ارزیابی صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی مؤثر بر تحمل به خشکی لاین‌های جدید کلزا

مریم حاجی‌بابائی[۱]، مرتضی گلدانی*[۲]، امیرحسین شیرانی‌راد[۳] و احمد نظامی[۴]

۱) دانشجوی دکتری گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، پردیس بین الملل، مشهد، ایران.
۲) دانشیار گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران.
۳) استاد مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج، کرج، ایران.
۴) استاد گروه زراعت، دانشگاه فردوسی مشهد، ایران.

این مقاله برگرفته از رساله دکتری می‌باشد.

* **نویسنده مسئول:** Goldani@um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۶/۱۵ **تاریخ پذیرش: ۹۳/۰۹/۰۳**

چکیده

کلزا از دانه‌های روغنی با ارزش بوده و انتخاب ارقام متحمل به تنش‌های محیطی جهت توسعه کشت در شرایط خشک و نیمه‌خشک مهم است. لاین‌های جدید کلزا، واکنش متفاوتی به شدت‌های مختلف سطوح مختلف پتانسیل اسمزی نشان می‌دهند بدین منظور این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. عامل رقم در نه سطح شامل Karaj3، KS12، Karaj1، KR18، KS7، KR4، Karaj2، HW113 و HW101 و عامل تنش اسمزی در سه سطح صفر، ۳- و ۶- بار بود. نتایج نشان داد که سطوح پتانسیل اسمزی ۳- و ۶- بار به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۵ و ۵۱ درصدی درصد جوانه‌زنی، ۵۹ و ۹۳ درصدی طول ریشه‌چه، ۶۶ و ۹۷ درصدی طول ساقه‌چه، ۶۰ و ۸۰ درصدی وزن خشک ریشه‌چه، ۵۰ و ۱۹ درصدی وزن خشک ساقه‌چه، ۵۵ و ۸۹ درصدی وزن خشک گیاهچه، ۵۴ و ۸۵ درصدی بنیه بذر، ۵ و ۱۱ درصدی ضریب سرعت جوانه‌زنی، ۵ و ۵۱ درصدی درصد جوانه‌زنی نهایی، ۵ و ۵۱ درصدی متوسط جوانه‌زنی روزانه، ۶۳ و ۹۶ درصدی شاخص بنیه گیاهچه، در مقایسه با شاهد گردید. با توجه به مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف خشکی و لاین بیش‌ترین شاخص بنیه گیاهچه در شرایط تنش اسمزی ۳- و ۶- بار به‌ترتیب در لاین‌های Kr18 و HW101 مشاهده شد. مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف خشکی و لاین نشان داد سطح خشکی ۶- بار و لاین HW101 بیش‌ترین طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و بنیه بذر و شاخص بنیه گیاهچه را دارا بود. بنابراین لاین HW101 به‌عنوان لاین متحمل به خشکی شناسایی شد. در این آزمایش رشد طولی ساقه‌چه در مقایسه با رشد طولی ریشه‌چه بیش‌تر تحت اثر سطوح مختلف تنش خشکی قرار گرفت لذا می‌تواند ویژگی مناسبی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی باشد. مناسب‌ترین شاخص در شرایط سطوح مختلف تنش اسمزی و لاین، شاخص بنیه گیاهچه بود.

واژه‌های کلیدی: پتانسیل اسمزی، آزمون جوانه‌زنی و پلی‌اتیلن‌گلایکول.

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

تغییرات فنولوژی مهم‌ترین موارد سازگاری گیاهان نسبت به انواع محیط‌های زیستی به شمار می‌آیند. فاکتورهای محیطی نظیر شرایط آبی، دما و طول روز از عوامل مؤثر بر فنولوژی گیاه به شمار می‌روند (Donatelli *et al.,* 1992; Mayers *et al.,* 1991; Cregan and Hartwig, 1984). جوانه‌زنی و رشد اولیه گیاهچه حساسیت زیادی به تنش خشکی دارد لذا از نظر تعداد گیاه سبز شده در واحد سطح در نواحی خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد (Sangtarash *et al.,* 2009; Omidi *et al.,* 2009; Moradshahi *et al.,* 2004; Pessarakli, 1994). یکی از مشکلات مهم برای تولید و عملکرد بالای کلزا نیز استقرار نامناسب گیاهچه‌های کلزا و سطح سبز نامناسب است که به سبب شرایط نامطلوب رطوبتی خاک حاصل می‌گردد (Mwale *et al.,* 2003). تنش خشکی و کمبود رطوبت خاک یکی از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاه کلزا در ایران محسوب می‌شود، لذا شناسایی ارقامی از کلزا که در مرحله‌ی جوانه‌زنی متحمل به خشکی می‌باشند از نظر تولیدات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد (Moradshahi *et al.,* 2004). هم‌چنین به‌دلیل بذور ریز و وزن هزار دانه کم کلزا و اینکه نیاز به بستر بذر مناسب جهت جذب آب و جوانه‌زنی دارد گزینش ارقام متحمل از این حیث می‌تواند بسیار حائز اهمیت باشد (Shekari *et al.,* 2000). میزان و درصد جوانه‌زنی با کاهش پتانسیل آب خارجی کاهش می‌یابد و برای هر گونه‌ای، میزانی از پتانسیل آب وجود دارد که پایین‌تر از آن جوانه‌زنی صورت نمی‌گیرد. گزارش‌های متعدد حاکی از آن است که ژنوتیپ‌هایی که بتوانند در مرحله جوانه‌زنی واکنش مناسبی به تنش خشکی نشان دهند، در مرحله گیاهچه‌ای رشد بهتری داشته و سیستم ریشه‌ای قویتری تولید می‌کنند (Seefeldet *et al.,* 2002). بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذرهای کلزا نشان داده است که با افزایش سطوح تنش خشکی درصد جوانه‌زنی کاهش یافت (مظاهری‌تیرانی و منوچهری‌کلانتری، ۱۳۸۵). در آزمایشی مشخص شد که اعمال تنش کم‌آبی بر اساس پتانسیل اسمزی (با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول) سبب کاهش معنی‌دار درصد جوانه‌زنی، میزان رشد گیاهچه، طول ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام کلزا گردید و ارقام متحمل به کم‌آبی از بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی در تیمارهای تنش خشکی برخوردار بودند (Jamaati-e-Somarin *et al.,* 2010). نتایج بررسی‌های عندلیبی و همکاران (۱۳۸۴) بر کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه‌زنی و افزایش تعداد روز تا جوانه‌زنی گیاهچه‌های ارقام مختلف کلزا در شرایط تنش خشکی تأکید داشته است. هم‌چنین در ارزیابی واکنش ۱۶ ژنوتیپ کلزا به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی گزارش شد که طول ساقه‌چه حساس‌ترین صفت به تنش کم آبی می‌باشد (چغاکبودی و همکاران، ۱۳۹۱). در سال‌های اخیر در اکثر نقاط کشور عدم بارندگی تا نیمه آبان‌ماه یکی از مشکلات عمده در جوانه‌زنی و استقرار مطلوب گیاهچه کلزا به حساب آمده و تنش خشکی اوایل فصل (برای گیاهان پاییزه) نیز شایع شده است. با توجه

Archive of SID

www.SID.ir

به اینکه تاریخ کشت مناسب کلزا برای مناطق معتدل سرد کشور (مانند استان البرز) اواسط مهرماه می‌باشد و در منطقه ذکر شده به همراه اکثر نیمه‌شمالی کشور در مهرماه و اوایل آبان‌ماه بارندگی مؤثری رخ نمی‌دهد گزینش و یافتن ارقام کلزایی که بتوانند با کم‌ترین میزان رطوبت ممکن از جوانه‌زنی و استقرار مناسبی برخوردار باشند حائز اهمیت می‌باشد. بدین منظور تحقیق حاضر با هدف ارزیابی صفات و شاخص‌های جوانه‌زنی مؤثر بر تحمل به خشکی لاین‌های جدید کلزا انجام گردید.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی ویژگی‌های جوانه‌زنی لاین‌های کلزا تحت شرایط تنش خشکی، این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با چهار تکرار در سال ۱۳۹۲ اجرا گردید. این پژوهش شامل عامل لاین در نه سطح شامل لاین‌های Karaj3, KS12, Karaj1, KR18, KS7, KR4, Karaj2, HW113 و HW101 و عامل تنش اسمزی در ۳ سطح (صفر، ۳- و ۶- بار) با استفاده از محلول پلی‌اتیلن‌گلایکول ۶۰۰۰ بر اساس دما مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش، برای هر واحد آزمایشی (پتری‌دیش)، ۲۵ عدد بذر یکنواخت انتخاب گردیده و ضد عفونی شد. ابتدا بذرها جهت ضدعفونی در الکل ۹۹ درصد به مدت ۱۰ ثانیه و بعد از آن در محلول هیپوکلریت سدیم ۱۰ درصد به مدت یک دقیقه و بالاخره در محلول بنومیل دو در هزار به مدت یک دقیقه قرار داده شد و در نهایت با آب مقطر شستشو گردید بعد از انجام عمل ضدعفونی بذرها در داخل پتری‌دیش‌هایی به قطر ۹ سانتی‌متر حاوی دو عدد کاغذ واتمن شماره یک گذاشته شد و هر پتری به‌عنوان یک تکرار از تیمارهای مورد آزمایش در نظر گرفته شد. در هر یک از پتری‌ها به میزان ۵ سی‌سی از محلول دارای پتانسیل اسمزی مورد آزمایش اضافه شد، به‌طوری‌که بذرها در محلول غوطه‌ور نبوده و سپس پتری‌دیش‌ها در ژرمیناتور به مدت هفت روز با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۷۰ درصد قرار داده شد (مظاهری‌تیرانی و منوچهری‌کلانتری، ۱۳۸۵). جهت ارزیابی اثر تیمارهای آزمایشی، روزانه (هر ۲۴ ساعت) تعداد بذرهای جوانه زده به‌صورت تجمعی شمارش شد. خروج ریشه‌چه دو میلی‌متری از پوست بذر به‌عنوان زمان جوانه‌زنی در نظر گرفته شد (Shakirova and Sahabutdinova, 2003). در پایان آزمایش طول ریشه‌چه، ساقه‌چه و گیاهچه‌ها با خط‌کش اندازه‌گیری گردید. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها را در آون ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده شد. بنیه بذر از مجموع طول ریشه‌چه و طول ساقه‌چه ضرب در درصد جوانه‌زنی محاسبه شد. با توجه به رابطه‌های ذیل سایر صفات اندازه‌گیری و محاسبه شدند.

رابطه ۱: $$GP = \frac{N'}{N} \times ۱۰۰$$

Archive of SID

www.SID.ir

GP: درصد جوانه‌زنی، 'N: تعداد بذرهای جوانه‌زده در طی هفت روز و N: تعداد کل بذرها بود (Shakirova and Sahabutdinova, 2003).

رابطه ۲:
$$CVG = \frac{۱}{MTG}$$

CVG: ضریب سرعت جوانه‌زنی شاخص مشخصه سرعت و شتاب جوانه‌زنی بذرها می‌باشد (Scott *et al.*, 1984).

رابطه ۳:
$$MDG = \frac{\text{درصد جوانه‌زنی}}{\text{طول دوره آزمایش}}$$

MDG: متوسط جوانه‌زنی روزانه شاخصی از سرعت جوانه‌زنی روزانه می‌باشد (Hunter *et al.*, 1984).

رابطه ۴:
$$DGS = \frac{۱}{MDG}$$

DGS: سرعت جوانه‌زنی روزانه: شاخص بیان‌کننده مدت زمان لازم برای جوانه‌زنی تک بذر است و هرچه کم‌تر باشد سرعت جوانه‌زنی بالاتر می‌باشد. این شاخص عکس متوسط جوانه‌زنی روزانه می‌باشد (Maguire, 1962).

رابطه ۵:
$$MTG = \frac{\sum (n_i d_i)}{\sum n_i}$$

MTG: متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی شاخصی از سرعت و شتاب جوانه‌زنی محسوب می‌شود (Ellis and Roberts, 1980). در این رابطه، d_i: روز پس از کاشت، n_i: تعداد بذر جوانه زده در روز d_i و $\sum_i$: کل تعداد بذور جوانه زده می‌باشد.

رابطه ۶:
$$SVI = (\text{میانگین طول ساقه‌چه} + \text{میانگین طول ریشه}) \times \text{درصد سبز شدن نهایی}$$

SVI: شاخص بنیه گیاهچه می‌باشد که بیان کننده میزان جوانه‌زنی بذور و کیفیت گیاهچه‌های تولیدی به‌صورت هم‌زمان است (Abdul-Baki and Anderson, 1973).

داده‌های به‌دست آمده توسط نرم‌افزار آماری SAS ارزیابی و مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد محاسبه شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین سطوح مختلف پتانسیل اسمزی اعمال شده اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد برای تمام صفات درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک گیاهچه و بنیه بذر وجود داشت. برهمکنش تنش اسمزی و رقم اختلاف معنی‌داری برای تمام صفات به‌جز درصد جوانه‌زنی و وزن خشک گیاهچه وجود داشت (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه‌چه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک گیاهچه	وزن خشک ساقه‌چه	بنیه بذر
تنش خشکی	۲	۲۷۶۵۱/۸۰۰**	۴۶۹/۳۰۷**	۳۰/۷۳۹**	۱/۴۵۴**	۰/۰۰۰۰۵**	۵/۱۸۳**	۰/۰۱۹**
لاین	۸	۷۶۸/۴۰۰*	۹/۴۹۲**	۰/۹۳۶^{ns}	۶/۹۱۱**	۰/۰۰۰۰۰۲*	۳/۸۳۵*	۰/۰۰۰۹**
تنش خشکی × لاین	۱۶	۴۰۱/۲۰^{ns}	۹/۲۳۳**	۱/۱۹۵*	۶/۵۱۳**	۰/۰۰۰۰۰۱^{ns}	۵/۰۳۶**	۰/۰۰۰۶**
خطا	۷۹	۳۶۴/۳۵۴	۳/۰۳۰	۰/۵۲۵	۱/۷۲۵	۰/۰۰۰۰۰۱	۱/۵۳۰	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات	-	۱۰/۳۲۲	۹/۱۳۷	۸/۵۸۱	۹/۵۲۸	۸/۳۴۷	۱۰/۶۴۲	۹/۱۸۴

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

ادامه جدول ۱: تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات					
		ضریب سرعت جوانه‌زنی	درصد جوانه‌زنی نهایی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	شاخص بنیه گیاهچه
تنش خشکی	۲	۰/۰۰۶**	۱۸۰۱/۳۶۱**	۵۸۷/۰۶۸**	۰/۵۰۸**	۲۳۲۷۳۲۹۶/۴^{ns}	۹۰۲۴۰۷۶/۷۰**
لاین	۸	۰/۰۰۰۳*	۴۷/۱۰۴*	۱۵/۶۹۰*	۰/۰۶۴*	۲۳۲۵۹۴۴۰^{ns}	۲۷۳۷۱/۷۰^{ns}
تنش خشکی × لاین	۱۶	۰/۰۰۰۱^{ns}	۲۴/۴۰۲^{ns}	۷/۹۹۳^{ns}	۰/۰۴۶^{ns}	۲۳۲۶۰۰۲۵^{ns}	۱۰۸۹۵۲/۳۲**
خطا	۷۹	۰/۰۰۰۱	۲۲/۰۷۴	۷/۳۱۹	۰/۰۳۱	۲۳۲۵۹۷۲۲	۴۸۱۶۱/۱۴
ضریب تغییرات	-	۵/۳۴۴	۱۰/۱۷۸	۱۲/۵۳۰	۹/۷۳۴	۸/۵۸۳	۹/۰۸۳

ns، * و **: به ترتیب بیانگر عدم اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد می‌باشند.

نتایج مقایسه میانگین اثر تنش اسمزی نشان داد که با افزایش فشار اسمزی کاهش معنی‌داری در تمامی صفات به‌جز سرعت جوانه‌زنی روزانه و متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی مشاهده شد (جدول ۲). زیرا با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی آب کم‌تری در اختیار بذر قرار گرفته در نتیجه فعالیت‌های آنزیمی و هضمی طی فرآیند جوانه‌زنی کاهش یافته و مواد جدید کم‌تری در اختیار جنین در حال رشد قرار گرفته در نتیجه طول ساقه‌چه کاهش می‌یابد (Keshta *et al.*, 1999).

نتایج نشان داد که سطوح پتانسیل اسمزی ۳- و ۶- بار به‌ترتیب سبب کاهش معنی‌دار ۵ و ۵۱ درصدی درصد جوانه‌زنی، ۵۹ و ۹۳ درصدی طول ریشه‌چه، ۶۶ و ۹۷ درصدی طول ساقه‌چه، ۶۰ و ۸۰ درصدی وزن خشک ریشه‌چه، ۵۰ و ۱۹ درصدی وزن خشک ساقه‌چه، ۵۵ و ۸۹ درصدی وزن خشک گیاهچه، ۵۴ و ۸۵ درصدی بنیه بذر، ۵ و ۱۱ درصدی ضریب سرعت جوانه‌زنی، ۵ و ۵۱ درصدی درصد جوانه‌زنی نهایی، ۵ و ۵۱ درصدی متوسط جوانه‌زنی روزانه، ۶۳ و ۹۶ درصدی شاخص بنیه گیاهچه ۱، ۵۲ و ۹۱ درصدی شاخص بنیه گیاهچه ۲ در مقایسه با شاهد گردید.

مقایسه میانگین اثر لاین نشان داد که لاین‌های Ks7، Karaj3 وKaraj1 بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی و رقم Karaj2 کم‌ترین درصد جوانه‌زنی (۶۶ درصد) را به خود اختصاص دادند (جدول ۳). مظاهری‌تیرانی و منوچهری‌کلانتری (۱۳۸۵) در بررسی اثر تنش خشکی بر جوانه‌زنی بذرهای کلزا نشان داده‌اند که با افزایش سطوح تنش خشکی درصد جوانه‌زنی کاهش یافت. کاهش در سرعت جوانه‌زنی احتمالاً به‌دلیل وقفه‌هایی است که در شروع فرآیند جوانه‌زنی ایجاد می‌شود. علت وقفه

Archive of SID

www.SID.ir

ایجاد شده این است که بذرها برای جبران خسارت‌های وارد شده به غشاء و دیگر قسمت‌های سلول و هم‌چنین آغاز مجدد فعالیت سیستم آنتی‌اکسیدانی و جلوگیری از بروز تنش اکسیداتیو نیاز به زمان دارد و جبران این خسارت‌ها ممکن است پس از جذب آب توسط بذر امکان‌پذیر شود (Bailly *et al.,* 2000). با توجه به اینکه یکی از عوامل محدودکننده استقرار گیاهان کمبود رطوبت در زمان جوانه‌زنی بذر می‌باشد ارقام متحمل به تنش خشکی ارقامی هستند که با وجود درصد جوانه‌زنی با افزایش سطح خشکی، کاهش معنی‌داری نیز برای این صفات نداشته باشند (جاجرمی، ۱۳۹۱).

طول ریشه‌چه در اکثر لاین‌ها در یک گروه آماری قرار گرفت و اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد و لاین Ks12 با میانگین (۱/۶۹۱ سانتی‌متر) کم‌ترین طول ریشه‌چه را به خود اختصاص داد (جدول ۳). بیش‌ترین طول ساقه‌چه در لاین Ks7 با میانگین (۱/۴۸۰ سانتی‌متر) و کم‌ترین طول ساقه‌چه در لاین Karaj2 با میانگین (۰/۴۸ سانتی‌متر) به‌دست آمد (جدول ۳). در این زمینه Jamaati-e-Somarin و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که اعمال تنش خشکی بر اساس پتانسیل اسمزی (با استفاده از پلی‌اتیلن‌گلیکول) سبب کاهش معنی‌دار میزان رشد گیاهچه و طول ساقه‌چه و ریشه‌چه ارقام کلزا گردید که با نتایج این آزمایش مطابقت داشت. هم‌چنین چغاکبودی و همکاران (۱۳۹۱) در ارزیابی واکنش ۱۶ ژنوتیپ کلزا به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی گزارش دادند که طول ساقه‌چه حساس‌ترین صفت به تنش خشکی می‌باشد. در آزمایش حاضر نیز رشد طولی ساقه‌چه در مقایسه با رشد طولی ریشه‌چه بیش‌تر تحت اثر سطوح مختلف تنش خشکی قرار گرفت که نشان‌دهنده حساسیت بیش‌تر طول ساقه‌چه در مقایسه با طول ریشه‌چه در واکنش به تنش خشکی بوده است و از این رو می‌تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی باشد. بیش‌تر محققان طول ریشه‌چه و نسبت ریشه‌چه به ساقه‌چه را شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ارقام متحمل به شرایط کمبود رطوبت خاک ذکر کرده‌اند (Hoogenboom *et al.,* 1987؛ Gazanchian *et al.*, 2006؛ Rmndpyshe *et al.,* 2009). نتایج آزمایش Omidi و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان داد که تنش خشکی علاوه بر کاهش رشد طولی ساقه‌چه و ریشه‌چه سبب کاهش نسبت ساقه‌چه به ریشه‌چه در ارقام کلزا گردید.

لاین‌های Karaj3، Karaj2، Kr4 و Kr18 دارای بیش‌ترین وزن خشک ریشه‌چه و لاین Ks12 با میانگین (۰/۰۰۰۱ گرم) کم‌ترین وزن خشک را دارا بودند (جدول ۳). در بررسی صفت وزن خشک ساقه‌چه لاین Hw101 بیش‌ترین میزان (۰/۰۰۰۲ گرم) و لاین‌های Kr4 و Hw113 و Karaj1 کم‌ترین میزان (۰/۰۰۰۱ گرم) وزن خشک ساقه‌چه رو به خود اختصاص دادند (جدول ۳). در وزن خشک گیاهچه لاین‌های Hw101 و K14 بیش‌ترین و لاین‌های Hw113 و Ks12 کم‌ترین وزن خشک را دارا بودند (جدول ۳). لاین‌های Karaj2، Kr4، Kr18 و Karaj1 دارای بیش‌ترین میزان بنیه بذر و لاین Ks12 کم‌ترین بنیه بذر را به خود اختصاص دادند (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه میانگین برهمکنش تنش اسمزی و لاین نشان داد که در تنش اسمزی ۳- بار، تفاوت بین لاین‌ها از نظر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. در تنش اسمزی ۶- بار، تفاوت بین لاین‌ها از نظر این صفت معنی‌دار بود و در تنش اسمزی ۶- بار و لاین Karaj2 کم‌ترین درصد جوانه‌زنی (۲۱ درصد) را به خود اختصاص داد (جدول ۴). مقایسه میانگین برهمکنش تنش اسمزی و لاین در طول ریشه‌چه در تنش اسمزی صفر و لاین Karaj2 بیش‌ترین طول ریشه‌چه (۱۰/۸۵۵ سانتی‌متر) و کم‌ترین میزان در تنش اسمزی ۶- بار و لاین KS12 (۰/۲۲۵ گرم) را دارا بودند. در طول ساقه‌چه تنش اسمزی صفر و لاین KS12 با (۴/۳۰۰ سانتی‌متر) بالاترین طول ساقه‌چه را دارا بود. وزن خشک ریشه‌چه تنش اسمزی صفر و لاین Karaj2 بیش‌ترین میزان (۰/۰۰۰۸ گرم) را دارا بود و در وزن خشک ساقه‌چه در تنش اسمزی ۳- بار و لاین Hw101 بیش‌ترین میزان (۰۰۰۷/ گرم) رو به خود اختصاص داد. در وزن خشک گیاهچه در تنش اسمزی صفر و لاین Kr4 بالاترین وزن خشک (۰/۰۰۱ گرم) را دارا بود و در بنیه بذر در تنش اسمزی صفر و لاین Karaj2 دارای بیش‌ترین میزان بنیه بذر (۰/۰۸۵) را دارا بود (جدول ۴). Moradshahi و همکاران (۲۰۰۴) و Sangtarash و همکاران (۲۰۰۹) مراحل جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه کلزا را یکی از حساس‌ترین مراحل نموی گیاه نسبت به تنش کم‌آبی ذکر کرده‌اند.

شاخص‌های جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در بین سطوح مختلف پتانسیل اسمزی اعمال شده اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد برای همه شاخص‌ها به‌جز متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی وجود داشت. نتایج تجزیه واریانس هم‌چنین نشان داد که اثر ساده لاین برای تمام شاخصها به‌جز متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی و شاخص بنیه گیاهچه در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار بود. برهمکنش تنش اسمزی و لاین فقط در شاخص بنیه گیاهچه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

نتایج مقایسه میانگین اثر ساده تنش اسمزی نشان داد که با افزایش فشار اسمزی، تمام شاخص‌ها به‌جز سرعت جوانه‌زنی روزانه کاهش یافتند زیرا با منفی‌تر شدن پتانسیل اسمزی آب کم‌تری در اختیار بذر قرار می‌گیرد و در نتیجه فعالیت‌های آنزیمی و هضمی طی فرآیند جوانه‌زنی کاهش می‌یابد و مواد جدید کم‌تری در اختیار جنین در حال رشد قرار گرفته در نتیجه جوانه‌زنی کاهش می‌یابد (Keshta *et al.*, 1999).

مقایسه میانگین اثر لاین نشان داد که لاین Karaj1 در شاخص‌های ضریب سرعت جوانه‌زنی به میزان (۰/۲۳۸ درصد) و درصد جوانه‌زنی نهایی (۲۳ درصد) و متوسط جوانه‌زنی روزانه (۱۳/۰۹۵ عدد) و متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی (۴ روز) دارای بیش‌ترین میزان شاخص‌های تحمل به تنش بود (جدول ۳).

Archive of SID

www.SID.ir

مقایسه میانگین برهمکنش تنش اسمزی و لاین‌ها نشان داد که در تنش اسمزی صفر و لاین‌ها و تنش اسمزی ۳- بار و لاین‌ها هم شاخص‌های درصد جوانه‌زنی نهایی و متوسط جوانه‌زنی روزانه دارای بیش‌ترین میزان بود. حمیدی و همکاران (۱۳۸۴) مشخص نمودند که با بررسی ضرایب همبستگی ساده بین شاخص‌های آزمایشگاهی بنیه بذر و قابلیت جوانه‌زنی با تعداد گیاهچه‌های عادی، متوسط جوانه‌زنی روزانه، سرعت جوانه‌زنی روزانه، وزن خشک گیاهچه و شاخص بنیه گیاهچه ۱ همبستگی مثبت معنی‌دار و با متوسط زمان جوانه‌زنی و تعداد گیاهچه‌های غیر عادی همبستگی منفی معنی‌داری داشت. بیش‌ترین شاخص ضریب سرعت جوانه‌زنی مربوط به تنش اسمزی صفر و لاین Karaj3 بود. بیش‌ترین میزان شاخص درصد جوانه‌زنی نهایی و شاخص متوسط جوانه‌زنی روزانه مربوط به تنش اسمزی صفر و لاین‌ها و تنش اسمزی ۳- بار و لاین‌ها به‌جز لاین Karaj2 را دارا بود (جدول ۴). حمیدی و همکاران (۱۳۸۴) با بررسی ضرایب همبستگی ساده بین قابلیت جوانه‌زنی و شاخص‌های بنیه بذر و گیاهچه آن و میزان ظهور گیاهچه در مزرعه و سایر شاخص‌های بنیه گیاهچه در مزرعه مشخص ساخت که تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده در مزرعه هفت روز پس از کاشت با تعداد گیاهچه‌های عادی در آزمایشگاه همبستگی مثبت بالایی داشته و قابلیت جوانه‌زنی با شاخص بنیه گیاهچه ۱ و وزن تر و خشک گیاهچه همبستگی مثبت معنی‌دار و متوسط جوانه‌زنی روزانه با طول ساقه اولیه از همبستگی مثبت معنی‌داری برخوردار بودند. Moradshahi و همکاران (۲۰۰۴) و Sangtarash و همکاران (۲۰۰۹) مراحل جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه کلزا را یکی از حساس‌ترین مراحل نموی گیاه نسبت به تنش کم‌آبی ذکر کرده‌اند. Zheng و همکاران (۱۹۹۸) نیز کاهش درصد سبز شدن و افزایش متوسط زمان لازم برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی را در کلزا در شرایط تنش کم‌آبی گزارش کرده‌اند. نتایج بررسی‌ها بر کاهش درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی و ضریب سرعت جوانه‌زنی و افزایش تعداد روز تا جوانه‌زنی در ارقام مختلف کلزا در شرایط تنش اسمزی تأکید کرده است (عندلیبی و همکاران، ۱۳۸۴). نتایج دیگر مطالعات نیز بر کاهش متوسط جوانه‌زنی روزانه، درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی ارقام کلزا در شرایط تنش کم‌آبی تأئید کرده است (Omidi *et al.*, 2009; Jamaati-e-Somarin *et al.*, 2010). Khodarahmpour (۲۰۱۲) کاهش معنی‌دار ۷۱ درصدی جوانه‌زنی، ۲۴ درصدی سرعت جوانه‌زنی و ۹۲ درصدی شاخص قدرت گیاهچه را در مقایسه با شرایط شاهد در دو لاین ذرت گزارش کرده است.

برخی مطالعات افزایش متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی در گیاه کلزا و سایر گیاهان زراعی را در شرایط تنش کم‌آبی نشان داده است (Omidi *et al.*, 2009; Willanbor *et al.*, 2004, Alebrahim *et al.*, 2008). نتایج آزمایش‌های دیگر نیز درباره واکنش ارقام کلزا، ارقام یولاف و ارقام گندم به تنش کم‌آبی از نظر شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی با نتایج این آزمایش مطابقت داشت (Mohammadi and Amiri, 2010; Mut and Akay, 2010; Zaefizadeh *et al.,* 2011).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۲: مقایسه میانگین‌های اثر تنش خشکی بر صفات مورد مطالعه

تنش اسمزی	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	بنیه بذر	ضریب سرعت جوانه‌زنی (درصد)	درصد جوانه‌زنی نهایی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	شاخص بنیه گیاهچه
۰	۱۰۰a	۷/۷۴۱ a	۱/۸۹۸a	۰/۰۰۰۵a	۰/۰۰۰۲a	۰/۰۰۰۹a	۰/۰۵۴a	۰/۲۴۴a	۲۵a	۱۴/۲۸۵ a	۰/۰۷۰b	۴a	۱۰۲۸/۱۷a
-۳	۹۵/ ۱۱۱a	۳/۱۹۳b	۰/۶۴۳b	۰/۰۰۰۲b	۰/۰۰۰۱b	۰/۰۰۰۴b	۰/۰۲۵b	۰/۲۳۲b	۲۳/۸۰۶a	۱۳/۵۸۷ a	۰/۰۸۰b	۴a	۳۷۷/۱۷b
-۶	۴۸/۴۷۱	۰/۵۴۸c	۰/۰۵۴c	۰/۰۰۰۱c	۰/۰۰۰۰۱c	۰/۰۰۰۱c	۰/۰۰۸c	۰/۲۱۶c	۱۲/۱۹۴b	۶/۹۶۸ b	۰/۲۸۴a	۴a	۳۸/۶۵c

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

جدول ۳: مقایسه میانگین‌های صفات در لاین‌های مورد مطالعه

لاین	درصد جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	بنیه بذر	ضریب سرعت جوانه‌زنی (درصد)	درصد جوانه‌زنی نهایی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	شاخص بنیه گیاهچه
HW113	۷۹ab	۳/۴۵۸a	۰/۹۱۶ab	۰/۰۰۰۲c	۰/۰۰۰۱b	۰/۰۰۰۳b	۰/۰۲۰bc	۰/۲۲۸abc	۱۹/۷۵۰ab	۱۱/۲۸۶ab	۰/۱۶۱b	۴a	۴۳۰/۹۷a
KS12	۷۳/۶۶۷ab	۱/۶۹۱b	۱/۰۱۰ab	۰/۰۰۰۱c	۰/۰۰۰۱ab	۰/۰۰۰۳b	۰/۰۱۰c	۰/۲۳۲ab	۱۸/۴۱۷b	۱۰/۵۲۴b	۰/۱۱۹b	۴a	۴۳۲/۶۳a
Karaj1	۹۱/۶۶۷a	۴/۶۲۵a	۰/۸۹۱ab	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۱b	۰/۰۰۰۵ab	۰/۰۳۷a	۰/۲۳۸a	۲۲/۹۱۷a	۱۳/۰۹۵a	۰/۰۸۱b	۴a	۵۴۷/۴۰a
Kr18	۸۳/۳۳۳ab	۳/۷۴۱a	۰/۶۴۸b	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۰۸b	۰/۰۰۰۴ab	۰/۰۳۵a	۰/۲۳۵ab	۲۰/۸۳۳ab	۱۱/۹۰۵ab	۰/۱۴۵b	۴a	۴۳۴/۲۷a
Hw101	۸۲ab	۴/۵۶۱a	۰/۹۶۳ab	۰/۰۰۰۲ab	۰/۰۰۰۲a	۰/۰۰۰۷a	۰/۰۲۵ab	۰/۲۳۴ab	۲۰/۵۰۰ab	۱۱/۷۱۴ab	۰/۱۳۵b	۴a	۴۸۳/۵۹a
Kr4	۸۲/۳۳۳ab	۳/۹۰۰a	۰/۸۲۸ab	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۱b	۰/۰۰۰۷a	۰/۰۳۴a	۰/۲۲۵bc	۲۰/۵۸۳ab	۱۱/۷۶۲ab	۰/۱۲۶b	۴a	۴۵۹/۰۹a
Karaj2	۶۶b	۴/۳۷۰a	۰/۴۱۸b	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۱ab	۰/۰۰۰۵ab	۰/۰۳۵a	۰/۲۲۱c	۱۶/۵۸۳b	۹/۴۲۹b	۰/۳۲۵a	۵a	۵۳۰/۳۵a
Karaj3	۹۱/۳۳۳a	۴/۲۰۵a	۰/۷۵۶b	۰/۰۰۰۳a	۰/۰۰۰۱ab	۰/۰۰۰۵ab	۰/۰۲۹ab	۰/۲۳۳a	۲۲/۸۳۳a	۱۳/۰۴۸a	۰/۰۸۰b	۴a	۴۸۷/۶۲a
Ks7	۸۸a	۴/۲۰۱a	۱/۴۸۰a	۰/۰۰۰۳ab	۰/۰۰۰۱ab	۰/۰۰۰۴ab	۰/۰۳۷a	۰/۲۳۰abc	۲۰/۵۸۳ab	۱۱/۷۶۲ab	۰/۱۱۴b	۴a	۴۸۰/۶۷a

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۴: مقایسه‌های میانگین برهمکنش تنش خشکی در لاین

تنش اسمزی	لاین	درصد جوانه‌زنی	طول ساقه‌چه (سانتی‌متر)	طول ریشه چه (سانتی‌متر)	وزن خشک ریشه‌چه (گرم)	وزن خشک ساقه‌چه (گرم)	وزن خشک گیاهچه (گرم)	بنیه بذر	ضریب سرعت جوانه‌زنی (درصد)	درصد جوانه‌زنی نهایی	متوسط جوانه‌زنی روزانه	سرعت جوانه‌زنی روزانه	متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی	شاخص بنیه گیاهچه
۰	۱	۱۰۰a	۱/۵۵۰bcd	۶/۲۷۵ cde	۰/۰۰۰۲efg	۰/۰۰۰۱ cde	۰/۰۰۰۵defgh	۰/۰۳۳def	۰/۲۳۸abcd	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۷۸۲/۵cdef
۰	۲	۱۰۰a	۴/۳۰۰a	۲/۹۲۵fghi	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۰۲cd	۰/۰۰۰۴defgh	۰/۰۲۱efgh	۰/۲۴۰abcd	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۱۰۶۷/۵abc
۰	۳	۱۰۰a	۱/۹۲۵bc	۹/۱۷۵ ab	۰/۰۰۰۷ab	۰/۰۰۰۲cd	۰/۰۰۰۹abcd	۰/۰۷۲ab	۰/۲۴۵ab	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۱۱۱۰abc
۰	۴	۱۰۰a	۱/۲۲۵cdef	۵/۹۰۰ de	۰/۰۰۰۵bcd	۰/۰۰۰۱cde	۰/۰۰۰۶defgh	۰/۰۵۶ bc	۰/۲۴۴ab	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۷۱۲/۵defg
۰	۵	۱۰۰a	۲/۶۰۰b	۹/۹۵۰ ab	۰/۰۰۰۴ def	۰/۰۰۰۲cd	۰/۰۰۱abc	۰/۰۴۲cde	۰/۲۴۷ab	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۱۲۴۰ab
۰	۶	۱۰۰a	۱/۵۱۵ bcde	۷/۲۶۵bcd	۰/۰۰۰۶abc	۰/۰۰۰۲cde	۰/۰۰۱a	۰/۰۶۸ab	۰/۲۴۲abc	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۸۷۸cde
۰	۷	۱۰۰a	۱/۱۸۹ cdef	۱۰/۸۵۵ a	۰/۰۰۰۸a	۰/۰۰۰۴ab	۰/۰۰۱ab	۰/۰۸۵a	۰/۲۴۵ab	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۱۳۸۴/۷a
۰	۸	۱۰۰a	۱/۵۲۰ bcde	۸/۶۸۸ abc	۰/۰۰۰۶bcd	۰/۰۰۰۲cd	۰/۰۰۰۸bcde	۰/۰۴۵ cd	۰/۲۴۷a	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۱۰۲۰/۸bcd
۰	۹	۱۰۰a	۲/۴۶۰ b	۸/۶۴۵abc	۰/۰۰۰۵cde	۰/۰۰۰۲cd	۰/۰۰۰۷bcdef	۰/۰۶۸ab	۰/۲۴۶ab	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۱۱۱۰/۵abc
-۳	۱	۹۲a	۱/۲۰۰ cdef	۳/۶۵۰ efgh	۰/۰۰۰۲ fgh	۰/۰۰۰۱cde	۰/۰۰۰۳efgh	۰/۰۲۳defgh	۰/۲۲۷abcde	۲۳a	۱۳/۱۴۳a	۰/۰۷۸b	۴b	۴۷۸/۶fgh
-۳	۲	۹۴a	۰/۳۷۵ def	۱/۹۲۵ ghi	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۰۲cd	۰/۰۰۰۴defgh	۰/۰۰۸gh	۰/۲۳۴abcde	۲۳/۵a	۱۳/۴۲۹a	۰/۰۷۵b	۴b	۲۲۴/۸hi
-۳	۳	۱۰۰a	۰/۷۵۰ cdef	۴/۱۲۵ efg	۰/۰۰۰۳efgh	۰/۰۰۰۱cde	۰/۰۰۰۴defgh	۰/۰۳۰defg	۰/۲۴۴ab	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۴۸۷/۵fgh
-۳	۴	۱۰۰a	۰/۷۲۰ cdef	۴/۸۲۵ def	۰/۰۰۰۴def	۰/۰۰۰۱cde	۰/۰۰۰۵defgh	۰/۰۴۳cde	۰/۲۴۱abc	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۵۵۴/۵fgh
-۳	۵	۹۴a	۰/۷۰۰ cdef	۲/۹۷۵ ghif	۰/۰۰۰۱gh	۰/۰۰۰۷a	۰/۰۰۰۷cdefg	۰/۰۱۷fgh	۰/۲۴۰abcd	۲۳/۵a	۱۳/۴۲۹a	۰/۰۷۵b	۴b	۳۴۶/۳hi
-۳	۶	۱۰۰a	۰/۵۸۵ def	۳/۹۲۵efg	۰/۰۰۰۳efgh	۰/۰۰۰۱cde	۰/۰۰۰۴defgh	۰/۰۳۰defg	۰/۲۲۶bcdef	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۴۵۱fgh
-۳	۷	۷۷ab	۰/۲۶۰ f	۱/۸۸۰ ghi	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۰۸de	۰/۰۰۰۳efgh	۰/۰۱۸ fgh	۰/۲۰۶f	۱۹/۵ab	۱۱ab	۰/۱۴۲b	۵b	۱۹۳/۲hi
-۳	۸	۹۹a	۰/۷۰۰cdef	۳fghi	۰/۰۰۰۳efgh	۰/۰۰۰۳bc	۰/۰۰۰۶defgh	۰/۰۳۳def	۰/۲۳۷abcd	۲۴/۷۵۰a	۱۴/۱۴۳a	۰/۰۷۰b	۴b	۳۶۵/۱gh
-۳	۹	۱۰۰a	۰/۵۰۰ def	۲/۴۳۵ fghi	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۰۰۹cde	۰/۰۰۰۳efgh	۰/۰۲۱efgh	۰/۲۳۳abcde	۲۵a	۱۴/۲۸۶a	۰/۰۷۰b	۴b	۲۹۳/۵hi
-۶	۱	۴۵cd	۰/۰۰۰۰۱f	۰/۴۵۰ i	۰/۰۰۰۱gh	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۵h	۰/۲۳۰def	۱۱/۲۵۰cde	۶/۴۲۹cde	۰/۳۳۶b	۵b	۳۱/۸i
-۶	۲	۲۷d	۰/۰۰۰۰۱f	۰/۲۲۵ i	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۲h	۰/۲۲۲cdef	۶/۷۵۰de	۳/۸۵۷de	۰/۲۴۴b	۴b	۵/۶i
-۶	۳	۷۵abc	۰/۰۰۰۰۰۱f	۰/۵۷۵ i	۰/۰۰۰۱gh	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۹gh	۰/۲۲۶bcdef	۱۸/۷۵۰abc	۱۰/۷۱۴abc	۰/۱۰۳b	۴b	۴۴/۷i
-۶	۴	۵۰bcd	۰/۰۰۰۰۱f	۰/۵۰۰ i	۰/۰۰۰۱ gh	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۶h	۰/۲۲۰def	۱۲/۵۰۰bcde	۷/۱۴۳bcde	۰/۲۹۵b	۵b	۳۵/۸i
-۶	۵	۵۲bcd	۰/۰۰۰۰۰۱f	۰/۷۶۰ i	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۲efgh	۰/۰۱۸fgh	۰/۲۱۶ef	۱۳bcd	۷/۴۲۹bc	۰/۲۶۰b	۵b	۵۳/۶i
-۶	۶	۴۷bcd	۰/۳۸۵def	۰/۵۱۰ i	۰/۰۰۰۱gh	۰/۰۰۰۰۱cde	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۴h	۰/۲۰۸f	۱۱/۷۵۰cde	۶/۷۱۴bcde	۰/۲۳۸b	۵b	۴۸/۳i
-۶	۷	۲۱d	۰/۰۰۰۰۰۱f	۰/۳۷۵i	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۱h	۰/۰۰۲h	۰/۲۱۰f	۵/۲۵۰e	۳e	۰/۷۶۵a	۵b	۵۳/۶i
-۶	۸	۷۵abc	۰۰/۰۰۰۱f	۰/۹۳۰ i	۰/۰۰۰۱gh	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۱gh	۰/۰۱۰fgh	۰/۲۱۴ef	۱۸/۷۵۰abc	۱۰/۷۱۴abc	۰/۱۰۱b	۵b	۷۷i
-۶	۹	۴۰d	۰/۰۰۰۰۱f	۰/۶۳۳ i	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۰۰۰۰۱e	۰/۰۰۰۲fgh	۰/۰۱۷fgh	۰/۲۱۰f	۱۱/۷۵۰cde	۶/۷۱۴bcde	۰/۲۰۲b	۵b	۳۸i

میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف مشترک هستند، اختلاف آماری معنی‌داری در آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد ندارند.

Archive of SID

www.SID.ir

Shahverdikandi و همکاران (۲۰۱۱) گزارش کرده‌اند که ارقام کلزای متحمل به تنش کم‌آبی از کم‌ترین میزان سرعت جوانه‌زنی روزانه و بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی همراه با متوسط جوانه‌زنی روزانه بالا برخوردارند. از آن‌جا که جوانه‌زنی غیرهمزمان و در مدت طولانی‌تر احتمال حمله بیماری‌های خاک‌زی به بذر و گیاهچه را افزایش می‌دهد و سبب کاهش استقرار کامل گیاهچه می‌گردد (El. Sharkawi and Sprinuel, 1977)، بنابراین بایستی علاوه بر درصد جوانه‌زنی به سرعت و رشد گیاهچه نیز توجه داشت. عندلیبی و همکاران (۱۳۸۴) به منظور گزینش ارقام متحمل به تنش کم آبی، حساس‌ترین صفت به تنش اسمزی را در بین شاخص‌های مختلف جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی ذکر کرده‌اند.

نتیجه‌گیری

مقایسه میانگین برهمکنش سطوح مختلف خشکی و لاین نشان داد سطح خشکی ۶- بار و لاین HW101 بیش‌ترین طول ریشه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه و بنیه بذر را دارا بود. بنابراین لاین HW101 به‌عنوان لاین متحمل به خشکی شناسایی شد. در این آزمایش رشد طولی ساقه‌چه در تنش اسمزی ۳- و ۶- بار به‌ترتیب ۶۶ و ۹۷ درصد کاهش در مقایسه با رشد طولی ریشه‌چه در تنش اسمزی ۳- و ۶- بار به‌ترتیب ۵۹ و ۹۳ درصد، بیش‌تر تحت اثر سطوح مختلف تنش خشکی قرار گرفت لذا می‌تواند ویژگی مناسبی برای ارزیابی تحمل به تنش خشکی باشد. مناسب‌ترین شاخص در شرایط سطوح مختلف تنش اسمزی و لاین، شاخص بنیه گیاهچه بود. با استفاده از نتایج این پژوهش و توسعه تحقیقات می‌توان درک بهتری در زمینه مکانیسم‌های فیزیولوژیکی تحمل گیاهان به تنش‌های محیطی در لاین‌های جدید به دست آورد.

منابع

جاجرمی، و. ۱۳۹۱. بررسی اثر تنش خشکی بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی هفت رقم گندم. مجله زراعت و اصلاح نباتات. ۸ (۴): ۱۸۳- ۱۹۲.

حمیدی، آ.، رضازاده، ج. و عسگری، و. ۱۳۸۴. بررسی رابطه ظهور گیاهچه ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ در مزرعه و برخی ویژگی‌های مرتبط اندازه‌گیری شده در آزمایشگاه نهال و بذر. ۲۳۹: ۲۱-۲۱۳.

عندلیبی، ب .، زنگانی، ا. و حق‌نظری، ر. ۱۳۸۴. بررسی اثرات تنش خشکی بر شاخص‌های جوانه‌زنی ۶ رقم کلزا (*Brassica napus* L.). علوم کشاورزی ایران. ۳۶ (۲): ۴۵۷-۴۶۳.

چغاکبودی، ز.، زبرجدی، ز. و کهریزی، د. ۱۳۹۱. ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) در شرایط مزرعه و آزمایشگاه. مجله به‌نژادی نهال و بذر. ۲۸ (۱): ۳۸-۱۷.

مظاهری‌تیرانی، م. و منوچهری‌کلانتری، خ. ۱۳۸۵. بررسی سه فاکتور سالیسیلیک اسید، تنش خشکی و اتیلن و اثر متقابل آن‌ها بر جوانه‌زنی بذر کلزا (*Brassica napus* L.). مجله زیست شناسی ایران. ۱۹ (۴): ۴۱۸- ۴۰۸.

Archive of SID

www.SID.ir

Abdul-Baki, A.A. and Anderson. J.D. 1973. Relationship between decarboxylation of glutamic acid and vigor in soybean seed. Crop Science 13: 227–232.

Alebrahim, M.T., Janmohammadi, M., Sharifzade, F. and Tokasi. S. 2008. Evaluation of salinity and drought stress effects on germination and early growth of maize inbred lines (*Zea mays* L.). Electronic Journal of Crop Production 1 (2): 35-43.

Bailly, C., Benamar, A., Corbineau, F. and Come, D. 2000. Antioxidant systems in sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds as affected by priming. Seed Science Research 10:35–42.

Cregan, P.B. and Hartwig, E.E. 1984. Characterization of flowering response to photoperiod in diverse soybean genotypes. Crop Science 24: 659-662.

Donatelli, M., Hammer, G.L. and Vanderlip, R.L. 1992. Genotype and water limitation effects on phenology, growth and transpiration efficiency in grain sorghum. Crop Science 32: 781-786.

Ellis, R.H and Roberts. E.H. 1980. Towards a rational basis for testing seed quality. *In*: Hebblethwaite, P.D. (Ed.), Seed Production. Butterworths, London, pp. 605–635.

El. Sharkawi, H.M. and Sprinuel. I. 1977. Germination of some Crop plant seed under reduced water potential. Seed Science & Technology 5: 677-688.

Gazanchian, A., Khosh Kholgh, N.A., SimaMalboobi, , M.A. and Majidi Heravan, E. 2006. Relationships between emergence and soil water content for perennial cool-season grasses native to Iran. Crop Science 46: 544–553.

Hoogenboom, G., Huck, M.G. and Peterson, C.M. 1987. Root growth rate of soybean as affected by drought stress. Agronomy Journal 79: 607-614.

Hunter, E.A., Glasbey, C.A. and Naylor, R.E.L. 1984. The analysis of data from germination tests. Journal of Agricultural Science. Cambridge 102: 207-213.

Jamaati-e-Somarin, S., R. Zabihi-e-Mahmoodabad. and Yari. A. 2010. Reaction of canola cultivars (*Brassica napus* L.) to water deficit on seed germination and seedling growth stage. Word Applied Science Journal. 10: 699-702.

Keshta, M.M., Hammad, K.M. and Sorour, A.I. 1999. Evaluation of rapeseed genotypes in saline soil. Proceedings of the 10 the International Canola Congress, Canberra. Australia 253-258.

Khodarahmpour, Z. 2012. Evaluation of drought stress effects on germination and early growth of inbred lines of MO17 and B73. African Journal of Microbiology Research 6: 3749–3754.

Maguire, J.D. 1962. Speed of germination aid in selection and evaluation for seedling emergence and vigor. Crop Science 2: 176–177.

Mayers, J.D., R.J. Lowh and Byth. D.E. 1991. Adaptation of soybean to dry season of tropics. I. Genotype and environmental effects on phenology. Australian Journal of Agricultural Research. 42: 479-515.

Archive of SID

www.SID.ir

Mohammadi, G.R and Amiri. F. 2010. The effect of priming on seed performance of canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 9 (2): 202-207.

Moradshahi, A., Salehi Eskandari, B. and Kholdebarin. B. 2004. Some physiological responses of canola (*Brassica napus* L.). to water deficit stress under laboratory conditions. Iranian Journal of Science and Technology 28: 43-50. **Mut, Z and Akay. H. 2010.** Effect of seed size and drought stress on germination and seedling growth of naked oat (*Avena sativa* L.). Bulgarian Journal of Agricultural Science. 16: 459-467.

Mwale, S.S., Hamusimbi, C. and Mwansa, K. 2003. Germination, emergence and growth of canola (*Helianthus annuus* L.) in response to osmotic seed priming. Seed Science and Technology 31: 199-206.

Omidi, H., Khazaei, F., Hamzi Alvanagh, S. and Heidari-Sharifabad, H. 2009. Improvement of seed germination traits in canola (*Brassica napus* L.) as affected by saline and drought stresses. Plant Ecophysiology 3: 151-158.

Pessarakli, M. 1994. Plant and Crop Stress Handbook. Marcel Deckker, New York, USA.

Sangtarash, M.H., Qaderi, M.M., Chinnappa, C.C. and Reid, D.M. 2009. Differential sensitivity of canola (*Brassica napus*) seedlings to ultraviolet-B radiation, water stress and abscisic acid. Environmental and Experimental Botany 66: 212-219.

Scott, S.J., Jones, R.A. and Willams, W.A. 1984. Review of data analysis methods for seedgermination. Crop Science 24: 1192–1199.

Seefeldet, S.S., Kidwell, K.K. and Waller, J.E. 2002. Base growth temperature, germination rates and growth response of contemporary spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars from the USA Pacific North West. Field Crops Research 75: 45-52.

Shakirova, F.M. and Sahabutdinova, D.R. 2003. Changes in the hormonal status of wheat seedling induced by salicylic acid and salinity. Plant Science 164: 317-322.

Shekari, F., Khoie, R., Javanshir, A., Alyari, H. and Shkiba, M.R. 2000. Effect of Sodium chloride salinity on germination of Rapeseed cultivars. Turkish Journal of Field Crops 5(1): 21-28.

Shahverdikandi, M., Tobeh, A., Jahanbakhsh Godehkahriz, S. and Rastegar, Z. 2011. The study of germination index of canola cultivars for drought resistance. International journal of Agronomy and Plant Production 2 (3): 89-95.

Willanbor, C.J., Gulden, R.H., Jhonson, E.N. and Shirtliffe, S.J. 2004. Germination characteristics of polymer-coated canola (*Brassica napus* L.) seeds subjected to moisture stress at different temperatures. Agronomy Journal 96: 786-791.

Archive of SID

www.SID.ir

Zaefizadeh, M., Jamaati-e-Somarin, S., Zabihi-e-Mahmoodabad, R. and Khayatnezhad, M. 2011. Discriminate analysis of the osmotic stress tolerance of different sub-cultivars of durum wheat during germination. Advances in Environmental Biology 5(1): 74-80.

Zheng, G.H., Gao, Y.P., Wilenand, R.W. and Gusta, L.V. 1998. Canola seed germination and seedling emergence from pre-hydrated and redried seed subjected to salt and water stresses at low temperatures. Annals of Applied Biology 132: 339-348.

Archive of SID

www.SID.ir