ارزیابی تحمل تنش اسمزی در ارقام کلزا در شرایط آبکشت

معصومه نعمتی[۱] و علی اصغری[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۳/۳۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۳/۱۱)

چکیده

این تحقیق به منظور ارزیابی تحمل تنش اسمزی در مرحله گیاهچه در کلزا (*Brassica napus* L.) به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و در ۴ تکرار در سال ۱۳۹۰ در دانشگاه محقق اردبیلی اجرا گردید. سطوح تنش اسمزی به عنوان عامل اصلی و ۱۲ رقم کلزا به عنوان عامل فرعی بودند که در شرایط آبکشت از نظر صفات طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک مورد بررسی قرار گرفتند. نتایج نشان داد که سطوح تنش بر تمامی صفات مورد بررسی تأثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ داشت. بین ارقام کلزا از لحاظ صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌داری مشاهده شد. تأثیر تنش اسمزی بر طول، حجم، سطح و وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک در ارقام متفاوت یکسان نبود. بیشترین مقدار کاهش صفات مورد مطالعه در شرایط تنش اسمزی مربوط به وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک بود و کمترین مقدار کاهش را طول ریشه داشت. بر اساس تحلیل خوشه‌ای، در هر سه سطح تنش آبی، ارقام کلزا در سه گروه قرار داده شدند. رقم لیکورد در هر سه مورد در گروهی قرار گرفت که میانگین صفات در آن بیشتر از سایر گروه‌ها بود. ارقام اکاپی، کوانتوم، طلاییه و هایولا ۳۰۸ تحمل کمی به تنش اسمزی از خود نشان دادند. رقم لیکورد، در مقایسه با ارقام دیگر، تحمل بیشتری به تنش اسمزی داشت.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، عملکرد بیولوژیک

مقدمه

کلزا (*Brassica napus* L.) گیاهی یکساله از تیره براسیکاسه و جنس کلم است. این گیاه به مناطق معتدل تعلق دارد و در مناطق معتدل و سردسیر که برخی از دانه‌های روغنی رشد مناسبی ندارند، به خوبی رشد می‌کند (۵). کلزا با اختصاص ۱۵٪ کل تولید روغن گیاهی و سطح زیر کشت ۳۱۶۸۰۹۴۵ هکتار در جهان، بعد از سویا و نخل روغنی، مهمترین منبع تولید روغن خوراکی می‌باشد (۸). دانه‌های ریز و کروی شکل کلزا به طور متوسط دارای ۴۵-۴۰ درصد روغن بوده و منبع با ارزشی برای تأمین روغن خوراکی و نیز مصارف صنعتی است (۱۱).

در کشور ایران، زراعت کلزا در بین دانه‌های روغنی معمول، پدیده‌ای جدید است. هم‌چنین، سازگاری آن در اغلب مناطق به دلیل وجود ارقام و تاریخ‌های کاشت مناسب موفق بوده است. به‌طوری که می‌تواند به عنوان نقطه امیدی برای تأمین روغن مورد نیاز محسوب شود.

خشکی یکی از مهمترین محدودیت‌ها در تولید مواد غذایی در جهان می‌باشد. علاوه بر آن، تغییرات آب و هوایی و افزایش روز افزون جمعیت جهان ابعاد این مشکل را گسترده‌تر کرده است.

۱. گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: ali_asgharii@yahoo.com

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

از طرفی، آب یکی از نیازهای اساسی گیاه برای فتوسنتز و تولید ماده خشک است. بنابراین، در گیاهانی که با کمبود آب مواجه هستند، کاهش رشد رویشی و عملکرد از طریق کاهش سطح برگ و به نوبه خود کاهش فتوسنتز جامعه گیاهی و هم‌چنین کاهش ماده خشک امری اجتناب ناپذیر است (۱).

کلزا نیز همانند بسیاری از گیاهان زراعی ممکن است در تمامی مراحل رشد خود از تنش کم‌آبی متأثر شود. بروز این تنش در مرحله جوانه‌زنی و گیاهچه کلزا، تأثیر منفی بر پتانسیل تولید محصول گذاشته، برتری علف‌های هرز را باعث می‌شود و در نهایت کاهش عملکرد دانه را به دنبال خواهد داشت (۶ و ۲۱). بنابراین، بررسی پاسخ رقم‌های مختلف به تنش کم‌آبی در مراحل حساس از رشد گیاه در گزینش ارقام متحمل به خشکی بسیار با ارزش است. به طوری که امروزه یکی از راه‌حل‌های مقابله با تنش کمبود آب، یافتن ارقام جدید با تحمل بیشتر نسبت به تنش خشکی است (۱۸).

خصوصیات ریشه از مهمترین صفات اولیه در تعیین عکس‌العمل گیاهان به خشکی است (۷ و ۲۰). ریشه‌ها از نظر نگه‌داری گیاه در خاک، جذب آب و مواد غذایی مهم می‌باشند. کنترل ساختار ریشه، بخش زیربنایی توسعه و تکامل گیاه است و گیاه را قادر می‌سازد تا به تغییرات شرایط محیطی پاسخ داده و حیات خود را حفظ نماید (۱۵). افزایش رشد ریشه موجب افزایش توانایی استخراج رطوبت خاک شده و به عنوان یک مکانیزم اساسی مقاومت به خشکی عمل می‌کند (۲۰). وقتی گیاه تحت شرایط تنش رطوبتی قرار می‌گیرد، به سرعت تعرق می‌کند. در این حالت، یک سیستم ریشه‌ای کارا توانایی جذب آب جهت جبران تعرق را داشته و هم‌چنین باعث ذخیره آب در برگ‌ها می‌شود (۱۲). اطلاعات محدودی در ارتباط با کارکرد و وراثت پذیری صفات ریشه وجود دارد که علت اصلی این موضوع، نبود روش دقیق اندازه‌گیری و خطای زیاد نمونه‌برداری است (۷).

با توجه به مسئله کمبود آب در ایران و اهمیت کلزا به عنوان یک گیاه دانه روغنی، هدف از این پژوهش ارزیابی ارقام مختلف کلزا نسبت به تنش اسمزی و شناسایی رقم‌های متحمل به خشکی بود. در این پژوهش، برای یکسان نگه داشتن اثر عوامل محیطی و مطالعه دقیق‌تر صفات مربوط به ریشه، از محیط کنترل شده آبکشت (Aquaculture) استفاده شد.

مواد و روش‌ها

در این پژوهش ۱۲ رقم کلزا شامل ارقام پاییزه: اکاپی، اورینت، الویس، ادر، لیکورد، Slmo43، Slmo46 و ارقام بهاره: طلایه، کوانتوم، هایولا۳۰۸، زرفام و Jewel از نظر تحمل به تنش کم‌آبی مورد مطالعه قرار گرفتند. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام گرفت. سطوح تنش به شرح زیر بود: تیمار شاهد (محلول یک دوم هوگلند (۱۰))، تیمار فشار اسمزی ۳/۵- بار (محلول هوگلند یک دوم بعلاوه ۱۶۵ گرم در لیتر پلی‌اتیلن گلیکول-۶۰۰۰) و تیمار فشار اسمزی ۷- بار (محلول هوگلند یک دوم بعلاوه ۲۴۵ گرم در لیتر پلی‌اتیلن گلیکول -۶۰۰۰). میزان پلی‌اتیلن گلیکول- ۶۰۰۰ مورد نیاز با استفاده از فرمول میچل و کافمن (۱۳) محاسبه گردید. بذرها ابتدا با هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی شدند و پس از شستشو در آب مقطر، درون پتری دیش‌های استریل شده که کف آنها با کاغذ صافی استریل پوشانده شده بود، قرار گرفتند. از دستگاه ژرمیناتور به منظور فراهم کردن شرایط مطلوب جوانه‌زنی یعنی دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت نسبی۶۰٪ استفاده شد. بعد از جوانه‌زنی بذرها، گیاهچه‌های یک‌نواخت در لوله‌های اپندورفی که درپوش و انتهای آنها قیچی شده بود، به وسیله توری تثبیت شدند. لوله‌های اپندورف، در یک صفحه از جنس یونولیت روی ظروف محیط کشت تعبیه شدند. گیاهچه‌ها تا مرحله یادداشت‌برداری در گلدان‌های پلاستیکی ۷ لیتری (به ابعاد ۴۰×۳۰×۱۰ سانتی‌متر) محتوی محیط غذایی هوگلند یک دوم با کمی تغییرات (جدول ۱) در گلخانه با شرایط کنترل شده رشد یافتند. هر گلدان به ۶ رقم اختصاص یافت و هر ۲ گلدان (حاوی ۱۲ رقم کشت شده) به عنوان یک تکرار از یک سطح

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

جدول ۱. ترکیبات محلول غذایی هوگلند (۱۱)

شماره	نام ماده شیمیایی	غلظت نهایی µM
۱	$Ca(NO_3)_2$	۲۵۰۰
۲	KNO_3	۳۰۰
۳	$MgSO_4$	۱۵۰۰
۴	KH_2PO_4	۱۷۰۰
۵	$FeSO_4$	۵۰
۶	H_3BO_3	۲۳
۷	$MnSO_4$	۵
۸	$ZnSO_4$	۰/۴
۹	$CuSO_4$	۰/۲
۱۰	H_2MoO_4	۰/۱

تنش در نظر گرفته شد. محلول‌های غذایی گلدان‌ها هر هفته تعویض می‌شد. تنظیمات گلخانه شامل میانگین رطوبت نسبی ۴۰٪، دمای دوره روشنایی ۳±۲۰ درجه سلسیوس و دمای دوره تاریکی ۳±۱۶ درجه سلسیوس و طول روز و شب به ترتیب ۱۶ و ۸ ساعت بود.

دو هفته پس از رشد، زمانی که گیاهچه‌ها به مرحله ۳ برگی رسیدند، تنش آبی با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول- ۶۰۰۰ اعمال شد. برای جلوگیری از شوک اسمزی هر ۳ روز یک‌بار پلی‌اتیلن‌گلیکول- ۶۰۰۰ به ظروف حاوی محلول‌های غذایی افزوده شد تا در نهایت فشار اسمزی مورد نظر در محیط کشت به دست آید. دو هفته پس از اعمال تنش آبی نمونه‌برداری انجام شد و صفات طول ریشه (با استفاده از خط کش بر حسب سانتی متر)، حجم ریشه (از طریق غوطه‌ور ساختن ریشه در آب مقطر در درون یک استوانه مدرج با حجم ۱۰cc)، وزن خشک ریشه و اندام هوایی با استفاده از یک ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. سطح ریشه با استفاده از روش اتکینسون (به نقل از علیزاده (۳)) طبق فرمول ۱ برآورد گردید. [۱] سطح ریشه $=۲\times\{(\text{حجم ریشه، } cm^3)\times۳/۱۴\times(\text{طول ریشه، } cm)\}^{۰/۵}$ عملکرد بیولوژیک از مجموع وزن خشک ریشه و اندام هوایی به‌دست آمد (۱۹).

برای گروه‌بندی ارقام مورد مطالعه، تحلیل خوشه‌ای به روش وارد و با استفاده از معیار فاصله اقلیدسی بر اساس صفات مورد بررسی در شرایط بدون تنش و هر کدام از سطوح تنش به طور جداگانه انجام گرفت. برای تعیین تعداد مطلوب گروه‌ها از تجزیه واریانس چند متغیره بر پایه تجزیه واریانس یک‌طرفه نامتعادل استفاده شد. در شرایط بدون تنش و سطوح مختلف تنش، ارقام به سه گروه مختلف تقسیم شدند (شکل‌های ۷، ۸ و ۹). به منظور تعیین خصوصیات هر گروه از نظر صفات مورد بررسی، میانگین هر گروه برای هر صفت و انحراف از میانگین کل صفات نیز محاسبه گردید (جداول ۴، ۵ و ۶).

داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزارهای SPSS16 و MSTATC تجزیه و تحلیل شدند. برای رسم نمودارها از نرم-افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که ژنوتیپ‌ها در همه صفات مورد بررسی اختلاف معنی‌دار دارند که نشان دهنده تنوع بین ژنوتیپ‌ها است (جدول ۲). بین سطوح تنش اختلاف معنی‌دار وجود داشت. اثر متقابل رقم و تنش نیز برای تمامی صفات

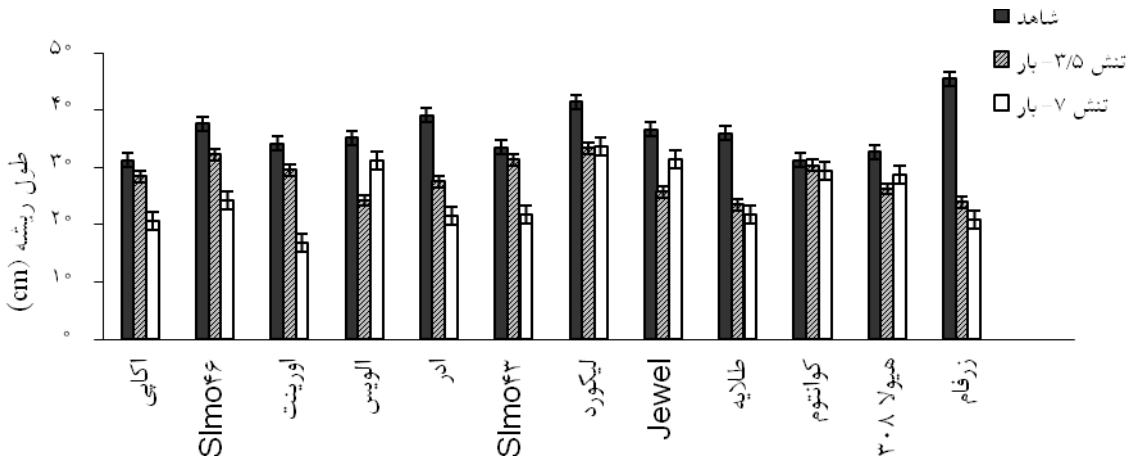
[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

جدول ۲. تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در ارقام بهاره و پاییزه کلزا در شرایط تنش اسمزی

		میانگین مربعات					
منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	حجم ریشه	سطح ریشه	وزن خشک ریشه	وزن خشک اندام هوایی	عملکرد بیولوژیک
تکرار	۳	۲۹/۷^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۲/۳۹^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۰/۰۰۱۹^{ns}	۰/۰۱^{ns}
تنش	۲	۱۳۲۰**	۲/۱۳**	۷۷۲**	۰/۰۱۶**	۳/۳۷**	۴/۵**
خطای اول	۶	۲۱/۱	۰/۰۶	۱۰/۸	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۶	۰/۰۳۱
رقم	۱۱	۹۳/۲**	۰/۴۱**	۹۳/۴**	۰/۰۰۳**	۰/۱۹**	۰/۳۱**
تنش×رقم	۲۲	۷۷/۳**	۰/۱۶**	۳۸/۸**	۰/۰۰۰۷**	۰/۰۷۹**	۰/۱**
خطای دوم	۹۹	۳۴/۱	۰/۰۵۳	۱۰/۵	۰/۰۰۰۲	۰/۰۱۵	۰/۰۲۳
ضریب تغییرات		۱۹/۷	۳۳/۶	۲۰/۹	۳۳	۳۰/۸	۲۵

**، * و ns به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و بدون اختلاف معنی‌دار



شکل ۱. تأثیر سطوح مختلف تنش اسمزی بر طول ریشه ارقام مختلف کلزا

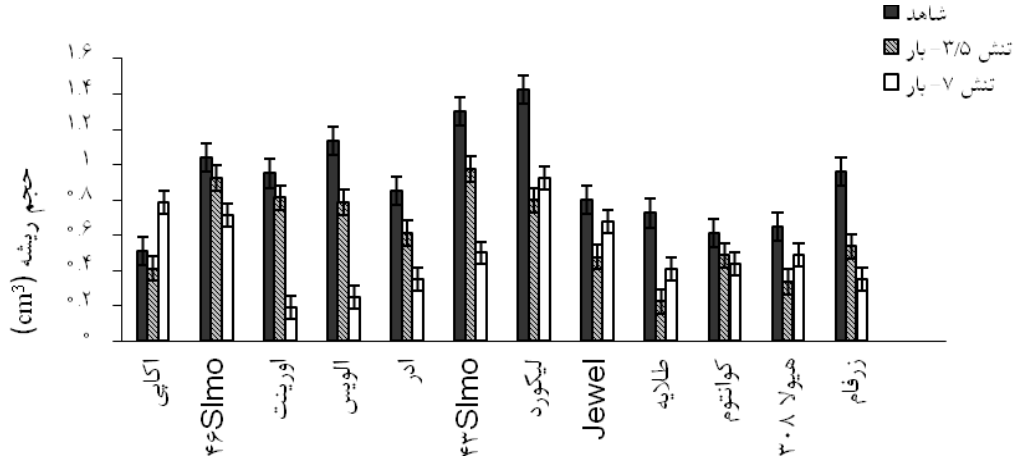
معنی‌دار شد. این امر بیانگر آن است که روند تغییرات بین ارقام از لحاظ این صفات، در سطوح تنش یکسان نبود. به عبارت دیگر، شرایط محیطی مختلف اثرهای متفاوتی روی ارقام داشته است.

ارقام زرفام، لیکورد و ادر بیشترین و ارقام کوانتوم و اکاپی کمترین میانگین طول ریشه را در سطح شاهد داشتند (شکل ۱). در تنش اسمزی ۳/۵- بار، ارقام لیکورد و Slmo46 بیشترین و رقم طلاییه کمترین طول ریشه را داشتند. در سطح ۷- بار، کمترین و بیشترین طول ریشه به ترتیب در ارقام اورینت و لیکورد مشاهده شد. از نظر طول ریشه، رقم لیکورد نسبت به بقیه ارقام برتری داشت و در شرایط بدون تنش (شاهد) و تنش ۷- بار بیشترین حجم ریشه را داشت. در تنش ۳/۵- بار، ارقام Slmo43، Slmo46، اورینت و لیکورد بیشترین طول ریشه را داشتند و در مقایسه با ارقام دیگر تحمل خوبی به تنش ۳/۵- بار نشان دادند (شکل ۲). هم‌چنین، ارقام لیکورد و اورینت در تنش۷- بار به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین سطح ریشه را داشتند (شکل ۳).

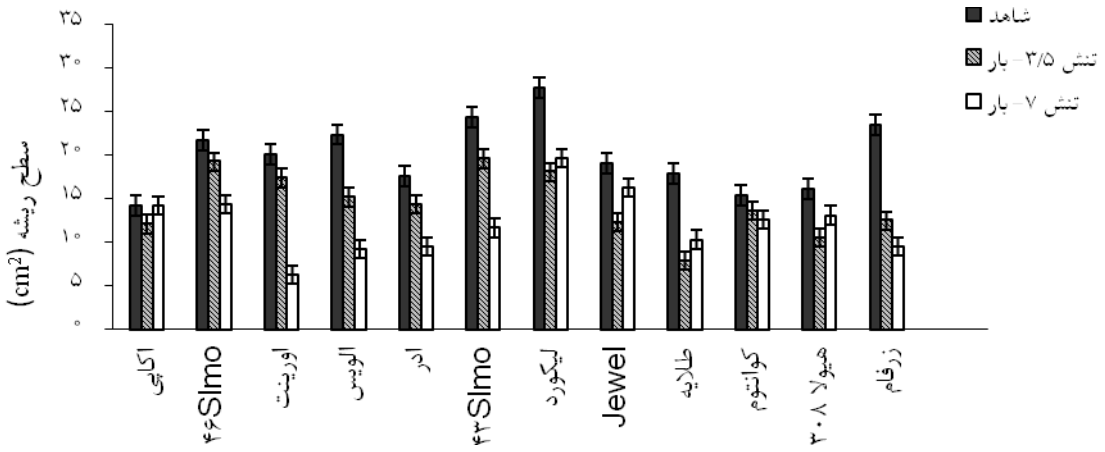
رقم لیکورد هم در شرایط تنش اسمزی و هم در شرایط شاهد وزن خشک ریشه بیشتری داشت (شکل ۴) و از نظر وزن

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

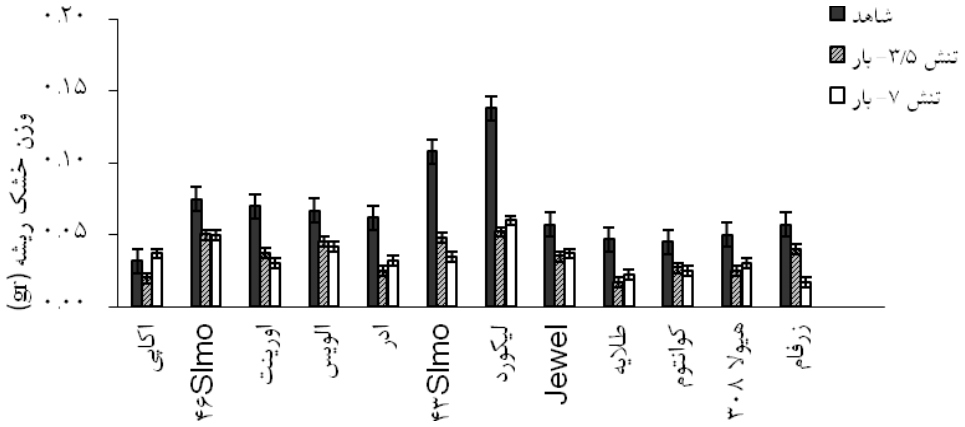
[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]



شکل ۲. تأثیر سطوح مختلف تنش اسمزی بر حجم ریشه ارقام مختلف کلزا



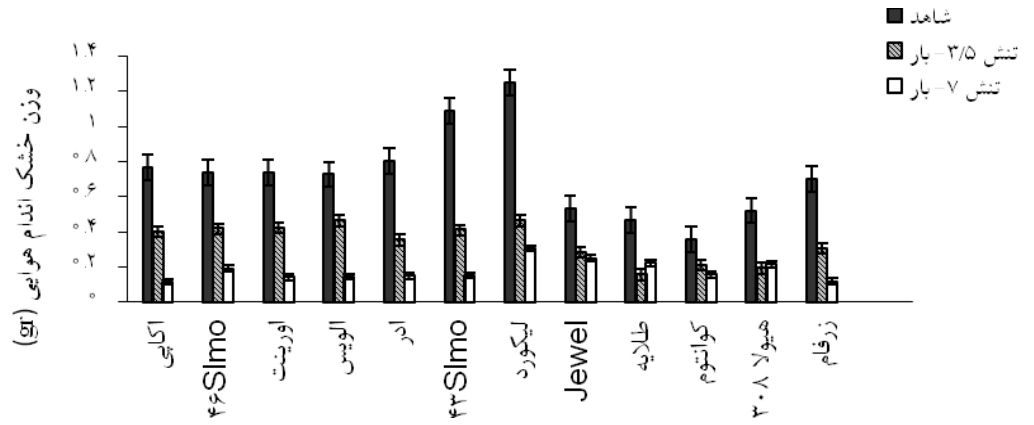
شکل ۳. تأثیر سطوح مختلف تنش اسمزی بر سطح ریشه ارقام مختلف کلزا



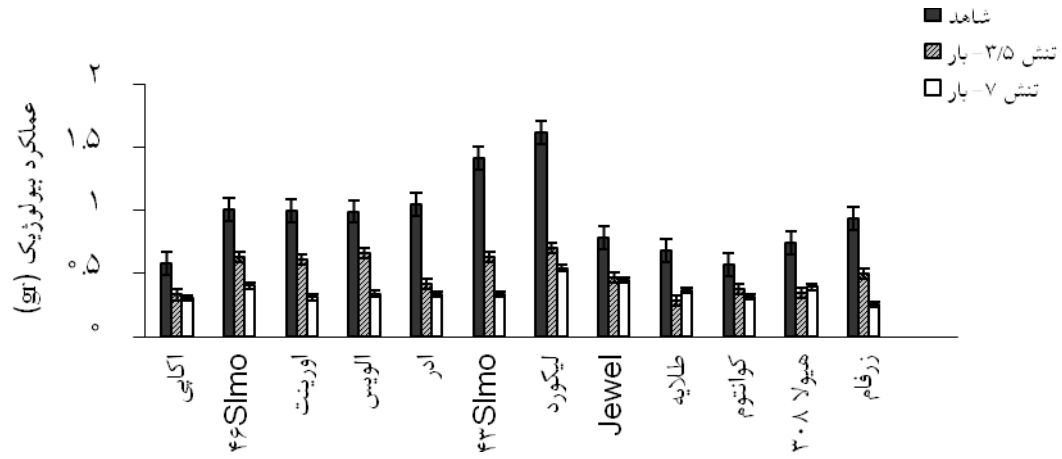
شکل ۴. تأثیر سطوح مختلف تنش اسمزی بر وزن خشک ریشه ارقام مختلف کلزا

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]



شکل۵. تأثیر سطوح مختلف تنش اسمزی بر وزن خشک اندام هوایی ارقام مختلف کلزا



شکل ۶. تأثیر سطوح مختلف تنش اسمزی بر عملکرد بیولوژیک ارقام مختلف کلزا

خشک ریشه این رقم، دو سطح تنش اسمزی ۳/۵- و ۷- بار تفاوت معنی‌داری نداشتند. در ارقام اکاپی، ادر، لیکورد، هایولا ۳۰۸ و Jewel میانگین صفت وزن خشک ریشه در تنش ۷- بار بیشتر از تنش ۳/۵- بار بود. پورسل و همکاران (۱۶) گزارش کردند که ارقام متحمل به خشکی سویا دارای وزن خشک ریشه بیشتری نسبت به ارقام حساس هستند. ارقام Slmo43 و لیکورد بیشترین و ارقام طلاییه، کوانتوم و هایولا ۳۰۸ کمترین وزن خشک اندام هوایی را در سطح شاهد داشتند. در سطح ۳/۵- و ۷- بار، ارقام تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (شکل ۵). رقم لیکورد دارای بیشترین عملکرد بیولوژیک در شرایط شاهد و تنش بود (شکل ۶). در مجموع، با افزایش سطوح تنش، عملکرد بیولوژیک کاهش یافت. توکل و پاک نیت (۱۹) نیز گزارش کردند که با افزایش سطح تنش خشکی، وزن خشک اندام هوایی و عملکرد بیولوژیک گندم کاهش یافت.

مراد شاهی و همکاران (۱۴) نیز در بررسی پاسخ ارقام مختلف کلزا به شرایط تنش کم‌آبی با استفاده از PEG-6000 گزارش کردند که تنش کم‌آبی رشد اندام هوایی را در همه ارقام مورد بررسی کاهش داد.

درصد تغییرات ناشی از تنش اسمزی روی کلیه صفات در جدول ۳ نشان داده شده است. برای محاسبه درصد تغییرات از فرمول ۲ استفاده شده است (۴):

$$\text{درصد کاهش صفت} = \left(\frac{\overline{Y}_P - \overline{Y}_S}{\overline{Y}_P}\right)\times 100 \qquad [۲]$$

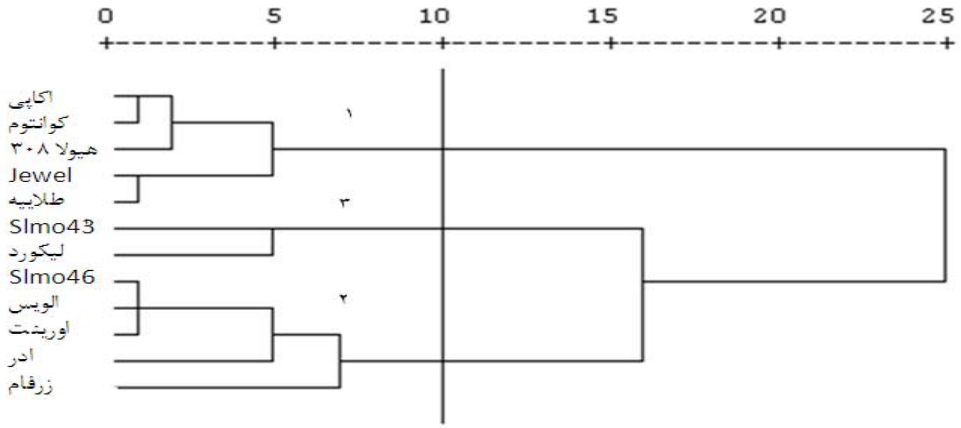
که در آن $\overline{Y}_P$ میانگین صفت در شرایط بدون تنش و $\overline{Y}_S$

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

جدول۳. کاهش میانگین صفات در اثر تنش اسمزی

صفت	میانگین صفات			درصد کاهش میانگین صفات	
	شاهد	تنش ۳/۵- بار	تنش ۷- بار	تنش ۳/۵- بار	تنش ۷- بار
طول ریشه (cm)	۳۵/۳	۲۸/۰۳	۲۵/۲	۲۰/۵	۲۸/۶
حجم ریشه (cm^3)	۰/۹۱	۰/۶۲	۰/۵۱	۳۱/۸	۴۳/۹
سطح ریشه (cm^2)	۱۹/۹	۱۴/۴	۱۲/۲	۲۷/۶	۳۸/۶
وزن خشک ریشه (g/pot)	۰/۰۶۷	۰/۰۳۴	۰/۰۳۵	۴۹/۲	۴۷/۷
وزن خشک اندام هوایی (g/pot)	۰/۶۹	۰/۳۲	۰/۱۸	۵۳/۶	۷۳/۹
عملکرد بیولوژیک (g/pot)	۰/۹۵	۰/۴۹	۰/۳۶	۴۸/۴	۶۲/۱



شکل ۷. گروه‌بندی ارقام کلزا بر اساس صفات مورد اندازه‌گیری به روش WARD در شرایط بدون تنش

میانگین صفت در شرایط تنش می‌باشد.

بیشترین و کمترین آسیب ناشی از تنش اسمزی مربوط به وزن خشک اندام هوایی (به ترتیب ۵۳/۶ و ۷۳/۹ درصد در تنش‌های ۳/۵- و ۷- بار) و طول ریشه (به ترتیب ۲۰/۵ و ۲۸/۶ درصد در تنش‌های ۳/۵- و ۷- بار) بود (جدول ۳). مقدار کاهش این دو صفت و صفات دیگر در سطوح مختلف تنش تحت تأثیر شدت تنش قرار گرفت. عملکرد بیولوژیک در تنش‌های ۳/۵- و ۷- بار به ترتیب ۴۸/۴ و ۶۲/۱ درصد کاهش یافت. کاهش پتانسیل اسمزی می‌تواند جذب آب و مواد غذایی توسط ریشه را مختل کرده، فتوسنتز را کاهش دهد و موجب کاهش ماده خشک اندام هوایی و به دنبال آن کاهش عملکرد بیولوژیک تحت تنش اسمزی شود (۲ و ۱۷).

سیناکی و همکاران (۱۷) روی تأثیر تنش کم‌آبی بر مراحل رشد کلزا تحقیقی انجام داده و گزارش نمودند که عملکرد بیولوژیک این گیاه تحت شرایط تنش خشکی متوسط و شدید به میزان ۲۰/۷ درصد و ۳۱/۲ درصد نسبت به شاهد کاهش می‌یابد. تنش‌های ۳/۵- و ۷- بار به ترتیب باعث کاهش ۲۰/۵ و ۲۸/۶ درصد در طول ریشه، ۳۱/۸ و ۴۳/۹ درصد در حجم ریشه و ۲۷/۶ و ۳۸/۶ درصد در سطح ریشه شدند. وزن خشک ریشه نیز به ترتیب کاهش ۴۹/۲ و ۴۷/۷ درصدی در سطح ۳/۵- و ۷- بار داشت.

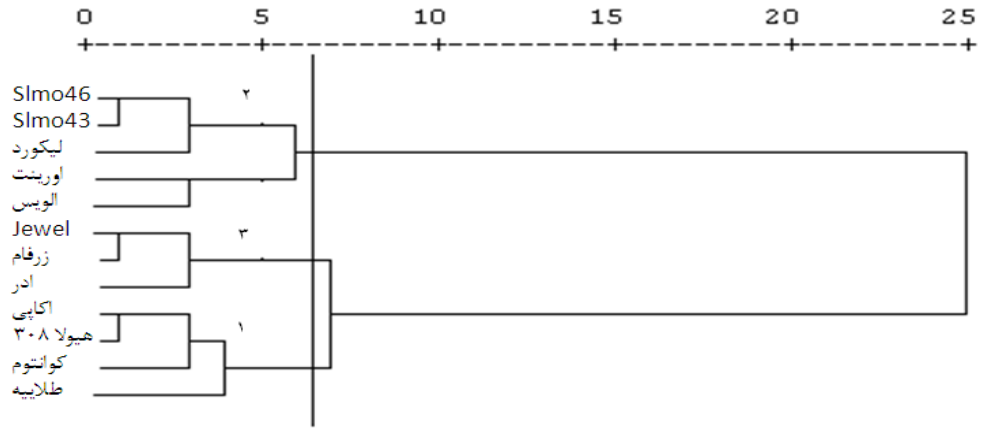
در شرایط بدون تنش ارقام اکاپی، کوانتوم، طلاییه، هایولا ۳۰۸ و Jewel در گروه اول قرار گرفتند (شکل ۷ و جدول ۴). ارقام این گروه از نظر کلیه صفات میانگین کمتری نسبت به میانگین کل داشتند. گروه دوم شامل ارقام Slmo46، اورینت، ادر، الویس و زرفام بود. ارقام این گروه به غیر از صفت وزن

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

جدول ۴. میانگین، انحراف از میانگین کل، درصد انحراف از میانگین کل و انحراف استاندارد میانگین‌ها در سه خوشه حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای صفات مورد اندازه‌گیری کلزا در سطح شاهد

گروه	رقم		طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^2)	سطح ریشه (cm^3)	وزن خشک ریشه (g/pot)	وزن خشک اندام هوایی (g/pot)	عملکرد بیولوژیک (g/pot)
۱	اکاپی،کوانتوم، طلاییه و jewel هایولا ۳۰۸	میانگین	۳۳/۵	۰/۶۶	۱۶/۴	۰/۰۴۶	۰/۴۶	۰/۶۷
		انحراف از میانگین	−۱/۸	−۰/۲۵	−۳/۴۹	−۰/۰۲	−۰/۲۴	−۰/۲۸
		درصد انحراف از میانگین کل	−۵/۲	−۲۷/۴	−۱۷/۴	−۳۰/۳	−۳۴/۱	−۲۹/۴
		خطای معیار	۱/۱۵	۰/۰۴۹	۰/۸۸	۰/۰۰۴	۰/۰۳۴	۰/۰۴۲
۲	Slmo46 اورینت، ادر، الویس و زرفام	میانگین	۳۶/۳	۰/۹۹	۲۱/۰۴	۰/۰۶۶	۰/۷۴	۰/۹۹
		انحراف از میانگین	۰/۹۵	۰/۰۷	۱/۰۶	−۰/۰۰۱	۰/۰۵	۰/۰۵
		درصد انحراف از میانگین کل	۲/۶۹	۸/۰۴	۵/۳	−۱/۷۶	۷/۲۵	۵/۳۲
		خطای معیار	۲/۶۸	۰/۰۴۸	۱/۰۱	۰/۰۰۳	۰/۰۱۷	۰/۰۱۸
۳	Slmo43 و لیکورد	میانگین	۳۷/۴	۱/۳۶	۲۶/۰۶	۰/۱۲	۱/۱۷	۱/۵۱
		انحراف از میانگین	۲/۱۳	۰/۴۵	۶/۰۸	۰/۰۵۴	۰/۴۸	۰/۵۶
		درصد انحراف از میانگین کل	۶/۰۳	۴۹/۴	۳۰/۴	۸۱/۸	۶۹/۵	۵۹/۷
		خطای معیار	۳/۹۷	۰/۰۶۳	۱/۶۷	۰/۰۱۳	۰/۰۸	۰/۰۹۹



شکل ۸. گروه‌بندی ارقام کلزا بر اساس صفات مورد اندازه‌گیری به روش WARD در تنش اسمزی ۳/۵- بار

خشک ریشه، میانگین بیشتری از میانگین کل داشتند و اکثر صفات آنها در حد متوسط بود. ارقام Slmo43 و لیکورد در گروه سوم قرار گرفتند. ارقام این گروه میانگین بیشتر در همه صفات داشتند.

در تنش ۳/۵- بار ارقام اکاپی، طلاییه، کوانتوم و هایولا ۳۰۸ در گروه اول قرار گرفتند که در تمامی صفات میانگین آنها کمتر از میانگین کل بود (شکل ۸ و جدول ۵). در گروه دوم، ارقام اورینت، الویس، لیکورد، Slmo46 و Slmo43 با میانگین صفات بیشتر از میانگین کل قرار گرفتند. هم‌چنین انحراف از میانگین کل در مورد حجم ریشه (۴۰/۹ درصد) و وزن خشک اندام

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

جدول۵. میانگین، انحراف از میانگین کل، درصد انحراف از میانگین کل و انحراف استاندارد میانگین‌ها در سه خوشه حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای صفات مورد اندازه‌گیری کلزا در سطح تنش ۳/۵- بار

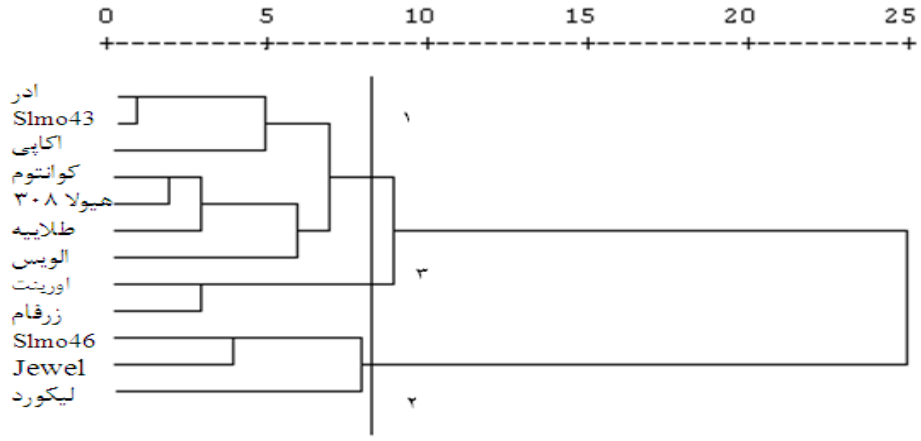
گروه	رقم		طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^2)	سطح ریشه (cm^3)	وزن خشک ریشه (g/pot)	وزن خشک اندام هوایی (g/pot)	عملکرد بیولوژیک (g/pot)
۱	اکاپی، طلاییه، کوانتوم و هایولا ۳۰۸	میانگین	۲۷/۱	۰/۳۷	۱۱	۰/۰۲۲	۰/۱۸	۰/۳۳
		انحراف از میانگین	-۰/۹۱	-۰/۲۴	-۳/۳۶	-۰/۰۱	-۰/۱۴	-۰/۱۶
		درصد انحراف از میانگین کل	-۳/۲۵	-۳۹/۳	-۲۳/۴	-۳۴/۸	-۴۳/۷	-۳۲/۶
		خطای معیار	۱/۴۷	۰/۰۵	۱/۲۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱	۰/۰۱۹
۲	Slmo43, Slmo46 الویس، لیکورد و اورینت	میانگین	۳۰/۱۵	۰/۸۶	۱۷/۸۶	۰/۰۴۵	۰/۴۳	۰/۶۴
		انحراف از میانگین	۲/۱۲	۰/۲۵	۳/۵	۰/۰۱	۰/۱۱	۰/۱۵
		درصد انحراف از میانگین کل	۷/۵۶	۴۰/۹	۲۴/۳	۲۳/۳	۳۴/۴	۳۰/۶
		خطای معیار	۱/۶	۰/۰۳	۰/۷۸	۰/۰۰۳	۰/۰۱	۰/۰۱۶
۳	زرفام، Jewel و ادر	میانگین	۲۵/۷	۰/۵۴	۱۲/۹۹	۰/۰۳۳	۰/۳۲	۰/۴۶
		انحراف از میانگین	-۲/۱۳	-۰/۰۷	-۱/۳۷	-۰/۰۰۱	-۰/۰۰۷	-۰/۰۳
		درصد انحراف از میانگین کل	-۸/۳	-۱۱/۴	-۹/۵۴	-۲/۹۴	-۲/۱۸	-۶/۱۲
		خطای معیار	۱/۰۵	۰/۰۳	۰/۶۵	۰/۰۰۲	۰/۰۲۱	۰/۰۲۵

هوایی (۳۴/۴ درصد) مبین ارزش بالای ارقام این گروه از لحاظ این صفات بود. حجم ریشه صفت مهمی برای ارزیابی تحمل به خشکی می‌باشد و ارقام برخوردار از حجم ریشه بیشتر، آب بیشتری جذب کرده، اندام هوایی بیشتری تولید می‌کنند. ارقام زرفام، ادر و Jewel در گروه سوم با میانگین صفات کمتر از میانگین کل قرار گرفتند. ولی ارقام این گروه نسبت به گروه اول، میانگین‌های بیشتری داشتند (جدول ۵).

در تنش ۷- بار، گروه اول شامل ارقام اکاپی، الویس، ادر، طلاییه، هایولا ۳۰۸ کوانتوم و Slmo43 بود (شکل ۹ و جدول ۶). انحراف از میانگین برای تمامی صفات در این گروه منفی بود. در گروه دوم ارقام لیکورد، Jewel و Slmo46 قرار گرفتند. ارقام این گروه از نظر تمامی صفات مورد بررسی دارای میانگین بیشتری از میانگین کل بودند. ویژگی بارز این گروه افزایش صفات مرتبط با ریشه بود. با توجه به این که ارقام برتر کلزا، سیستم ریشه‌ای خود را به نحو مؤثری توسعه می‌دهند تا قادر به استفاده از حداکثر آب باشند (۹)، پس ارقام موجود در این گروه را می‌توان برای برنامه‌های اصلاحی جهت افزایش صفات ریشه مورد استفاده قرار داد. ارقام زرفام و اورینت در گروه سوم قرار گرفتند. این گروه به‌طور معنی‌داری از لحاظ تمامی صفات میانگین کمتری نسبت به سایر گروه‌ها داشتند. ارقام این گروه را می‌توان ارقام با تحمل کم در شرایط تنش شدید معرفی کرد. با توجه به نتایج به‌دست آمده از تجزیه خوشه‌ای، رقم لیکورد در سطوح شاهد و تنش در گروه‌هایی قرار گرفت که از نظر تمامی صفات مورد بررسی نسبت به بقیه ارقام برتری داشت. این نتایج نشان می‌دهد که این رقم ثبات بهتری در شرایط تنش داشته است. رقم jewel در شرایط بدون تنش در گروه با میانگین کم صفات قرار گرفت و با افزایش تنش بر میانگین صفات آن افزوده شد و در تنش شدید در گروه

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]



شکل ۹. گروه‌بندی ارقام کلزا بر اساس صفات مورد اندازه‌گیری به روش WARD در تنش اسمزی ۷- بار

جدول ۶. میانگین، انحراف از میانگین کل، درصد انحراف از میانگین کل و انحراف استاندارد میانگین‌ها در سه خوشه حاصل از تحلیل خوشه‌ای برای صفات مورد اندازه‌گیری کلزا در سطح تنش ۷- بار

گروه	رقم		طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^2)	سطح ریشه (cm^3)	وزن خشک ریشه (g/pot)	وزن خشک اندام هوایی (g/pot)	عملکرد بیولوژیک (g/pot)
۱	اکاپی، الویس، ادر، طلاییه، کوانتوم، هایولا ۳۰۸ و Slmo43	میانگین	۲۵/۰۲	۰/۴۶	۱۱/۵	۰/۰۳۲	۰/۱۷	۰/۳۴
		انحراف از میانگین	-۰/۱۶	-۰/۰۴۶	-۰/۷	-۰/۰۰۳	-۰/۰۱	-۰/۰۲
		درصد انحراف از میانگین کل	-۰/۶۳	-۹/۰۹	-۵/۷۳	-۸/۵۷	-۵/۵۵	-۵/۵۲
		خطای معیار	۱/۷	۰/۰۶۳	۰/۷۳	۰/۰۰۲	۰/۰۱۴	۰/۰۱۱
۲	Slmo46 لیکورد و Jewel	میانگین	۲۹/۸۱	۰/۷۷	۱۶/۷۲	۰/۰۴۹	۰/۲۵	۰/۴۶
		انحراف از میانگین	۴/۶۳	۰/۲۶	۴/۵۱	۰/۰۱۴	۰/۰۷	۰/۱
		درصد انحراف از میانگین کل	۱۸/۳۹	۵/۲۲	۳۶/۹	۴۰	۳۸/۹	۲۷/۸
		خطای معیار	۲/۸۲	۰/۰۷۸	۱/۵۴	۰/۰۰۶	۰/۰۳۲	۰/۰۴۱
۳	زرفام و اورینت	میانگین	۱۸/۸	۰/۲۷	۷/۸۹	۰/۰۲	۰/۱۳	۰/۲۸
		انحراف از میانگین	-۶/۳۷	-۰/۲۴	-۴/۳۲	-۰/۰۱۵	-۰/۰۵	-۰/۰۸
		درصد انحراف از میانگین کل	-۲۵/۲	-۴۶/۶	-۳۵/۳	-۴۲/۸	-۲۷/۸	-۲۲/۲
		خطای معیار	۲/۰۶	۰/۰۸۱	۱/۶۴	۰/۰۰۵	۰/۰۱	۰/۰۳

ارقام با میانگین بیشتر قرار گرفت. رقم Slmo43 در شرایط بدون تنش و تنش متوسط در گروه خوب قرار داشت، ولی در تنش شدید در گروه با میانگین‌های کم جای گرفت و این نشان می‌دهد که این رقم تحمل تنش شدید اسمزی را ندارد. رقم Slmo46 در شرایط بدون تنش در گروه با صفات متوسط و در شرایط تنش متوسط و شدید، میانگین صفات بیشتری داشت،

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

که نشان دهنده تحمل زیاد این رقم به تنش اسمزی می‌باشد. ارقام اکاپی، کوانتوم، طلاییه و هایولا ۳۰۸ در شرایط بدون تنش و تنش در گروه‌های با میانگین کم جای گرفتند. این نشان می‌دهد که این ارقام حساس بوده و در هر سه شرایط میانگین صفات کمتری نسبت به بقیه ارقام داشتند. بر اساس ماتریس فاصله، رقم لیکورد بیشترین فاصله را با ارقام طلاییه (در تنش ملایم برابر ۶/۹۳) و اورینت (تنش شدید برابر ۷/۶) داشت که می‌توان از تلاقی این ارقام برای تولید جمعیت‌های پایه برای انجام مطالعات ژنتیکی، گزینش و مکان‌یابی ژن‌های کنترل کننده صفات مرتبط با تنش خشکی استفاده کرد.

نتیجه‌گیری

نتایج نشان داد که بین ارقام در کلیه صفات مورد بررسی تنوع ژنتیکی قابل توجه وجود داشت و صفات تحت تأثیر عامل تنش قرار گرفتند. تأثیر تنش اسمزی بر صفات رشد اندازه‌گیری شده کلزا بسته به ارقام مختلف متفاوت بود. رقم لیکورد در شرایط بدون تنش اسمزی (تیمار شاهد) بیشترین میانگین صفات رشدی را نشان داد و در تحمل تنش خشکی بهتر از سایر ارقام بود. تنش اسمزی بیشترین تأثیر را بر وزن خشک اندام هوایی داشت که این خود تحت تأثیر صفات مربوط به ریشه بود.

با توجه به نتایج به‌دست آمده از تحلیل خوشه‌ای، رقم لیکورد در شرایط شاهد و تنش در گروهی قرار گرفت که میانگین صفات بیشتری نسبت به بقیه ارقام داشت. این نتایج حاکی از آن است که این رقم ثبات عملکرد بهتری در محیط‌های مختلف داشت. هم‌چنین رقم لیکورد از نظر صفات مورد بررسی بیشترین فواصل را با ارقام با میانگین کم و متوسط داشت که می‌توان از تلاقی این ارقام در برنامه‌های اصلاحی و گزینشی جهت اصلاح ارقام متحمل به تنش خشکی استفاده کرد.

سپاسگزاری

بدین وسیله از زحمات خانم‌ها هاشمی‌نژاد و قوی بازو و آقایان خبیری و فیروزی به خاطر همکاری در این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. سرمدنیا، غ. و ع. کوچکی. ۱۳۷۲. فیزیولوژی گیاهان زراعی (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، ۴۶۷ صفحه.

۲. شیخ، م.، م. تورچی، م. ولیزاده، م. شکیبا و ب. پاسبان اسلام. ۱۳۸۴. ارزیابی تحمل به خشکی ارقام بهاره کلزا (*Brassica napus*). مجله دانش کشاورزی ۱۵(۱): ۱۶۳-۱۷۴.

۳. علیزاده، ا. ۱۳۸۷. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۵۳ صفحه.

۴. صفائی چائی‌کار، ص.، ب. ربیعی، ح. سمیع‌زاده و م. اصفهانی. ۱۳۸۶. ارزیابی تحمل ژنوتیپ‌های برنج (*Oryza sativa* L) به تنش خشکی انتهای فصل. مجله علوم زراعی ایران ۹(۴): ۱۴-۳۱.

۵. ناصری، ف. ۱۳۷۶. دانه‌های روغنی. انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۲۵ صفحه.

6. Andalibi, B., E. Zangani and A. H. Nazari. 2005. Effects of water stress on germination indices in six rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). Iran. J. Agric. Sci. 36: 457-463.
7. Azhiri-Sigari, T., A. Yamauchi, A. Kamoshita and L. J. Wade. 2000. Genotypic variation in response of rainfed lowland rice to drought and rewatering. II. Root growth. Plant Prod. Sci. 3: 180-188.
8. FAO. 2010. Food Outlook Global Market Analysis. http://www.Fao.org.
9. Fukai, S. and M. Cooper. 1995. Development of drought resistance cultivar using physio-morphological traits in rice. Field Crops Res. 40: 67-84.
10. Heiss, S., H. J. Schafer, A. Haag-Kerwer and T. Rausch. 1999. Cloning sulfur assimilation affects the expression of a putative low-affinity sulfate transporter and isoforms of ATP sulfurylase and APS reductase. Plant Mol. Biol. 39: 847-857.
11. Kimber, D. S. and D. H. McGregor. 2000. Brassica oil seeds: Production and utilization. CAB International, 447 p.
12. McMullen, M. 2003. Small grain diseases: Management of those more common and severe in dry years. URL:

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]

http://www.Ag.ndsu.nodak.edu/drought/ds-01-02.htm.
13. Michel, B. E. and R. K. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiol. 51: 914-916.
14. Moradshahi, A., B. Salehi Eskandari and B. Kholdebarin. 2004. Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.) to water deficit stress under laboratory conditions. Iran. J. Sci. Technol. 28: 43-50.
15. Nibau, C., D. J. Gibbs and J. C. Coates. 2008. Branching out in new direction the control of root architecture by lateral root formation. New Phytol. 179: 595-614.
16. Purcell. L. C., C. A. King and R. A. Ball. 2000. Soybean cultivar differences in ureides and the relationship to drought tolerant nitrogen fixation and manganese nutrition. Crop Sci. 40: 1062-1070.
17. Sinaki, J. M., E. M. Heravan and A. H. Shirani Rad. 2007. The effect of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. 2(4): 417-422.
18. Takeda, S. and M. Matsuoka. 2008. Genetic approaches to crop improvement responding to environmental and population change. Nature 9: 444-457.
19. Tavakol, E. and H. Pakniyat. 2007. Evaluation of some drought criteria at seedling stage in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Pak. J. Biol. Sci. 10(7): 1113-1117.
20. Wade, L. J., A. Kamoshita, A. Yamauchi and T. Azhiri-Sigari. 2000. Genotypic variation in response of lowland rice to drought and rewatering. I. Growth and water use. Plant Prod. Sci. 3: 173-179.
21. Willenborg, C. J., R. H. Gulden, E. N. Johnson and E. N. Shirtliffe. 2004. Germination characteristics of polymer coated canola (*Brassica napus* L.) seeds subjected to moisture stress at different temperatures. Agron. J. 96: 786-791.

[Downloaded from jspi.iut.ac.ir on 2024-08-17]

[DOR: 20.1001.1.20089082.1391.3.3.2.4]