به زراعی کشاورزی
دوره ۱۹ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۶
صفحه‌های ۹۳۲-۹۲۱

ارزیابی جوانه‌زنی برخی از ژنوتیپ‌های کلزا در واکنش به پتانسیل آب با استفاده از مدل هیدروتایم

رقیه عادلی[۱]، الیاس سلطانی[۲]*، غلامعباس اکبری[۳]، حسین‌علی رامشینی[۳]

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۲. استادیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران
۳. دانشیار، گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران، پاکدشت، ایران

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۵/۰۹/۰۷ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۵/۱۰/۱۴

چکیده

شناسایی ارقام متحمل به خشکی از نظر تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارد. به همین دلیل، این آزمایش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل با ۲۰ ژنوتیپ کلزا و ۵ سطح پتانسیل آب ۰، ۰/۱۵-، ۰/۳-، ۰/۵- و ۰/۸- مگاپاسکال در ۴ تکرار درآزمایشگاه تکنولوژی بذر پردیس ابوریحان در سال۱۳۹۴-۱۳۹۵ اجرا شد. جوانه‌زنی بذر ژنوتیپ‌های مختلف به‌صورت روزانه دوبار در هر پتانسیل آب و دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد ثبت شد. سپس مدل هیدروتایم به داده‌های جوانه‌زنی برازش داده شد. نتایج حاصل از پارامترهای مدل هیدروتایم برای هریک از ژنوتیپ‌ها نتایج نشان داد که لاین کرج۱ و رقم اپرا به‌ترتیب با ۱/۲۳- و ۱/۲- مگاپاسکال کم ترین مقدار پتانسیل پایه و متحمل‌ترین ژنوتیپ‌ها به خشکی بودند. لاین ۲۰۳ و رقم لیکورد به‌ترتیب ۰/۲۷- و ۰/۲۲- بیش‌ترین مقدار پتانسیل پایه و حساس‌ترین ژنوتیپ ها به خشکی بودند. کم‌ترین ضریب هیدروتایم مربوط به ارقام زرفام و طلایه با ۲۲/۶۷ و۲۳/۷۳ مگاپاسکال بر ساعت و بیش‌ترین مقدار این ضریب مربوط به لاین ۳۸۹ و رقم اپرا به‌ترتیب با ۵۰/۹۳ و۴۸/۰۷ مگاپاسکال بر ساعت بود. پتانسیل پایه با حدود ۹۵ درصد بیش ترین توارث‌پذیری را داشت. با استفاده از مدل هیدروتایم ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی شناسایی شد. همچنین، بررسی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی و توارث پذیری پارامترهای مدل نشان داد تنوع مناسبی در مقاومت ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح خشکی وجود داشت که از این تنوع می‌توان برای اصلاح ارقام جدید کلزا متحمل به خشکی استفاده کرد.

کلیدواژه‌ها: : بذر، پلی‌اتیلن‌گلایکول، تنش خشکی، تنوع ژنتیکی، سرعت جوانه‌زنی، قدرت بذر.

* نویسنده مسئول
Email: elias.soltani@ut.ac.ir

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

جوانه‌زنی و سبزشدن از مراحل مهم چرخهٔ زندگی گیاهان است [۱و۱۶]. تأخیر در جوانه‌زنی گیاهچه از مشکلات مدیریتی مهم در نواحی با شرایط تنش های خشکی، شوری و دمای پایین است [۱۲و ۱۷]. تأثیر شرایط نامطلوب در طول دورهٔ جوانه‌زنی و مراحل اولیه رشد گیاه نسبت به سایر مراحل رشد مهم تر است. تنش های آبی می‌توانند در کاهش سرعت و درصد جوانه‌زنی تأثیر بگذارد [۸]. تحقیقی نشان داد که در اثر تنش خشکی روی گیاه ماش، تمامی شاخص های جوانه زنی کاهش یافت و دلیل آن کاهش سرعت جذب اولیه آب توسط بذر ذکر شد [۳]. بذوری که بتوانند در شرایط تنش، جوانه‌زنی قابل قبولی داشته باشند، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ارزش فراوانی خواهند داشت و به‌طورکلی کاهش پتانسیل اسمزی، اثر منفی بر تمامی شاخص‌های جوانه‌زنی دارد [۲۰].

امروزه محققان برای پیش بینی جوانه زنی و استقرار گیاهان تحت شرایط مزرعه از مدل‌های ریاضی بهره می‌برند. یکی از این مدل‌ها که حساسیت جوانه‌زنی بذور به تنش خشکی را تعیین می‌کند، مدل هیدروتایم است [۸ و۱۵]. پارامترهای مدل هیدروتایم می‌تواند برای تفکیک توده‌های بذری از نظر قدرت استفاده شود. به این ترتیب که پارامتر ضریب هیدروتایم معیاری از سرعت جوانه‌زنی است و پتانسیل پایه برای جوانه‌زنی حاکی از قدرت بذر است که در توده‌هایی با قدرت بذر بالاتر مقادیر منفی‌تری خواهد داشت [۹و۲۱]. در نتیجه می‌توان گفت ارقامی که پتانسیل پایه کمتری داشته باشند احتمالاً قدرت بذر بالاتری دارند و ارقامی که ضریب هیدروتایم آن‌ها کمتر باشد سرعت جوانه‌زنی و استقرار سریع‌تری خواهند داشت.

تنوع ژنتیکی پایهٔ اصلاح نباتات است که از تکامل طبیعی ناشی شده و از اجزای مهم پایداری نظام‌های زیست‌شناختی است [۶و۲۴]. ارزیابی تنوع ژنتیکی در گیاهان زراعی برای برنامه های اصلاح نباتات و حفاظت از ذخایر توارثی، کاربرد حیاتی دارد [۲۴]. آگاهی از تنوع ژنتیکی در گونه های گیاهی برای گزینش از نژادهای والدینی در افزایش عملکرد نتاج آن‌ها ضروری است [۶و۲۴] توارث‌پذیری معیاری برای برآورد پاسخ مورد انتظار با گزینش است و در طراحی برنامه های اصلاحی موفق استفاده می‌شود [۳]. درگندم نان بالاترین وراثت‌پذیری را برای تعداد سنبلچه در سنبلهٔ ساقهٔ اصلی (۴۶/۲۴ درصد)، تعداد دانه در سنبلهٔ فرعی (۴۱/۷۳درصد)، دوام سطح برگ (۱۲/۷۰ درصد)، طول سنبله (۳۲/۷۱درصد) و کم‌ترین وراثت‌پذیری‌ها را برای نسبت وزنی سنبله به ساقهٔ اصلی (۴۰/۴درصد) و عملکرد زیست‌توده یا بیولوژیک (۴/۶ درصد) گزارش کرده‌اند. وراثت‌پذیری عملکرد دانه ۱۴/۰درصد برآورد شده است و علت پایین بودن آن را به نقش عامل‌های محیطی مرتبط دانستند[۱۹]. دربارهٔ کار مشابه در زمینهٔ مطالعهٔ توارث‌پذیری در جوانه‌زنی می‌توان به تحقیقی اشاره کرد که روی جوانه‌زنی کنجد انجام شده است. حداکثر سرعت جوانه‌زنی، شاخص تحمل به گرما و دمای پایه برای جوانه‌زنی به ترتیب با ۹۸/۳، ۹۵/۹ و ۹۵/۵ درصد بیش‌ترین توارث‌پذیری را داشتند و کم‌ترین قابلیت توارث به‌ترتیب مربوط به دمای سقف برای جوانه‌زنی با ۳/۲ درصد بود [۴].

کلزا با نام علمی *Brassica napus* L. سومین گیاه روغنی مهم دنیاست که سطح کشت آن در مناطق معتدل به سرعت در حال افزایش است [۵]. ایران کشوری خشک و نیمه‌خشک است و محدودیت آب آبیاری و بارندگی و پراکنش نامنظم آن (به‌خصوص در مناطق دیم) در اکثر نواحی وجود دارد. به‌همین دلیل تنش خشکی یکی از مهم‌ترین عواملی است که در اکثر مراحل رشد گیاهان زراعی اثرگذار است. ممکن است تنش خشکی آسیب زیادی به جوانه‌زنی و استقرار گیاه کلزا به ویژه تحت

Archive of SID
www.SID.ir

شرایط دیم وارد کند. در نتیجه یافتن ارقامی که بتوانند تنش خشکی را در مرحلهٔ جوانه‌زنی و سبز شدن بهتر تحمل کنند، در افزایش تعداد گیاهچه‌های سبز شده و در نهایت عملکرد نهایی مؤثر خواهد بود [۲]. از طرفی گیاهچه‌هایی که زودتر و یکنواخت‌تر سبز شوند استقرار بهتری نیز در مزرعه خواهند داشت و در رقابت با علف‌های هرز موفق‌تر خواهند بود. استقرار سریع‌تر کانوپی می‌تواند امتیازات دیگری برای گیاهان زراعی نیز داشته باشد که در نهایت باعث افزایش عملکرد خواهد شد [۲]. بنابراین ارقامی از کلزا که متحمل به تنش خشکی در مرحلهٔ جوانه‌زنی هستند از نظر تولید محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک اهمیت زیادی دارند. هدف از اجرای این آزمایش بررسی و مطالعهٔ صفات و شاخص‌های مربوط به جوانه‌زنی ارقام کلزا تحت شرایط تنش خشکی، شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل با کمک مدل هیدورتایم و بررسی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی و قابلیت توارث پارامترهای مدل بین ژنوتیپ‌های مختلف کلزا بود.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در آزمایشگاه تکنولوژی بذر، گروه علوم زراعی واصلاح نباتات پردیس ابوریحان دانشگاه تهران در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل با ۲۰ ژنوتیپ کلزا و ۵ سطح پتانسیل آب ۰، ۰/۱۵-، ۰/۳-، ۰/۵- و ۰/۸- مگاپاسکال در ۴ تکرار در سال ۱۳۹۴-۱۳۹۵ اجرا شد. برای ایجاد پتانسیل‌های مختلف از پلی اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ استفاده شد و مقدار پلی‌اتیلن گلیکول با کمک فرمول میچل تهیه شد [۱۸]. برای سطح شاهد از آب مقطر استفاده شد. در هر تکرار از هر تیمار، ۵۰ بذر از ۲۰ ژنوتیپ کلزا در داخل پتری‌دیش بر روی کاغذ صافی قرار داده شد و سپس در دمای ۲۰ درجهٔ سانتی‌گراد در محلول‌های ساخته شده یا آب مقطر (برای تیمار شاهد) در انکوباتور قرار داده شدند. بازدید از بذور دو نوبت در روز صورت گرفت و معیار بذور جوانه‌زده خروج ریشه‌چه به اندازهٔ ۲ میلی‌متر یا بیشتر بود [۷، ۸ و ۱۴]. در طول آزمایش در صورت نیاز، به پتری‌دیش ها آب مقطر یا محلول‌های تهیه شده اضافه شد. برای محاسبهٔ درصد و سرعت جوانه‌زنی بذور از برنامه Germin Ver.2 استفاده شد [۲۱]، این برنامه D10 (مدت زمان تا ۱۰ درصد جوانه‌زنی)، D50 (مدت زمان تا ۵۰ درصد جوانه‌زنی) و D90 (مدت زمان تا ۹۰ درصد جوانه‌زنی) را محاسبه می‌کند. این پارامترها در نسخه جدید Germin از طریق درون یابی خطی[1] داده‌های جوانه‌زنی در مقابل زمان محاسبه می‌شود. به دلیل این که در اکثر ژنوتیپ‌ها درصد جوانه‌زنی بالاتر از ۵۰ بود برای محاسبهٔ سرعت جوانه‌زنی (بر ساعت) از رابطهٔ زیر استفاده شد:

$$R50=1/D50 \qquad (۱)$$

در این رابطه R50 نشان دهندهٔ سرعت جوانه‌زنی برای رسیدن به ۵۰ درصد جوانه‌زنی بذرها بود و در ژنوتیپ‌هایی که درصد جوانه‌زنی به ۵۰ نرسیده بود، سرعت جوانه‌زنی صفر در نظر گرفته بود، یعنی قادر به جوانه‌زنی تا ۵۰ درصد نیستند. در نهایت مدل هیدروتایم به داده‌ها برازش داده شد [۷] و پارامترهای این مدل برای هر ژنوتیپ و هر تکرار تعیین شد[۱۱]:

$$\theta_H = (\psi - \psi_b(g))\, t_g \qquad (۲)$$

که در این رابطه θ_H ثابت هیدروتایم، ψ پتانسیل آب محیط پتانسیل پایه یا آستانه برای جوانه‌زنی کسر خاصی از بذور (g) و t_g زمان برای خروج ریشه‌چه کسر خاصی از بذور هستند. می‌توان معادلهٔ (۲) را به شکل معادلهٔ (۳) ارائه کرد که رابطهٔ بین پتانسیل آب و سرعت جوانه زنی (GR_g) را نشان می‌دهد [۹و۱۱]:

1. Interpolated

Archive of SID
www.SID.ir

$$GR_g = 1/t_g = [\psi - \psi_b(g)]/\theta_H \quad (۳)$$

با فرض اینکه تغییرات ψb در هر ژنوتیپ از توزیع نرمال پیروی می‌کند، مدل هیدروتایم با آنالیز پروبیت تکرارشده طبق معادلهٔ زیر تخمین زده و بهترین برازش مدل محاسبه شد [۸ و۱۵].

$$probit\ (g) = [\psi - (\theta H/tg) - \psi b(50)]\ /\sigma\psi b \quad (۴)$$

که در این رابطه ψb(50)، مقدار میانه پتانسیل پایه برای جوانه‌زنی (ψ_b) و σψb، انحراف معیار (یکنواختی جوانه‌زنی) هستند و برای هر ژنوتیپ و تکرار تعیین شدند. واریانس ژنوتیپیVg و فنوتیپی Vp با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه شد [۴، ۵و۲۲]:

$$Vg = [MSg - MSe / r] \quad (۵)$$

$$Vp = [MSg / r] \quad (۶)$$

در این رابطه‌هاMSe ،MSg و r به‌ترتیب میانگین مربعات ژنوتیپی، میانگین مربعات اشتباه آزمایشی و تکرار هستند. ضریب تنوع فنوتیپی PCV و ژنوتیپیGCV به صورت زیر محاسبه شدند [۲۲]:

$$PCV = [\sqrt{VP/X}] \times 100 \quad (۷)$$

$$GCV = [\sqrt{Vg / X}] \times 100 \quad (۸)$$

در این رابطه‌ها X میانگین صفت را نشان می‌دهد. قابلیت وراثت پذیری عمومی H^2Bبه‌صورت زیر محاسبه شدند [۴و۲۲]:

$$H^2B = \frac{vg}{vp} \times 100 \quad (۹)$$

آزمایش در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی به‌صورت فاکتوریل تجزیه شد و برای مقایسه میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی از روش برش‌دهی فیزیکی (physical slicing) استفاده شد. با توجه به اینکه در شرایط تنش خشکی درصد و سرعت جوانه‌زنی کاهش زیادی خواهد یافت مقادیر واریانس داده‌ها نسبت به شرایط شاهد کمتر خواهد بود. در نتیجه برای هر شرایط تنش مقدار LSD (سطح ۵ درصد) مربوط به همان شرایط محاسبه شد تا خطای آزمایش و مقایسهٔ میانگین به حداقل ممکن برسد. مقادیر پارامترهای مدل برای هر تکرار و ژنوتیپ محاسبه شد و تجزیهٔ واریانس به‌صورت طرح کاملاً تصادفی صورت گرفت. مقایسهٔ میانگین پارامترهای مدل با روش LSD (سطح ۵ درصد) انجام شد. برای انجام محاسبات آماری از نرم افزار SAS استفاده شد و رسم شکل‌ها با نرم‌افزار Excel انجام شد.

۳. نتایج و بحث

نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و ژنوتیپ های کلزا بر درصد و سرعت جوانه‌زنی معنادار بود (جدول ۱).

جدول۱. میانگین مربعات و درجهٔ آزادی برای صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ‌های کلزا تحت تأثیر تنش خشکی.

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی
ژنوتیپ	۱۹	۶۲۷۴/۴۹**	۰/۰۰۱۳**
خشکی	۴	۱۹۳۲۵/۳۶**	۰,۰۰۴۱**
خشکی×ژنوتیپ	۷۶	۳۲۶/۱۸**	۰/۰۰۰۱**
خطا	۳۰۰	۱۶/۷۹	۰/۰۰۰۰۲
ضریب تغییرات (CV)	–	۵/۴۴	۱۹/۱۱

*و** به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال پنج ویک درصد

Archive of SID
www.SID.ir

مقایسهٔ میانگین درصد و سرعت جوانه‌زنی نشان داد که لاین کرج۱ در تمام سطوح تنش خشکی بیش ترین و رقم ساری‌گل کم‌ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را داشت(جدول ۲ و ۳). در تنش خشکی ۰/۸- مگاپاسکال نسبت به سطوح شاهد و خشکی‌های دیگر (۰/۱۵-، ۰/۳- و ۰/۵ مگاپاسکال) اختلافات معنادار کمتری بین ژنوتیپ‌ها مشاهده شد که حاکی از حساسیت بیشتر ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بود. در نتیجه اختلافات معناداری که در سطوح تنش خفیف‌تر مشاهده شد در سطوح شدید خشکی از بین رفته بود.

جدول ۲. مقایسهٔ میانگین درصد جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کلزا در هر سطح خشکی، با روش برش‌دهی فیزیکی.

ژنوتیپ	سطح خشکی (مگاپاسکال)				
	صفر	-۰/۱۵	-۰/۳	-۰/۵	-۰/۸
کرج۱	۹۹/۵۰ a	۹۸/۰۰ a	۹۵/۰۰ a	۹۲/۰۰ a	۸۷/۰۰a
کرج۲	۹۹/۵۰ a	۹۷/۰۰ab	۹۴/۵۰ a	۹۱/۵۰ a	۸۵/۰۰ a
آر جی اس	۹۳/۰۰cde	۹۰/۵۰ef	۸۶/۰۰bcd	۸۱/۵۰bc	۷۳/۵۰ b
اپرا	۹۵/۰۰abc	۹۱/۵۰c-f	۸۸/۰۰bcd	۸۲/۵۰bc	۷۲/۵۰ b
۲۰۵	۹۸/۰۰ab	۹۵/۵۰abc	۹۱/۵۰ab	۷۹/۵۰bc	۶۶/۵۰ c
کرج۳	۸۹/۵۰ef	۹۰/۵۰ef	۷۸/۵۰ef	۷۱/۰۰ d	۶۵/۰۰bcd
۲۸۵	۹۵/۵۰abc	۹۳/۵۰b-e	۹۰/۰۰abc	۸۱/۵۰ b	۶۴/۰۰ cd
آر جی اس۰۰۳	۹۵/۰۰abc	۸۹/۵۰ef	۸۵/۰۰ cd	۷۹/۰۰ c	۶۲/۵۰ d
اکاپی	۹۵/۵۰abc	۹۳/۰۰b-e	۸۶/۰۰bcd	۸۲/۵۰bc	۶۱/۵۰ d
هایولا۴۰۱	۹۵/۵۰abc	۹۳/۵۰b-e	۸۹/۵۰a-d	۸۳/۰۰bc	۶۱/۵۰ d
۲۸۰	۹۷/۵۰aba	۹۵/۰۰a-d	۹۱/۵۰ab	۸۲/۰۰bc	۵۹/۰۰ d
۳۸۹	۹۰/۰۰def	۸۷/۵۰fg	۸۴/۰۰ de	۸۱/۰۰bc	۵۸/۵۰ d
اس ال ام ۰۴۶	۸۹/۵۰ef	۸۱/۰۰ hi	۷۷/۰۰ f	۷۲/۰۰ d	۴۲/۰۰ e
اچ۵۰	۹۴/۵۰bcd	۹۲/۰۰cde	۸۴/۵۰ cd	۷۹/۰۰ c	۳۷/۰۰ e
طلایه	۸۱/۵۰g	۷۸/۰۰i	۶۹/۵۰gh	۶۳/۰۰ e	۳۴/۵۰ e
زرفام	۹۴/۵۰bcd	۹۱/۰۰def	۸۸/۰۰bcd	۷۸/۵۰ c	۲۶/۰۰ f
لیکورد	۷۰/۰۰ h	۶۷/۰۰ j	۶۶/۰۰ h	۳۳/۵۰ g	۱۵/۵۰ g
مودنا	۹۰/۰۰def	۸۵/۰۰gh	۷۷/۵۰ f	۶۳/۰۰ e	۱۰/۵۰ g
۲۰۳	۲۲/۵۰i	۱۹/۵۰ k	۱۷/۰۰i	۱۵/۰۰ h	۹/۵۰ g
ساری گل	۸۷/۰۰f	۸۴/۰۰gh	۷۴/۰۰fg	۴۷/۵۰ f	۷/۵۰ g
$LSD_{0.05}$	۴/۶۳	۴/۲۶	۵/۶۶	۵/۵۵	۸/۱۰

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. مقایسهٔ میانگین سرعت جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های کلزا در هر سطح خشکی، با روش برش‌دهی فیزیکی.

نام ژنوتیپ	سطح خشکی (مگاپاسکال)					
	صفر	−۰/۱۵	−۰/۳	−۰/۵	−۰/۸
کرج۱	۰/۰۵۲۴ a	۰/۰۳۵۱ a	۰/۰۳۴۶ a	/۰۲۴۴ a	۰/۰۱۸۹ a
کرج۲	۰/۰۴۳۰ b	۰/۰۲۹۴ab	۰/۰۳۰۱ a	۰/۰۲۴۶ a	۰/۰۱۲۲ b
آر جی اس	۰/۰۲۰۳d-g	۰/۰۲۱۱cde	۰/۰۱۷۷bcd	۰/۰۱۲۷b-e	۰/۰۰۶۴ c
اپرا	۰/۰۲۹۱c	۰/۰۲۵۲bc	۰/۰۱۷۸bcd	۰/۰۱۳۹bcd	۰/۰۰۵۶ c
۲۰۵	۰/۰۲۹۹ c	۰/۰۲۱۹cde	۰/۰۱۷۴bcd	۰/۰۱۳۳bcd	۰/۰۰۴۶ cd
کرج۳	۰/۰۲۷۷cde	۰/۰۲۶۰bc	۰/۰۲۰۷bc	۰/۰۱۵۵bc	۰/۰۱۳۳ b
۲۸۵	۰/۰۲۸۶ cd	۰/۰۲۲۸bcd	۰/۰۲۰۹bc	۰/۰۱۶۶ b	۰/۰۰۷۲ c
آر جی اس۰۰۳	۰/۰۲۹۷ c	۰/۰۲۳۷bcd	۰/۰۲۲۲ b	۰/۰۱۸۵ b	۰/۰۰۷۰ c
اکاپی	۰/۰۲۵۶c-f	۰/۰۲۰۶cde	۰/۰۱۵۸ cd	۰/۰۱۰۹c-f	۰/۰۰۴۷ cd
هایولا۴۰۱	۰/۰۲۴۶cd-g	۰/۰۲۴۴bc	۰/۰۱۸۲bcd	۰/۰۱۴۳bcd	۰/۰۰۵۷ c
۲۸۰	۰/۰۳۰۲ c	۰/۰۲۵۲bc	۰/۰۱۹۸bc	۰/۰۱۵۳bc	۰/۰۰۵۰ cd
۳۸۹	۰/۰۱۸۱fg	۰/۰۱۷۴def	۰/۰۱۲۶ de	۰/۰۰۸۸d-g	۰/۰۰۴۲ cd
اس ال ام ۰۴۶	۰/۰۱۶۹gh	۰/۰۱۱۳fgh	۰/۰۰۹۳ef	۰/۰۰۷۴efg	۰/۰۰۰ e
اچ ۵۰	۰/۰۲۳۳c-g	۰/۰۲۱۰cde	۰/۰۱۷۹bcd	۰/۰۰۹۵d-g	۰/۰۰۰۹ de
طلایه	۰/۰۱۹۹efg	۰/۰۲۱۰cde	۰/۰۰۸۵ef	۰/۰۰۶۲fgh	۰۰/۰۰ e
زرفام	۰/۰۲۲۹c-g	۰/۰۱۵۳efg	۰/۰۱۲۶de	۰/۰۰۸۹d-g	۰۰/۰۰ e
لیکورد	۰/۰۰۴۰j	۰/۰۰۵۳i	۰/۰۰۵۳fg	۰/۰۰ i	۰۰/۰۰ e
مودنا	۰/۰۰۹۶ hi	۰/۰۰۸۹gh	۰/۰۲۴۶ f	۰/۰۰۴۲ghi	۰۰/۰۰e
۲۰۳	۰/۰۰۰ j	۰/۰۰۰i	۰۰/۰۰ g	۰۰/۰۰i	۰۰/۰۰e
ساری‌گل	۰/۰۰۷۱ij	۰/۰۰۹۴gh	۰/۰۰۶۴ f	۰/۰۰۱۳ hi	۰۰/۰۰ e
$LSD_{0.05}$	۰/۰۰۸۳	۰/۰۰۶۷	۰/۰۰۵۹	۰/۰۰۵۶	۰/۰۰۴۲

شکل ۱ نتیجهٔ برازش مدل هیدروتایم به ژنوتیپ‌های مختلف را نشان می‌دهد. با توجه به ضرایب R^2 برای مدل بین ۰/۶۱ تا ۸۸/ مشاهده می‌شود مدل توانسته توصیف خوبی از جوانه‌زنی ژنوتیپ‌های مختلف در پتانسیل‌های آب مختلف داشته باشد. نتیجهٔ تجزیهٔ واریانس نشان داد که از نظر ضریب هیدروتایم، پتانسیل پایه و یکنواختی جوانه‌زنی ($\sigma\psi b$) بین ژنوتیپ ها تفاوت معناداری وجود داشت (جدول ۵). دامنهٔ تغییرات ضریب هیدروتایم برای ژنوتیپ ها بین ۵۰/۹۳ تا ۲۲/۶۷ مگاپاسکال ساعت بود (جدول ۵). همچنین دامنهٔ تغییرات برای پتانسیل پایه بین ۱/۲۳- تا ۰/۳۶۹ مگاپاسکال متغییر بود (جدول ۵). مقادیر پتانسیل پایه برای ۵۰ درصد جوانه‌زنی نشان دهندهٔ سطحی از پتانسیل است که در مقادیر کمتر از این پتانسیل درصد جوانه زنی بذور به‌طور حتم کمتر از ۵۰ درصد خواهد بود

Archive of SID
www.SID.ir

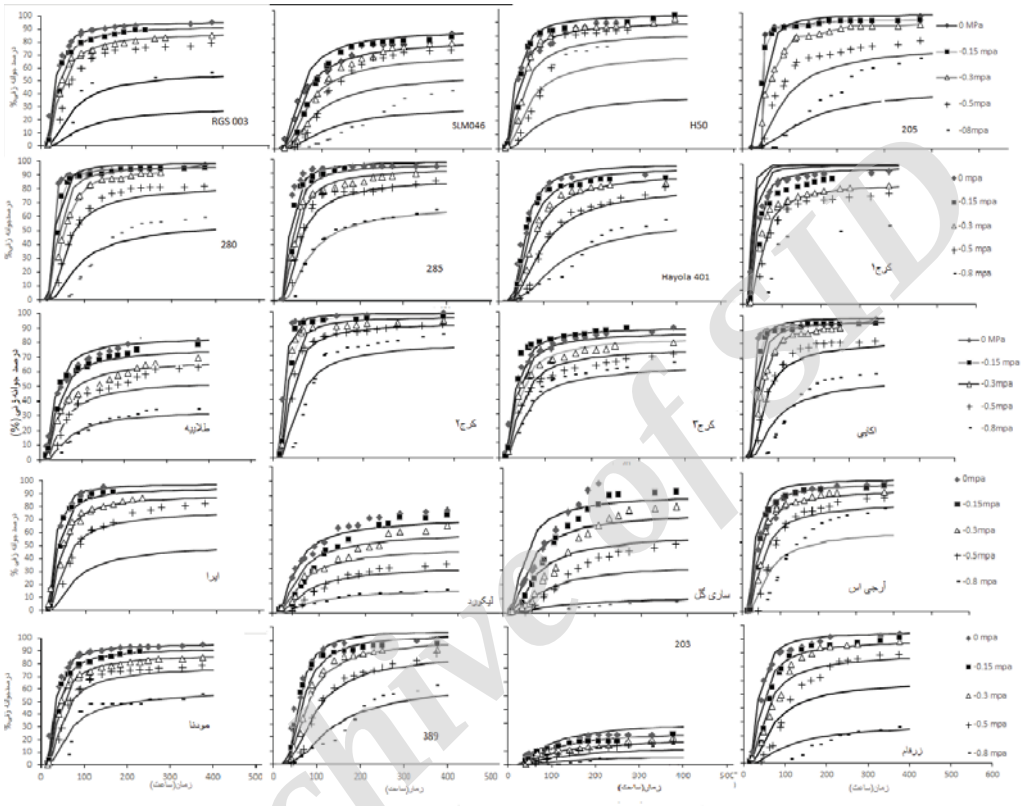
[۸] و زمانی که پتانسیل پایه $\Psi_b(g)$ منفی‌تر است بیان‌گر توانایی بیش‌تر برای تحمل مرحلهٔ جوانه‌زنی در مقابل خشکی است [۷و۱۰]. پتانسیل پایه برای لاین کرج۱ و رقم اپرا به ترتیب ۱/۲۳- و ۱/۲- (مگاپاسکال) بود که نسبت به بقیهٔ ژنوتیپ‌ها کم‌ترین مقادیر بودند نشان‌دهندهٔ تحمل به خشکی بیشتر در این دو ژنوتیپ بود. پتانسیل پایه لاین ۲۰۳ و رقم لیکورد به ترتیب ۰/۲۷- و۰/۲۲- (مگاپاسکال) مثبت‌تر از بقیهٔ ژنوتیپ‌ها بودند که نشان‌گر حساسیت بیشتر این ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بود (جدول ۵). کمتر بودن مقدار ضریب هیدروتایم بیان گر بالاتر بودن سرعت جوانه‌زنی است. در این تحقیق کم‌ترین ضریب هیدروتایم در ارقام زرفام و طلایه مشاهده شد که به‌ترتیب ۲۲/۶۷ و ۲۳/۷۳ مگاپاسکال بر ساعت بودند و بیش‌ترین مقادیر ضریب مربوط به لاین ۳۸۹ و رقم اپرا به ترتیب ۵۰/۹۳ و ۴۸/۰۷ بود که بیان گر کم‌ترین سرعت جوانه‌زنی بین ژنوتیپ‌ها بود (جدول ۵).

نتایج مقایسهٔ میانگین نشان داد که یکنواختی جوانه‌زنی ($\sigma\psi b$) بین ژنوتیپ‌ها تفاوت معناداری داشت و ارقام مودنا و اس‌ال‌ام۰۴۶ به‌ترتیب با ۰/۶۱ و۰/۶۸ دارای کم‌ترین انحراف معیار بودند که بیان‌گر یکنواختی بیشتر جوانه‌زنی هستند. بیش‌ترین مقدار این ضریب مربوط به رقم آرجی‌اس۰۰۳ و لاین کرج۲ بود که به‌ترتیب ۰/۸۸ و ۰/۸۷ بودند و بیانگر یکنواختی کمتر جوانه‌زنی آنها است. ضریب θ_H می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای تعیین قدرت بذور توده‌های مختلف باشد. در آزمایش انجام شده روی توده‌های بذری گیاه لسکورلا که تیمار پرایمینگ شده بودند قدرت بذر افزایش پیدا کرد و درصد سبز شدن در مزرعه نسبت به بذرهای شاهد بیشتر شد. در این آزمایش نشان داده شد که در بذور پرایمینگ شده مقدار ضریب θ_H نسبت به بذور شاهد کاهش پیدا کرد که حاکی از افزایش سرعت جوانه‌زنی در اثر پرایمینگ بذر است [۲۳]. آزمایش انجام شده روی چهارتودهٔ کلم بروکلی که با مدل هیدروتایم ارزیابی شد نشان داد که توده‌هایی با ضریب θ_H بزرگتر و $\Psi_b(g)$ مثبت‌تر، به‌عنوان توده‌های ضعیف شناخته می‌شوند [۹]. همچنین، آزمایش روی ۴۰ توده بذر پنبه نشان داد، تنوع زیادی بین توده‌ها از نظر پارامترهای مدل وجود دارد. در بین پارامترهای مدل بیشترین همبستگی بین پتانسیل پایه و قدرت بذر (وزن خشک گیاهچه، طول گیاهچه، سرعت و درصد جوانه‌زنی و سبزشدن) وجود داشت. بر این اساس، معیاری برای تعیین قدرت بذر با کمک مدل هیدروتایم ارائه شد [۲۱]. نتایج این تحقیق بیان گر این مطلب است که پارامترهای مدل هیدروتایم قابلیت بالایی در تفکیک قدرت اولیه بذر ژنوتیپ‌های مختلف کلزا دارد و می‌توان با کمک این پارامترها ژنوتیپ‌های متحمل به تنش خشکی را شناسایی کرد.

با توجه به جدول ۶ ضریب تغییرات ژنوتیپی صفات نشان می‌دهد که تنوع موجود درصفات مختلف متفاوت است. ضریب هیدروتایم با ۲۰/۳۷ کم ترین تنوع و پتانسیل پایه با ۴۹/۵۵ بیشترین تنوع دارد. به یقین هرچه تنوع موجود در صفات بیشتر باشد گزینش در آنها دارای دقت بالاتری خواهد بود [۱۳]. هرچه میزان توارث‌پذیری به ۱۰۰ نزدیکتر باشد قابلیت توارث برای آن صفت بیشتر خواهد بود. یعنی شانس انتقال آن صفت از ژنوتیپی به ژنوتیپ دیگر بیشتر است. پتانسیل پایه با ۹۴/۵۷ بیش‌ترین توارث‌پذیری عمومی و ضریب هیدروتایم با ۶۷/۲۷ کم‌ترین توارث‌پذیری عمومی در صفات را دارا بودند. توارث‌پذیری معیاری برای برآورد پاسخ مورد انتظار با گزینش است و در طراحی برنامه های اصلاحی استفاده می‌شود. گزینش صفات مرتبط با تحمل خشکی برای افزایش آن بسیار ضروری بوده و در صورتیکه گزینش مبتنی بر صفاتی با وراثت‌پذیری بالا باشد، این گزینش مؤثرتر خواهد بود. در این تحقیق واریانس ژنوتیپی و

Archive of SID
www.SID.ir

فنوتیپی، ضریب تنوع ژنوتیپی و فنوتیپی و توارث‌پذیری عمومی برای صفات مورد ارزیابی محاسبه شدند. در نهایت اینکه تنوع مناسبی در تحمل ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح خشکی وجود داشت که از این تنوع می‌توان برای اصلاح ارقام جدید کلزا متحمل به خشکی استفاده کرد.



شکل ۱. روند جوانه‌زنی تجمعی ۲۰ ژنوتیپ مختلف کلزا برای سطوح مختلف خشکی. نقاط داده‌های مشاهداتی را نشان می‌دهد و خطوط مدل هیدروتایم را برای هر سطح خشکی به‌صورت جداگانه نشان می‌دهد. لازم به ذکر است که پارامترهای مدل که بر اساس آن شکل‌ها رسم شدند در جدول ۵ آورده شده است.

جدول ۴. میانگین مربعات و درجهٔ آزادی برای پارامترهای مدل هیدروتایم؛ ضریب هیدروتایم (θ_H) بر حسب مگاپاسکال بر ساعت، پتانسیل پایه ($\psi b(50)$) بر حسب مگاپاسکال و یکنواختی جوانه‌زنی ($\sigma\psi b$).

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	ضریب هیدروتایم	پتانسیل پایه	انحراف معیار
ژنوتیپ	۱۹	۲۶۸/۷ **	۰/۵۹۲**	۰/۱۰۶**
خطا	۶۰	۸۷	۰/۰۳۲	۰/۰۲۹
ضریب تغییرات (CV)	–	۲۲/۴۵	۲۳/۷۴	۱۹/۳۳

ns، *و**و به‌ترتیب غیر معنادارو معنادار در سطح احتمال پنج و یک درصد

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۵. مقایسه میانگین ضریب هیدروتایم (θ_H) بر حسب مگاپاسکال بر ساعت، پتانسیل پایه ($\psi b(50)$) بر حسب مگاپاسکال، یکنواختی جوانه‌زنی ($\sigma\psi b$) و ضریب تبیین (R^2) برای ۲۰ ژنوتیپ کلزا.

ژنوتیپ	ضریب هیدروتایم (θ_H)	پتانسیل پایه ($\psi b(50)$)	یکنواختی جوانه‌زنی ($\sigma\psi b$)	ضریب تبیین (R^2)
۳۸۹	a ۵۰/۹۳	fgh –۰,۹۳	efg ۰/۴۱۹	۰/۸۷
اپرا	ab۴۸/۰۷	iy–۱,۲	a-d۰/۷۲۶	۰/۷۹
۲۰۳	abc ۴۰/۴۳	a –۰,۲۷	a ۰/۸۹۲	۰/۷۷
آر جی اس	abc۴۰ /۳۱	efg –۰/۸۹	b-e ۰/۵۸۹	۰/۸۰
کرج۳	abc۴۰/۲۵	f-j –۱/۰۲۲	bcd۰/۷۵۰	۰/۸۷
اس ال ام ۰۴۶	abc۴۰/۱۶	cd –۰/۶	b-e۰/۶۱۲	۰/۶۸
۲۸۵	cde۳۶/۸۷	g-y–۱/۰۵۷	efg ۰/۴۳۶	۰/۸۴
لیکورد	cde ۳۴/۰۳	b–۰/۲۲	ab ۰/۸۰۱	۰/۷۶
هایولا۴۰۱	cde ۳۳/۶۳	f-y –۰/۹۸	d-g۰/۴۹۰	۰/۸۵
آرجی اس ۰۰۳	cde ۳۰/ ۸۱	f-i–۰/۹۵	c-g۰/۵۲۳	۰/۸۸
اکاپی	cde ۳۰/۷۲	efg –۰/۸۶	efg ۰/۴۴۳	۰/۸۰
مودنا	cde ۲۹/۳۴	bc –۰/۳۶	d-g ۰/۴۸۴	۰/۶۱
ساری گل	cde ۲۸/ ۵۲	bc –۰/۳۷	c-g ۰/۵۲۴	۰/۷۰
۲۰۵	cde ۲۸/۲۱	d-g–۰/۸۵	g ۰/۳۲۶	۰/۸۵
کرج۲	cde ۲۷/ ۳۸	hij –۱/۱۵	efg ۰/۳۹۳	۰/۸۷
کرج۱	de۲۵/۰۳	j –۱/۲۳	fg ۰/۳۶۶	۰/۷۶
۲۸۰	de۲۴/۵۶	def –۰/۷۹	g ۰/۳۵۲	۰/۷۸
اچ ۵۰	de۲۴/۴۳	de–۰/۶۸	efg ۰/۳۷۲	۰/۸۵
طلایه	de۲۳/۷۳	de –۰/۶۶	d-g ۰/۴۸۸	۰/۸۶
زرفام	e۲۲/۷۶	cd –۰/۶۱	fg ۰/۳۶۶	۰/۸۴
$LSD_{0.05}$	۱۳/۲۷	۰/۲۵۴	۰/۲۴۴	□

جدول ۶. میانگین صفت، واریانس ژنوتیپی (vg) و فنوتیپی (vp)، ضریب تنوع ژنوتیپی (GCV) و فنوتیپی (PCV) و توارث‌پذیری عمومی (H2B) برای پارامترهای، ضریب هیدروتایم (θ_H). پتانسیل پایه ($\Psi_b(g)$) و انحراف معیار پتانسیل پایه برای جوانه‌زنی ($\sigma\psi b$).

صفات	واریانس ژنوتیپی	واریانس فنوتیپی	واریانس خطا	میانگین	ضریب تنوع فنوتیپی	ضریب تنوع ژنوتیپی	توارث‌پذیری عمومی
ضریب هیدروتایم	۴۵/۲۰	۶۷/۱۹	۲۱/۹۹	۳۳/۰۰۸	۲۴/۸۳	۲۰/۳۷	۶۷/۲۷
پتانسیل پایه	۰/۱۴	۰/۱۵	۰/۰۱	–۰/۷۵۵	–۵۰/۹۵	–۴۹/۵۵	۹۴/۵۷
ضریب انحراف معیار	۰/۰۲	۰/۰۳	۰/۰۱	۰/۵۱۷۸	۳۱/۵۰	۲۶/۷۴	۷۲/۰۶

Archive of SID
www.SID.ir

۴. نتیجه‌گیری

نتایج این تحقیق نشان داد اختلاف معناداری در تحمل ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح خشکی وجود داشت. در بین ژنوتیپ‌ها، لاین کرج۱ در شرایط شاهد و تنش‌های خشکی بیش ترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را دارا بود. لاین کرج۱ و رقم اپرا دارای کم ترین مقدار پتانسیل پایه برای جوانه‌زنی بودند که حاکی از تحمل بیشتر این ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی بود. ارقام لیکورد وساری گل نیز با پتانسیل پایه بیشتر حساسیت بالاتری را به خشکی نشان دادند. همچنین بررسی تنوع ژنتیکی و فنوتیپی و توارث پذیری پارامترهای مدل نشان داد تنوع خوبی در تحمل ژنوتیپ‌های مختلف به سطوح خشکی وجود داشت. از بین این پارامترها، پارامتر $\psi b(50)$ بیشترین توارث‌پذیری عمومی را داشت و امکان انتقال آن به ژنوتیپ‌های دیگر میسر است و می‌توان از این تنوع برای اصلاح ارقام جدید کلزا متحمل به خشکی استفاده کرد.

منابع

۱. اکرم‌قادری ف.، سلطانی ا.، سلطانی ا. و میری ع.ا. (۱۳۸۷) تأثیر پرایمینگ بر واکنش جوانه‌زنی به دما در پنبه. مجلهٔ علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۵(۳): ۴۴-۵۱.

۲. سلطانی ا. و لطیفی ن. (۱۳۹۲) ارزیابی قدرت اولیهٔ گیاهچه در ارقام کانولا (Brassica napus L.). مجلهٔ علوم و تکنولوژی بذر. ۳(۱): ۳۷-۴۸.

۳. فرشادفر ع. (۱۳۷۸) کاربرد ژنتیک کمی در اصلاح نباتات. انتشارات طاق بستان، ۴۰۴ صفحه.

۴. قادری‌فر ف. و سلطانی ا. (۱۳۹۴) ارزیابی جوانه‌زنی ارقام کنجد در واکنش به دما و تعیین دماهای مهم و مقاومت به دما. مجلهٔ علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۶(۳): ۴۷۳-۴۸۳.

۵. کوچکی ع.، راشد محصل م.، نصیری و صدرآبادی ر. (۱۳۷۰) مبانی فیزیولوژیکی رشد و نمو گیاهان زراعی، انتشارات آستان قدس رضوی، ۴۰۴ صفحه.

6. Allard R.W. (1999) Principles of plant breeding. 2nd Ed. New York: John Wiley and sons. 264 p.

7. Bradford K.J. (1990(A water relation analysis of seed germination rates. Plant Physiology. 94(2): 840-849.

8. Bradford K.J. and Somasco O.A. (1994) Water relations of lettuce seed thermoinhibition I Priming and endosperm effects on base water potential. Seed Science Research. 4(1): 1–10.

9. Bradford K.J. and Still D.W. (2004) Application of hydrotime analysis in seed testing. Seed Technology. 26(1): 74-85.

10. Cardoso V.J.M. and Bianconi A. (2013) Hydrotime model can describe the response of common bean (Phaseolus vulgaris L.) seeds to temperature and reduced water potential. Biological Sciences. 35(2): 255-261.

11. Dahal P. and Bradford K.J. (1990) Effects of priming and endosperm integrity on seed germination rates of tomato genotypes. Germination at reduced water potential. Journal of Experimental Botany. 41(11): 1441–1453.

12. De Figueiredo E., Albuquerque M.C. and De Carvalho N.M. (2003) Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (Helianthus annus L.), soybean (Glycine max L.) and maize (Zea mays L.) seeds with different levels of vigor. Seed Science and Technology. 31(2): 465-479.

13. Falconer D.S. (1989) Introduction to quantitative genetics. 3rd Ed. Longman, ¬ New York. 415 p.

Archive of SID
www.SID.ir

14. Farzaneh S. and Soltani E. (2011) Relationships between Hydrotime parameters and seed vigor in sugar beet. Seed Science and Biotechnology. 5(1): 7-10.

15. Gummerson R.J. (1986) The effect of constant temperatures and osmotic potentials on the germination of sugar beet. Journal of Experimental Botany. 37(6): 729–741.

16. Jacobsen S.E. and Bach A.P. (1998) The influence of temperature on seed germination rate in quinoa (Chenopodium quinoa Wild). Seed Science and Technology. 26(2):515-523.

17. Livingston N.J. and De Jong E. (1990) Matric and osmotic potential effects on seedling emergence at different temperature. Agronomy Journal. 82(5): 995-998.

18. Michel B.E. and Kaufmann M.R. (1973) The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. Plant Physiology. 51(5): 914-916.

19. Mohammadi S.A. and Prasanna B.M. (2003) Analysis of genetic diversity in crop plants-Salient statistical tools and considerations. Crop Science. 43: 1235-1248.

20. Siahposh M.R. EmamY. and Saeidi A. (2003) Genotypic variation heritability genotypic and phenotypic correlation coefficients of grain yield, its components and some morpho-physiological characters in bread wheat (Triticum-aestivum L.). Iranian Journal of Crop Science. 5(1): 86-101.

21. Soltani E. and Farzaneh S. (2014) Hydrotime analysis for determination of seed vigour in cotton. Seed Science and Technology. 42(2): 260-273.

22. Sunday O.F., Ayodele A.M., Babatunde K.O. and Oluwole A.M. (2007) Genotypic and phenotypic variability for seed vigour traits and seed yield in West African rice (Oryza sativa L.) Genotypes. Journal of American Science. 3(1): 34-41.

23. Windauer L., Altuna A. and Benech-Arnold R. (2007) Hydrotime analysis of Lesquerella fendleri seed germination responses to priming treatments. Industrial Crops and Products. 25(1):70-74.

24. Wricke H. and Weber W.E. (1986) Quantitative genetics and selection in plant breeding. Berlin Walter. De Gruyter. 420 p.

Archive of SID

www.SID.ir

Crops Improvement
(Journal of Agricultural Crops Production)
Vol. 19 ■ No. 4 ■ Winter 2017

Assessment of seed germination on the response to water potential in different canola genotypes using hydrotime model

Roghayyeh Adeli[1], Elias Soltani[2], Gholam Abbas Akbari[3], Hossein Ali Ramshini[3]*

1. M.Sc. Student, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran
2. Assistant Professor, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran
3. Associate Professor, Department of Agronomy Sciences and Plant Breeding, College of Aburaihan, University of Tehran, Pakdasht, Iran

Received: November 27, 2016 **Accepted: January 3, 2017**

Abstract

Identification of cultivars with tolerance to water stress has important for crop production in arid and semi-arid areas. In order to, a factorial experiment was conducted based on completely randomized design with two factors of 20 genotypes of canola and 5 water potentials of 0, -0.15, -0.3, -0.5, and -0.8 MPa in 4 replications in Seed Technology Laboratory of College of Aburaihan, during 2015-16. Seed germination of different genotypes was recorded twice in a day for each water potential at 20^{o}C. Thereafter, hydrotime model was fitted to time course germination. Results indicated that Karaj 1 and Opera had the lowest value of base water potential with -1.23 and -1.2 (MPa) and they were the most tolerant genotypes to drought. Genotypes of 203 and Likord had the highest value of base water potential with -0.27 and -0.22 and the most sensitive genotypes to water stress. The lowest hydrotime constant belonged to Zarfam and Talaye with 22.67 and 23.73 MPa-hours and the highest hydrotime constant belonged to 389 and Opera with 50.93 and 48.07 MPa-hours. The base water potential with 95% had the highest broad sense heritability. Using this information it is possible to identify genotypes with higher efficiency and more tolerate to water stress in future breeding programs to breed new genotypes with tolerance to water stress.

Keywords: drought stress, genetic diversity, germination rate, polyethylene glycol (peg), seed, seed vigour.

Corresponding Author: elias.soltani@ut.ac.ir

Archive of SID

www.SID.ir