



بررسی اثر تنفس خشکی بعد از دوره گلدهی بر خصوصیات مورفو-فیزیولوژیکی و عملکرد برخی از ژنتیک‌های زمستانه کلزا (*Brassica napus L.*) در شرایط مزرعه

مواد چشممه‌نور^۱، محمد رضا بی‌همتا^۲، علی‌اکبر شاه نجات بوشهروی^۳، علیرضا عباسی^۳ و بهرام علیزاده^۴

۱- دانشجوی دکتری اصلاح نباتات گرایش ژنتیک مولکولی و مهندسی ژنتیک پردازی کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران،
(نویسنده مسؤول: cheshmehmorad@ut.ac.ir)

۲ و ۳- استاد و دانشیار، پردازی کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

۴- دانشیار بخش دانه‌های روغنی، مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۲/۱۹ تاریخ پذیرش: ۹۷/۵/۲۷

صفحه: ۹۷ تا ۸۸

چکیده

تنفس خشکی یکی از عوامل مهمی است که باعث محدودیت رشد و کاهش عملکرد در کلزا می‌شود. این پژوهش به منظور مطالعه ویژگی‌های مورفو-فیزیکی و فیزیولوژیکی ژنتیک‌های زمستانه کلزا در شرایط بدون تنفس و تنفس خشکی انجام شد. آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی در مزرعه تحقیقاتی پردازی صفاتی مانند کشاورزی بروجرد اجرا شد. نتایج تجزیه واریانس مرکب صفات نشان داد که برهمکنش ژنتیک و محیط برای صفاتی مانند عملکرد دانه، دوره گلدهی، تعداد روز تا شروع گلدهی، دوره رسیدگی دانه در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد. از طرفی برهمکنش ژنتیک و محیط برای صفت میزان سبزینگی برگ در سطح احتمال پنج درصد معنی دار شد. نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که در شرایط تنفس خشکی ژنتیک ژنتیک ۱۱۴۲ در هر دو شرایط تنفس و بدون تنفس خشکی کمترین عملکرد دانه را داشت. ژنتیک ۱۱۴۲ در هر دو شرایط تنفس و بدون تنفس دو صفت دوره رشد تا گلدهی و دوره رسیدگی دانه به ترتیب با %۹۴ و %۹۷ بیشترین وراثت‌پذیری عمومی را در شرایط بدون تنفس و تنفس خشکی داشتند. در تجزیه به عامل‌ها در شرایط بدون تنفس عامل‌های اول تا چهارم و در شرایط تنفس عامل‌های اول تا سوم به ترتیب %۸۲ و %۷۲ از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. در شرایط بدون تنفس و تنفس خشکی به ترتیب بیشترین فاصله ژنتیکی بین ژنتیک‌های ۱۱۳۹ با احمدی و ۱۱۳۹ با مشاهده شد. در نتیجه، ژنتیک‌هایی که دارای فاصله ژنتیکی بیشتری از همدیگر هستند، می‌توانند به عنوان کاندید برای برنامه‌های اصلاحی آینده مورد استفاده قرار گیرند.

واژه‌های کلیدی: تنفس خشکی، تنوع ژنتیکی، کلزا، مورفو-فیزیولوژی، وراثت پذیری

مقدمه

بویژه مرحله گلدهی تا پایان پرشدن دانه، عملکرد و اجزای آن مانند وزن هزار دانه و تعداد دانه را تحت تاثیر منفی قرار می‌دهد (۵). گزارش شده که مراحل گلدهی و تشکیل خورجین‌ها از حساس‌ترین مراحل کلزا به تنفس رطوبتی هستند. در مناطقی از ایران که نوسانات مقدار و توزیع بارندگی آنها زیاد است، تنفس خشکی رخ می‌دهد. بنابراین در این مناطق باید ارقامی از کلزا را انتخاب نمود که بتوانند در سال‌های کم باران با تحمل شرایط خشکی دارای عملکرد پایدار و مقرون به صرفه باشند (۱۵). کلزا یکی از محصولات مهم اقتصادی است که در خیلی از کشورها از جمله پاکستان کشت می‌شود. در پاکستان به علت کم آبی و بارش اندک عملکرد و کیفیت کلزا بطور قابل ملاحظه‌ای طی فصل رشد کاهش می‌یابد. علاوه بر عملکرد و کیفیت کلزا، کم آبی با تغییر در عملکرد فرایندهای بیوشیمیایی و فیزیولوژیکی بسیاری در این گیاه مرتبط می‌شود. برای مثال، کمبود آب باعث آفرایش میزان پرولین و کاهش محتوای کلروفیل در گیاه کلزا می‌شود و این دو نشانه‌ها یا علائمی هستند که بطور بالقوه به عنوان شاخص‌های تحمل خشکی در این محصول گزارش شده اند (۴). تنفس‌های غیرزنده مانند دمای خیلی زیاد، شوری بالا، انسه فرابنفش، سرما، خشکی و در معرض فلزات سنگین بودن، تأثیر منفی تا حدود ۵۰ درصد روی محصولات کشاورزی جهان دارد. بر اساس گزارش سازمان خواروبار

کلزا (*Brassica napus L.*) یکی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی در جهان است که بر اساس گزارش فائو در سال ۲۰۱۲ تولید دانه روغنی کلزا در جهان نزدیک به ۶۴ میلیون تن بود (۱۹). کلزا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی و سومین گیاه روغنی در جهان به حساب می‌آید. از طرفی این محصول زراعی مهم‌ترین گیاه روغنی خانواده چیلیپایان می‌باشد (۱۷). همچنین کلزا یک منبع مهم پروتئین گیاهی در جهان محسوب می‌شود (۲۱). تنفس خشکی یکی از عوامل مهمی است که باعث محدودیت رشد و کاهش عملکرد در کلزا می‌شود. غربال کردن مواد گیاهی متحمل به تنفس خشکی عملکرد محصول کلزا را در شرایط تنفس خشکی بهبود خواهد داد (۲۱). کلزا مانند بسیاری از گیاهان زراعی تحت تاثیر تنفس‌های خشکی، شوری و دما می‌باشد (۱۷). در کشور چین تنفس خشکی سالانه باعث کاهش حداقل ۳۰ درصد عملکرد کلزا می‌شود (۲۱). با توجه به وضعیت آب در مراحل ویژه‌ای از فنولوژی کلزا خصوصا در دوره رشد زایشی، کمیت و کیفیت دانه آن تحت تاثیر تنفس قرار می‌گیرد (۸). کمبود آب در مراحل مهم رشد کلزا مانند گلدهی و پر شدن دانه می‌تواند روی عملکرد آن اثر سوء بگذارد. تنفس خشکی در مراحل مختلف رشد بر عملکرد و اجزای عملکرد کلزا تاثیر منفی دارد. در یک مطالعه گزارش شده که کمبود آب در مراحل مختلف رشد کلزا

مرحله گلدهی در تیمارها را به عنوان طول دوره گلدهی در نظر گرفته شد. صفت طول دوره رشد تا رسیدگی کامل دانه هم از تاریخ جوانه زنی تا رسیدگی کامل بذر تعیین شد. تاریخ پایان گلدهی ژنتیپها تا رسیدگی کامل بذر هم به عنوان طول دوره رسیدگی دانه محسوب شد. برای اندازه گیری عملکرد دانه در هر ژنتیپ کلیه بوته های هر کرت بطور کامل برداشت شدند. برای شمارش هزار دانه از دستگاه بذر شمار استفاده شد به اینصورت که در هر ژنتیپ هزار دانه بوسیله دستگاه بذر شمار شمارش شد و با ترازو دو صفر وزن هزار هر ژنتیپ اندازه گیری شد. برای اندازه گیری میزان سبزینگی برگ (کلروفیل برگ) از دستگاه SPAD-502 Plus ساخت شرکت Konica Minolta ژاپن استفاده شد. مقایسه میانگین ها برای کلیه صفات به روش توکی (HSD) در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت. در این پژوهش اجزای واریانس ژنتیکی و فنتیپی با استفاده از امید ریاضی میانگین مربعات طرح آماری برآورد شد. سپس قابلیت توارث عمومی (H^2)، ضرایب تنوع ژنتیکی و فنتیپی به روش هالار و همکاران (۰) از روابط زیر محاسبه شدند.

$$H^2 = \sigma_g^2 / \sigma_p^2 \quad \text{رابطه (۱) وراحت پذیری عمومی}$$

$$GCV\% = \sqrt{\sigma_g^2} / \bar{x} \quad \text{رابطه (۲) ضریب تنوع ژنتیکی}$$

$$PCV\% = \sqrt{\sigma_p^2} / \bar{x} \quad \text{رابطه (۳) ضریب تنوع فنتیپی}$$

برای تجزیه و تحلیل داده ها از نرم افزارهای آماری SAS 9.1 و Minitab 16 و SPSS 19 استفاده شد.

نتایج تجزیه واریانس مرکب

نتایج تجزیه واریانس مرکب داده ها (جداول ۱ و ۲) بعد از آزمون همگنی واریانس ها نشان داد که در هر دو شرایط محیطی بدون تنفس و تنفس خشکی برای همه صفات بجز برای دو صفت عملکرد دانه و تعداد روز تا شروع گلدهی در سطح احتمال یک درصد اثر تنفس خشکی و ژنتیپ معنی دار بود. برهمکنش ژنتیپ و محیط (ژنتیپ \times محیط) برای صفات عملکرد دانه، دوره گلدهی، تعداد روز تا شروع گلدهی و دوره رسیدگی دانه در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد. برای سبزینگی برگ برهمکنش ژنتیپ و محیط در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار شد. در پژوهشی تحت عنوان بررسی تاثیر تنفس خشکی آخر فصل بر عملکرد و خصوصیات فیزیولوژیکی در برخی ارقام کلزا مشخص شد برهمکنش ژنتیپ و محیط برای صفاتی مانند عملکرد دانه در واحد سطح در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد که با نتایج این پژوهش مطابقت دارد (۷، ۱۳). گزارش شده که اعمال تنفس خشکی در چند روز زراعی کلزا در مراحل گلدهی و پر شدن دانه تاثیر معنی داری روی صفاتی مانند عملکرد دانه، ارتفاع بوته و طول دوره رشد ندارد (۱۴).

مقایسه میانگین ها

مقایسه میانگین ها (جداول ۸ و ۹) نشان داد که در هر دو شرایط عدم تنفس و تنفس خشکی برای صفت طول دوره رشد ژنتیپ Sw102 با میانگین ۲۸۴ و ۲۷۶ روز دوره رشد تا

جهانی غذا در جهان حدود ۲۶ درصد از زمین های قابل کشت در معرض خشکی قرار دارند و بیش از ۲۰ درصد از زمین های قبل آبیاری تحت تأثیر نمک می باشند (۵). مطالعات نشان می دهد که در بین تنفس های محیطی، خشکی مهم ترین تنفس غیرزندگ است که بیشتر از سایر عوامل تولید محصولات زراعی را محدود می کند (۲۰). ایران با متوسط بارندگی سالیانه نزدیک به ۲۴۰ میلی متر جزو کشورهای خشک جهان است. تنفس خشکی به ویژه در مراحل پایانی رشد از مهم ترین و شایع ترین عوامل محدود کننده رشد گیاهان در مناطق خشک و نیمه خشک به حساب می آید (۱۸). کلزا هم مانند بسیاری از گیاهان زراعی در بسیاری از مناطق کشور در مراحل پایانی رشد بخصوص در زمان پرشدن دانه با تنفس خشکی و کمبود رطوبت مواجه می شود (۴). هدف از اجرای این پژوهش بررسی تنوع ژنتیکی بین ژنتیپ های مورد مطالعه کلزای زمستانه براساس عملکرد و اجزای آن و صفات مورفو-فیزیولوژیکی و دست یابی به ژنتیپ (های) مناسب و متحمل به تنفس خشکی می باشد.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۵-۹۶ در مزرعه تحقیقاتی پردیس تحقیقات و آموزش کشاورزی بروجرد انجام شد. مواد ژنتیکی مورد آزمایش شامل ۳۰ ژنتیپ کلزای زمستانه بودند که از بخش تحقیقات دانه های روغنی موسسه اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. ژنتیپ های مورد آزمایش در اوخر شهریور ۱۳۹۵ در دو شرایط رطوبتی عدم تنفس (نرمال) و تنفس خشکی پایان دوره گلدهی در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار کشت شدند. هر بلوک به دو ردیف ۱۵ کرتی تقسیم شد (جمعاً ۳۰ کرت). هر کرت به ۵ ردیف کاشت مساوی به طول ۲ متر و عرض ۳۰ سانتی متر تقسیم شد. فاصله هر کرت با کرت های مجاور خود ۶۰ سانتی متر در نظر گرفته شد. بذر در هر کرت به روش دستی و با تراکم ۸۰ بوته در مترمربع در عمق ۱ تا ۱/۵ سانتی متری خاک کشت شدند. از کودهای شیمیایی سوپر فسفات ترپیل، سولفات پتاسیم و اوره به میزان ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد. همچنین میزان مصرف کود گوگرد گرانوله مصرفی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار در نظر گرفته شد. از سومون علفکش مانند سوپر گالانت (یک لیتر در هکتار) و لوتنر (۸۰۰ سی سی در هکتار) به ترتیب برای کنترل علف های هرز باریک برگ و پهن برگ استفاده شد. برای مبارزه با شته از حشره کش کنفیدور به میزان ۲۵۰ سی سی در هکتار استفاده گردید. عملیات آبیاری برای بلوک ها در هر دو شرایط عدم تنفس و تنفس خشکی تا پایان مرحله گلدهی با سیفون به صورت نشستی انجام شد. بعد از پایان دوره گلدهی در کرت های تحت شرایط تنفس خشکی آبیاری قطع شد. برای اندازه گیری صفات مورفو-فیزیولوژیکی در طول دوره تنفس خشکی از هر کرت تعداد ده بوته به تصادف انتخاب شد. صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد شاخه فرعی در بوته، تعداد خورجین در بوته، تعداد دانه در خورجین و میزان سبزینگی برگ (کلروفیل برگ) اندازه گیری شدند. طول مدت زمان بین شروع گلدهی تا پایان

اختصاص دادند. مقایسه میانگین‌ها برای صفت عملکرد نشان داد که ژنوتیپ R15 با میانگین ۰/۶۲۱ کیلوگرم در متترمربع بیشترین عملکرد و ژنوتیپ Talaye با میانگین ۰/۳۰۸ کیلوگرم در متترمربع کمترین عملکرد دانه در شرایط بدون تنش رطوبتی را داشتند (جدول ۸). در شرایط تنش رطوبتی ژنوتیپ ۱۱۴۲ با میانگین ۰/۳۳۱ کیلوگرم و ژنوتیپ L72 با میانگین ۰/۷۰۸ کیلوگرم در متترمربع بهترتب کمترین و بیشترین عملکرد دانه را دارا بودند (جدول ۹). با توجه به اینکه ژنوتیپ L72 در شرایط تنش خشکی دارای بیشترین میانگین عملکرد دانه در متترمربع بود، احتمال دارد این افزایش عملکرد به دلیل تحمل بیشتر این ژنوتیپ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها نسبت به شرایط تنش رطوبتی باشد. گزارش شده ژنوتیپ‌های کلزا که به شرایط تنش خشکی تحمل بیشتری دارند ممکن است نسبت به ژنوتیپ‌های که تحمل کمتری دارند عملکرد بیشتری داشته باشند. همچنین گزارش شده که تنش خشکی در کلزا باعث کاهش عملکرد، وزن هزار دانه، تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین می‌شود که با برخی از نتایج پژوهش حاضر مغایرت دارد (۱۳، ۷).

وراثت‌پذیری عمومی

نتایج نشان داد که در شرایط عدم تنش (جدول ۲) صفات دوره رشد تا گلدهی، دوره گلدهی و دوره رسیدگی دانه به ترتیب با مقادیر ۰/۹۴، ۰/۹۲/۲۱ و ۰/۹۰/۲۹ درصد بیشترین وراثت‌پذیری عمومی را داشتند. در شرایط تنش خشکی (جدول ۳) نیز صفات دوره رسیدگی دانه (درصد)، دوره رشد تا گلدهی (۰/۹۳/۷) و دوره گلدهی (۰/۸۹/۵) از بیشترین مقدار وراثت‌پذیری عمومی برخوردار بودند. بر اساس نتایج بدست آمده در این پژوهش نتیجه‌گیری می‌شود که این صفات بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ هستند تا شرایط محیطی. این نتایج در یافته‌های پیشین برای صفت تعداد روز تا گلدهی در ارقام دیگری از کلزا گزارش شده است (۱۳). در شرایط عدم تنش و تنش رطوبتی بهترتب صفات تعداد خورجین با ۱/۰۳ درصد و تعداد شاخه فرعی در بوته با ۱/۲ درصد دارای کمترین وراثت‌پذیری عمومی بودند. بنابراین نتیجه می‌گیریم که صفات فوق احتمالاً بیشتر تحت تاثیر شرایط محیطی و زراعی قرار دارند. این یافته با نتایج سایر محققین در ژنوتیپ‌های دیگر کلزا برای وراثت‌پذیری صفات مختلف مطابقت دارد (۲۲). میزان باردهی انتخاب برای بهبود یک صفت به تاثیر نسبی عوامل ژنتیکی و محیطی در بروز اختلافات فنوتیپی بستگی دارد که از طریق پارامتر وراثت‌پذیری بیان می‌شود (۱۳). در هر دو شرایط عدم تنش و تنش خشکی دوره گلدهی دارای بیشترین مقدار تنوع ژنتیکی بود (جداول ۲، ۳ و ۵). دوره رشد تا رسیدگی دانه در شرایط عدم تنش و صفت تعداد شاخه فرعی در بوته برای شرایط تنش خشکی کمترین میزان تنوع ژنتیکی را نشان دادند. نتایج بدست آمده با پژوهش‌های پیشین (۱۳) مطابقت داشت. برای بهنژادی و تولید ارقام پرمحصول دسترسی به منابع ژنتیکی، اطلاع از ساختار ژنتیکی و چگونگی توارث صفات در ژنوتیپ‌های مورد مطالعه لازم و ضروری می‌باشد (۱۳). نتایج نشان داد که صفات دوره گلدهی و عملکرد دانه در هر دو

رسیدگی کامل به عنوان دیس‌ترین ژنوتیپ در بین سایر ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این تحقیق شناخته شد. در همین تحقیق ژنوتیپ ۱۱۴۲ با میانگین ۲۷۳/۳ روز طول دوره رشد در هر دو شرایط تنش و عدم تنش از کمترین طول دوره رشد تا رسیدگی کامل برخوردار بود و نسبت به بقیه ژنوتیپ‌ها زودرس تر بود. گزارش شده که مقارن بودن زمان رسیدگی کلزا با هوای گرم آخر فصل باعث می‌شود که تنش خشکی بر روی زمان رسیدگی این گیاه تاثیر بگذارد، به عبارتی زودرسی باعث کاهش نیاز آبی کلزا شده و احتمال دارد نسبت دانه به اندام‌های هوای را افزایش دهد (۱۲). در شرایط عدم تنش (جدول ۵) برای تعداد خورجین در بوته ژنوتیپ ۱۱۳۰ با میانگین ۲۱۹/۵ بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشت. برای همین شرایط، کمترین تعداد خورجین در بوته به ژنوتیپ ۱۱۴۰ با میانگین ۱۱۷/۲ مشاهده شد. نتایج نشان داد که در شرایط تنش چندین ژنوتیپ (جدول ۵) دو ژنوتیپ L72 و ۱۱۴۴ به ترتیب با میانگین ۰/۹۶ و ۰/۰۱ بیشترین تعداد خورجین در بوته را داشتند. در همین شرایط (تنش) ژنوتیپ Ahmadi با میانگین ۱۰۵ و ژنوتیپ ۱۱۳۷ با میانگین ۱۰۹/۹ کمترین تعداد خورجین در بوته را به خود اختصاص دادند. نتایج این پژوهش با یافته‌های تحقیقاتی دادیور و همکاران (۷) و مجیدی و همکاران (۱۳) روی ارقام دیگر کلزا مطابقت داشت. برای صفت تعداد دانه در خورجین در شرایط عدم تنش (جدول ۸) ژنوتیپ ۱۱۴۲ با میانگین ۱۴/۱ و ژنوتیپ ۱۱۴۰ با میانگین ۱۵/۵ کمترین میانگین تعداد دانه در خورجین را داشتند. بیشترین تعداد دانه در خورجین در شرایط بدون تنش هم به ژنوتیپ Okapi با میانگین ۲۵/۹ و ژنوتیپ ۲۵/۹ میانگین ۲۴/۵ تعلق داشت. در شرایط تنش رطوبتی (جدول ۹) ژنوتیپ L72 با میانگین ۲۳/۲ بیشترین دانه در خورجین را داشت. در همین شرایط کمترین تعداد دانه در خورجین مربوط به ژنوتیپ‌های zarfarm و ۱۱۴۳ با میانگین ۱۴/۲ بود. در این تحقیق مشخص شد که در اکثر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط عدم تنش تعداد دانه کمتری در خورجین وجود داشت، مشابه همین پژوهش بوسیله Trribo و Major و Renard گزارش شده است (۱۳). در رابطه با میزان سبزینگی برگ (کلروفیل برگ) در شرایط بدون تنش (جدول ۸) ژنوتیپ L72 با میانگین ۵۳/۳ بیشترین میزان سبزینگی برگ را به خود اختصاص داد. از طرفی ژنوتیپ express میانگین ۴۱/۷ دارای کمترین میزان سبزینگی برگ بود. مقایسه میانگین‌ها در شرایط تنش خشکی برای میزان شاخص سبزینگی برگ نشان داد که ژنوتیپ‌های ۱۲۱۵ و okapi به ترتیب با میانگین ۵۶/۵ و ۵۵/۲ بیشترین سبزینگی برگ را داشتند در مقابل ژنوتیپ‌های ۱۱۴۱، ۱۱۳۶ و zarfarm از کمترین میزان سبزینگی برگ برخوردار بودند. براساس نتایج حاصله (جداول ۸ و ۹) بیشتر ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش خشکی نسبت به شرایط بدون تنش میزان سبزینگی بیشتری داشتند. در هر دو شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی (جداول ۸ و ۹) ژنوتیپ ۱۲۱۵ میانگین ۴/۹ و ۵/۲ و ژنوتیپ‌های ۱۱۴۶ Express و Talaye گرم به ترتیب بیشترین و کمترین وزن هزار دانه را به خود

(۸۵/۰) و عملکرد دانه (۷۹/۰) بیشترین مقادیر بار عاملی را داشتند. حداقل بار عاملی به صفت تعداد خورجین در بوته (۰/۰۳) مربوط بود. در عامل دوم تعداد خورجین در بوته (۷۹/۰) و تعداد شاخه فرعی در بوته (۶۸/۰) دو صفتی بودند که بیشترین بار عاملی را داشتند. در عامل دوم صفات تعداد دانه در خورجین (۰/۰۲)، دوره رشد تا گلدهی (۰/۰۲) و ارتفاع بوته (۰/۰۶) دارای کمترین بار عاملی بودند. در عامل سوم دوره رسیدگی دانه (۰/۰۷)، تعداد خورجین در بوته (۰/۴۶) و تعداد دانه در خورجین (۰/۳۹) حداکثر بار عاملی را داشتند. در عامل سوم صفت دوره گلدهی (۰/۰۱) حداقل بار عاملی را داشت.

تجزیه خوشبای

در شرایط بدون تنفس خشکی خط برش در مکانی که بیشترین فاصله وجود داشت (شکل ۱) دندروغرام را به دو گروه تقسیم کرد. بطوری که بیست و شش ژنوتیپ در دسته اول و چهار ژنوتیپ دیگر در دسته دوم قرار می‌گیرد. بیشترین فاصله (فاصله ژنتیکی) بین ژنوتیپ ۱۱۳۹ از دسته اول با ژنوتیپ Ahmadi از دسته دوم مشاهده شد. کمترین فاصله هم بین ژنوتیپ ۱۱۳۲ از دسته دوم با ژنوتیپ ۱۱۳۰ از دسته اول مشاهده شد. در شرایط تنفس خشکی (شکل ۲) دندروغرام بوسیله خط برش در محلی که بیشترین فاصله وجود داشت به دو گروه تقسیم شد. در گروه اول بیست و هفت ژنوتیپ و در گروه دوم سه ژنوتیپ وجود دارد. در شرایط تنفس خشکی بیشترین فاصله بین ژنوتیپ ۱۱۳۹ از کلاستر اول با ژنوتیپ ۱۱۴۴ از کلاستر دوم مشاهده شد. بنابراین این دو ژنوتیپ بر اساس فاصله‌ای که از هم‌دیگر دارند، حداکثر تنوع ژنتیکی در بین سایر ژنوتیپ‌ها دارند. حداقل فاصله یا تنوع ژنتیکی بین ژنوتیپ ۱۱۳۶ از کلاستر اول با ژنوتیپ L72 از کلاستر دوم مشاهده شد. در مجموع نتایج این پژوهش نشان داد که تنفس خشکی تا حدود زیادی فرآیندهای مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی ژنوتیپ‌های کلزا را تحت تاثیر قرار می‌دهد. از طرفی می‌توان از تنوع ژنتیکی موجود در بین ژنوتیپ‌ها این تحقیق برای برنامه‌های اصلاحی از جمله تنفس خشکی در آینده استفاده نمود. بر اساس نتایج حاصله در هر دو شرایط تنفس خشکی و بدون تنفس ژنوتیپ L72 از بیشترین مقدار عملکرد در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌های برخوردار بود. بنابراین ژنوتیپ L72 به عنوان ژنوتیپ متحمل به تنفس خشکی انتخاب می‌شود، در نتیجه برای شرایط کم آبی و تنفس رطبی مناسب می‌باشد. از طرفی ژنوتیپ ۱۱۴۲ در هر دو شرایط تنفس خشکی و عدم تنفس کمترین میزان عملکرد را داشت که به عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ به تنفس خشکی می‌باشد که مناسب برای شرایط کم آبی و تنفس خشکی نمی‌باشد.

شرایط تنفس خشکی و بدون تنفس رطبی دارای حداکثر ضریب تنوع ژنتیکی بودند (جدول ۴، ۵ و ۷). در هر دو شرایط تنفس و عدم تنفس طول دوره رشد (تعداد روز تا رسیدگی) به ترتیب با ضریب تنوع ژنتیکی (۰/۰۱۸۰ و ۰/۰۱۶۱) کمترین مقدار ضریب تنوع ژنتیکی را داشت. بطور کلی در شرایط تنفس خشکی نسبت به شرایط عدم تنفس خشکی تنوع ژنتیکی در برخی صفات مانند عملکرد دانه و تعداد خورجین در بوته افزایش و در بعضی صفات دیگر مانند تعداد دانه در خورجین، دوره گلدهی و تعداد شاخه فرعی کاهش نشان دادند که نشان می‌دهد، تنفس خشکی می‌تواند هم به عنوان یک محدودیت و هم یک فرصت برای بروز مقدار بالقوه تنوع ژنتیکی مدنظر قرار گیرد. در پژوهش‌های قبلی فقط گاهش تنوع ژنتیکی صفات در شرایط تنفس خشکی گزارش شده و از صفاتی که در شرایط تنفس تنوع ژنتیکی آنها افزایش یافت گزارشی نشده است (۱۳).

تجزیه به عامل‌ها

نتایج تجزیه به عامل‌ها در شرایط نرمال (جدول ۷) نشان داد که عامل‌های اول، دوم، سوم و چهارم به ترتیب با ۴/۷۸، ۱/۹۳، ۱/۱۲ و ۱/۱۱ دارای بیشترین مقادیر ویژه بودند. در نتیجه هر چهار عامل مقادیر ویژه بیشتر از یک داشتند. از طرفی مقدار درصد واریانس نسبی برای هر کدام از عامل‌های اول، دوم، سوم و چهارم بدترتب ۴۳/۴۱، ۱۷/۵۵، ۱۱/۰۳ و ۱۰/۱۹ شد که در مجموع حدود ۸۲ درصد واریانس کل (واریانس نسبی) را توجیه کردند. در عامل اول صفاتی مانند ارتفاع بوته، دوره گلدهی و دوره رشد تا گلدهی به ترتیب با ۰/۹۲، ۰/۸۹ و ۰/۹۰ بیشترین بار عاملی را داشتند. همچنین در بین کلیه صفات دوره رسیدگی دانه (۰/۰۹) کمترین بار عاملی را داشت. در عامل دوم صفاتی مانند دوره رسیدگی دانه و دوره رشد تا رسیدگی کامل (۰/۰۹ و ۰/۷۹) دارای بیشترین بار عاملی بودند. در عامل دوم کمترین بار عاملی متعلق به ارتفاع بوته (۰/۰۲) و تعداد خورجین در بوته (۰/۰۲) بود. در عامل سوم صفاتی مانند وزن هزاردانه (۰/۰۷۶) و تعداد خورجین در بوته (۰/۴۴) و دو صفتی بودند که حداکثر بار عاملی را داشتند. کمترین مقدار بار عاملی در عامل سوم هم به صفت دوره رشد تا گلدهی (۰/۰۴) تعلق داشت. در شرایط تنفس عامل چهارم دو صفت تعداد خورجین در بوته (۰/۰۸۴) و تعداد شاخه فرعی در بوته (۰/۰۴۱) دارای بیشترین بار عاملی بودند. در شرایط تنفس خشکی (جدول ۸) مقادیر ویژه برای هر کدام از عامل‌های اول، دوم و سوم بیشتر از یک شدند (۴/۸۴ و ۱/۶۷ و ۱/۲۶). بهمین دلیل عامل‌های اول، دوم و سوم به عنوان اصلی‌ترین عامل‌ها انتخاب شدند. در مجموع ۷۱ درصد از واریانس کل به این سه عامل تعلق داشت. در شرایط تنفس خشکی برای عامل اول به ترتیب صفاتی از جمله دوره رشد تا گلدهی (۰/۹۲)، دوره گلدهی (۰/۸۸)، ارتفاع بوته

جدول ۱- تجزیه مرکب صفات مختلف در ۳۰ ژنوتیپ کلزا در شرایط بدون تنفس و تنفس خشکی
Table 1. Combined analysis of traits in 30 rapeseed genotypes under control and drought stress conditions

میانگین مربوط (MS)								منابع تغیرات
دوره رشد تا گلدهی	دوره گلدهی	تعداد دانه در خورجین	تعداد خورجین در بوته	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg/m ²)	درجه آزادی		
۰/۶۷۲	۸۱/۳۳۹*	۱۰/۴۱۴*	۲۰۶۲/۹۷۸*	۲/۶۵۵*	۰/۰۱۱	۱		محیط
۱۹/۵۹۴	۱۵/۴۳۹	۱۱/۸۲۰	۲۹۱/۸۶۵	۳/۲۱۵	۰/۰۶۷	۴		تکرار در محیط (خطای a)
۴۳۹/۰۷۳**	۳۲۱/۵۷۱**	۴۰/۵۴۷**	۲۱۴۵/۸۷۸	۰/۵۶۱**	۰/۰۲۶**	۲۹		ژنوتیپ
۴۸/۴۷۷**	۱۳/۹۰۲**	۶/۷۰۲	۱۸۴۸/۸۳۲	۰/۱۳۵	۰/۰۰۷**	۲۹		ژنوتیپ × محیط
۵/۱۶۳	۵/۳۶۷	۸/۷۶۴	۱۵۵۲/۰۴۴	۰/۱۶۹	۰/۱۶۹	۱۱۶		خطای b
۱/۲۳۰	۵/۹۷۸	۱۵/۱۰۳	۲۴/۲۴۴	۹/۳۰۵	۱۳/۶۸۹	-		ضریب تغیرات (%)

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۲- تجزیه مرکب صفات مختلف در ۳۰ ژنوتیپ کلزا در شرایط بدون تنفس و تنفس خشکی
Table 2. Combined analysis of traits in 30 rapeseed genotypes under control and drought stress conditions

میانگین مربوط (MS)								منابع تغیرات
دوره رشد تا رسیدگی کامل	دوره رسیدگی دانه	ارتفاع بوته (cm)	مقدار سبزیگر برگ	تعداد شاخه فرعی در بوته	درجه آزادی			
۲۵۵۳/۸**	۳۶۴۵**	۱۸۱۵/۷۸۲*	۱۳۸/۱۶۳*	۱۴/۵-۷*	۱			محیط
۳۲/۱۷۸	۲۲/۸۳۳	۱۴۴/۹۵۱	۱۲۲/۱۳۱	۱/۹۱۱	۴			تکرار در محیط (خطای a)
۲/۱۲۳**	۳۲/۹۳۶**	۹۱۲/۲۷۹**	۵۷/۰۳**	۱/۵۴۲*	۲۹			ژنوتیپ
۰/۷۷۲	۸۹/۲۹۹**	۹۶/۹۴۸	۱۶/۷۲۷*	۱/۰۳۴	۲۹			ژنوتیپ × محیط
۰/۸۶۷	۱/۶۴۴	۱۰/۷/۸۵۱	۱۰/۵۸۲	۰/۹۷۳	۱۱۶			خطای b
۰/۳۳۶	۲/۳۷۳	۸/۴۰۹	۸/۴۰۹	۱۴/۲۷۸	-			ضریب تغیرات (%)

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

جدول ۳- مقایسه میانگین ها در شرایط عدم تنفس و تنفس خشکی برای برخی صفات مهم در ژنوتیپ های کلزا به روش توکی (HSD)
Table 3. The mean of comparison under non and drought stress conditions for some important traits in rapeseed genotype by Tukey method

ردیف	ژنوتیپ	عدم تنفس	طول دوره رشد (تعداد روز)				ردیف
			تنش	عدم تنش	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	
۱/۱۳	۲۳*	۲۳/۵*	۲۳/۷/۷	۱۳۱/۸*	۱۷۲/۹*	۲/۶	۱۱۳۹
۲/۴۸	۱۹/۷*	۲۰-۱۹*	-۰/۸۸	۱۷۲/۱*	۱۷۰/۸*	۲/۰۴	۱۱۴۱
۱۴/۸۹	۱۶*	۱۸/۸*	۷/۶۱	۱۷۷/۳*	۱۹۱/۹*	۲/۶	۱۱۲۹
-۱/۴۲	۱۴/۱*	۱۴/۱*	۶/۶	۱۵۳/۴*	۱۶۴/۷*	۲/۲۹	۱۱۴۲
۱۶/۴۹	۱۸/۵*	۲۲/۱*	-۱۲/۰۳	۱۳۱/۳*	۱۱۷/۲*	۲/۸۴	۱۱۳۲
۱۷/۹۴	۱۴/۱*	۱۶/۵*	-۲/۷۸	۱۵۹/۲*	۱۰۴/۹*	۲/۷۴	zarfam
۷/۷۳	۱۶/۱*	۱۸/۱*	۵/۱۳	۱۷۵/۹*	۱۸۵/۸*	۲/۷۳	۱۱۳۳
۴۱/۲۰	۱۹/۵*	۲۴/۵*	۳/۲۴	۱۶۴/۴*	۱۶۹/۹*	۲/۸۲	sw102
-۲/۲۸	۱۷/۲*	۱۶/۸*	۱۲/۲۸	۱۴۶/۵*	۱۶۷*	۳/-۰۵	۱۱۴۶
۱۴/۴*	۱۶/۱*	۱۶/۱*	۳۲/۹۵	۱۳۴/۹*	۲۰-۱/۲*	۲/۸۴	express
-۸/۴۱	۲۲/۱*	۲۱/۴*	-۳/۸۷	۱۰-۰/۶*	۲۰-۰/۶*	۲/۱۸	L72
-۰/۵	۲۰-۱*	۲۰-۱*	۱۸/۹۷	۱۳۶/۳*	۱۶۸/۲*	۲/۹۸	۹۵۷
۱۴/۴۵	۱۷/۵*	۲۰/۶*	۶/۷۹	۱۶۷/۴*	۱۷۹/۸*	۲/۴۹	۱۱۳۱
۳/۱۲	۱۵/۴*	۲۲/۱*	۳۳/۱۵	۱۰-۹/۹*	۱۶۶/۹*	۲/۷۴	۱۱۳۷
۱۱/۴۸	۱۸/۵*	۲۰/۹*	۱۳/۴۹	۱۰-۵/۸*	۱۲۲/۳*	۲/۸۴	Ahmadi
۹/۴۳	۱۹/۲*	۲۱/۲*	۳۷/۰۹	۱۰-۵/۸*	۱۲۲/۳*	۲/۸۴	R15
۱۰/۷۱	۲۰-۱*	۲۰-۱*	۱۸/۹۷	۱۳۶/۳*	۱۶۸/۲*	۲/۹۸	۱۱۳
۱۴/۴۵	۱۷/۵*	۲۰/۶*	۶/۷۹	۱۶۷/۴*	۱۷۹/۸*	۲/۴۹	۱۱۳۱
۳/۱۲	۱۵/۴*	۲۲/۱*	۳۳/۱۵	۱۰-۹/۹*	۱۶۶/۹*	۲/۷۴	۱۱۳۷
۱۱/۴۸	۱۸/۵*	۲۰/۹*	۱۳/۴۹	۱۰-۵/۸*	۱۲۲/۳*	۲/۸۴	
۹/۴۳	۱۹/۲*	۲۱/۲*	۳۷/۰۹	۱۰-۵/۸*	۱۲۱/۸*	۲/۹۸	
۱۰/۷۱	۲۰-۱*	۲۰-۱*	۱۸/۹۷	۱۳۶/۳*	۱۶۸/۲*	۲/۷	
۲/۲۴	۲۱/۱*	۲۲/۳*	-۳۱/۰۳	۱۹*	۱۶۷/۳*	۲/۱۴	1215
۸/۱	۱۵/۴*	۱۶/۴*	۲۷/۰۲	۱۶۰/۴*	۲۱۰/۵*	۲/۹۴	1130
۸/۷	۲۱*	۲۲*	۲۳/۰۴	۱۰*	۲۱۱/۸*	۲/۲۵	HW113
۲/۶۹	۱۸/۱*	۱۸/۶*	-۵۴/۶۲	۲۰*	۱۳*	۲/۲۵	۱144
-۴/۶۷	۲۲/۱*	۲۱/۴*	۱۶/۴۱	۱۵۲/۸*	۱۸۲/۸*	۲/۶	Talaye
۱۸/۵۳	۲۱/۱*	۲۵/۹*	۱۹/۳۱	۱۴۵/۴*	۱۸۰/۲*	۲/۶	okapi
۷/۰۴	۱۸/۸*	۱۹/۹*	۹/۱	۱۵۱/۹*	۱۶۷/۱*	۲/۸۴	1145
-۵/۸	۲۲/۱*	۲۲/۱*	۲۳/۱۴	۱۲۲/۹*	۱۶۹/۹*	۳/-۹	963
-۲/۶۵	۱۸/۷*	۱۵/۵*	-۳۷/۰۵	۱۵۹/۸*	۱۱۶/۶*	۲/۷	1140
۱۲/۵۵	۲۰/۹*	۲۳/۹*	۱۲/۴۲	۱۶۴/۳*	۱۸۷/۶*	۲/۸۴	HW118
۱/۱۹	۱۴/۱*	۱۵/۹*	۲۱/۹۸	۱۴۱/۶*	۱۸۱/۵*	۲/۷۴	1143
۱۳/۹۸	۲۰/۱*	۲۳/۳*	۱۹/۷۴	۱۴۳/۱*	۱۸۷/۳*	۲/۲۵	1138
.	۱۹/۸*	۱۹/۸*	۲۶/۵۷	۱۴۰/۱*	۱۹۰/۸*	۲/۸۴	1136

جدول ۴- مقایسه میانگین‌ها در شرایط عدم تنش و تنش خشکی برای برخی صفات مهم در ژنوتیپ‌های کلزا به روش توکی (HSD)
Table 4. The mean of comparison under control and drought stress conditions for some important traits in rapeseed genotype by Tukey method

ردیف	ژنوتیپ	میزان سبزینگی برگ	عدم تنش	تنش	وزن هزار دانه به گرم (g)	عملکرد دانه کیلو گرم در متراجع (kg/m ²)		درصد تنفس	درصد تنفس	عدم تنش	تنش	درصد تنفس	درصد تنفس
						درصد تنفس	درصد تنفس						
۱	-۳/۴	۱۱۳۹	۱	۰/۴۵۷ ^{b-e}	۰/۴۲۳ ^{a-c}	-۲/۳۸	۴/۳ ^{c-e}	۴/۲ ^a	-۶/۶۴	۴۸/۲ ^d	۴۵/۲ ^a	۱۱۳۹	۱
۲	۱	۱۱۴۱	۲	۰/۴۳۱ ^{b-e}	۰/۴۵۱ ^{a-c}	۲/۲۲	۴/۴ ^{b-e}	۴/۵ ^a	۱۰/۷۳	۴۰/۰ ^d	۴۸/۳ ^a	۱۱۴۱	۲
۳	۰/۷	۱۱۲۹	۳	۰/۳۷۸ ^{c-e}	۰/۴۲۸ ^{a-c}	.	۴/۱ ^{de}	۴/۱ ^a	۱۱/۹۴	۴۹/۴ ^{a-d}	۴۴/۴ ^a	۱۱۲۹	۳
۴	۳/۷	۱۱۴۲	۴	۰/۳۳۱ ^e	۰/۴۶۸ ^{a-c}	.	۴/۶ ^{a-e}	۴/۶ ^a	-۸/۱۳	۴۵/۵ ^{a-d}	۴۲ ^a	۱۱۴۲	۴
۵	۲/۶	۱۱۳۲	۵	۰/۴۱۵ ^{b-e}	۰/۴۴۱ ^{a-c}	-۴/۰۵	۴/۶ ^{a-e}	۴/۴ ^a	-۵/۶۱	۴۵/۴ ^{b-d}	۴۲/۱ ^a	۱۱۳۲	۵
۶	۴/۸	zarfam	۶	۰/۳۵۸ ^{de}	۰/۴۰ ^{a-c}	.	۴/۶ ^{a-e}	۴/۶ ^a	-۱/۱۶	۴۳/۷ ^{cd}	۴۲/۴ ^a	zarfam	۶
۷	۶	۱۱۳۳	۷	۰/۴۱۹ ^{b-e}	۰/۴۷۹ ^{a-c}	.	۴/۷ ^{a-e}	۴/۳ ^a	۶/۵۵	۴۴/۴ ^{b-d}	۴۷/۴ ^a	۱۱۳۳	۷
۸	-۱۱/۱	sw102	۸	۰/۵۲۴ ^{a-d}	۰/۴۳۱ ^{a-c}	۸/۸۹	۴/۹ ^{a-d}	۴/۵ ^a	-۶/۳۸	۴۶/۷ ^{a-d}	۴۳/۹ ^a	sw102	۸
۹	۳/۳	۱۱۴۶	۹	۰/۳۵۹ ^{c-e}	۰/۴۰ ^{a-c}	-۱۲/۱۲	۴/۴ ^{b-e}	۳/۹ ^a	-۷/۱۴	۴۹/۵ ^{a-d}	۴۶/۴ ^a	۱۱۴۶	۹
۱۰	-۰/۷	Express	۱۰	۰/۴۱۷ ^{b-e}	۰/۴۱ ^{a-c}	-۲۱/۲۱	۴ ^e	۳/۳ ^a	-۶/۹۵	۴۴/۶ ^{b-d}	۴۱/۷ ^a	Express	۱۰
۱۱	-۲۰	L72	۱۱	۰/۷۰ ^a	۰/۵۰ ^{a-c}	-۱۱/۱۶	۴/۹ ^{a-e}	۴/۴ ^a	۱/۵	۵۲/۵ ^{a-c}	۵۳/۲ ^a	L72	۱۱
۱۲	-۰/۱	957	۱۲	۰/۵۴۵ ^{a-d}	۰/۵۴۴ ^{a-c}	۴/۲۶	۴/۵ ^{a-e}	۴/۷ ^a	۱/۷۳	۵۱/۱ ^{a-d}	۵۲/۱ ^a	957	۱۲
۱۳	-۶/۳	1131	۱۳	۰/۴۷۴ ^{b-e}	۰/۴۱۱ ^{a-c}	-۷/۵	۴/۴ ^{c-e}	۴ ^a	-۹/۰۳	۵۰/۰ ^{a-d}	۴۶/۵ ^a	1131	۱۳
۱۴	-۵/۹	1137	۱۴	۰/۴۴۹ ^{b-e}	۰/۴۲۸ ^{a-c}	-۹/۳	۴/۷ ^{a-e}	۴/۵ ^a	-۱۰/۶۵	۵۳ ^{a-c}	۴۷/۹ ^a	1137	۱۴
۱۵	-۴/۹	Ahmadi	۱۵	۰/۳۶۶ ^{b-e}	۰/۳۴۷ ^{b-c}	-۲۲/۲۲	۴/۵ ^{a-e}	۴/۵ ^a	۳/۲۵	۵۰/۰ ^{a-d}	۵۲/۳ ^a	Ahmadi	۱۵
۱۶	۶/۶	R15	۱۶	۰/۵۵۵ ^{a-c}	۰/۶۲۱ ^a	-۴/۱۷	۵ ^{a-c}	۴/۸ ^a	-۲/۵۱	۴۹ ^{a-d}	۴۷/۸ ^a	R15	۱۶
۱۷	-۹/۳	KS7	۱۷	۰/۵۳۴ ^{a-d}	۰/۴۴۱ ^{a-c}	-۱۸/۱۸	۵/۲ ^{ab}	۴/۴ ^a	-۴/۰۲	۴۹/۲ ^{a-d}	۴۷/۳ ^a	KS7	۱۷
۱۸	۱/۴	1215	۱۸	۰/۴۶۸ ^{b-e}	۰/۴۸۱ ^{a-c}	-۶/۱۲	۵/۲ ^a	۴/۹ ^a	-۱۰/۱۴	۵۶/۵ ^a	۵۱/۳ ^a	1215	۱۸
۱۹	-۱/۶	1130	۱۹	۰/۴۳۹ ^{b-e}	۰/۳۷۷ ^{a-c}	-۷/۱۴	۴/۵ ^{a-e}	۴/۲ ^a	۵/۱۲	۴۴/۵ ^{b-d}	۴۶/۹ ^a	1130	۱۹
۲۰	-۵/۵	HW113	۲۰	۰/۵۷۸ ^{ab}	۰/۵۲۲ ^{a-c}	-۴/۴۴	۴/۷ ^{a-e}	۴/۵ ^a	۱/۸۶	۴۷/۴ ^{a-d}	۴۸/۳ ^a	HW113	۲۰
۲۱	-۰/۵	1144	۲۱	۰/۴۵۲ ^{b-e}	۰/۴۴۷ ^{a-c}	-۲/۵	۴/۱ ^{d-e}	۴ ^a	-۱۵/۸	۴۹/۱ ^{a-d}	۴۲/۴ ^a	1144	۲۱
۲۲	-۲۱/۸	Talaye	۲۲	۰/۵۲۶ ^{a-d}	۰/۳۰ ^a	-۴۶/۶۷	۴/۴ ^{c-e}	۳ ^a	-۷/۸۳	۴۹/۶ ^{a-d}	۴۶ ^a	Talaye	۲۲
۲۳	۷/۳	okapi	۲۳	۰/۴۳۸ ^{b-e}	۰/۵۱۱ ^{a-c}	-۴/۵۵	۴/۵ ^{a-e}	۴/۴ ^a	.	۵۵/۲ ^{ab}	۵۰/۱ ^a	okapi	۲۳
۲۴	۱/۱	1145	۲۴	۰/۴۰ ^{a-b}	۰/۴۱۱ ^{a-c}	-۲/۳۳	۴/۴ ^{b-e}	۴/۳ ^a	.	۴۵/۴ ^{a-d}	۴۶/۵ ^a	1145	۲۴
۲۵	۱/۱	963	۲۵	۰/۴۰ ^{b-e}	۰/۵۱۶ ^{a-c}	-۶/۹۸	۴/۶ ^{a-e}	۴/۳ ^a	.	۵۱/۳ ^{a-d}	۵۰/۱ ^a	963	۲۵
۲۶	-۰/۲	1140	۲۶	۰/۴۵۶ ^{b-e}	۰/۴۵۴ ^{a-c}	-۴/۶۵	۴/۵ ^{a-e}	۴/۳ ^a	-۲۱/۴۶	۵۲/۶ ^{a-c}	۴۶/۵ ^a	1140	۲۶
۲۷	۵/۴	HW118	۲۷	۰/۵۲۵ ^{a-d}	۰/۵۷۹ ^{ab}	.	۴/۷ ^{a-e}	۴/۷ ^a	-۳/۲۲	۴۷/۹ ^{a-d}	۴۶/۴ ^a	HW118	۲۷
۲۸	۱/۳	1143	۲۸	۰/۴۰ ^{a-b}	۰/۴۱۵ ^{a-c}	-۴/۵۵	۴/۶ ^{a-e}	۴/۴ ^a	-۱۳/۲۹	۴۶/۹ ^{a-d}	۴۱/۴ ^a	1143	۲۸
۲۹	-۲/۷	1138	۲۹	۰/۴۴۵ ^{b-e}	۰/۴۱۸ ^{a-c}	-۱۰	۴/۴ ^{a-e}	۴ ^a	-۶/۶۷	۴۴/۸ ^{b-d}	۴۲ ^a	1138	۲۹
۳۰	۱/۵	1136	۳۰	۰/۴۱۶ ^{b-e}	۰/۴۱۲ ^{a-c}	-۴/۷۶	۴/۴ ^{a-e}	۴/۲ ^a	-۷/۶۴	۴۳/۵ ^{cd}	۴۷/۱ ^a	1136	۳۰

جدول ۵- وراثت‌پذیری عمومی صفات در ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط بدون تنش

Table 5. Heritability of traits in non-stress conditions

ردیف	ضریب تنوغ ژنتیکی (%)	ضریب تنوغ فتوپی (%)	وراثت‌پذیری عمومی (%)	واریانس ژنتیکی	واریانس فتوپی	دوره رشد تا رسیدگی دانه	تعداد دانه در بوته	وزن هزار دانه (g)	عملکرد دانه (kg/m ²)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد خوргان در بوته	تعداد دانه در بوته	دوره گله‌دهی
۱	۰/۰۴	۰/۰۰۸	۳۷/۵	۰/۰۳	۰/۰۰۳	۵/۸۹۱	۲۱/۹۱	۰/۰۵۵	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۰/۰۰۳	۵۹/۷۶۴
۲	۰/۰۹	۰/۰۰۸	۳۶/۲	۰/۰۸	۰/۰۰۸	۱۳/۶۲۶	۲۱۲۱/۶۶	۰/۳۳۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۶۴/۸۱۵
۳	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۴۲/۲۳	۱/۰۳	۱۶/۲۶	۱۲/۳۹	۱۲/۳۹	۱۲/۳۹	۱۲/۳۹	۹۲/۲۱
۴	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۱۱/۹۱	۲/۷	۵/۴۶	۱۲/۳۹	۱۲/۳۹	۱۲/۳۹	۱۲/۳۹	۲۰/۳
۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۱۸/۱۲	۲۶/۶۰۸	۱۲/۵۰۸	۲۰/۰۴۵	۲۰/۰۴۵	۲۰/۰۴۵	۲۰/۰۴۵	۲۱/۱۴

جدول ۶- وراثت‌پذیری عمومی صفات در ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط بدون تنش

Table 6. Heritability of traits in non-stress condition

ردیف	ضریب تنوغ ژنتیکی (%)	ضریب تنوغ فتوپی (%)	وراثت‌پذیری عمومی (%)	واریانس ژنتیکی	واریانس فتوپی	دوره رشد تا رسیدگی دانه	ارتفاع بوته (cm)	سبزینگی برگ	تعداد شاخه فرعی در بوته	تعداد دانه در بوته	دوره گله‌دهی
۱	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۲۸/۰۹	۱۳۵/۹۱	۶/۸۷۸	۰/۲۲۳	۷۷/۳۶	۰/۰۹
۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۱/۰۷۵	۲۲۲/۴۶۶	۱۸/۶۸	۱/۱۰۶	۸۲/۲۱۶	۰/۰۹
۳	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۹۰/۰۳۹	۵۸/۴۶	۳۶/۸۲	۲۰/۱۷	۹۴/۰۹	۰/۰۹
۴	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۹/۰۵	۹/۲	۵/۶۴	۷/۱۳	۴/۷۶	۰/۰۹
۵	۰/۰۹	۰/۰۹	۳۶/۲	۰/۰۹	۰/۰۹	۹/۵۲	۱۲/۰۳۶	۹/۲۸۶	۱۵/۸۸	۴/۹۱	۰/۰۹

جدول ۷- وراثت پذیری عمومی صفات در ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط تنفس خشکی

Table 7. Heritability of traits in stress condition

ردیف	عملکرد دانه (kg/m ²)	وزن هزار دانه (g)	تعداد خورجین در بوته	تعداد دانه در خورجین	دوره گلدهی
واریانس ژنتیکی	۰/۰۰۵	۰/۰۶۳	۲۷۸/۲۶۹	۴/۰۱۶	۴۸/۴۸
واریانس فوتیبی	۰/۰۰۸	۰/۱۱۹	۱۲۷۲/۶۹	۱۳/۸۰۹	۵۴/۱۶۹
وراثت پذیری عمومی (%)	۶۲/۵	۵۲/۹	۲۱/۸۶	۲۹/۰۸	۸۹/۵
ضریب تنوع ژنتیکی (%)	۱۵/۴۶۸	۵/۵۲۳	۱۰/۹۸۳	۱۰/۶۴۱	۱۷/۶۵۸
ضریب تنوع فوتیبی (%)	۱۹/۳۹	۷/۵۹۲	۲۳/۴۸۸	۱۹/۷۳۲	۱۸/۶۶۵

جدول ۸- وراثت پذیری عمومی صفات در ژنوتیپ‌های کلزا تحت شرایط تنفس خشکی

Table 8. Heritability of traits in stress condition

ردیف	دوره رشد تا رسیدگی گلدهی	تعداد شاخه فرعی در بوته	سبزینگی برگ	ارتفاع بوته (cm)	دوره رسیدگی دانه
واریانس ژنتیکی	۸۱/۷۱۴	۰/۰۱۳	۱۰/۶۵۳	۱۲۸/۷۲۶	۱۱/۵۵۹
واریانس فوتیبی	۸۷/۱۸۴	۱/۰۵	۲۰/۰۱۵	۲۴۷/۷۲۳	۱۱/۸۶۱
وراثت پذیری عمومی (%)	۹۳/۷۳	۱/۲۴	۵۲/۲۳	۵۱/۹۶	۹۷/۴۵
ضریب تنوع ژنتیکی (%)	۴/۸۹۳	۱/۵۸۵	۶/۷۵۸	۹/۴۲۹	۶/۸۶۴
ضریب تنوع فوتیبی (%)	۵/۰۵۴	۱۴/۴۲۱	۹/۲۶۴	۱۳/۰۸	۶/۹۵۳

جدول ۹- تجزیه به عامل‌ها (FA) با استفاده از ماتریس همبستگی در ژنوتیپ‌های کلزا (بدون تنفس)

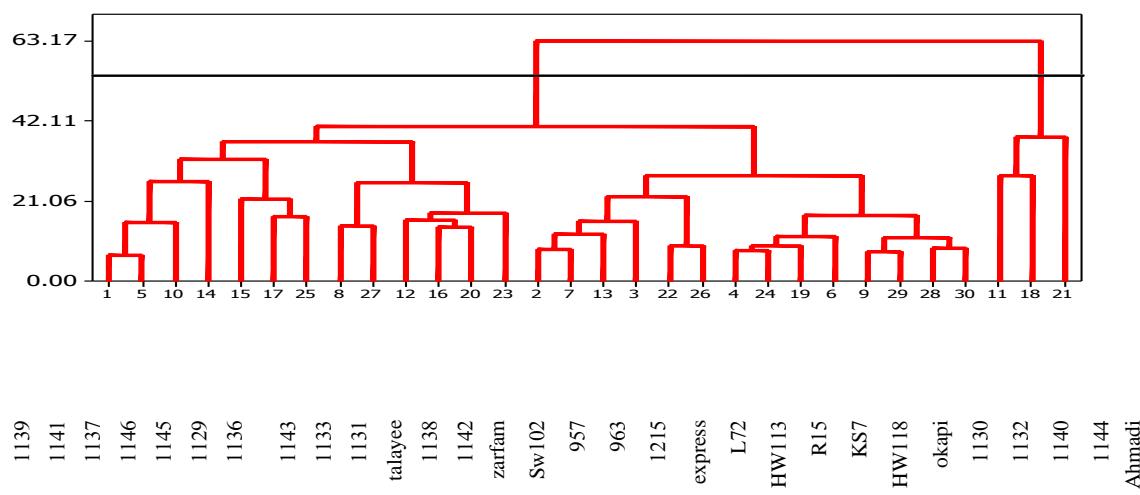
Table 9. Factor analysis (FA) by using correlation matrix in rapeseed (control) genotypes

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم	عامل چهارم
عملکرد دانه در متربع (کیلو گرم)	۰/۷۴	-۰/۱۵	-۰/۱۸	-۰/۳۰
وزن هزار دانه (گرم)	۰/۴۶	-۰/۲۲	-۰/۷۶	-۰/۰۵
تعداد خورجین در بوته	۰/۱۵	-۰/۰۲	-۰/۴۴	-۰/۸۴
تعداد دانه در خورجین	۰/۷۰	-۰/۳۳	-۰/۲۳	-۰/۲۵
دوره گلدهی	-۰/۹۲	-۰/۱۳	-۰/۱۵	-۰/۰۱
دوره رشد تا گلدهی	-۰/۸۹	-۰/۳۵	-۰/۰۴	-۰/۰۲
تعداد شاخه فرعی در بوته	-۰/۶۶	-۰/۳۶	-۰/۳۲	-۰/۴۱
میزان سبزینگی برگ	۰/۷۴	-۰/۱۶	-۰/۱۳	-۰/۰۱
ارتفاع بوته	۰/۹۲	-۰/۰۲	-۰/۰۹	-۰/۰۱
دوره رسیدگی دانه	-۰/۰۹	-۰/۹۰	-۰/۳۱	-۰/۰۴
دوره رشد تا رسیدگی کامل	۰/۱۸	-۰/۷۹	-۰/۱۶	-۰/۳۱
مقادیر ویژه	۴/۷۸	-۰/۹۳	-۰/۲۱	۱/۱۲
واریانس (%)	۴۳/۴۱	-۰/۵۵	-۱۱/۰۳	-۰/۱۹

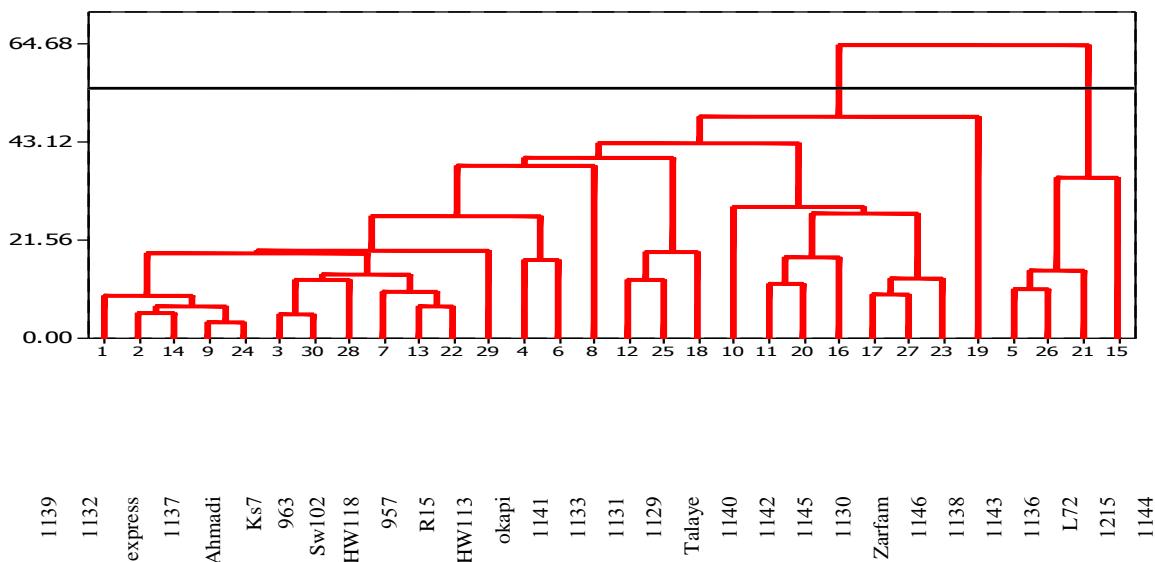
جدول ۱۰- تجزیه به عامل‌ها (FA) با استفاده از ماتریس همبستگی در ژنوتیپ کلزا (تنفس خشکی)

Table 10. Factor analysis (FA) by using correlation matrix in rapeseed (drought stress) genotypes

صفات	عامل اول	عامل دوم	عامل سوم
عملکرد دانه در متربع (کیلو گرم)	۰/۷۹	-۰/۱۵	-۰/۳۴
وزن هزار دانه (گرم)	۰/۷۱	-۰/۱۶	-۰/۲۱
تعداد خورجین در بوته	۰/۰۳	-۰/۷۹	-۰/۴۶
تعداد دانه در خورجین	۰/۷۳	-۰/۰۲	-۰/۳۹
دوره گلدهی	-۰/۰۸	-۰/۱۰	-۰/۰۱
دوره رشد تا گلدهی	-۰/۹۲	-۰/۰۲	-۰/۲۷
تعداد شاخه فرعی در بوته	-۰/۲۴	-۰/۶۷	-۰/۱۸
میزان سبزینگی برگ	-۰/۵۹	-۰/۲۰	-۰/۲۶
ارتفاع بوته	-۰/۸۵	-۰/۰۶	-۰/۱۴
دوره رسیدگی دانه	-۰/۵۹	-۰/۱۷	-۰/۷۰
دوره رشد تا رسیدگی کامل	-۰/۲۹	-۰/۶۷	-۰/۲۳
مقادیر ویژه	۴/۸۴	-۰/۶۷	۱/۲۶
واریانس (%)	۴۳/۹۸	-۰/۱۴	۱۱/۴۴



شکل ۱- تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط بدون استرس
Figure 1. Cluster analysis of rapeseed genotypes under non-stress conditions.



شکل ۲- تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط تنفس خشکی
Figure 2. Cluster analysis of rapeseed genotypes under drought stress conditions.

منابع

1. Abedi, T. and H. Pakniyat. 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46: 27-34.
2. Aisha Akram, N., M. Iqbal, A. Mohammad, M. Ashraf, F.Al-Qurainy and S. Shafiq. 2018. Aminolevulinic acid and nitric oxide regulate oxidative defense and secondary metabolisms in canola (*Brassica napus* L.) under drought stress. Protoplasma, 255: 163-174.
3. Badrooj, H.R., A. Hamidi and A.H. Shirany Rad. 2015. Effect of drought stress and normal irrigation during flowering to maturity of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) genotypes seed germination. Iranian Journal Seed Research, 2(2): 1-14 (In Persian).
4. Blum, A. 2012. Plant breeding for water limited environments. Springer. New York.
5. Chikkappaiah, C., J. Debbarma, I. Baruah, L. Havlickova, H.P. Deka Boruah and V. Curn. 2017. Molecular genetics and functional genomics of abiotic stress responsive genes in oilseed rape (*Brassica napus* L.): A review of recent advances and future. Journal of plant Biotechnology Rep, 3(11): 365-384.
6. Choghakabudi, Z., A. Zebarjadi and D. Kahrizi. 2013. Evaluation of drought tolerance of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes in laboratory and field conditions. Journal of Seed and Plant Improvement, 28(1): 17-38 (In Persian).
7. Dadivar, M. and M.A. Khodshenas. 2007. Evaluation of Water Stress Effect on Canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agricultural Sciences, 12(4): 754-853 (In Persian).
8. Dauphin, A., H. El-Marrouf, N. Vienney, J.P. Rona and F. Bouteau. 2001. Effect desiccation on potassium and anion currents from young root hairs: Implication on tip growth. Physiologia Plantarum, 113: 79-84.
9. Garavandi, M., E. Farshadfar and D. Kahrizi. 2010. Evaluation of drought tolerance in bread wheat advanced genotypes in field and laboratory conditions. Journal of Seed and Plant Improvement, 26(1): 233-252 (In Persian).
10. Hallauer, A.R., M.J. Carena and J.B. Miranda. 2010. Quantitative genetics in maize breeding. Iowa state university press.
11. Jamshidi Moghadam, M., H. Pakniyat and E. Farshadfar. 2007. Evaluation of drought tolerance of chickpea (*Cicer arietinum* L.) lines using agro-physiologic characteristics. Journal of Seed and Plant Improvement, 23(3): 325-342 (In Persian).
12. Mackey, J. 1970. An ecological model for yield in small grains. In seminar series. Iowa state university Department of Agronomy, 128-49.
13. Majidi, M.M., M. Jafarzadeh, F. Rashidi and A. Mirlohi. 2014. Effect of end of drought stress and physiological characteristics in some oilseed rape cultivars (*Brassica napus* L.). Journal of plant Physiology, 3(9) (In Persian).
14. Monajem, S., V. Mohammadi and A. Ahmadi. 2012. Evaluation of drought tolerance in some rapeseed cultivars based on stress evaluation indices, Electronic Journal of Crop Production, 4(1): 151-169 (In Persian).
15. Mostajeran, A. and V. Rahimi-Eichi. 2009. Effect of drought stress on growth and yield of rice (*Oriza sativa* L.) cultivars and accumulation of proline and soluble sugars in sheath and blades of their different ages leaves. American-Eurasian journal of agricultural and environmental sciences, 5: 264-272.
16. Rahmani, F. and A.H. Padervand. 2016. Differential response to physiological drought stress in tolerant and susceptible cultivars of canola. Journal of Ind J Plant Physiology, 21(3): 333-340.
17. Tan, M., F. Liao, L. Hou, J. Wang, L. Wei, H. Jian, X. Xu and J. Li. 2017. Genome-wide association analysis of seed germination percentage and germination index in *Brassica napus* L. under salt and drought stresses. Euphytica (International Journal of Plant Breeding), 213: 40.
18. Turhan, H and I. Baser. 2004. In vitro and in vivo water stress in sunflower (*Helianthus annus* L.). Helia, 27(40): 227-236.
19. Wang , Z., Y. Chen, H. Fang, H. Shi, K. Chen, Z. Zhang and X. Tan. 2014. Selection of reference genes for quantitative reverse-transcription polymerase chain reaction normalization in *Brassica napus* under various stress conditions. Journal of Molecular Genetics and Genomics, 5(289): 1023-1035.
20. Wang, D., C. Yang, L. Dong, J. Zhu, J. Wang and S. Zhang. 2015. Comparative transcriptome analyses of drought-resistant and susceptible (*Brassica napus* L.) and development of EST-SSR markers by RNA-Seq. Journal of Plant Biologist, 58: 259-269.
21. Xia, L., L. Yang, N. Sun, J. Li, Y. Fang and Y. Wang. 2016. Physiological and antioxidant enzyme gene expression analysis reveals the improved tolerance to drought stress of the somatic hybrid offspring of *Brassica napus* and *Sinapis Alba* at vegetative stage. Journal of Acta Physiologiae Plantarum, 38(4): 88.
22. Yuçel, D.O., A.E. Anlarsal and C. Yuçel. 2005. Genetic variability, correlation and path analysis of yield and yield component in chickpea (*Cicer arietinum* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 183-188.

Effect of Drought Stress After Flowering Period on Morpho-Physiological Characteristics and Yield of Some Winter Genotypes of Rapeseed (*Brassica napus L.*) in Field Condition

Morad Cheshmehnoor¹, Mohammad Reza Bihamta², Aliakbar Shah Nejat Boshehri², Ali Reza Abassi³ and Bahram Alizadeh⁴

1- Ph.D. Student, Lorestan agricultural center, borujerd agricultural campus,
(Corresponding author: cheshmehmorad@ut.ac.ir)

2 and 3- Professor and Associate Professor, University of Tehran, Faculty of Agriculture Karaj

4- Associate Professor, Seed and Plant Institute Improvement, Karaj, Iran

Received: March 10, 2018 Accepted: August 18, 2018

Abstract

Drought stress is one of the important factors that inhibit growth and yield reduction in rapeseed. This research was conducted to study the morphological and physiology characteristics of winter rapeseed genotypes under control and drought stress conditions. The experiment was performed-based on randomized complete block design with three replications in 2016 at Borujerd agricultural research campus. The results of combined analysis showed that genotype and environment interaction was significant for some traits such as grain yield, flowering period, number of days to flowering and seedling period at 1% probability level. On the other hand, genotype and environment interaction for Chlorophyll was significant at 5% probability level. The results of mean comparisons showed that 1142 genotype had the least grain yield in both control and drought stress conditions. L72 genotype had the highest grain yield under drought stress condition. Growth to flowering and seedling period traits with 94% and 97% in control and drought stress, respectively, had the highest general heritability. In factor analysis, under control and drought stress conditions, the first to fourth and the first to third factors had 82% and 72% of total variance, respectively. Under control and drought stress conditions, the highest genetic distance was observed between genotypes 1139 with Ahmadi and 1139 with 1144, respectively. As a result, genotypes with more genetic distance than each other can be used as candidates for breeding programs in the future.

Keywords: Drought Stress, Genetic Diversity, Morpho-Physiological, Rapeseed