تأثیرتنش 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 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 ژنوتیپ های 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 مزرعه ای 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 ماده‌ی 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 مزرعه ای با افزایش خشکی رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ژنوتیپ ها 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.

واژه های کلیدی: بزرک، خشکی، شوری، رشد، سدیم، پتاسیم، عملکرد.

مقدمه:

بزرک (*Linum usitatissimum L.*) از جمله گیاهان زراعی قدیمی می‌باشد که از بدو 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). کشت بزرک از زمان های قدیم در ایران معمول بوده است و امروزه همچنان بعنوان زراعت فرعی مورد کشت می باشد. 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 می باشد و از این رو امروزه بزرک با برخورداری از رتبه ششم جهانی در میان گیاهان دانه روغنی از نظر تأمین این ماده غذائی نقش مؤثری دارد. ضمن آنکه از روغن بزرک بعنوان روغن خشک شونده در صنایع رنگ سازی، نقاشی،

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

تولید جوهر چاپگر و ساخت کف پوش نیز استفاده می‌شود. کنجاله بزرک با ٤٥٪ پروتئین به عنوان مکمل غذایی درتغذیه 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 می‌رود. شوری منجر به کاهش رشد و تغییراتی جدی در متابولیسم گیاهان می‌شود. کم شدن پتانسیل آب در محیط ریشه، سمیت برخی از یون‌ها 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 می‌روند. (Munns, 1993). تجمع یون سدیم در بخش هوایی گیاهان از جمله عواقب شوری خاک و آب کشاورزی می‌باشد. اگر چه تجمع این یون می‌تواند مقدمه آسیب‌های 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 گونه‌های مختلف نشان داده است. چنانچه گونه ها یا ژنوتیپ‌هایی قادر به حفظ نسبت سدیم به پتاسیم کوچک تری باشند نشان دهنده ظرفیت تحمل شوری در آنها می‌باشد.

کمبود آب یکی از مشخصات کشاورزی مناطق خشک و نیمه خشک نظیر ایران می‌باشد. کمبود آب از تنش‌هایی است که به شدت رشد گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد و چنین کاهشی هم در اجزاء رویشی و هم اجزاء زایشی گیاهان مختلف دیده می‌شود. این تنش باعث کوتاهتر شدن طول دوره رشد می شود. رشد طولی ساقه از حساس ترین صفات به تنش کم آبی می‌باشد و کمبود آب در این مرحله بر روی اندازهٔ میانگره‌ها اثر گذاشته و از بزرگ شدن سلول‌های در حال رشد می‌کاهد (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 واسطه مختل کردن مکانیسم های سنتز نشاسته سبب کاهش قدرت مخزن، کاهش وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد دانه می‌شود (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 می‌گیرد (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 می‌افتد.

مطالعات صورت گرفته بر روی بزرک بویژه در ارتباط با تحمل به تنش‌های 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 ریزی‌های 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 ژنوتیپ‌های بزرک صورت پذیرفت تا با توجه به نتایج به دست آمده متحمل‌ترین ژنوتیپ نسبت به شوری در بین ژنوتیپ‌های 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 ژنوتیپ‌های بزرک صورت گرفت.

مواد و روش‌ها:

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

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 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، ٦/٤ دسی‌زیمنس بر متر) و ۱۰۵ (شوری بسیار شدید، ۹/٦ دسی‌زیمنس بر متر) میلی‌مولار نمک طعام خالص (NaCl) به عنوان یک فاکتور و شش ژنوتیپ بزرک شامل C_1 (لاین اصلاحی دیررس با تعداد انشعاب و کپسول زیاد)،C_2 (لاین اصلاحی با تعداد کپسول متوسط)، C_3 (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 ٤ دسی زیمنس 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 گلدان هایی با قطر ۲۸ سانتی‌متر که توسط ماسه و پرلایت با نسبت ۵۰:۵۰ پر گردید، در دانشگاه صنعتی اصفهان در ماه های 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 گلدان به ٤۳ 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 ٤۰ میلی‌لیتر از محلول غذایی داده شد. برای جلوگیری و مبارزه با بیماری بوته‌میری از قارچ‌کش 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 ٦۰ 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 ٦۰ 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

سدیم و پتاسیم نمونه‌ها تعیین شد

اندازه گیری 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 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_1، C_3C_2، 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 اندازه گیری شاخص سطح برگ در اوایل گلدهی توسط دستگاه اندازه گیری سطح برگ مدل جی-آ-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 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 حاشیه هااز 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 دانه ها 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 (جدول۱). 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_3 متفاوت بود. تعداد روز تا گلدهی هم از ۶۲ روز در ژنوتیپ B تا نزدیک به ۸۱ روز در ژنوتیپ های خراسان و C_3 متفاوت بود (جدول ۲). شوری هم از طریق کاهش تثبیت 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) مؤلفه‌های

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

جدول ١- نتایج تجزیه واریانس روز تا گلدهی، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شش ژنوتیپ بزرک تحت سطوح مختلف شوری

منابع تغییر		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	روز تا گلدهی	ارتفاع	وزن خشک اندام هوایی	سدیم	پتاسیم	پتاسیم/سدیم
بلوک	٣	١/١٤^{ns}	١٢/٤٣*	٠/٠١١٧^{ns}	٥/٨٤^{ns}	٢/٥٥^{ns}	٠/٤٢^{ns}
ژنوتیپ	٥	٨١٩/٦١**	٥٧/٣٥**	٠/٠٨٥١**	٩٩/٢٢*	١٤٠/٥٧**	٦/٩٤**
شوری	٣	١/٥٦^{ns}	٢٦٠١/٩٠**	٤/٣٢**	١٢٢٣٢/٥٩**	١٣٤٧/٣٥**	٢٣٤/٠٨**
ژنوتیپ × شوری	١٥	٣/٥٧^{ns}	٢١/٩٨**	٠/٠٧٩٦**	١٠٠/٦٠**	١٣/٢٣**	٣/٦١**
خطا	٦٩	٢/٨١	٣/٢٦	٠/٠١٦٦	٢٢/٩٦	٣/٤٥	٠/٤٩

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ٥ و ١ درصد و ns عدم اختلاف معنی دار می باشد.

جدول ٢- مقایسه میانگین‌های روز تا گلدهی، ارتفاع، وزن خشک اندام هوایی، غلظت سدیم، پتاسیم و نسبت سدیم به پتاسیم در شش ژنوتیپ بزرک تحت سطوح مختلف شوری.

عامل آزمایشی	روز تا گلدهی	ارتفاع (سانتی متر)	وزن خشک (گرم بر بوته)	سدیم (میلی‌گرم بر گرم)	پتاسیم (میلی‌گرم بر گرم)	پتاسیم/سدیم
شوری (میلی مولار)						
٠	٧٤/١٦^{a}	٤٥/٢٧^{a}	١/٤٦^{a}	١٨/٤٧^{d}	٢٧/١٢^{a}	٠/٦٨^{d}
٣٥	٧٤/٠٤^{a}	٣٥/١٢^{b}	٠/٧٥٦^{b}	٣٩/٢٨^{c}	١٩/٣٠^{b}	٢/١١^{c}
٧٠	٧٣/٨٣^{a}	٢٧/٣٩^{c}	٠/٦٠٥^{c}	٥٧/٢٧^{b}	١٤/٣٤^{c}	٤/١٥^{b}
١٠٥	٧٣/٥٨^{a}	٢١/١٣^{d}	٠/٥٣٦^{c}	٧٠/٤٩^{a}	٩/٥٩^{d}	٧/٨٧^{a}
ژنوتیپ						
C_1	٧٣/٢٥^{b}	٣١/٨٩^{cd}	٠/٧٨٣^{bc}	٤٣/٧٨^{c}	١٧/٧٤^{c}	٣/٧٨^{b}
C_2	٧٣/٠٦^{b}	٣٣/١٧^{b}	٠/٧٥٧^{c}	٤٥/٥٦^{bc}	١٤/١٨^{d}	٤/٢٨^{a}
C_3	٨١/٨١^{a}	٣٥/٣٩^{a}	٠/٧٩٢^{bc}	٤٣/٩١^{c}	١٣/٩٤^{c}	٤/٥٧^{a}
B	٦٢/٠٠^{c}	٢٩/٩٠^{d}	٠/٨٩٧^{a}	٥٠/١٣^{a}	٢١/٢٧^{a}	٢/٨٢^{d}
خراسان	٧٢/٤٣^{b}	٣١/٨٩^{c}	٠/٩٣٩^{a}	٤٨/٢١^{ab}	١٩/٥٣^{b}	٣/٦٠^{bc}
٣٣	٨٠/٨٧^{a}	٣٢/٠٠^{c}	٠/٨٦٩^{ab}	٤٨/٦٩^{bc}	١٨/٨٦^{bc}	٣/١٦^{dc}

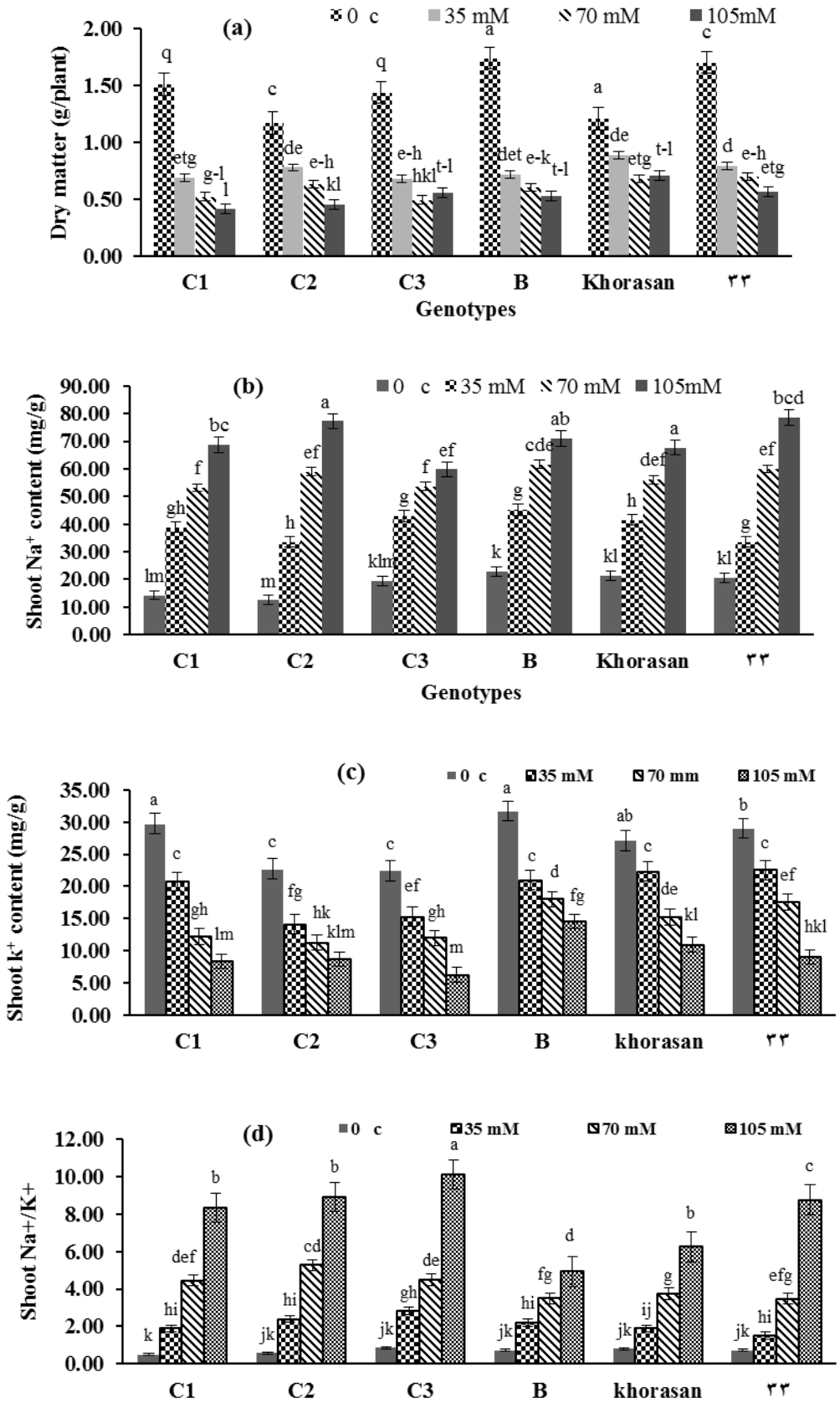
در هر ستون و برای هر عامل آزمایشی، میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی دار (LSD) و در سطح احتمال ٠/٠٥ اختلاف معنی‌داری ندارند.

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 ٤٤/١٦ درصد و C_2 با ٤٦/١٥ درصد بود و در همین سطح نیز بیشترین میزان کاهش وزن خشک اندام هوایی مربوط به ژنوتیپ B با ٦٥/٥ درصد بود (شکل ١ (a)).

شوری رشد رویشی و زایشی گیاه را تحت تأثیر قرار می دهد و بنابراین موجب کاهش وزن خشک گیاه می‌شود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]



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 بزرک. 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

(Kaya *et al*., 2001). بنابرگزارش‌های موجود شوری سبب کاهش وزن خشک اندام هوایی و ارتفاع در ذرت (Cicek and Cakirlar, 2002)، آفتابگردان (Knox and Dodge, 1985)، کنجد (Mahmood, 2003) و کلزا (Ashraf and Ali, 2008) می شود. در میان ژنوتیپ های مورد مطالعه ژنوتیپ هایی 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 ژنوتیپ های بزرگ با افزایش سطح شوری افزایش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به ۳/۸ برابر شاهد می رسید (جدول ۲). بزرگ ترین 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_1 بود. میانگین غلظت پتاسیم بخش هوایی ژنوتیپ های بزرگ با افزایش سطح شوری کاهش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به ۳۵ درصد سطح شاهد کاهش یافت (جدول ۲). بزرگ ترین میانگین غلظت پتاسیم بخش هوایی (۲۱/۲۷ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ B و کمترین آن (۳/۹٤ میلی گرم بر گرم) متعلق به ژنوتیپ C_3 بود. میانگین نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی ژنوتیپ های بزرگ با افزایش سطح شوری به طرز چشمگیری افزایش یافت، بطوریکه در سطح شوری بسیار شدید مقدار آن به ۱۱/٦ برابر شاهد می رسید (جدول ۲). بزرگ ترین میانگین نسبت سدیم به پتاسیم بخش هوایی (٤/۵۷) متعلق به ژنوتیپ C_3 و کمترین آن (۲/۸۲) متعلق به ژنوتیپ B بود.

غلظت سدیم بخش هوایی تمام ژنوتیپ ها با تشدید شوری افزایش داشت ولی میزان این افزایش در ژنوتیپ ها 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 مشاهده شد. غلظت پتاسیم بخش هوایی تمام ژنوتیپ ها با تشدید شوری کاهش یافت ولی میزان این کاهش در ژنوتیپ ها 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 ژنوتیپ ها با تشدید شوری افزایش یافت ولی میزان این افزایش در ژنوتیپ ها متفاوت بود (شکل ۱ (d)). حداکثر میزان افزایش این نسبت تحت سطح شوری بسیار شدید نسبت به سطح شاهد در ژنوتیپ C_3 و حداقل آن در دو ژنوتیپ B و خراسان مشاهده شد.

آزمایش مزرعه ای: 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 ٤).

کاهش در ارتفاع ژنوتیپ های بزرگ (جدول ٤) تحت شرایط محدودیت رطوبتی به میزان حدوداً ۱۲ درصد در تنش شدید کم آبی مشاهده شد که در مطالعه حاضر آن را می توان 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 ژنوتیپ ها به استثنای ژنوتیپ C_3 شد (جدول۵). با عنایت به تفاوت معنی دار در میانگین تعداد روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ژنوتیپ های ۳۳، C_2 و B بعنوان ژنوتیپ ها ی 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

جدول ٣- 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

منابع تغییر		میانگین مربعات					
	درجه آزادی	رسیدگی فیزیولوژیک	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	تعداد کپسول در بوته	تعداد دانه در کپسول	وزن هزار دانه
بلوک	٢	١/١٨	١٤/٠٧	٠/٠٧٤	٣٩	٠/٧٦٩	٠/٤٦٦
آبیاری	٢	١٣٨/٦٨**	٢٦٢/٠٣**	١١/٢٣**	٢٩٢*	١/٩٣٤*	١/٧٢٢*
خطای الف	٤	١/٩٦	١٤/٤٤	٠/٢٣٣	١٧	٠/١٨٠	٠/١٥٩
ژنوتیپ	٥	٢٣٩/٢٢**	٥٠٦/٠٣**	٨/٩٨**	١٠٤١**	٤/٣٢٧**	٤/٤٢٧**
ژنوتیپ × آبیاری	١٠	٢٠/٠٤**	٤٢/٥١**	٠/٦٤٣*	١٥٥**	٠/٩٥٦**	٠/١١٠^{ns}
خطای ب	٣٠	٢/٥٢	٩/١٥	٠/٢٤٠	٣٢	٠/٣٠٩	٠/١١٩

* و ** به ترتیب اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال ٥ و ١ درصد و عدم اختلاف معنی دار می‌باشد.

ادامه جدول ٣-

منابع تغییر		میانگین مربعات				
	درجه آزادی	عملکرد دانه در هکتار	درصد روغن	پروتئین	عملکرد ماده خشک	شاخص برداشت
بلوک	٢	٣٢٣٣٨٨	٥/٠٠	١/٧٨	٥١٧٧٤٧٠	٣٢
آبیاری	٢	١٨١٤٦٨٩**	٢/٧١^{ns}	٦/٨٩*	١٥٤٣٥٣٢٧**	٤٥^{ns}
خطای الف	٤	٥٤٨٥٦	١/٧٩	٠/٤٧	٣٣٠٠١٣	١٤
ژنوتیپ	٥	١٥٨٦٤٩٠**	٩/٦٩^{ns}	٤/٤٣**	٣٣٣٢٠٧١*	٣٩٦**
ژنوتیپ × آبیاری	١٠	١٢٥٠١٢*	١١/١٢*	١/٠٥^{ns}	١٨٦١٧١٩^{ns}	٤١^{ns}
خطای ب	٣٠	٥١٢٣٩	٤/١٦	٠/٨٧	١١٠٣٦٦٩	٤٢

* و ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطوح احتمال ٥ و ١ درصد وns عدم اختلاف معنی دار می باشد.

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 ٤). در مطالعه Casa و همکاران (١٩٩٩) روی بزرک، کاهش شاخص سطح برگ از ٦ (فصل مرطوب) به ٢ (فصل خشک) مشاهده شد. شاخص سطح برگ ژنوتیپ خراسان به میزان زیادی تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار گرفت. در ژنوتیپ C_2 بیشترین کاهش در شاخص سطح برگ تحت شرایط تنش شدید کم آبی دیده شد (جدول ٥). 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 ٢٣ درصد کاهش در تعداد کپسول در بوته نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید (جدول ٤). در مطالعه امیدبیگی و همکاران (١٣٨٠)، کاهش عملکرد دانه بزرک از طریق کاهش تعداد کپسول در بوته گزارش شده است. به نظر می رسد که کاهش تعداد کپسول در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

جدول ٤- 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 هزار دانه (gr)	عملکرد دانه (Kg/h)	روغن (درصد)	پروتئین (درصد)	عملکرد ماده خشک (Kg/h)	شاخص برداشت (درصد)
آبیاری											
I_1	٩٨/١٦^{a}	٥٧/٣٤^{a}	٣/١٢^{a}	٣٤/٧^{a}	٧/٩٣^{a}	٤/٩١^{a}	١٦٨٦/٧^{a}	٣٦/٩^{a}	٢٩/٧^{b}	٥٧٩٦/١^{a}	٢٩/٦٠^{a}
I_2	٩٣/٤٤^{b}	٥٠/٩^{b}	٢/٠٥^{b}	٣٠/٠^{b}	٨/٠٣^{a}	٤/٤١^{b}	١٢٣٤/٠^{b}	٣٦/٦^{a}	٣٠/٨^{a}	٤٥٦٢/٦^{b}	٢٧/٠^{a}
I_3	٩٣/٢٧^{b}	٥٠/٥٨^{b}	١/٥٨^{c}	٢٦/٧^{b}	٧/٤٢^{b}	٤/٣٤^{b}	١٠٧٤/٧^{b}	٣٦/٢^{a}	٣٠/٨^{a}	٣٩٨٢/٩^{c}	٢٦/٨^{a}
ژنوتیپ											
C_1	٩٥/٨٨^{b}	٦٠/٠٥^{a}	٢/٠٣^{b}	٤٠/٧^{ab}	٧/٤٢^{bc}	٣/٨٩^{d}	١٢٩٤/٧^{b}	٣٦/٦^{ab}	٣٠/٤^{ab}	٤٤٢٢/٠^{b}	٢٩/٢^{ab}
C_2	٦٦٠٩١^{d}	٥٦/١٠^{b}	١/٢٢^{c}	٣٦/٦^{b}	٨/٥٥^{a}	٤/٣٢^{bc}	١٢٠٤/٢^{b}	٣٦/٣^{b}	٣٠/٣^{b}	٤٧٥١/٤^{b}	٢٥/٣^{bc}
C_3	٩٣/٨٨^{c}	٥٣/٠٧^{c}	١/٩١^{b}	٤٢/١^{a}	٨/٦٨^{a}	٤/١٩^{dc}	٧٧٣/٥^{c}	٣٥/٨^{b}	٣١/٢^{a}	٤٢١٤/٤^{b}	١٨/٤^{d}
B	٩٢/٢٢^{d}	٣٨/٧٣^{d}	٢/٢١^{b}	١٧/٦^{d}	٧/٠٦^{c}	٥/٩٠^{a}	٢٠٧١/٩^{a}	٣٨/٣^{a}	٢٩/٢^{c}	٥٧٩٢/٤^{a}	٣٥/٧^{a}
خراسان	١٠٤/٨٨^{a}	٥٢/٤٥^{c}	٤/١٧^{a}	١٩/٧^{d}	٧/١٨^{c}	٤/٥٩^{b}	١٢٧٧/٤^{b}	٣١/١^{ab}	٣١/١^{ab}	٥١٨٤/٩^{ab}	٢٤/٦^{c}
٣٣	٩١/٢٢^{d}	٥٧/٢٣^{ab}	١/٩٦^{b}	٢٦/٠^{c}	٧/٨٧^{b}	٤/٤٣^{bc}	١٣٦٩/٢^{b}	٣٠/٥^{ab}	٣٠/٥^{ab}	٤٣١٨/١^{b}	٣١/٧^{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 ٠/٠٥ اختلاف معنی‌داری ندارند.

بوته بزرک تحت شرایط تنش کمبود آب بعلت کاهش تولید مواد فتوسنتزی قبل و هنگام تشکیل اندام های 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 ژنوتیپ های C_1، C_2 و B کاهش معنی داری نشان داد. به نظر می رسد که ژنوتیپ های خراسان، ٣٣ و C_3 از این نظر از نظر صفت اخیر نسبت به تنش کمبود آب حساسیت کمتری داشتند و ژنوتیپ C_1 با بیشترین کاهش از این نظر حساسیت بیشتری نسبت به تنش کمبود آب داشت (جدول ٥). شرایط تنش شدید منجر به ٦/٤ درصد کاهش در تعداد دانه در کپسول نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید. تنش کمبود رطوبتی در مرحله گرده افشانی موجب عقیم شدن دانه های گرده و در مراحل بعدی سبب اختلال در تأمین مواد فتوسنتزی جاری و انتقال مواد ذخیره شده به دانه ها می گردد که می تواند عامل و دلیل اصلی کاهش در تعداد دانه در کپسول در آزمایش حاضر بوده باشد. با اینکه تنش شدید کم آبی منجر به کاهش معنی دار تعداد دانه در کپسول در سه ژنوتیپ C_1، خراسان و ٣٣ شد، ولی در ژنوتیپ B سبب افزایش در تعداد دانه در طبق شد. دانه های بزرک تولید شده در سطح شاهد (بدون تنش) وزن بیشتری (١١٪) نسبت به دانه های حاصل در تنش شدید کم آبی داشتند. به نظر می رسد 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 بدنبال تقلیل اندام های 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 C_1 کمترین میانگین وزن هزار دانه را در میان شش ژنوتیپ مورد مطالعه دارا بودند.

با تشدید تنش 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). تنش طولانی مدت کمبود آب از طریق کاهش شاخص های فوق و در نتیجه کاهش

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

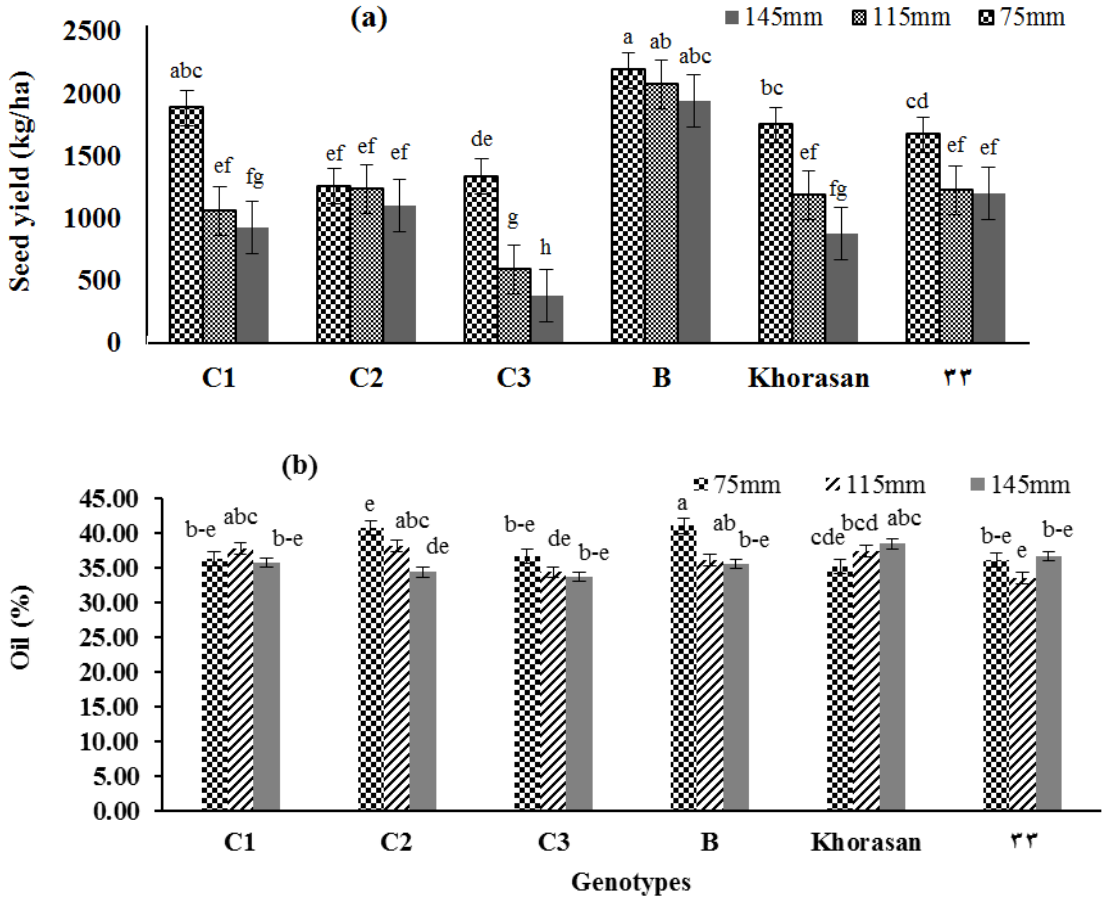
جدول ٥- میانگین‌های اثرات متقابل روز تا رسیدگی فیزیولوژیک، ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ، تعداد کپسول در بوته و تعداد دانه در کپسول شش ژنوتیپ بزرگ تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

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	٧٥	١٠٠/٠^{cd}	٦٧/٤^{a}	٢/٨٣^{c}	٥٠/٩^{a}	٧/٧^{cd}
C_2	٧٥	٩٤/٣^{fgh}	٥٧/٦^{cd}	١/٥٥	٤٣/٠^{abc}	٨/٥^{abc}
C_3	٧٥	٩٣/٦^{gh}	٥١/٤^{fghi}	٢/٥٣^{cde}	٣٧/٧^{cde}	٨/٧^{a}
B	٧٥	٩٦/٣^{ef}	٤٣/١^{j}	٣/١٩^{bc}	٢٤/٨^{fghi}	٦/٢^{f}
خراسان	٧٥	١٠٩/٠^{a}	٥٩/٨^{bc}	٥/٩٦^{a}	٢٣/٨^{ghi}	٧/٨^{bcd}
٣٣	٧٥	٩٥/٦^{efg}	٦٤/٦^{ab}	٢/٦٨^{cd}	٢٨/٠^{fgh}	٨/٥^{abc}
C_1	١١٥	٩٥/٣^{fg}	٥٧/٤^{cd}	١/٨٥^{ef}	٤٧/٧^{ab}	٧/٧^{cd}
C_2	١١٥	٩١/٠^{ig}	٥٦/٤^{cdef}	١/٤٧^{f}	٣٣/٨^{cdef}	٨/٧^{ab}
C_3	١١٥	٩٠/٠^{ijk}	٥٠/٩^{ghi}	١/٦٤^{f}	٤٧/٣^{ab}	٨/٧^{ab}
B	١١٥	٩٠/٣^{ijk}	٣٧/٩^{k}	١/٧٤^{ef}	١٥/٤^{ijk}	٧/٤^{de}
خراسان	١١٥	١٠٤/٣^{b}	٤٧/٥^{ij}	٣/٦٥^{b}	١٤/٢^{jk}	٧/٨^{bcd}
٣٣	١١٥	٨٩/٦^{jk}	٥٥/١^{cdefg}	١/٨٩^{def}	٢١/٥^{hijk}	٧/٨^{bcd}
C_1	١٤٥	٩٢/٣^{hi}	٥٣/٣^{cdefg}	١/٣٩^{fg}	٢٣/٦^{ghij}	٦/٧^{ef}
C_2	١٤٥	٨٩/٦^{jk}	٥٤/٣^{defgh}	٠/٦٤^{g}	٣٣/٠^{defg}	٨/٤^{abc}
C_3	١٤٥	٩٨/٠^{de}	٥٦/٨^{cde}	١/٥٥^{f}	٤١/٣^{bcd}	٨/٥^{abc}
B	١٤٥	٩٠/٠^{ijk}	٣٥/٠^{k}	١/٧١^{f}	١٢/٧^{k}	٧/٤^{de}
خراسان	١٤٥	١٠١/٣^{c}	٤٩/٩^{hi}	٢/٨٩^{bc}	٢١/٠^{hijk}	٥/٩^{f}
٣٣	١٤٥	٨٨/٣^{k}	٥١/٩^{efghi}	١/٣١^{fg}	٢٨/٥^{efgh}	٧/٣^{de}

در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل دارای یک حرف مشترک هستند بر اساس آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

فتوسنتز گیاه اثرات منفی زیادی بر عملکرد دانه می گذارد. در مطالعه حاضر، رژیم های آبیاری از مرحله به ساقه رفتن ارقام بزرگ شروع شده، به همین دلیل بزرگ 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 معنی داری را در میانگین تعداد کپسول در بوته و همچنین تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه موجب شد (جدول ٤). با کاهش به وجود آمده در رشد رویشی و همچنین اجزای عملکرد، کاهش ٣٦ درصدی میانگین عملکرد دانه ارقام بزرگ تحت شرایط تنش شدید کمبود آب قابل توجیه است. با تشدید تنش کمبود آب ضمن آنکه ژنوتیپ‌های C_2 و B کاهش کمتری را در عملکرد نشان دادند، ژنوتیپ ٣٣ در حد متوسط قرار داشت و ژنوتیپ‌های C_1، C_3 و خراسان بیشترین کاهش عملکرد دانه را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها نشان دادند (شکل ٢ (a)). بنابراین ظاهراً ژنوتیپ‌های اخیر ثبات کمتری را نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]



شکل ۲- بررسی میانگین اثر متقابل عملکرد دانه (a) و درصد روغن (b) در شش ژنوتیپ بزرک 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 معنی‌داری ندارند. میله‌های روی هیستوگرام ها نشان‌دهنده خطای معیار می باشند.

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 C_3 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) و همین امر هم یکی از دلایل پایین‌تر بودن عملکرد دانه آن در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها می‌باشد. افت شدید عملکرد ژنوتیپ C_1 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_2 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

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 می باشد (Kibe *et al*., 2006). بطور کلی در موارد زیادی اثبات شده است که وقتی 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 ژنوتیپ های 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 ٣٦/٥ درصد بدست آمد و اگر چه همراه با تشدید کمبود آب روند کاهشی داشت ولی این کاهش معنی‌دار نبود (جدول ٤). در برخی مطالعات کاهش درصد روغن دانه بزرک در اثر تنش کمبود آب معنی‌دار بوده است (امیدبیگی و همکاران ١٣٨٠) ولی این کاهش در دیگر گیاه دانه روغنی یعنی کلزا معنی‌دار نبوده است (دهشیری و همکاران ١٣٨٠)

در سطح تنش شدید کم آبی، نزدیک به ٣١ درصد کاهش در عملکرد ماده خشک را نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) نشان داد (جدول ٤). Pandy و همکاران (١٩٨٤) 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 منتظره نبود. بیشترین عملکردهای ماده خشک به ترتیب مربوط به ژنوتیپ B و خراسان و کمترین میزان عملکرد ماده خشک را ژنوتیپ C_3 به خود اختصاص داد (جدول ٤). عملکرد ماده خشک با شاخص سطح برگ همبستگی مثبت و معنی‌داری را نشان داد ($r=٠/٦٣^{*}$). تولید ماده خشک نتیجه جذب انرژی خورشید می باشد 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 ٨ درصد کاهش در شاخص برداشت نسبت به سطح شاهد (بدون تنش) گردید (جدول ٤). عدم وجود اختلاف معنی دار در بین سه سطح تیمار آبیاری را می توان به تأثیر نسبتا یکسان اثرات تنش کمبود آب بر کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک نسبت داد.

از نتایج بدست آمده در آزمایش مزرعه‌ای 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. 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 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 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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

کاهش جدی در خصوصیات رشد و عملکرد بزرک می‌شود و شدت چنین کاهش‌هایی در ژنوتیپ‌های مختلف متفاوت است. چون ژنوتیپ‌های B و C_2 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 شوری و کمبود آب در ژنوتیپ‌های یاد شده بزرک نیازمند پژوهش‌های بیشتری می‌باشد.

سپاسگزاری:

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

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 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 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., Higges, 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.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]

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

Azam Kadkhodaee, 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_1, C_2, C_3, 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 C_2 indicated the least decreases in their grain yield, they may be considered as more drought-tolerant genotypes.

Key words: Linseed, drought, salinity, growth, Na^{+1}, K^{+1}, yield

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

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-14]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1395.5.16.5.0]