شناسایی ارقام کلزا برای تحمل به خشکی از طریق شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه براساس روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی

محمدمهدی مجیدی[۱*]

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۱/۲۸ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۱۱/۱)

چکیده

خشکی یکی از مهم‌ترین عوامل کاهش عملکرد و ایجاد اختلال در مراحل مختلف رشد و نمو گیاهان به‌ویژه جوانه‌زنی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. شناسایی ارقامی که بتوانند تنش خشکی را در مرحلهٔ جوانه‌زنی بهتر تحمل کنند، در افزایش تراکم گیاهی در مزرعه و در نهایت عملکرد بیشتر مؤثر خواهد بود. در این آزمایش تعداد ۳۲ رقم جدید کلزا در یک آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار از نظر تحمل به تنش خشکی از طریق شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی در آزمایشگاه مورد بررسی قرار گرفتند. تیمارهای تنش خشکی القا شده توسط پلی اتیلن گلیکول که از طریق یک مطالعه مقدماتی تعیین شد شامل شاهد (آب مقطر)، پتانسیل ۵- و ۱۰- بار بودند. نتایج نشان داد که اثر رقم، سطح تنش و اثر متقابل آنها برای تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده معنی‌دار بود. افزایش سطوح تنش خشکی نه تنها توان جوانه‌زنی تمامی ارقام را کاهش داد بلکه باعث کندی رشد ریشه‌چه و ساقه‌چه نیز شد. براساس مقادیر ویژه در تجزیه به مؤلفه‌های اصلی، مؤلفه اول و دوم به ترتیب مؤلفه توان جوانه‌زنی و مؤلفه رشد گیاهچه نام‌گذاری شدند. پراکنش ارقام براساس دو مؤلفه اول نشان داد که تنوع بالایی بین ارقام براساس جمیع صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط تنش خشکی وجود دارد. ارقام Likord و Okapi علاوه بر داشتن توان جوانه‌زنی بالا از قدرت رشد گیاهچه خوبی نیز برخوردار بودند و به عنوان ارقام متحمل شناسایی شدند. نتایج نشان داد که روش مؤلفه‌های اصلی می‌تواند برای شناسایی ارقام متحمل و بالا بردن درک روابط بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: کلزا، خشکی، جوانه‌زنی بذر، تنوع، رشد گیاهچه

۱. استادیار زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: majidi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

مقدمه

کلزا با نام علمی *Brasica napus* یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که در حدود ۱۲ درصد از میزان کل تولید جهانی دانه‌های روغنی را به خود اختصاص داده است (۸). اگرچه این گیاه بومی ایران نمی‌باشد اما در مدت زمان نه چندان طولانی توانسته است به دلیل عواملی نظیرعملکرد مناسب و ارزش غذایی بالا مورد توجه فراوان قرار گیرد. روغن کلزا در مقایسه با سایر روغن‌های نباتی به دلیل میزان مناسبی از اسیدهای چرب ضروری و هم‌چنین پایین بودن اسیدهای چرب اشباع شده از کیفیت تغذیه‌ای بالایی برخوردار است (۱۶). تنش‌های غیرزنده از مهم‌ترین عوامل کاهش‌دهنده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه خشک به شمار می‌روند و مقابله و یا کاهش اثر آنها به عنوان راهکاری مفید در جهت افزایش عملکرد گیاهان همواره مدنظر بوده است. در این میان کمبود آب و تنش خشکی مهم‌ترین محدودیت تولید محصول گیاهان زراعی در اکثر نقاط جهان شناخته شده است (۳ و ۱۸). کشور ایران نیز جزء مناطق خشک و نیمه خشک در جهان محسوب می‌شود (۱۵). بنابراین ایجاد ارقام متحمل به خشکی، یکی از اهداف مهم برنامه‌های اصلاح نباتات به شمار می‌رود. بیشتر ارقام کلزا به صورت پاییزه بوده و کشت آنها در مناطقی نظیر اصفهان در اواخر شهریور صورت می‌گیرد (۱۶).

علیرغم این‌که بارش‌های مناسب در طی فصول پاییز، زمستان و اوایل بهار نیاز آبی کلزای پاییزه را در طی فصل رویشی تأمین می‌کند، در بسیاری از مناطق کشور، در مرحله اولیه رشد (عمدتاً اواخر تابستان و اوایل پاییز) و نیز مراحل رشد زایشی یعنی گلدهی، خورجین‌دهی و پرشدن دانه (عمدتاً در خرداد ماه) ممکن است هیچ گونه نزولات آسمانی وجود نداشته باشد و از طرفی چون این مراحل عموماً با شرایط آب و هوایی مواجه می‌شوند که نیاز آبی سایر محصولات زراعی نیز بالاست، امکان طولانی شدن دوره‌های آبیاری و یا به تعویق افتادن دو تا سه آبیاری در طی مراحل حساس رشد بسیار محتمل است که در نتیجه اثر منفی بر عملکرد کلزا خواهد داشت (۲۳). کمبود آب تقریباً در تمام مراحل نموی، عملکرد کلزا را کاهش می‌دهد (۲۳). در زمینه اعمال تنش در مراحل رشد زایشی مطالعات زیادی انجام شده است. به عنوان مثال جنسن و همکاران (۱۳) گزارش کردند که تنش خشکی در اواخر فصل باعث ریزش بیش از نیمی از خورجین‌ها در کلزا گردید. در مطالعه دیگری در کلزا گزارش شد که اثر تنش خشکی بر عملکرد دانه عمدتاً از طریق کاهش تعداد دانه در خورجین آشکار می‌شود (۵). شیرانی راد و همکاران (۲۲) دوازده رقم کلزا را از نظر تحمل به تنش خشکی بررسی کردند و گزارش کردند که اگرچه تنش خشکی تأثیری بر عملکرد روغن نداشت، ولی عملکرد و اجزای عملکرد را به شدت تحت تأثیر قرار داد. یکی دیگر از حساس‌ترین مراحل زندگی گیاه، زمان جوانه‌زنی و سبز شدن است، زیرا در این مرحله، جوانه‌زدن بذر در معرض شرایط نامساعد محیطی قرار می‌گیرد و استقرار بوته در مزرعه دچار مشکل می‌شود (۱). رشد کم و ضعیف بودن گیاهچه می‌تواند در نهایت به کاهش عملکرد درگیاه منجر گردد (۲۷). به دلیل غیریکنواختی محیط خاک و عدم امکان کنترل عوامل محیطی در مزرعه، تحقیقات آزمایشگاهی اهمیت ویژه‌ای برای ارزیابی تحمل گیاهان به تنش خشکی به خصوص در مرحله جوانه‌زنی دارد (۶). این ارزیابی‌ها امکان شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل در مراحل اولیه رشد را فراهم می‌آورد. با این حال رابطه بین تحمل به تنش در مرحله گیاهچه و مرحله بلوغ الزاماً یک ارتباط مستقیم نیست به‌طوری‌که برخی از گیاهان ممکن است در مراحل اولیه رشد متحمل اما در مراحل بلوغ حساس باشند (۳). ویسی و همکاران (۲۶) ژنوتیپ‌های جو را در مرحله جوانه‌زنی و نیز بلوغ از نظر تحمل به خشکی بررسی کرده و نتیجه گرفتند که این گیاه در مرحله جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه به خشکی حساس است به‌طوری‌که با کاهش پتانسیل آب، کلیه صفات مربوط به جوانه‌زنی به طور قابل ملاحظه‌ای کاهش یافتند.

مطالعات در زمینه میزان تنوع ژنتیکی تحمل به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی در کلزا اندک می‌باشد. اینگونه مطالعات می‌تواند منجر به راهکارهایی برای غربال سریع ارقام گردد.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

شاخص‌های مختلفی برای اندازه‌گیری تحمل در این مرحله استفاده می‌شود. برخی از این شاخص‌ها بر مبنای تفاوت درصد یا سرعت جوانه‌زنی در دو محیط محاسبه می‌شود در حالی که ویژگی‌های مرتبط با رشد و نمو گیاهچه نیز می‌توانند معیارهای مناسبی برای بررسی ژنوتیپ‌ها باشند(۲، ۷ و ۲۴). با این وجود اگر بتوان ارقام را به طور همزمان براساس همه شاخص‌ها (متغیرها) ارزیابی و انتخاب نمود، احتمال موفقیت در گزینش افزایش می‌یابد. یکی از روش‌های بسیار کارآمد برای کاهش ابعاد داده‌ها و خلاصه کردن تغییرات آنها در تعداد کمی مؤلفه روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی می‌باشد (۱۴). در این روش روابط بین همه متغیرها به صورت ماتریس همبستگی به عنوان ورودی استفاده می‌شود. ماتریس مورد نظر با تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی به تعداد کمی مؤلفه تبدیل می‌گردد که می‌توان بای‌پلات مربوطه براساس دو مؤلفه اول را ترسیم و نسبت به ارزیابی و تفسیر نتایج حاصله اقدام کرد (۱۴). اگرچه این روش در مطالعات مربوط به بررسی تنوع ژنتیکی و تحمل به تنش‌ها در مراحل مختلف به خوبی استفاده شده است (۱۷ و ۲۰)، کاربرد آن برای شناسایی ارقام در مرحله جوانه‌زنی و به‌ویژه در کلزا محدود بوده است. با توجه به این‌که بیش از نیمی از اراضی قابل کشت در ایران در مناطق خشک و نیمه‌خشک قرار دارد و کلزا نیز در بین گیاهان دانه روغنی کشور سطح زیرکشت نسبتاً بالایی را به خود اختصاص داده است، شناسایی ارقام برتر از نظر تحمل به خشکی در مرحله جوانه از اهمیت بسزایی برخوردار است. این پژوهش به منظور ارزیابی واکنش ارقام کلزا به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و شناسایی ارقام متحمل با بهره‌گیری از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی انجام شد.

مواد و روش‌ها

مواد ژنتیکی استفاده شده در این پژوهش تعداد ۳۲ رقم کلزا بود که از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، بخش تحقیقات دانه‌های روغنی تهیه شد. به منظور تعیین سطوح مناسب تنش خشکی برای آزمایش اصلی در آزمایشگاه در ژرمیناتور در دمای ۲۴ درجه سانتی‌گراد، ابتدا یک آزمایش مقدماتی طراحی گردید. به طوری که تعداد ۱۰ رقم به طور تصادفی انتخاب و تحت ۶ تیمار تنش خشکی ایجاد شده توسط پلی اتیلن گلیکول۶۰۰۰ شامل پتانسیل صفر (شاهد)، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲- و ۱۵- بار قرار گرفتند. جزییات انجام این آزمون شبیه آزمایش اصلی بود که در ادامه توضیح داده می‌شود. براساس نتایج آزمایش مقدماتی تیمارهای آزمایش اصلی به صورت سطوح پتانسیل اسمزی صفر (شاهد)، ۵- و ۱۰- بار تعیین شدند. این پژوهش به صورت یک آزمایش فاکتوریل دو فاکتوره با چهار تکرار در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی انجام گردید که در آن فاکتور اول شامل ۳۲ رقم و فاکتور دوم شامل سه سطح تنش خشکی(صفر، ۵- و ۱۰- بار) بودند. تعداد ۶۰ عدد بذر ضدعفونی شده به هر پتری دیش استریل که توسط دو لایه کاغذ صافی کف پوش شده بودند، انتقال داده شد. پس از افزودن ۵ میلی‌لیتر محلول مورد نظر به هر پتری دیش، پتری دیش‌ها درون ژرمیناتور در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. از روز دوم آزمایش تا روز هشتم (روز ثابت ماندن درصد جوانه‌زنی) هر روز تعداد بذر جوانه‌زده ثبت و در نهایت درصد جوانه‌زنی (Percentage of germination) و سرعت جوانه‌زنی (Rate of germination) از روابط زیر محاسبه گردید(۲۵):

$$(\text{PGs})\text{درصد جوانه‌زنی} = \frac{N}{K}\times \mathbf{100}$$

$$(\text{RGs})\text{سرعت جوانه‌زنی} = \sum \frac{Ni}{Di}$$

در روابط فوق، N تعداد بذرجوانه‌زده در آخرین شمارش، K تعداد کل بذرهای کشت شده در هر پتری، N_i تعداد بذر جوانه‌زده در روز i ام و D_i روز شمارش (تعداد روز از شروع آزمایش تا روز شمارش) هستند. هم‌چنین در انتهای آزمایش مجموعه‌ای از خصوصیات شامل طول ریشه‌چه (سانتی‌متر)، طول ساقه‌چه(سانتی‌متر)، وزن خشک ریشه‌چه (گرم)، وزن خشک ساقه‌چه (گرم) و وزن خشک گیاهچه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

اندازه‌گیری گردید. وزن خشک اندام‌ها پس از خشک کردن گیاهچه‌ها آنها در آون در دمای ۷۰ درجه به مدت ۴۸ ساعت محاسبه گردید. با استفاده از داده‌های تیمار عدم تنش (صفر بار) و تنش شدید (۱۰- بار) شاخص کاهش درصد جوانه‌زنی (Reduction of germination percentage index: RGPI) از تفاضل درصد جوانه‌زنی هر رقم در شرایط تنش شدید و عدم تنش ضربدر عدد ۱۰۰ محاسبه شد. هم‌چنین شاخص تنش جوانه‌زنی (Germination stress index: GSI) از رابطه زیر محاسبه گردید. که در این رابطه، PIs سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش و PIc سرعت جوانه‌زنی در شرایط بدون تنش است (۴).

$$GSI(\%) = (۱۰۰)\ (PI_s) / (PI_c)$$

برای کلیه صفات مورد بررسی پس از انجام آزمون نرمال بودن توزیع داده‌ها (با استفاده ازQ-Q Plot در نرم‌افزار SPSS) تجزیه واریانس انجام گردید. برای صفت درصد جوانه‌زنی تبدیل زاویه‌ای (آرک سینوس) انجام پذیرفت. مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) انجام شد. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی بر مبنای ماتریس همبستگی انجام و براساس آن بای پلات دو مؤلفه اول براساس شاخص‌های اندازه‌گیری شده در محیط تنش با استفاده از نرم‌افزار StatGraphics Plus ۲/۱ ترسیم گردید. سایر تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزارهای SAS و SPSS انجام شد.

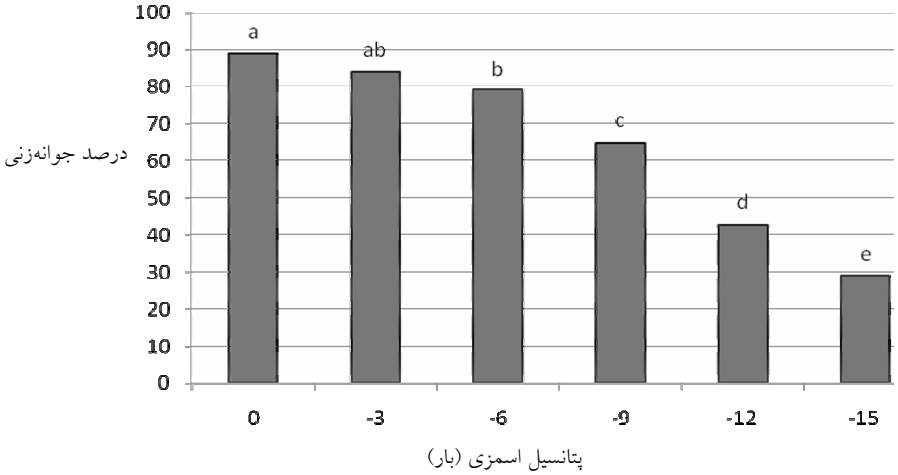
نتایج و بحث

نتایج آزمایش مقدماتی نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی درصد جوانه‌زنی به طور معنی‌داری در ارقام کلزا کاهش یافت. تیمار خشکی ۳- بار با شاهد اختلاف آماری معنی‌دار نداشت. هم‌چنین تیمار خشکی ۶- بار با ۳- بار اختلاف آماری معنی‌دار نداشتند (شکل ۱). براساس نتایج آزمایش مقدماتی به نظر رسید که تیمارهای پتانسیل صفر، ۵- و ۱۰- به ترتیب به عنوان شاهد، تنش متوسط و تنش شدید می‌توانند برای آزمایش اصلی روی ۳۲ رقم به کار گرفته شوند. نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس (جدول۱) صفات مورد بررسی نشان داد که اثر رقم، تنش و اثر متقابل بین آنها برای تمام صفات اندازه‌گیری شده در مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه معنی‌دار می‌باشد که نشان می‌دهد تنوع ژنتیکی کافی برای شناسایی ارقام متحمل به تنش خشکی وجود دارد. مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی (صفر، ۵- و ۱۰- بار) برای صفات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی (شکل ۲) نشان داد که صفت درصد جوانه‌زنی از ۹۳ درصد در شاهد به ۸۱ درصد در شرایط تنش متوسط (۳- بار) و ۲۹ درصد در شرایط تنش شدید (۵- بار) کاهش یافت. هم‌چنین سرعت جوانه‌زنی برای تیمار تنش شدید کمترین مقدار را دارا بود. با این وجود شدت کاهش در سرعت جوانه‌زنی بیشتر از درصد جوانه‌زنی بود. که نشان می‌دهد با وجود پایین بودن پتانسیل آب در تیمارهای تنش، جذب آب صورت می‌گیرد و جوانه‌زنی حادث می‌شود اما سرعت جوانه‌زنی به دلیل کمبود رطوبت قابل استفاده پایین می‌باشد. این نکته که حداقل نیاز رطوبتی بذر برای جوانه‌زنی، ارتباطی با حداقل رطوبت خاک برای جوانه‌زنی ندارد توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۲ و ۱۹). تأثیرپذیری بیشتر سرعت جوانه‌زنی در مقایسه با درصد جوانه‌زنی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (۷ و ۲۴).

نتایج صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه، وزن ریشه‌چه، وزن ساقه‌چه و وزن گیاهچه (شکل ۳ و ۴) نشان داد که تنش خشکی مقادیر این صفات را کاهش داد. با این وجود برای صفات طول ریشه‌چه و طول گیاهچه بین تنش متوسط (۵- بار) و تنش شدید (۱۰- بار) تفاوت معنی‌داری مشاهده نگردید که نشان می‌دهد هر دو سطح تنش به یک نسبت این صفات را متأثر ساخته‌اند که با نتایج فالری (۷) و ویسی (۲۶) مطابقت دارد. در این مطالعه معنی‌دار بودن اثر متقابل رقم و تنش برای تمام صفات مورد بررسی (جدول ۱) حاکی از آن است که عکس‌العمل ارقام نسبت به سطوح مختلف تنش متفاوت بوده است. نتایج مقایسه میانگین ارقام به تفکیک شرایط عدم تنش و تنش شدید برای صفات درصد جوانه‌زنی،

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

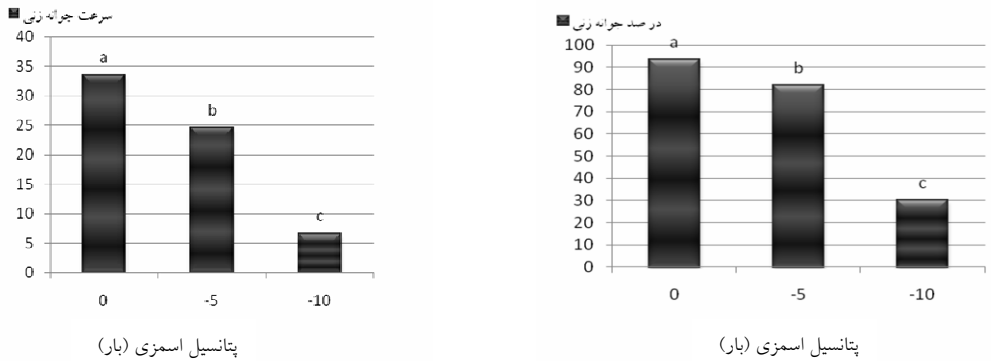


شکل ۱. مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی (پتانسیل اسمزی برحسب بار) برای درصد جوانه‌زنی ارقام کلزا در آزمون مقدماتی

جدول ۱. میانگین مربعات در تجریه واریانس صفات مرحله جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در ارقام کلزا تحت تنش خشکی در آزمون اصلی

منابع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه‌زنی	سرعت جوانه‌زنی	طول ریشه‌چه	طول ساقه چه	وزن ریشه چه	وزن ساقه چه	طول گیاهچه	وزن گیاهچه
تنش	۲	۱۰۹۵۷۶/۰۱**	۱۷۹۹۰/۸۵**	۱۳*	۴۱/۷۸**	۱۸۴/۳۶**	۳۹۶/۳۷**	۹۷/۷۳**	۱۰۹۸/۵۷**
رقم	۳۱	۱۰۵۴/۵۴**	۱۴۱/۹۵**	۱۹/۳۲**	۳/۳۸**	۸/۴**	۴۹/۵**	۲۶/۷۸**	۵۹/۲۱**
تنش× رقم	۶۲	۸۳۸/۸۸**	۶۰/۸*	۵/۸۷*	۱/۴۱*	۸/۷۶**	۲۷/۳*	۸/۳۱*	۴۲/۸۳**
خطا	۲۸۸	۱۲۷/۲۴	۱۸/۰۱	۲/۹۸	۰/۴۷	۰/۸۰	۸/۳۴	۴/۱۱	۱۶/۵۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۶/۵۱	۱۹/۶۴	۲۳/۳۶	۱۸/۵۲	۲۵/۵۵	۲۲/۲۲	۱۸/۹۹	۲۴/۵۸

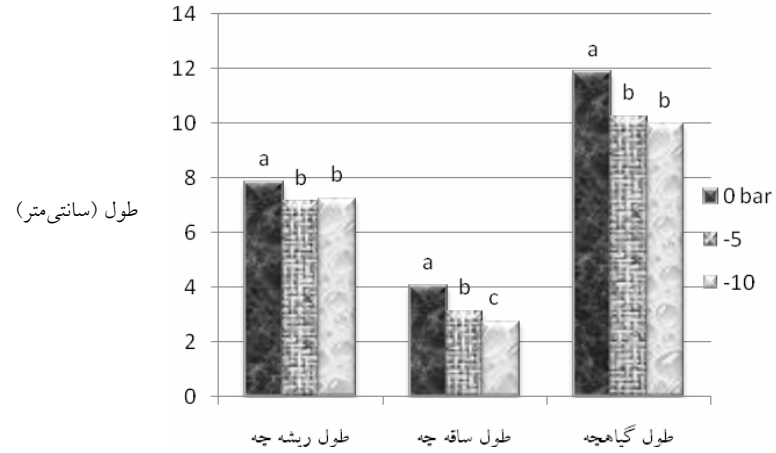
* و **: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد



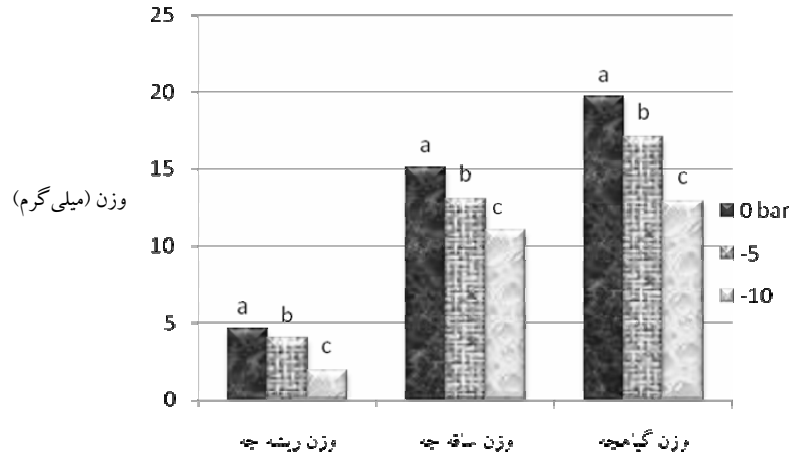
شکل ۲. مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی (صفر، ۵- و ۱۰- بار) برای صفات درصد جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]



شکل ۳. مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی (صفر، ۵- و ۱۰- بار) برای صفات طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه وطول گیاهچه (برحسب سانتی‌متر)



شکل ۴. مقایسه میانگین سطوح تنش خشکی (صفر، ۵- و ۱۰- بار) برای صفات وزن ریشه‌چه، وزن ساقه‌چه و وزن گیاهچه (برحسب میلی‌گرم)

سرعت جوانه‌زنی به همراه شاخص درصد کاهش جوانه‌زنی (RGPI) و شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) (جدول ۲) نشان داد که در شرایط عدم تنش تفاوت بین ارقام از نظر درصد جوانه‌زنی معنی‌دار نبود. در حالی که در شرایط تنش تغییرات زیادی بین ارقام دیده شد به طوری که رقم Hyola401 و Modena کمترین درصد جوانه‌زنی را دارا بودند و شاخص درصد کاهش جوانه‌زنی در این دو رقم بیشترین بود (به ترتیب ۹۴ و ۹۳ درصد) بنابراین این ارقام را می‌توان به عنوان حساس‌ترین ارقام مورد مطالعه معرفی کرد. از طرف دیگر رقم Likord و پس از آن Okapi در شرایط تنش شدید کمترین

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات درصد و سرعت جوانه‌زنی برای ارقام کلزا تحت شرایط عدم تنش خشکی و تنش شدید (۱۰- بار)

ردیف	رقم	درصد جوانه‌زنی (PG)			سرعت جوانه‌زنی (RG)		
		عدم تنش	تنش شدید	شاخص درصد کاهش جوانه‌زنی (RGPI)	عدم تنش	تنش شدید	شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI)
۱	Anatol	۱۰۰^{a}	۴۸/۲۲$^{b-e}$	۵۱/۷۸	۳۸/۱۵^{ab}	۱۱/۲$^{a-e}$	۲۹/۳۵
۲	Billy	۸۷/۷۷^{a}	۶/۲۲ ^{jk}	۹۲/۹۱	۳۳/۵۷$^{a-f}$	۱^{gh}	۲/۹۷
۳	Eldo	۹۴/۴۴ ^{a}	۴۵$^{c-f}$	۵۲/۳۵	۳۳/۵$^{a-f}$	۹/۱$^{a-f}$	۲۷/۱۶
۴	Ella	۹۸/۲۲ ^{a}	۲۳$^{g-j}$	۷۶/۱۳	۳۴$^{a-f}$	۱/۱۶^{gh}	۳/۴۱
۵	ES Astrid	۱۰۰ ^{a}	۳/۳۹^{k}	۹۶/۶۱	۳۶/۱۷$^{a-e}$	۱/۷۹^{gfh}	۴/۹۴
۶	ES Betty	۹۷/۷۷ ^{a}	۲۸/۵۵^{fi}	۷۰/۶۵	۳۸/۱۷^{ab}	۵/۹۷$^{d-h}$	۱۵/۶۴
۷	ES Saphir	۹۴/ ۴۴ ^{a}	۱۱/۴۴$^{i-k}$	۸۷/۸۸	۳۱/۴$^{a-f}$	۱/۶۷^{gh}	۵/۳۲
۸	ESC6152	۹۸/۸۸ ^{a}	۳۴/۶۶$^{e-h}$	۶۴/۹۴	۳۸/۸۳^{a}	۶/۵۷$^{d-h}$	۱۶/۹۲
۹	GK Helena	۹۷/۷۷ ^{a}	۲۹/۳۳$^{f-i}$	۷۰	۳۹/۳۵^{a}	۸/۹۳$^{a-h}$	۲۲/۶۹
۱۰	GKH1103	۹۵/۵۵ ^{a}	۵۱/۱$^{c-f}$	۴۶/۵۲	۳۲/۷۷$^{a-e}$	۱۰/۴۷$^{a-h}$	۳۱/۷۴
۱۱	GHK 305	۹۷/۷۷ ^{a}	۴۱/۴۴$^{d-g}$	۵۷/۶۱	۳۶/۴۲$^{a-f}$	۵/۸۳$^{d-h}$	۱۶
۱۲	Lilian	۹۸/۸۸ ^{a}	۲۱/۴۴$^{h-k}$	۷۸/۳۱	۳۳/۴۳$^{a-f}$	۲/۹۷$^{e-h}$	۸/۸۸
۱۳	Lioness	۹۶/۶۶^{a}	۵۶/۴۴$^{a-d}$	۴۱/۶۰	۳۷/۵^{abc}	۱۰/۳۳$^{a-f}$	۲۷/۵۵
۱۴	Modena	۹۳/۲۲ ^{a}	۶/۰۵^{jk}	۹۳/۵۰	۳۰/۲۳$^{a-f}$	۰/۴۲^{h}	۱/۳۹
۱۵	NK Bravour	۹۸/۸۸ ^{a}	۸/۲۲^{jk}	۹۱/۶۸	۳۵/۳۳$^{a-e}$	۳^{ghf}	۸/۵۰
۱۶	NK fair	۹۳/۳۳ ^{a}	۹/۹۹^{jk}	۸۹/۲۹	۳۴/۸۷$^{a-f}$	۱/۲^{gh}	۳/۴۴
۱۷	Oase	۹۸/۸۸ ^{a}	۳۲/۲۲$^{e-h}$	۶۷/۴۱	۲۶/۴۳^{def}	۳/۲۱$^{e-h}$	۱۱/۸۰
۱۸	Okapi	۱۰۰ ^{a}	۶۴/۴۴^{ab}	۳۵/۵۶	۳۶/۲a-e	۱۷^{a}	۴۶/۹۶
۱۹	Olphi	۷۵^{b}	۳۵$^{e-h}$	۵۳/۲	۲۵/۹۸^{ef}	۴/۴$^{d-h}$	۱۶/۹۴
۲۰	Olpop	۸۲/۲۲ ^{a}	۹/۵^{jk}	۸۸/۴۴	۲۷/۷۷$^{b-f}$	۱/۱۱^{gh}	۳/۹۹
۲۱	Opera	۸۸/۸۸ ^{a}	۴۰$^{d-g}$	۵۴/۹۹	۲۶/۹۷$^{c-f}$	۷/۷$^{c-h}$	۲۸/۵۵
۲۲	RPC2023	۹۸/۸۸ ^{a}	۴۶/۴۴$^{c-f}$	۵۳/۰۳	۳۵/۶۷$^{a-e}$	۱۱/۷۳$^{a-d}$	۳۲/۸۸
۲۳	SLM046	۹۳/۳۳ ^{a}	۱۹/۶۶$^{i-k}$	۷۸/۹۳	۳۰/۲$^{a-f}$	۴/۵$^{d-h}$	۱۴/۹۰
۲۴	Smart	۸۶/۶۶ ^{a}	۴۶/۱۱$^{c-f}$	۴۶/۷۹	۳۰/۶$^{a-f}$	۸/۸۳$^{a-h}$	۲۸/۸۵
۲۵	Talaye	۱۰۰ ^{a}	۱۸/۲۲$^{h-k}$	۱۸/۲۲	۳۶$^{a-e}$	۷/۵$^{c-h}$	۲۰/۸۳
۲۶	RGS	۸۶/۶۷ ^{a}	۱۶/۴۴$^{h-k}$	۸۱/۰۳	۲۳/۶^{f}	۲/۸۷$^{e-h}$	۱۲/۱۶
۲۷	Hyola401	۸۴/۴۴ ^{ab}	۴/۶۶^{jk}	۹۴/۴۸	۲۸/۷۷$^{a-f}$	۰/۶^{gh}	۲/۰۸
۲۸	Likord	۱۰۰ ^{a}	۶۷/۲۲^{a}	۳۲/۷۸	۳۶/۰۳$^{a-e}$	۱۵/۲۷^{abc}	۴۲/۳۸
۲۹	R.T.01	۹۸/۸۸ ^{a}	۵۰$^{a-e}$	۴۹/۴۳	۳۷/۲۷$^{a-d}$	۱۰/۳$^{a-f}$	۲۷/۶۴
۳۰	R.T.02	۱۰۰ ^{a}	۲۲/۲۲$^{g-k}$	۷۷/۷۸	۳۷/۲$^{a-d}$	۵/۴$^{d-h}$	۱۴/۵۲
۳۱	R.T.03	۹۸/۸۸ ^{a}	۶/۷۲^{jk}j	۹۳/۲	۳۸/۱۷^{ab}	۱۶/۴۳^{ab}	۴۳/۰۴
۳۲	R.T.04	۹۷/۷۷ ^{a}	۶۱/۱۱^{abc}	۸۸/۱۲	۳۴/۷۷$^{a-e}$	۱۶/۳۷^{ab}	۴۷/۰۸

در هر ستون تفاوت دو میانگین که حداقل در یک حرف مشترکند، مطابق آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

کاهش جوانه‌زنی را نشان دادند. بنابراین، این ارقام از تحمل به خشکی بالایی در مرحله جوانه‌زنی برخوردارند. براساس نظر فرناندز (۱۰) به طور کلی ارقامی که در هر دو محیط تفاوت کمتری نشان دهند، تحمل بیشتری به خشکی در مرحله جوانه‌زنی دارند. نتایج صفت سرعت جوانه‌زنی برای ارقام تطابق بالایی با صفت درصد جوانه‌زنی داشت. برای این صفت نیز تنوع بالایی بین ارقام دیده شد به طوری که ارقام Likord و Okapi بیشترین سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش و بیشترین مقدار شاخص تنش جوانه‌زنی را دارا بودند. از طرف دیگر ارقام Hyola401 وModena کمترین مقدار را از نظر این شاخص به خود اختصاص دادند. نتایج حاکی از آن است که بین ارقام مختلف کلزا تفاوت زیادی از نظر میزان و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی دیده می‌شود. بذرهایی که بتوانند در شرایط تنش، جوانه‌زنی قابل قبولی داشته باشند، در مناطق خشک و نیمه‌خشک، ارزش زیادی خواهند داشت زیرا احتمال گذار از این مرحله برای آنها بیشتر است. نتایج نشان داد که تغییرات زیادی بین ارقام مورد مطالعه از نظر میزان رشد گیاهچه و بخش‌های آن (ریشه‌چه و ساقه‌چه) وجود داشت. 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 (۶) بنابراین بایستی علاوه بر درصد جوانه‌زنی به سرعت و رشد گیاهچه نیز توجه داشت. کاهش رشد و نمو گیاهچه در اثر تنش‌های خشکی و شوری در کلزا توسط محققان دیگر نیز گزارش شده است (۲، ۱۲ و ۲۴).

برای این‌که بتوان درک بهتری از نحوه گروه‌بندی ارقام داشت و نمونه‌های متحمل را به راحتی شناسایی کرد، در این مطالعه از روش تجزیه به مؤلفه‌های اصلی استفاده گردید(جدول۳). نتایج تجزیه به مؤلفه‌های اصلی نشان داد که سه مؤلفه اول در مجموع ۸۴/۱ درصد از کل تغییرات صفات اندازه‌گیری شده روی ۳۲ رقم کلزا را توجیه کردند (۴). به طوری که مؤلفه اول تا سوم به ترتیب ۵۲/۴۰، ۱۹/۶۰ و ۱۲/۱۰ درصد از این سهم را به خود اختصاص دادند. مقادیر بردار ویژه برای مؤلفه اول نشان داد که صفات درصد جوانه‌زنی (PGs)، سرعت جوانه‌زنی (RGs) و شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI) وزنه مثبت و بیشتری در این مؤلفه دارند. از طرفی با توجه به این‌که مقدار ویژه شاخص کاهش درصد جوانه‌زنی (RGPI) در این مؤلفه منفی و بزرگ است و کمتر بودن آن نشانه تحمل به تنش بالاتر می‌باشد، در مجموع می‌توان مؤلفه اول را مؤلفه توان جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی نامگذاری کرد. در مؤلفه دوم صفات طول ریشه‌چه (RLs) و طول ساقه‌چه (SLs) به همراه وزن ساقه‌چه (SWs) دارای مقدار ویژه بزرگ‌تری بودند بنابراین می‌توان این مؤلفه را رشد گیاهچه در شرایط تنش خشکی نامگذاری کرد. در مؤلفه سوم صفات وزن ریشه‌چه و ساقه‌چه بار بیشتری داشتند ولی از آنجایی که این مؤلفه درصد کمی از تنوع داده‌ها را توجیه می‌کرد، در ترسیم بای پلات استفاده نگردید. بنابراین بای‌پلات مربوطه با چشم‌پوشی از مؤلفه سوم و براساس دو مؤلفه اصلی اول که بخش اعظم تغییرات را توجیه کردند، ترسیم گردید (شکل ۵).

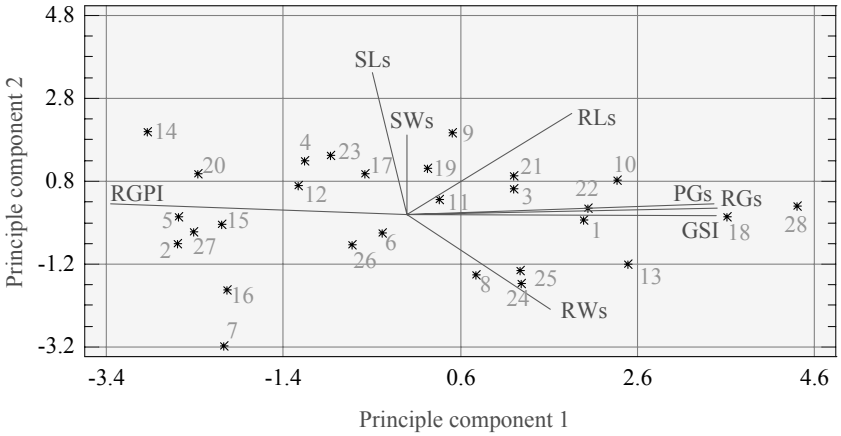
پراکنش ارقام براساس مؤلفه‌های اول و دوم در شکل ۵ حاکی از آن است که تغییرات زیادی بین ارقام برای صفات اندازه‌گیری شده تحت شرایط تنش خشکی وجود دارد که می‌تواند برای شناسایی ژنوتیپ‌های مناسب در برنامه‌های اصلاحی استفاده کرد. ارقام شماره ۱۸ و ۲۸ در ناحیه‌ای قرار گرفته‌اند که از نظر مؤلفه اول دارای مقدار بالا و از نظر مؤلفه دوم دارای مقادیر متوسط می‌باشند. با توجه به نامگذاری مؤلفه‌های اول و دوم (به ترتیب مؤلفه توان جوانه‌زنی و مؤلفه رشد گیاهچه) این ارقام را می‌توان ارقام متحمل به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی معرفی کرد. نتایج مقایسه میانگین ارقام (جدول ۲) که قبلاً ذکر گردید نیز مؤید آن بود که این دو رقم همان ارقام Likord و Okapi هستند که بیشترین درصد و سرعت جوانه‌زنی را در شرایط تنش دارا بودند. دو رقم مذکور در مجاورت سه بردار مربوط به صفات درصد جوانه‌زنی (PGs)، سرعت جوانه‌زنی(RGs) و شاخص تنش خشکی (GSI) هستند (شکل ۵) که مؤید این مطلب است. رقم شماره ۹ از نظر مؤلفه

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

جدول ۳. نتایج مؤلفه‌های اصلی براساس کلیه صفات و شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی تحت تنش خشکی در ارقام کلزا

صفات و شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی	بردار ویژه		
	مؤلفه اول	مؤلفه دوم	مؤلفه سوم
شاخص کاهش درصد جوانه‌زنی (RGPI)	-۰/۴۶	۰/۰۵	۰/۰۶
شاخص تنش جوانه‌زنی (GSI)	۰/۴۸	۰/۰۳	-۰/۰۷
درصد جوانه‌زنی (PGs)	۰/۴۷	۰/۰۵	-۰/۰۳
سرعت جوانه زنی (RGs)	۰/۴۸	-۰/۰۱	-۰/۰۷
طول ریشه‌چه (RLs)	۰/۱۴	۰/۴۷	۰/۰۴
طول ساقه‌چه (SLs)	-۰/۰۵	۰/۶۷	-۰/۲۳
وزن ریشه‌چه (RWs)	۰/۱۱	-۰/۲۴	۰/۴۲
وزن ساقه‌چه (SWs)	-۰/۰۱	۰/۴۹	۰/۸۶
مقادیر ویژه	۴/۲۰	۱/۶۹	۰/۹۷
درصد واریانس	۵۲/۴۰	۱۹/۶۰	۱۲/۱۰



شکل۵. نمودار دو بعدی پراکنش ارقام کلزا از نظر صفات مرحله جوانه‌زنی براساس دو مؤلفه اصلی اول

اول (توان جوانه‌زنی) در حد متوسط و از نظر مؤلفه دوم بالاترین مقدار را دارا بود بنابراین این رقم از ارقامی است که از نظر مؤلفه دوم مقدار بالایی را دارد و برای شرایطی مناسب است که جوانه‌زنی به تنهایی برای محیط دارای تنش خشکی کافی نیست و استقرار، رشد و دوام گیاهچه نیز از اهمیت برخوردار است. ارقامی نظیر شماره ۷ و ۱۶ که در محدوده دارای مؤلفه اول و دوم کم قرار دارند، از حساسیت بالایی به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی برخوردارند و می‌توانند در مطالعات تکمیلی استفاده شوند.

با توجه به نمودار بای پلات مؤلفه‌های اصلی می‌توان روابط بین صفات و شاخص‌های بررسی شده را نیز تحلیل کرد. به‌طوری که هر چه زاویه بین دو بردار بیشتر باشد همبستگی

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

بین دو صفت مربوطه کمتر است. نتایج بای پلات دو مؤلفه اصلی (شکل ۵) نشان داد که سه بردار مربوط به صفات درصد جوانه‌زنی (PGs)، سرعت جوانه‌زنی(RGs) و شاخص تنش خشکی (GSI) به شدت به هم نزدیک و هم راستا هستند که نشان‌دهنده همبستگی بالا بین این سه صفت است. سه صفت مذکور، که تحت عنوان توان جوانه‌زنی نامگذاری شدند، با بردارهای مربوط به طول ریشه‌چه (RLs) و وزن ریشه‌چه (SLs) زاویه حدود ۴۵ درجه ایجاد می‌کنند که نشان‌دهنده همبستگی متوسط بین شاخص‌های توان جوانه‌زنی با این دو شاخص است. به عبارت دیگر نتایج نشان می‌دهد که معمولاً ارقامی که از توان جوانه‌زنی بالایی در شرایط تنش برخوردارند، دارای رشد ریشه‌چه مطلوبی نیز هستند. از طرف دیگر سه شاخص مربوط به توان جوانه‌زنی (PGs، RGs و GSI) با طول و وزن ساقه‌چه (SLs و SWs) زاویه حدود ۹۰ درجه ایجاد می‌کنند که نشانه عدم وجود همبستگی می‌باشد.

به عبارت دیگر نتایج نشان می‌دهد که ارقامی که توان جوانه‌زنی بالایی دارند، الزاماً از رشد گیاهچه خوبی برخوردار نیستند. بالاخره سه شاخص مربوط به توان جوانه‌زنی (PGs، RGs و GSI) با شاخص کاهش درصد جوانه‌زنی (RGPI) زاویه حدود ۱۸۰ درجه ایجاد می‌کنند که نشانه همبستگی منفی می‌باشد. از آنجایی RGPI از تفاضل درصد جوانه‌زنی ارقام در دو محیط عادی و تنش محاسبه می‌شود و بالا بودن آن نشانه توان جوانه‌زنی پایین در شرایط تنش خشکی می‌باشد، ژنوتیپ‌هایی که در کنار این شاخص قرار می‌گیرند ازحساسیت بالا به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی برخوردارند. استفاده از تکنیک تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و ترسیم بای پلات در گیاهان دیگر از جمله نخود (۹) و گندم (۱۱) نیز به منظور گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش گزارش شده است. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که بین ارقام و هیبریدهای جدید کلزا تنوع قابل ملاحظه‌ای از نظر تحمل به تنش خشکی براساس صفات و شاخص‌های مرحله جوانه‌زنی وجود دارد که می‌تواند برای بهبود این ویژگی در کلزا مورد استفاده قرار گیرد. هم‌چنین نتایج نشان داد که تکنیک مؤلفه‌های اصلی به عنوان یک روش کارآمد می‌تواند ارقام با درجات تحمل متفاوت به خشکی را از یکدیگر تفکیک نمایید و نیز روابط بین شاخص‌های اندازه‌گیری شده را مشخص کند. ارقام متحمل معرفی شده می‌توانند برای مطالعات آتی و نیز به منظور بررسی ارتباط بین واکنش به تنش خشکی در مرحله جوانه‌زنی و بلوغ مورد استفاده قرار گیرند چراکه الزاماً ارقامی که در مرحله جوانه‌زنی مقاوم می‌باشند، نمی‌توانند در مرحله بلوغ نیز مقاوم باشند.

منابع مورد استفاده

1. Albuguerque, M. F. E. and N. M. Carvalho. 2003. Effects of the type of environmental stress on the emergence of sunflower *(Helinanthus annus*), soybean (*Glycine max* L.) and maize (*Zea mays* L.) seeds with different levels of vigor. *Seed Science and Technology* 31: 465–479.
2. Andalibi, B, E. Zangani and A. Haghanazari. 2005. Effects of water stress on germination indices in six rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Agricultural Science* 36: 457-463. (In Farsi).
3. Blum, A. 2010. Plant Breeding for Water-Limited Environments. Springer Pub., 258 PP.
4. Bouslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybeans. 1. Evaluation of three screening techniques for heat and drought tolerance. *Crop Science* 24: 933-937.
5. Daneshmand, A. R., A. H. Shirani-Rad and M. R. Ardakani. 2006. Evaluation of water deficit stress on tolerance of spring rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes. *Agronomy Research* 1: 48-60.
6. El-Sharkawi, H. M. and I. Springuel. 1977. Germination of some crop plant seed under reduced water potential. *Seed Science and Technology* 5: 677-688.
7. Falleri, E. 1994. Effect of water stress on germination in six provenances of Pinus pinaster Ait. *Seed Science and Technology* 22: 591-599.
8. FAO. 2007. Food outlook. Global Market Analysis. http://www.fao.Food outlook.com.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]

9. Farshadfar, E., A. Zamani, M. R. Matlabi, M. and E. E. Emam-jome. 2001. Selection for drought resistance chichpea lines. *Journal of Agricultural Science* 32: 65-77. (In Farsi).
10. Fernandez, G. C. J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. PP. 257-270. *In:* Kuo,C.C. (ed.), Proc. of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. Shanhua, Taiwan.
11. Golabadi, M., A. Arzani and S. A. M. Mirmohammadi Maibody. 2006. Assessment of dorought tolerance in segregation population in durum wheat. *African Journal of Agricultural Research* 5: 162-171.
12. Holmstrom, K., S. Somersalo, A. mandal, T. E. Palva and B. Welin. 2000. Improved tolerance to salinity and low temperature in transgenic tobacco producing glycine betaine. *Journal of Experimental Botany* 51: 177-185.
13. Jensen, C. R., V. O. Mogensen, G. Mortensen, J. K. Fieldsend, G. F. J. Milford, M. N. Andersen and J. H. Thage. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying evaporation demand. *Field Crop Research* 47: 93-105.
14. Johnson, R. A. and D. W. Wichern. 2007. Applied Multivariate Statistical Analysis. Prentice Hall International, INC., New Jersey.
15. Karimi, H. 1997. Weather Report of the Central Region of Iran. University Jihad of Isfahan Publications. (In Farsi).
16. Khajepour, M.R. 1995. Cultivation of Industrial Crops. Jahad university press. (In Farsi).
17. Kron, A. P., G. M. Souzan and R. V. Ribeiro. 2008. Water deficiency at different development stages of Glycine max improves drought tolerance. Bragantia, Campinas. 67: 43-49.
18. Longenberger, P. S., C. W. Smith, P. S. Thaxton and B. L. McMichael. 2006. Development of a screening method for drought tolerance in cotton seedlings. *Crop Science* 46: 2104–2110.
19. Michel, E. and R. Kaufmann. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiology* 51: 914-916.
20. Rharrabti, Y., D. Villegas, F. Garcia del Moral, N. Aparicio, S. Elhani, C. Royo. 2001. Environmental and genetic determination of protein content and grain yield in durum wheat under Mediterranean conditions. *Plant Breeding* 120: 381-388.
21. Rosielle, A.A. and J. Hamblin. 1981. Theoretical aspects of selection for yield in stress and non-stress environments. *Crop Science* 21: 943-946.
22. Shirani-Rad, A. H., M. Naimi and S. Nasr-Esfahani. 2010. Evaluation of terminal drought stress tolerance in spring and winter rapeseed genotypes. *Iranian Journal of Agricultural Science* 12: 112-126. (In Farsi).
23. Sinaki, J. M., E. Majidi Heravan, A. H. Shirani Rad, GH. Noor-mohammadi and G. Zarei. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brasica napus* L.). *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science* 2: 417-422.
24. Shekari, F, R. Khoie, A. Javanshir, H. Alyari and M. R. Shkiba. 2000. Effect of Sodium chloride salinity on germination of rapeseed cultivars.*Turkish Journal of Field Crops* 5: 21-28.
25. Timson، J. 1965. New methods of recording germination data. *Nature* 207: 216-217.
26. Veisi MalAmiri, E., R. Haghparast, M. Aghaii Sarbozeh, E. Farshadfar and R. Rajabi. 2010. Evaluation of drought tolerance of Barley genotypes using physiological and drought tolerance indices. *Journal of Seed Seedling Breeding* 26: 43-60. (In Farsi).
27. Whan, B. R., W. K. Anderson, R. F. Gilmour, K. L. Regan and N. C. Turner. 1991. A role of physiology in breeding for improved wheat yield under drought stress. PP. 179-194. *In:* Acevedo, E., A. P. Conesa, P. Monneveux and J. P. Srivastava (Eds.), Physiology–Breeding of Winter Cereals for Stressed Mediterranean Environments. INRA, Paris.

[Downloaded from jcpp.iut.ac.ir on 2026-11-27]

[DOR: 20.1001.1.22518517.1391.2.4.4.0]