز چشمگیری افزایش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به ۱۱/۶ برابر شاهد می‌رسید (جدول ۲). بزرگ‌ترین میانگین نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی (۴/۵۷) متعلق به ژنوتیپ C<sub>3</sub> و کمترین آن (۲/۸۲) 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<sub>2</sub> و حداقل آن در سه ژنوتیپ خراسان، C<sub>3</sub> 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 بزرک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

وزن هزار دانه	کپسول	تعداد کپسول در بوته	شاخص سطح برگ	ارتفاع بوته	رسیدگی فیزیولوژیک	درجه آزادی	منابع تغییر
							میانگین مربعات
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 معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و عدم اختلاف معنی دار می باشد.

ادامه جدول ۳-

شاخص برداشت خشک	عملکرد ماده خشک	پروتئین	درصد روغن	عملکرد دانه در هکتار	درجه آزادی	منابع تغییر
						میانگین مربعات
۳۲	۵۱۷۷۴۷۰	۱/۷۸	۵/۰۰	۳۲۲۳۳۸۸	۲	بلوک
۴۵ ns	۱۵۴۳۵۳۲۷**	۶/۸۹*	۲/۷۱ ns	۱۸۱۴۶۸۹**	۲	آبیاری
۱۴	۳۳۰۰۱۳	۰/۴۷	۱/۷۹	۵۴۸۵۶	۴	خطای الف
۳۹۶**	۳۳۳۳۰۷۱*	۴/۴۳**	۹/۷۹ 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 معنی دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد و ns عدم اختلاف معنی دار می باشد.

گرفت. در ژنوتیپ C<sub>2</sub> 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 می دهد (Casa *et al.*, 1999).

تشنج شدید کم آبی منجر به ۲۳ درصد کاهش در تعداد کپسول در بوته نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید (جدول ۴). در مطالعه امیدیگی و همکاران (۱۳۸۰)، کاهش عملکرد دانه بزرک از طریق کاهش تعداد کپسول در بوته گزارش شده است. به نظر می رسد که کاهش تعداد کپسول در

نیز کاهش یافت. همچنان که این محققان نیز استدلال نموده اند، در مراحل میانی رشد به دلیل حابجایی مجادل 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 می شود.

شاخص سطح برگ همراه با تشديد کم آبی دچار کاهش شد (جدول ۴). در مطالعه Casa و همکاران (۱۹۹۹) روی بزرک، 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 بزرک 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 دانه	عملکرد ماده خشک (درصد)	پروتئین (درصد)	روغن (درصد)	شاخص	عملکرد	آبیاری
I <sub>۱</sub>	۹۸/۱۶ <sup>a</sup>	۵۷/۳۴ <sup>a</sup>	۲۹/۷ <sup>b</sup>	۳۶/۹ <sup>a</sup>	۱۶۸/۷ <sup>a</sup>	۴/۹۱ <sup>a</sup>	۷/۹۳ <sup>a</sup>	۳۴/۷ <sup>a</sup>	۳/۱۲ <sup>a</sup>	۵۷/۳۴ <sup>a</sup>	۵/۹۱ <sup>a</sup>	۵۷۹/۶۷ <sup>۱</sup> <sup>a</sup>
I <sub>۲</sub>	۹۳/۴۴ <sup>b</sup>	۵۰/۹ <sup>b</sup>	۳۰/۸ <sup>a</sup>	۳۶/۶ <sup>a</sup>	۱۲۳/۴/۰ <sup>b</sup>	۴/۴۱ <sup>b</sup>	۸/۰۳ <sup>a</sup>	۳۰/۰ <sup>b</sup>	۲/۰۵ <sup>b</sup>	۵۰/۵۸ <sup>b</sup>	۴/۵۶۲/۶۷ <sup>b</sup>	۴۵/۶۲ <sup>b</sup>
I <sub>۳</sub>	۹۳/۲۷ <sup>b</sup>	۵۰/۵ <sup>b</sup>	۳۰/۸ <sup>a</sup>	۳۶/۲ <sup>a</sup>	۱۰۷/۴/۷ <sup>b</sup>	۴/۳۴ <sup>b</sup>	۷/۴۲ <sup>b</sup>	۲۶/۷ <sup>b</sup>	۱/۵۸ <sup>c</sup>	۵۰/۵۸ <sup>b</sup>	۳۹/۸۲/۹ <sup>c</sup>	۲۶/۸ <sup>a</sup>
C <sub>۱</sub>	۹۵/۸۸ <sup>b</sup>	۶۰/۰۵ <sup>a</sup>	۲۰/۳ <sup>b</sup>	۴۰/۷ <sup>ab</sup>	۷/۴۲ <sup>bc</sup>	۳/۸۹ <sup>d</sup>	۴/۳۲ <sup>bc</sup>	۱۲۰/۴/۲ <sup>b</sup>	۳۶/۷ <sup>ab</sup>	۴/۵۵ <sup>a</sup>	۴۷/۵۱/۴ <sup>b</sup>	۲۵/۳ <sup>bc</sup>
C <sub>۲</sub>	۶۶/۰۹۱ <sup>d</sup>	۵۶/۱۰ <sup>b</sup>	۱/۲۲ <sup>c</sup>	۳۷/۶ <sup>b</sup>	۸/۵۵ <sup>a</sup>	۱/۱۹ <sup>dc</sup>	۴/۱۹ <sup>dc</sup>	۳۵/۸ <sup>a</sup>	۳۱/۳ <sup>a</sup>	۴/۲۱۴/۴ <sup>b</sup>	۱۸/۴ <sup>d</sup>	۴۲/۱۴/۴ <sup>b</sup>
C <sub>۳</sub>	۹۳/۸۸ <sup>c</sup>	۵۳/۰۷ <sup>c</sup>	۱/۹۱ <sup>b</sup>	۴۲/۱ <sup>a</sup>	۸/۷۸ <sup>a</sup>	۱/۷/۶ <sup>d</sup>	۱/۷/۶ <sup>d</sup>	۲۰/۷۱/۹ <sup>a</sup>	۳۸/۳ <sup>a</sup>	۲۰/۷۱/۹ <sup>a</sup>	۵۷/۹۲/۴ <sup>a</sup>	۳۵/۷ <sup>a</sup>
B	۹۲/۲۲ <sup>d</sup>	۵۲/۴۵ <sup>c</sup>	۴/۱۷ <sup>a</sup>	۷/۱۸ <sup>c</sup>	۱۹/۷ <sup>d</sup>	۴/۵۹ <sup>b</sup>	۷/۱۸ <sup>c</sup>	۱۲۷/۷/۴ <sup>b</sup>	۳۱/۱ <sup>ab</sup>	۲۱/۱ <sup>ab</sup>	۵۱/۸۴/۹ <sup>ab</sup>	۲۴/۳ <sup>c</sup>
خراسان	۱۰/۸۸ <sup>a</sup>	۱۰/۴۵ <sup>c</sup>	۴/۱۷ <sup>a</sup>	۲۶/۰ <sup>c</sup>	۱/۹۶ <sup>b</sup>	۵۷/۲۳۰ <sup>ab</sup>	۷/۸۷ <sup>b</sup>	۱۳۶/۹/۲ <sup>b</sup>	۳۰/۵ <sup>ab</sup>	۳۰/۵ <sup>ab</sup>	۴۳/۱۸/۱ <sup>b</sup>	۳۱/۷ <sup>ab</sup>
۳۳	۹۱/۲۲ <sup>d</sup>	۵۷/۲۳۰ <sup>ab</sup>	۱/۹۶ <sup>b</sup>	۲۶/۰ <sup>c</sup>	۱/۹۶ <sup>b</sup>	۵۷/۲۳۰ <sup>ab</sup>	۷/۸۷ <sup>b</sup>	۱۳۶/۹/۲ <sup>b</sup>	۳۰/۵ <sup>ab</sup>	۳۰/۵ <sup>ab</sup>	۴۳/۱۸/۱ <sup>b</sup>	۴۴/۲۲/۰ <sup>b</sup>

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 بزرک تولید شده در سطح شاهد (بدون تنفس) وزن بیشتری (۱۱٪) نسبت به دانه‌های حاصل در تنفس 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 فتوستنتزی بدنیان تقلیل اندام‌های رویشی رخ داده باشد. همچنین تنفس 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 C<sub>۱</sub> کمترین میانگین وزن هزار دانه را در میان شش ژنوتیپ مورد مطالعه دارا بودند. با تشدید تنفس کمبود آب عملکرد دانه نیز کاهش معنی دار داشت. علاوه بر اجزاء عملکرد، عملکرد دانه بطور غیر مستقیم به شاخص سطح برگ و کل ماده خشک تولید شده درگیاه وابسته است (Casa *et al.*, 1999). تنفس طولانی مدت کمبود آب از طریق کاهش شاخص‌های فوق و در نتیجه کاهش

بوته بزرک تحت شرایط تنفس کمبود آب بعلت کاهش تولید مواد فتوستنتزی قبل و هنگام تشکیل اندام‌های زایشی بوده باشد. تعداد کپسول در بوته تحت شرایط تنفس شدید کم آبی نسبت به شاهد (بدون تنفس) در مقایسه با سه ژنوتیپ دیگر در ژنوتیپ‌های C<sub>۱</sub>, C<sub>۲</sub> و B و C<sub>۳</sub> معنی‌داری نشان داد. به نظر می‌رسد که ژنوتیپ‌های خراسان، ۳۳ و C<sub>۳</sub> از این نظر از نظر صفت اخیر نسبت به تنفس کمبود آب حساسیت کمتری داشتند و ژنوتیپ C<sub>۱</sub> با بیشترین کاهش از این نظر حساسیت بیشتری نسبت به تنفس کمبود آب داشت (جدول ۵). شرایط تنفس شدید منجر به ۷/۴ درصد کاهش در تعداد دانه در کپسول نسبت به سطح شاهد (بدون تنفس) گردید. تنفس کمبود رطوبتی در مرحله گرده افشاری موجب عقیم شدن دانه‌های گرده و در مراحل بعدی سبب اختلال در تأمین مواد فتوستنتزی 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 تنفس شدید کم آبی منجر به کاهش معنی دار تعداد دانه در کپسول در سه ژنوتیپ C<sub>۱</sub>, خراسان و ۳۳

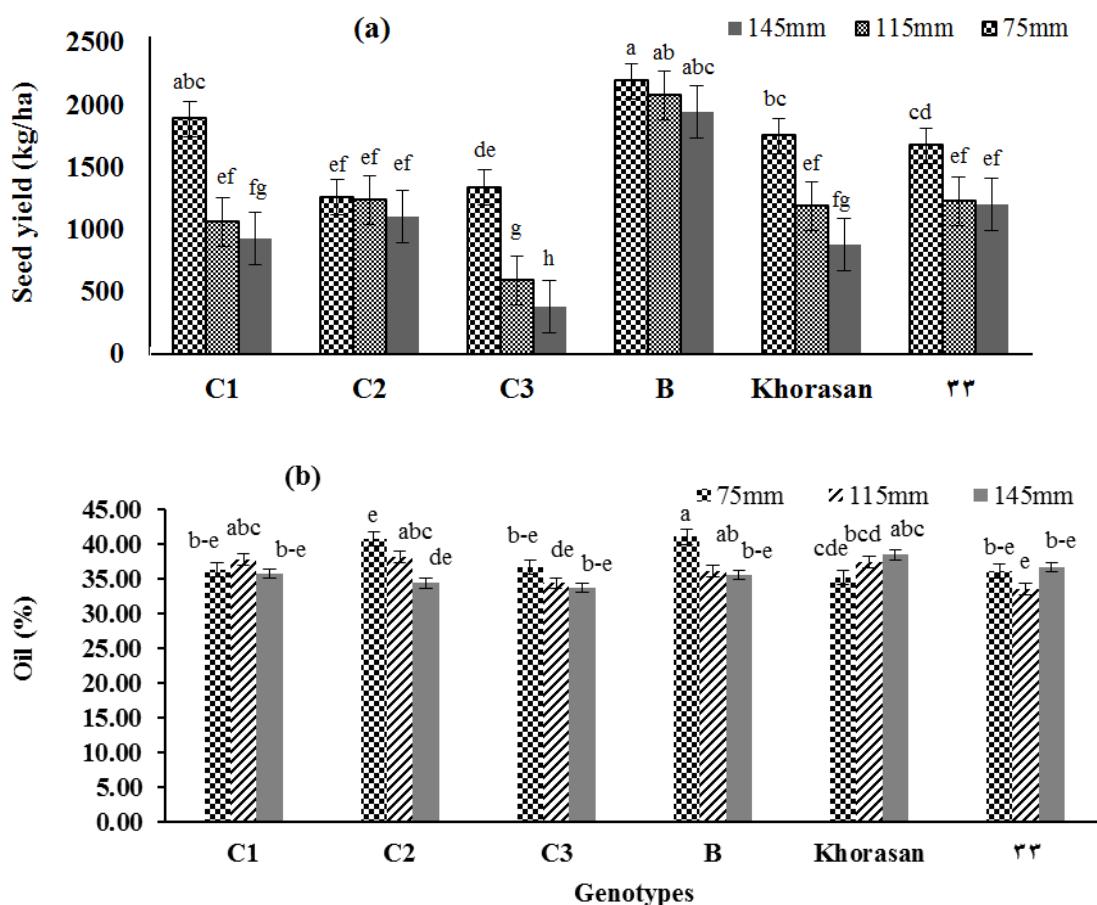
جدول ۵- میانگین‌های اثرات متقابل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول  
شش ژنوتیپ بزرک تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

عامل آزمایشی	آبیاری	ژنوتیپ	روز تا رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتی متر)	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول
			فیزیولوژیک	ارتفاع بوته (سانتی متر)	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول
V/V <sup>cd</sup>	۵۰/۹ <sup>a</sup>	۲/۸۳ <sup>c</sup>	۷۷/۴ <sup>a</sup>	۱۰۰/۰ <sup>cd</sup>	۷۵	C <sub>1</sub>	
A/۵ <sup>abc</sup>	۴۳/۰ <sup>abc</sup>	۱/۵۵	۵۷/۷ <sup>cd</sup>	۹۴/۳ <sup>fgh</sup>	۷۵	C <sub>2</sub>	
A/V <sup>a</sup>	۳۷/V <sup>cde</sup>	۲/۵۳ <sup>cde</sup>	۵۱/۴ <sup>fghi</sup>	۹۳/۷ <sup>gh</sup>	۷۵	C <sub>3</sub>	
۷/۲ <sup>f</sup>	۲۴/A <sup>fghi</sup>	۳/۱۹ <sup>bc</sup>	۴۳/۱ <sup>j</sup>	۹۷/۳ <sup>ef</sup>	۷۵	B	
V/A <sup>bcd</sup>	۲۳/A <sup>ghi</sup>	۵/۹۶ <sup>a</sup>	۵۹/۸ <sup>bc</sup>	۱۰۹/۰ <sup>a</sup>	۷۵	خراسان	
A/۵ <sup>abc</sup>	۲۸/۰ <sup>fgh</sup>	۲/۶۸ <sup>cd</sup>	۶۴/۶ <sup>ab</sup>	۹۵/۶ <sup>efg</sup>	۷۵	۳۳	
V/V <sup>cd</sup>	۴۷/V <sup>ab</sup>	۱/۸۵ <sup>ef</sup>	۵۷/۴ <sup>cd</sup>	۹۵/۳ <sup>fg</sup>	۱۱۵	C <sub>1</sub>	
A/V <sup>ab</sup>	۳۳/A <sup>cdef</sup>	۱/۴۷ <sup>f</sup>	۵۷/۴ <sup>cdef</sup>	۹۱/۰ <sup>ig</sup>	۱۱۵	C <sub>2</sub>	
A/V <sup>ab</sup>	۴۷/V <sup>ab</sup>	۱/۶۴ <sup>f</sup>	۵۰/۹ <sup>ghi</sup>	۹۰/۰ <sup>ijk</sup>	۱۱۵	C <sub>3</sub>	
V/E <sup>de</sup>	۱۵/۴ <sup>ijk</sup>	۱/۷۴ <sup>ef</sup>	۳۷/۹ <sup>k</sup>	۹۰/۳ <sup>ijk</sup>	۱۱۵	B	
V/A <sup>bcd</sup>	۱۴/۲ <sup>jk</sup>	۳/۶۵ <sup>b</sup>	۴۷/۵ <sup>ij</sup>	۱۰۴/۳ <sup>b</sup>	۱۱۵	خراسان	
V/A <sup>bcd</sup>	۲۱/۵ <sup>hijk</sup>	۱/۸۹ <sup>def</sup>	۵۵/۱ <sup>cdefg</sup>	۸۹/۶ <sup>jk</sup>	۱۱۵	۳۳	
V/V <sup>ef</sup>	۲۳/۷ <sup>ghij</sup>	۱/۳۹ <sup>fg</sup>	۵۳/۷ <sup>cdefg</sup>	۹۲/۳ <sup>hi</sup>	۱۴۵	C <sub>1</sub>	
A/۴ <sup>abc</sup>	۳۳/۰ <sup>defg</sup>	۰/۶۴ <sup>g</sup>	۵۴/۳ <sup>defgh</sup>	۸۹/۷ <sup>ik</sup>	۱۴۵	C <sub>2</sub>	
A/۵ <sup>abc</sup>	۴۱/۳ <sup>bcd</sup>	۱/۵۵ <sup>f</sup>	۵۷/۸ <sup>cde</sup>	۹۸/۰ <sup>de</sup>	۱۴۵	C <sub>3</sub>	
V/E <sup>de</sup>	۱۲/۷ <sup>k</sup>	۱/۷۱ <sup>f</sup>	۳۵/۰ <sup>k</sup>	۹۰/۰ <sup>ijk</sup>	۱۴۵	B	
۵/۹ <sup>f</sup>	۲۱/۰ <sup>hijk</sup>	۲/۸۹ <sup>bc</sup>	۴۹/۹ <sup>hi</sup>	۱۰۱/۳ <sup>c</sup>	۱۴۵	خراسان	
V/۳ <sup>de</sup>	۲۸/۵ <sup>fgh</sup>	۱/۳۱ <sup>fg</sup>	۵۱/۹ <sup>efghi</sup>	۸۸/۳ <sup>k</sup>	۱۴۵	۳۳	

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 توجیه است. با تشدید تنش کمبود آب ضمن آنکه ژنوتیپ‌های C<sub>2</sub> و B کاهش کمتری را در عملکرد نشان دادند، ژنوتیپ ۳۳ در حد متوسط قرار داشت و ژنوتیپ‌های C<sub>1</sub>، C<sub>3</sub> و خراسان بیشترین کاهش عملکرد دانه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند (شکل ۲ (a)). بنابراین ظاهرآ ژنوتیپ‌های اخیر ثبات کمتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از

فتوصیز 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 فتوستنتزی 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 پایین‌تر بودن عملکرد دانه آن در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد. افت شدید عملکرد ژنوتیپ C<sub>1</sub> تحت تنش شدید کم آبی، به دلیل کاهش جدی‌تر تعداد کپسول در بوته و همچنین کم بودن وزن هزار دانه آن قابل توجیه می‌باشد. ژنوتیپ‌های B و C<sub>2</sub> 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 افشاری 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 خواهدگی شد. بدون شک مجموعه عوامل فوق عامل اصلی کاهش عملکرد این ژنوتیپ بوده است. قابل ذکر آنکه، ژنوتیپ C<sub>3</sub> نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها درصد سبزشدن 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 معنی‌داری را نشان داد ( $r=0.62^{*}$ ). تولید ماده خشک نتیجه جذب انرژی خورشید می‌باشد و برآیند تولید و مصرف انرژی در گیاه به حساب می‌آید (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 می‌رسد.

تأثیر رژیم آبیاری بر شاخص برداشت معنی‌دار 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 معنی‌دار در بین سه سطح تیمار آبیاری را می‌توان به تأثیر نسبتاً یکسان اثرات تنش کمبود آب بر کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت داد.

از نتایج بدست آمده در آزمایش مطالعه‌ای می‌توان 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 بزرک شد ولی باعث افزایش میزان پروتئین آن شد. ژنوتیپ‌های  $B$  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 می‌باشد.

### نتیجه‌گیری کلی:

از نتایج مطالعه‌ی حاضر می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که حتی سطوح متوسط شوری نیز بر صفات فیزیولوژیک، رشد و تولید ماده‌ی خشک بزرک تاثیر منفی بر جای می‌گذارند. شدت تاثیر شوری بر بزرک تابع ژنوتیپ می‌باشد و در میان ژنوتیپ‌های 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 برخورداری آنها از اندازه بزرگتر و نهایتاً تعداد دانه بیشتر گشت. همچنین به نظر می‌رسد که ژنوتیپ اخیر به دلیل کاهش بیشتر ارتفاع و در نتیجه کاهش سطح تعرق کننده تحت شرایط تنش شدید کمبود آب نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از نظر مکانیزم‌های سازگاری به خشکی، دارای برتری باشد. قابل ذکر آنکه، ژنوتیپ  $C_2$  کاهش سطح برگ بیشتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان داد. از جمله مکانیسم‌های مرتبط با اجتناب از خشکی کاهش سطح برگ می‌باشد (Kibe *et al.*, 2006). بطور کلی در موارد زیادی اثبات شده است که گیاه در معرض این تنش قرار می‌گیرد با کوتاه کردن چرخه زندگی از اثرات تنش فرار می‌کند (Stout *et al.*, 1997). بنابراین می‌توان چنین استدلال نمود که ژنوتیپ‌های  $C_2$  و  $B$  بوسیله تغییر در مراحل نموی خود به تنش کمبود آب سازگاری یافته‌اند.

میانگین درصد روغن دانه بزرک در آزمایش حاضر نزدیک به  $36/5$  درصد بدست آمد و اگر چه همراه با تشديد کمبود آب روند کاهشی داشت ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ۴). در برخی مطالعات کاهش درصد روغن دانه بزرک در اثر تنش کمبود آب معنی‌دار بوده است (امیدیگی و همکاران ۱۳۸۰) ولی این کاهش در دیگر گیاه دانه روغنی یعنی کلزا معنی‌دار نبوده است (دهشیری و همکاران ۱۳۸۰).

در سطح تنش شدید کم آبی، نزدیک به  $31$  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 می‌گردد. 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 متنظره نبود. بیشترین عملکردهای ماده خشک به ترتیب مربوط به ژنوتیپ  $B$  و خراسان و کمترین

شوری و کمبود آب در ژنوتیپ‌های یاد شده بزرک 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 بزرک می‌شود و شدت چنین کاهش‌هایی در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. چون ژنوتیپ‌های B و C<sub>2</sub> 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:

- 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., Higgens, 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) Intraspecific 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 Pendleton, 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.
- Amid 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 طهماسبی سروستانی، ز. (۱۳۸۰) عکس العمل 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., Rharrabtis, Y., Villegas, D. and Royo, C. (2003) Grain yield and its components in durum wheat under Mediterranean condition: An ontogenetic approach. *Agronomy Journal* 95: 266-274.
- Hamrounia, I., Ben Salahb, H. and Marzouka, B. (2001)

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

Azam Kadkhodaei, 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 C<sub>1</sub>, C<sub>2</sub>, C<sub>3</sub>, B, Khorasan and 33. Plants were grown to flowering and their Na<sup>+</sup>, K<sup>+</sup>, Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> 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<sup>+</sup> content and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup> increased and K<sup>+</sup> 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 C<sub>3</sub> 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 C<sub>2</sub> indicated the least decreases in their grain yield, they may be considered as more drought-tolerant genotypes.

**Key words:** Linseed, drought, salinity, growth, Na<sup>+1</sup>, K<sup>+1</sup>, yield

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