مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد چهارم، شماره اول، بهار ۹۰
۱۵۱-۱۶۹
ejcp.gau@gmail.com

ارزیابی تحمل به خشکی در برخی از ارقام زراعی کلزا با استفاده از شاخص‌های ارزیابی تنش

*سالار منجم[۱]، ولی‌اله محمدی[۲] و علی‌احمدی[۳]

[۱]دانشجوی کارشناسی‌ارشد زراعت پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، [۲]استادیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران، [۳]دانشیار پردیس کشاورزی و منابع طبیعی کرج، دانشگاه تهران

چکیده

کم‌آبی مهم‌ترین عامل محدودکننده تولید کلزا در مناطق خشک و نیمه‌خشک از جمله ایران می‌باشد که بهترین راهکار مقابله با آن معرفی ارقام مقاوم و سازگار با تنش خشکی می‌باشد. به این منظور پاسخ به تنش خشکی ۱٤ رقم زراعی کلزا در قالب کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران مورد مطالعه قرار گرفت. رژیم آبیاری، عامل اصلی و ارقام مورد مطالعه به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تنش خشکی در مرحله گلدهی به‌صورت قطع آبیاری در این مرحله تا رسیدن پتانسیل آب خاک به ۱/۵- مگا پاسکال و تنش در مرحله پرشدن دانه‌ها به‌صورت قطع کامل آبیاری از این مرحله تا پایان برداشت محصول اعمال گردید. نتایج به‌دست آمده از این بررسی نشان داد که تنش در مرحله گلدهی با تسریع در رسیدن گیاه (۸/۸ روز نسبت به شرایط آبیاری معمول) و با کاهش ارتفاع بوته (۱۹/۵ درصد)، طول ریشه (۲٦/۷ درصد) و عملکرد بیولوژیکی (٤٦ درصد) سبب کاهش ۵۱/۲ درصدی عملکرد دانه گردید اما اعمال تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها تأثیر معنی‌داری روی عملکرد دانه ارقام نداشت. در بین شاخص‌های مورد بررسی، شاخص‌های متوسط عملکرد (MP)، متوسط هندسی عملکرد (GMP) و حساسیت به تنش (STI) به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش، بهترین شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ارقام متحمل کلزا به تنش آخر فصل می‌باشند. براساس

* مسئول مکاتبه: agromonajem@gmail.com

شاخص‌های یادشده و ترسیم بای‌پلات ارقام اکاپی و پی.اف متحمل‌ترین و رقم هایولا ٦٠ حساس‌ترین رقم به تنش خشکی در مرحله گلدهی بین ارقام مورد بررسی تشخیص داده شدند.

واژه‌های کلیدی: کلزا، تنش خشکی، شاخص‌های تحمل تنش، بای پلات

مقدمه

یکی از مهم‌ترین منابع تأمین روغن خوراکی در دنیای امروز کلزا می‌باشد که به‌دلیل دارا بودن تیپ‌های بهاره و پاییزه و بینابین، سازگاری خوبی با شرایط نامساعد محیطی از جمله سرما و خشکی یافته است. تنش خشکی تأثیرگذارترین تنش غیرزنده محیطی است (دیپاک و واتال، ١٩٩٥) که از طریق تأثیر بر فرایندهای رشدی، میزان تولید را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد ولی میزان تأثیر آن بسته به ژنوتیپ، زمان وقوع تنش خشکی و شدت آن متفاوت است (توماس و همکاران، ٢٠٠٣). گلدهی و تشکیل خورجین‌ها از حساس‌ترین مراحل کلزا به تنش خشکی می‌باشند و در اغلب مناطق زراعی ایران که نوسانات مقدار و توزیع بارندگی آن‌ها زیاد است این نوع تنش‌ها رخ می‌دهند (مسعود سیناکی و همکاران، ٢٠٠٧). بنابراین برای این مناطق باید ارقامی را انتخاب کرد که بتوانند در سال‌های کم‌باران با تحمل خشکی، عملکرد مقرون به‌صرفه و پایداری تولیدکننده و در شرایط مساعد رطوبتی نیز بتوانند حداکثر استفاده را از رطوبت ذخیره شده در خاک ببرند. کارگر و همکاران (٢٠٠٤) برای شناسایی ارقام مقاوم، دو صفت طول ریشه و طول دوره رشد را مهم‌ترین صفات لازم برای تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش خشکی دانستند. آنها اظهار نمودند افزایش طول ریشه باعث جذب آب و مواد غذایی بیش‌تری در گیاه می‌شود و هرچه طول دوره رویش بیش‌تر شود به‌دلیل افزایش مواد فتوسنتزی با افزایش وزن دانه‌ها عملکرد دانه بالاتری را به خود اختصاص خواهد داد. اما سینگ و همکاران (٢٠٠١) برای شناسایی ارقام مقاوم به خشکی اظهار نمودند بین صفات فیزیولوژیکی و زراعی که به‌عنوان معیار انتخاب برای مقاومت به خشکی استفاده می‌شود، عملکرد دانه مورد اطمینان‌تر است. کلارک و همکاران، (١٩٩٢) عنوان کردند ارزیابی عملکرد ارقام در شرایط تنش و شرایط مطلوب به‌عنوان یک نقطه شروع در شناسایی ارقام مقاوم به خشکی می‌باشد. فرناندز (١٩٩٢) ژنوتیپ‌ها را براساس عملکرد در دو محیط تنش و بدون تنش، به چهار گروه تقسیم نموده است: ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو محیط تنش و بدون تنش (گروه A)، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط

غیرتنش (گروه B)، ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش (گروه C) و ژنوتیپ‌های که دارای عملکرد پایین در هر دو محیط هستند (گروه D). حال سوال این است که اصلاح‌گران برای شناسایی ارقام مقاوم، متکی به عملکرد دانه در شرایط تنش باشند یا غیرتنش و یا هر دو؟

بعضی محققان به انتخاب ارقام با عملکرد بالا در شرایط مطلوب (بتران و همکاران، ۲۰۰۳) و بعضی در شرایط تنش (سیسارلی و گراندو، ۱۹۹۱) اعتقاد دارند، اما گزارش‌های دیگر نشان می‌دهد که انتخاب ارقام با عملکرد دانه بالا تحت هر دو شرایط تنش و غیرتنش در شناسایی ارقام مقاوم مؤثرتر می‌باشد (فیشر و مورر، ۱۹۷۸؛ کلارک و همکاران، ۱۹۹۲؛ فرناندز، ۱۹۹۲؛ راجارام و وان‌گینکل، ۲۰۰۱؛ سی‌وسه‌مرده و همکاران، ۲۰۰٦).

تاکنون برای شناسایی ارقام متحمل به تنش شاخص‌های متعددی براساس روابط ریاضی بین شرایط تنش و غیرتنش ارایه شده است (هیوانگ، ۲۰۰۰) ولی به‌طورکلی شاخص‌هایی که در هر دو شرایط تنش و غیرتنش دارای همبستگی بالایی با عملکرد باشند به‌عنوان بهترین شاخص‌ها معرفی می‌شوند، زیرا این شاخص‌ها قادر به شناسایی ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر محیط هستند و می‌توان از آن‌ها برای تخمین پایداری عملکرد استفاده کرد (بانسال و سین‌ها، ۱۹۹۱؛ سی‌وسه‌مرده و همکاران، ۲۰۰٦؛ نعیمی و همکاران، ۲۰۰۸).

روزیل و هامبلین (۱۹۸۱) شاخص متوسط تولید (MP) را معرفی نمود که باعث انتخاب ژنوتیپ‌هایی می‌شود که عملکرد بالایی دارند ولی تحمل آن‌ها به تنش پایین است. برای رفع این مشکل فرناندز (۱۹۹۲) شاخص GMP که براساس میانگین هندسی عملکرد ژنوتیپ‌ها تحت شرایط تنش و بدون تنش محاسبه می‌شود را ارایه نمود اما از آنجایی‌که این شاخص به مقادیر متفاوت عملکرد در شرایط تنش و غیرتنش حساسیت کم‌تری داشت، شاخص دیگری به‌نام شاخص تحمل به تنش (STI) را به‌منظور تعیین ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در شرایط تنش و بدون تنش و دارای پتانسیل تحمل به تنش معرفی کرد که می‌تواند گروه‌های B و C را از یکدیگر تفکیک کند. این شاخص شدت تنش و مقادیر عملکرد در دو محیط را در نظر می‌گیرد و می‌تواند ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر ژنوتیپ‌ها تفکیک نماید و بنابراین شاخص مناسبی برای انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش می‌باشد. وی در ادامه فعالیت تحقیقی خود مطابق با گزارش‌های زارع و همکاران (۲۰۰٤) روابط بین شاخص‌های مختلف حساسیت و تحمل به تنش را به‌صورت نمایش بای‌پلات چندمتغیره به تصویر کشید که در شرایط تنش شدید، مؤلفه اول ٦۳ درصد از تنوع داده‌ها را بیان نمود که آن را به‌نام

مؤلفه تحمل به تنش نام‌گذاری کرد و مؤلفه دوم که حدود ٣٦ درصد از تغییرات کل داده‌ها را در بر داشت به‌نام مؤلفه پتانسیل عملکرد نامید.

امروزه با توجه به شرایط اقلیمی کشور و نیاز مبرم به روغن خوراکی، شناسایی ارقام مقاوم به خشکی از اهمیت خاصی برخوردار است، بنابراین این مطالعه با هدف ارزیابی تحمل به تنش خشکی برخی ارقام زراعی کلزای ایران در مرحله گلدهی و پرشدن دانه‌ها و شناسایی برترین شاخص‌ها و بهترین ارقام طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

با استفاده از ١٤ رقم زراعی کلزای بهاره و پاییزه (جدول ١)، آزمایشی در پاییز سال ١٣٨٦ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران با عرض جغرافیایی ´٣٥٤٧ شمالی و طول جغرافیایی ´٥٦ °٥٠ شرقی و با ارتفاع ١٢٦١/١ متر از سطح دریا انجام گرفت. اطلاعات مربوط به میانگین دمای حداقل، حداکثر و میزان بارش منطقه مورد مطالعه در طول سال زراعی ٨٧-١٣٨٦ نیز از ایستگاه سینوپتیک کرج اخذ شد (شکل ١). خاک مزرعه مورد مطالعه نیز دارای بافت خاک لومی رسی، اسیدیته حدود ٧/٥ و درصد کربن آلی برابر ٠/٨٥ درصد، بود. آزمایش به‌صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. رژیم رطوبتی عامل اصلی و سطوح آن عبارت بودند از آبیاری کامل به‌عنوان شاهد و تنش خشکی در دو مرحله گلدهی و پرشدن دانه‌ها ١٤ رقم زراعی عامل فرعی را تشکیل می‌دادند. مرحله گلدهی زمانی در نظر گرفته شد که بیش از ٥٠ درصد گل‌ها باز شده بودند. هر کرت آزمایشی فرعی به مساحت ٦ مترمربع، شامل دو پشته و روی هر پشته دو ردیف کاشت به فواصل ٣٠ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کاشت به‌صورت دستی و با استفاده از فوکا در عمق تقریبی ٢ سانتی‌متر در تاریخ ٢٩ مهر ١٣٨٦ انجام گردید و کود شیمیایی (NPK) از منبع اوره به مقدار ٥٠ کیلوگرم در هکتار در مرحله شروع ساقه‌دهی به زمین داده شد. آبیاری تیمار شاهد در تمام مراحل رشد گیاه مطابق با روش معمول منطقه هر ٧ روز یک‌بار صورت گرفت. در تیمار تنش مرحله گلدهی، آبیاری از مرحله ٥٠ درصد گلدهی قطع شد و تا بروز علایم شدید تنش خشکی از طریق مشاهده پژمردگی برگ‌ها و اندازه‌گیری پتانسیل رطوبتی خاک ادامه یافت. آبیاری مجدد تنها زمانی صورت گرفت که پتانسیل آب خاک به ١/٥- مگا پاسکال رسید. برای اندازه‌گیری پتانسیل آب خاک از منحنی رطوبتی که قبلاً برای خاک مزرعه ترسیم شده بود استفاده

گردید (شکل ۲). به این منظور با ظهور علایم ظاهری تنش، هر روز نمونه‌ای از خاک از محل عمق توسعه ریشه برداشت و در آزمایشگاه درصد رطوبت وزنی هر نمونه خاک نیز محاسبه گردید و با حاصل‌ضرب درصد رطوبت وزنی در وزن مخصوص ظاهری خاک، درصد رطوبت حجمی هر نمونه به‌دست آمد و با استفاده از منحنی پتانسیل رطوبتی، پتانسیل آب خاک تعیین گردید. که این مقادیر در نمونه آخری ۱/۵- مگاپاسکال (۱۵ بار) بود.

در هر کرت فرعی با حذف حاشیه، ۲ متر جهت اندازه‌گیری عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع بوته و طول ریشه در نظر گرفته شد. پس از رسیدن کامل و محاسبه تعداد روز تا رسیدگی کامل برای هر کرت فرعی، به‌وسیله قیچی برداشت بوته‌ها از سطح خاک با دقت کامل در خردادماه انجام، و با کمک شاخص‌های موردنظر، ارزیابی واکنش ارقام به تنش صورت گرفت که این شاخص‌ها عبارت بودند از:

۱- شاخص تحمل (TOL[1]) (روزیل و هامبلین، ۱۹۸۱):

$$TOL=Y_p-Y_s$$

در این رابطه Y_P و Y_S به‌ترتیب عملکرد (کیلوگرم در هکتار) یک رقم در شرایط بدون تنش و تنش رطوبتی می‌باشند.

۲- شاخص میانگین تولید (MP[2]) روزیل و هامبلین (۱۹۸۱):

$$MP=\frac{Y_p+Y_s}{2}$$

۳- شاخص حساسیت به خشکی (SSI[3]) فیشر و مورر (۱۹۷۸):

$$SSI=\frac{1-\frac{Y_{si}}{Y_{pi}}}{SI} \qquad SI=1-\frac{Y_{si}}{Y_{pi}}$$

در این رابطه Y_{Si} و Y_{pi} به‌ترتیب میانگین عملکرد همه ژنوتیپ‌ها در شرایط تنش و غیرتنش می‌باشند.

1- Tolerance
2- Mean Productivity
3- Stress Susceptibility Index

٤- میانگین هندسی عملکرد در دو محیط (GMP[1]):

$$GMP = \sqrt{Y_p.Y_s}$$

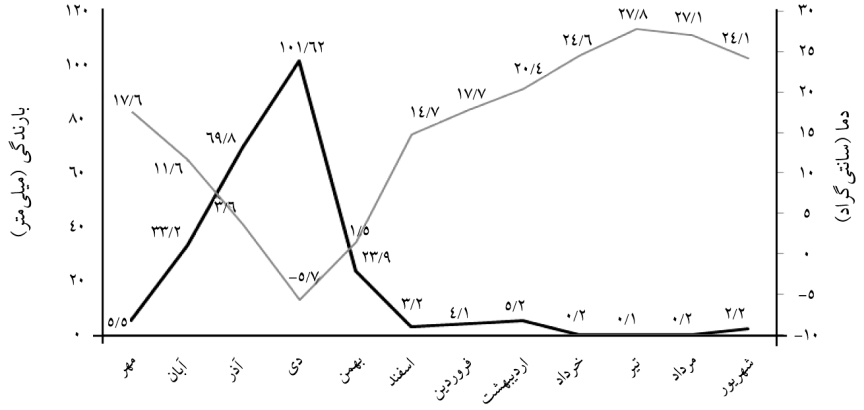
٥- شاخص تحمل به تنش (STI[2]) فرناندز (۱۹۹۲):

$$STI = \frac{Y_p}{\overline{Y_p}} \times \frac{Y_s}{\overline{Y_s}} \times \frac{\overline{Y_s}}{\overline{Y_p}} = \frac{Y_p \times Y_s}{(\overline{Y_p})^2}$$

٦- میانگین هارمونیک عملکرد در دو محیط (HM[3]):

$$HM = \frac{2 \times Y_p \times Y_s}{Y_p + Y_s}$$

پس از آزمون نرمال بودن داده‌ها به کمک نرم‌افزار Minitab، تجزیه واریانس و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD به کمک نرم‌افزار SAS (SAS، ۱۹۸۹) انجام گرفت و میزان همبستگی بین صفات مختلف به کمک نرم‌افزار SPSS محاسبه شد. به‌منظور مقایسه شاخص‌های مختلف از روش ترسیمی بای‌پلات با استفاده از روش تجزیه به مولفه‌های اصلی و با کمک نرم‌افزارهای Minitab و PAST (چوگان و همکاران، ۲۰۰٦) استفاده شد. همچنین رسم نمودارها با نرم‌افزارEXCEL انجام گرفت.

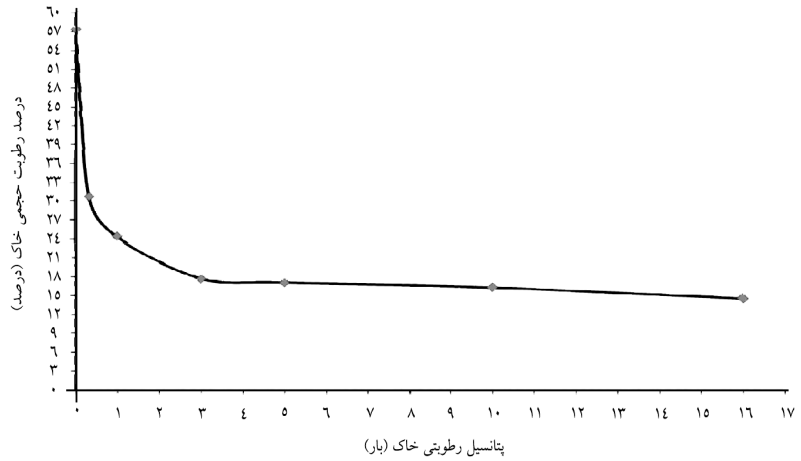


شکل ۱- میانگین بارندگی و دمای سال ۸۷-۱۳۸٦

1- Geometric Mean Productivity
2- Stress Tolerance Index
3- Harmonic Mean

جدول ۱- ارقام زراعی کلزای مورد مطالعه و مشخصات آن‌ها

رقم	مودنا	اپرا	لیکورد	اکاپی	زرفام	اس.ال.ام	الایت	طلایه	هایولا ۴۲۰	هایولا ۴۰۱	هایولا ۳۰۸	هایولا ۶۰	ساری‌گل یا پی.اف	آر.جی.اس ۰۰۳
تیپ رشدی	پاییزه	پاییزه	پاییزه	پاییزه	پاییزه	پاییزه	پاییزه	پاییزه	بهاره	بهاره	بهاره	بهاره	بهاره	بهاره
وضع ژنتیکی	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد	آزاد	دورگ	آزاد	دورگ	دورگ	دورگ	دورگ	آزاد	آزاد
	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان	گرده‌افشان



شکل ٢- منحنی پتانسیل رطوبتی خاک

نتایج و بحث

از نظر عملکرد و تمامی صفات مورد مطالعه تفاوت بسیار معنی‌داری بین ارقام و تیمارهای تنش مشاهده شد اما اثر متقابل رقم و آبیاری به‌جز برای طول ریشه، برای سایر صفات معنی‌دار نبود (جدول ٢). در بین ارقام مورد بررسی ارقام پی.اف، هایولا ٣٠٨، لیکورد، اپرا، آر.جی.اس ٠٠٣، اکاپی، زرفام و الایت به‌ترتیب بیش‌ترین و رقم هایولا ٦٠ با ١٤٨٠ کیلوگرم در هکتار، کم‌ترین عملکرد دانه را به خود اختصاص داده بودند که پایین‌تر بودن عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع بوته و طول ریشه در رقم هایولا ٦٠ را می‌توان به نوعی از فاکتورهای مؤثر در پایین بودن عملکرد این رقم نسبت به سایرین عنوان کرد (جدول ٤). نتایج جدول همبستگی (جدول ٥) ضمن تأیید نتایج بالا، همبستگی معنی‌داری را بین عملکرد دانه با عملکرد بیولوژیکی ($r=0/52^{**}$)، ارتفاع بوته ($r=0/63^{**}$) و طول ریشه ($r=0/64^{**}$) نشان می‌دهد. مطابق با نتایج این بررسی، تورلینگ (١٩٧٤) اظهار نموده است که رابطه مثبتی بین عملکرد دانه و وزن خشک کل در گیاه کلزا وجود دارد. وی معتقد است که بیش‌تر تفاوت بین ارقام در وزن خشک، مربوط به تفاوت‌های بین سطوح فتوسنتزکننده می‌باشد. از طرفی در این آزمایش، رقم مودنا در حالی‌که عملکرد بیولوژیکی بالایی داشت، نتوانست عملکرد دانه مناسبی را به خود اختصاص دهد بنابراین مطابق با یافته‌های دیپن‌براک (٢٠٠٠) به‌نظر می‌رسد عدم کارایی مؤثر مواد فتوسنتزی و در نتیجه حمایت نامناسب از اجزاء عملکرد، دلیل ناتوانی این رقم در تولید عملکرد بالا بوده باشد. همچنین در بین ارقام مورد بررسی، رقم پی‌اف با طول دوره رشد کم‌تر و ریشه‌های کوتاه‌تر، عملکرد بیولوژیکی و دانه بالایی داشت

(جدول ٤). بنابراین برخلاف نتایج به‌دست آمده از این بررسی که نشان می‌دهد سازگاری با شرایط قبل از تنش و فرار از تنش خشکی دلیل برتری عملکرد رقم پی‌اف نسبت به سایر ارقام بوده است، پنالتون و همکاران (١٩٩٦) اجتناب از تنش خشکی را ویژگی رقم برتر در بررسی خود دانستند. آن‌ها با تعیین همبستگی عمق نفوذ ریشه با میزان عملکرد دانه کلزا (r=٠/٤٢)، عمق نفوذ ریشه را شاخص انتخاب ارقام مقاوم قرار دادند و گزارش کردند ارقامی که در شرایط کمبود آب عمق نفوذ ریشه بیش‌تری برای جذب آب از لایه‌های زیرین داشته باشند حساسیت کم‌تری به تنش خشکی نسبت به ارقامی که ریشه‌های کوتاه‌تر دارند خواهند داشت.

مقایسه میانگین سطوح مختلف آبیاری بیانگر کاهش عملکرد دانه، عملکرد بیولوژیکی، ارتفاع بوته، طول ریشه و تعداد روز تا رسیدگی کامل، در تنش خشکی اعمال شده در مرحله گلدهی بود که این کاهش در سطح ٠/٠١ معنی‌دار گردید (جدول ٣). قطع آبیاری در مرحله گلدهی با تسریع در رسیدگی گیاه (٨/٨ روز نسبت به شرایط آبیاری معمول) و با کاهش ارتفاع بوته (١٩/٥ درصد)، طول ریشه (٢٦/٧ درصد) و عملکرد بیولوژیکی (٤٦ درصد) سبب کاهش ٥١/٢ درصدی عملکرد دانه گردید. در حالی‌که با اعمال تنش خشکی در مرحله پر شدن دانه‌ها به‌جز طول ریشه، سایر صفات تحت‌تأثیر تنش قرار نگرفتند (جدول ٢). مطابق با نتایج این بررسی جنسن و همکاران (١٩٩٦) و سیناکی و همکاران (٢٠٠٧) روی ارقام کلزا مشاهده کردند که کمبود آب در مراحل رویشی و گلدهی، باعث کاهش ماده خشک کل می‌شود. در بررسی آن‌ها گیاهان تحت تنش در مقایسه با گیاهان فاقد تنش، کلش، خورجین و دانه‌های کم‌تری در واحد سطح تولید کردند.

جدول ٢- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی براساس میانگین مربعات در ١٤ رقم زراعی کلزا

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد دانه (کیلوگرم درهکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	طول دوره رشد (تعداد روز تا رسیدگی کامل)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)
تکرار	٢	١٦٤٧٢٩/٩٦^{ns}	٦٧١٩٣٧٥٧٩**	١٩/٥٧^{ns}	٢٧٩/٨٥*	٣/٧^{ns}
رژیم آبیاری	٢	٢٦٤٨٢٠٥٠/٣٢**	٣٠٩٥٧٣٥٠٧٢**	٨٤٢**	٥٧٥٢/١٤**	١٢٤٩/٩**
خطای آزمایشی‌اول	٢	١٣٢٠٩٩٩/٤٨*	٢٨٩٥٠٦٥١٨^{ns}	٥٩/٥٤^{ns}	٣٧٦/٢٧**	٥/٢^{ns}
رقم	١٣	٨٤٦٦٦٠/٧٦*	٣٦٠٨٩٤٠٣٧**	١١٩/٣٧**	١٣٧٣/٩**	٣١/٢**
رقم × رژیم آبیاری	٢٦	٤١١٢٩٠/٢٧^{ns}	١٠٤٣٧٥٣٤٧^{ns}	١٦/٤٤^{ns}	١١٠/٧^{ns}	٨/٦**
خطای آزمایشی‌دوم	٧٨	٤٤١٥٣٩/٥	١٥٩٥٧٩٢٤٢	٢٩/٦٦	٨٤/٨٦	٢/٤
ضریب تغییرات(درصد)		١٩/٧٧	٤/١٥	٢/٣٦	٨/٨٢	٥/٤

* معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ١ درصد، ^{ns} معنی‌دار نیست.

جدول ٣- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی در تیمارهای مختلف تنش خشکی و شرایط آبیاری کامل (شاهد)

منابع تغییر	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	طول دوره رشد (تعداد روز تا رسیدگی کامل)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	طول ریشه (سانتی‌متر)
شاهد	٢٦٩٦/٦^{a*}	٣١٢٨٤^{a}	٢٣٤/٢^{a}	١١٣^{a}	٣١/٤^{b}
تنش گلدهی	١٣١٤/٥^{b}	١٦٧٧٧^{b}	٢٢٥/٤^{b}	٩٠/٩^{b}	٢٣^{c}
درصد تغییرات**	-٥١/٢	-٤٦/٣	-٣/٧	-١٩/٥	-٢٦/٧
تنش پر شدن دانه‌ها	٢٦٨٢/٩^{a}	٣١٩٨٥^{a}	٢٣١/٣^{a}	١١٢/٣^{a}	٣٣/٢^{a}
درصد تغییرات***	-٠/٥	+٢/٢	-١/٢	-٠/٦	+٥/٤

* برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در ستون در سطح احتمال ٥ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.

** درصد تغییرات مشاهده شده در تیمار تنش گلدهی نسبت به شاهد.

*** درصد تغییرات مشاهده شده در تیمار تنش پر شدن دانه‌ها نسبت به شاهد.

جدول ٤- مقایسه میانگین ١٤ رقم زراعی کلزا از لحاظ صفات اندازه‌گیری شده به روش LSD

منابع تغییر	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)	عملکرد بیولوژیکی (کیلوگرم در هکتار)	طول دوره رشد (تعداد روز تا رسیدگی کامل)	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)
مودنا	١٨٧٣/٧^{bc}	٣١٦٠٤^{abc}	٢٣٣/٤^{abc}	١٠١/٤^{de}
اپرا	٢٤٢٠/٧^{ab}	٣٣٦٣١^{ab}	٢٣٢/١^{abcd}	١١٣/٠٣^{ab}
لیکورد	٢٤٥٥/٨^{ab}	٣٧٩٣٧^{a}	٢٣٤/١^{ab}	١٢٠/٣^{a}
ار.جی.اس ٣٠٠	٢٣٧٣/٥^{ab}	٢٧١٥٥^{abcd}	٢٣١/١^{abcde}	٩٤/٥^{ef}
اکاپی	٢٣٤١^{ab}	٢٣٢٨٥^{bcd}	٢٣٦/٢^{a}	١٠٨/٩^{bcd}
پی.اف	٢٧٢١/٥^{a}	٢٥٠٣٥^{abcd}	٢٢٢/٨^{f}	١٠٠/٦^{de}
هایولا ٦٠	١٤٨٠^{c}	١٥٤٣٦^{d}	٢٣٣/٥^{def}	٨٥/٣^{g}
هایولا ٤٠١	٢١٦٩/٣^{abc}	٢٠٥٢٣^{bcd}	٢٢٩/٨^{bcde}	٨٣/٧^{g}
زرفام	٢٣٣١/٢^{ab}	٣٠٤٩٨^{abc}	٢٢٦/١^{ef}	١١٢/١^{ab}
اس.ال.ام	٢٠٢٠/٥^{abc}	١٨٩٩٩^{dc}	٢٢٦/٤^{def}	١١٧/١^{ab}
الایت	٢٢٥١^{ab}	٢٤٥٤٣^{abcd}	٢٢٨/٤^{bcdef}	١٢٠/٥^{a}
هایولا ٣٠٨	٢٥٣٥/٤^{ab}	٢٥٢٣٢^{abcd}	٢٣٠/٨^{abcde}	٩٠/٣^{fg}
هایولا ٤٢٠	٢١٠٩/٣^{abc}	٢٥١٩٣^{abcd}	٢٢٧/٨^{cdef}	١٠٢/٦^{cde}
طلایه	٢١٥٥/٦^{abc}	٣٤٤٧٥^{ab}	٢٣١/٤^{abcde}	١١١/٥^{abc}

* برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در ستون در سطح احتمال ٥ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.

جدول ۵- میانگین طول ریشه (سانتی‌متر) ۱٤ رقم زراعی کلزا در تیمارهای مختلف تنش خشکی و شرایط آبیاری کامل (شاهد) به روش LSD

تیمار	رقم	طول ریشه (سانتی‌متر)	تیمار	رقم	طول ریشه (سانتی‌متر)	تیمار	رقم	طول ریشه (سانتی‌متر)
شاهد	مودنا	۳۲/۵^{a}	تنش در مرحله گلدهی	مودنا	۲۷/۷^{a}	تنش در مرحله پر شدن دانه‌ها	مودنا	۳۲/٤^{ab}
	اپرا	۳۱/۱^{ab}		اپرا	۲۷/۲^{a}		اپرا	۳۳/۲^{a}
	لیکورد	۳۱/۲^{ab}		لیکورد	۲۵/۵^{bc}		لیکورد	۳۱/۵^{abc}
	ار.جی.اس ۰۰۳	۲۸/۲^{de}		ار.جی.اس ۰۰۳	۲۲/۳^{ef}		ار.جی.اس ۰۰۳	۲۷/٦^{ghi}
	اکاپی	۲۸/۸^{cd}		اکاپی	۲۵/۵^{bc}		اکاپی	۲۹/۳^{cde}
	پی.اف	۲٦/٤^{fg}		پی.اف	۲۲/۲^{ef}		پی.اف	۲۷/٤^{i}
	هایولا ٦۰	۲٦/۷^{f}		هایولا ٦۰	۱۹/۳^{hi}		هایولا ٦۰	۲٦/٤^{hi}
	هایولا ٤۰۱	۲۸/۱^{de}		هایولا ٤۰۱	۲٦/٤^{b}		هایولا ٤۰۱	۲۹/۲^{def}
	زرفام	۳۲^{ab}		زرفام	۲٦/۳^{b}		زرفام	۳۱^{abc}
	اس.ال.ام	۲۹/۲^{c}		اس.ال.ام	۲۵/۱^{c}		اس.ال.ام	۳۰/٤^{def}
	الایت	۳۱/۳^{ab}		الایت	۲٦/۵^{b}		الایت	۳۰/۳^{bcd}
	هایولا ۳۰۸	۲۸/٤^{de}		هایولا ۳۰۸	۲۲/۹^{e}		هایولا ۳۰۸	۲۹/٦^{efg}
	هایولا ٤۲۰	۲۸/٤^{de}		هایولا ٤۲۰	۲٤/۲^{d}		هایولا ٤۲۰	۲۸/۸^{ghi}
	طلایه	۲۸/۲^{de}		طلایه	۲۵/۷^{bc}		طلایه	۲۹/۵^{efg}

* برای هر صفت میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در ستون در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌داری نیستند.

جدول ٦- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در ۱٤ رقم زراعی کلزا

	عملکرد دانه	عملکردبیولوژیکی	طول دوره رشد	ارتفاع بوته	طول ریشه
عملکرد دانه	۱				
عملکرد بیولوژیکی	+۰/۵۲**	۱			
طول دوره رشد	+۰/۲٦**	+۰/۲۳**	۱		
ارتفاع بوته	+۰/٦۳**	+۰/۵٤**	+۰/۲۱*	۱	
طول ریشه	+۰/٦٤**	+۰/۵۱**	+۰/٤۲**	+۰/٦۲**	۱

* معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد، ^{ns} معنی‌دار نیست.

نتایج به‌دست آمده از ارزیابی ارقام از نظر حساسیت و تحمل به تنش با استفاده از شاخص‌های MP، GMP، STI و HM که مقادیر بالای عددی آن‌ها نشان‌دهنده تحمل بالای رقم نسبت به تنش

می‌باشد (روزبل و هامبلین، ١٩٨٤؛ فرناندز، ١٩٩٢) نشان می‌دهد که ارقام اکاپی و پی.اف مقاوم‌ترین و از نظر شاخص‌های SSI و TOL که مقادیر پایین عددی آن‌ها نشان‌دهنده مقاومت بالای رقم نسبت به تنش می‌باشد (چوگان و همکاران، ٢٠٠٦)، رقم مودنا متحمل‌ترین رقم، بین ارقام مورد بررسی می‌باشند (جدول ٦).

با این‌حال با مقایسه عملکرد رقم مودنا در شرایط تنش گلدهی و بدون تنش، مشاهده می‌شود که برتری رقم مودنا از نظر شاخص‌های TOL و SSI نه به‌دلیل تولید عملکرد مناسب در شرایط تنش، بلکه صرفاً به‌علت پایین بودن درصد تغییرات عملکرد (جدول ٦)، توسط این شاخص‌ها به‌عنوان متحمل‌ترین رقم به تنش شناسایی شدند، و از آنجایی‌که پایین بودن درصد تغییرات به‌عنوان یک فاکتور مقاومت به تنش، بیش‌تر ارزش فیزیولوژیکی دارد تا زراعی، می‌توان نتیجه گرفت انتخاب براساس شاخص حساسیت به تنش (SSI) و تحمل به تنش (TOL) باعث گزینش ارقامی با عملکرد به‌نسبت پایین در محیط عادی و عملکرد پایین در محیط دارای تنش می‌گردد، که چنین ارقامی مطابق با گزارش‌های اشنایدر و همکاران (١٩٩٧) به‌علت عملکرد پایین، از نظر زراعی نامطلوب می‌باشند. در این بررسی صرف‌نظر از رقم مودنا، ارقام هایولا٤٢٠، اپرا و هایولا ٤٠١ که توسط شاخص (SSI) به‌عنوان ارقام متحمل و پرمحصول شناسایی شدند، در واقع دارای عملکرد بالایی در شرایط تنش نسبت به سایر ارقام بودند (شکل ١). همچنین در مورد شاخص تحمل به تنش (TOL) مشخص شده که پایین بودن مقدار این شاخص الزاماً به‌دلیل بالا بودن عملکرد رقم در محیط تنش نمی‌باشد، چرا که ممکن است عملکرد رقمی در شرایط عادی پایین باشد و در شرایط تنش نیز با افت عملکرد کم‌تری همراه باشد، که باعث کوچک شدن شاخص تحمل به تنش شود و در نتیجه این رقم به‌عنوان رقم متحمل معرفی گردد (مقدم و هادی‌زاده، ٢٠٠٢) که دلایل ذکر شده در سه رقم مودنا، هایولا ٦٠ و هایولا ٤٢٠ به درستی صدق می‌کنند.

فرشادفر و همکاران (٢٠٠١) روی نخود و خلیل‌زاده و کربلایی (٢٠٠٢) روی گندم دروم بر این اعتقادند که مناسب‌ترین شاخص برای گزینش ارقام متحمل به تنش، شاخصی است که دارای همبستگی به‌نسبت بالایی با عملکرد دانه در هر دو شرایط تنش و بدون تنش باشد، زیرا همبستگی مثبت و معنی‌دار بین شاخص‌ها و عملکرد در هر دو شرایط تنش و غیرتنش، مناسب بودن این شاخص‌ها را برای ارزیابی تحمل به خشکی ژنوتیپ‌ها نشان می‌دهد. در طی این آزمایش نتایج به‌دست آمده از بررسی میزان همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در دو محیط بدون تنش و تنش (جدول ٧)

نشان می‌دهد که بیشترین میزان ضریب همبستگی شاخص‌های تحمل به تنش و عملکرد دانه در شرایط آبیاری معمول به‌ترتیب به شاخص‌های MP، TOL، GMP و STI و در شرایط تنش به‌ترتیب به شاخص‌های HM، GMP و STI اختصاص دارند، که با توجه به گزارش‌های فرناندز (۱۹۹۲) و نعیمی و همکاران (۲۰۰۸)، شاخص‌های MP، GMP و STI به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش بهترین شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ارقام متحمل کلزا به تنش آخر فصل می‌باشند. بر اساس این سه شاخص ارقام اکاپی و پی.اف با متوسط عملکرد بالاتر در شرایط تنش و غیرتنش نیز به‌عنوان متحمل‌ترین و رقم هایولا ٦٠ به‌عنوان حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی در مرحله گلدهی بین ارقام مورد بررسی بودند (جدول ٦).

نتایج تجزیه به عامل‌ها در جدول (٨) نشان داده شده است. به‌طورکلی ۲ مؤلفه اول که مقادیر ویژه بزرگ‌تر از یک را داشتند انتخاب شدند. این دو مؤلفه بیش از ۹۹ درصد از اطلاعات کل را شامل می‌شوند. مؤلفه اول که بیش از ٦٦ درصد از تغییرات کل را توجیه کرد و شاخص‌های MP، GMP، STI و HM دارای ضریب معنی‌دار در آن می‌باشند به‌عنوان مؤلفه تحمل به تنش نامیده شد و با توجه به این که میزان بالای این شاخص‌ها مطلوب است، روی بای‌پلات به‌دست آمده اگر به مقادیر مثبت و بالای این مؤلفه توجه شود می‌توان ژنوتیپ‌هایی را که دارای عملکرد بالا در هر دو شرایط تنش و غیرتنش و شاخص‌های MP، GMP، STI و HM بالا باشند را انتخاب نمود. اما مؤلفه دوم که به تنهایی بیش از ۳۳ درصد از تغییرات کل را توجیه می‌کند شامل شاخص‌های معنی‌دار YP، TOL، SSI و تا حدودی YS بود که به‌عنوان مؤلفه حساسیت به تنش خشکی و پایداری عملکرد نام‌گذاری گردید. این مؤلفه می‌تواند ژنوتیپ‌هایی با پایداری عملکرد پایین و پتانسیل عملکرد متوسط را انتخاب کند و از آنجا که مقادیر کم TOL، SSI برای ما مطلوب است اگر در بای‌پلات به‌دست آمده نواحی با میزان پایین این مؤلفه در نظر گرفته شود می‌توان ژنوتیپ‌های با TOL و SSI پایین را انتخاب نمود. همان‌گونه که در شکل ۲ مشاهده می‌گردد ارقام ۲ (اپرا)، ۳ (لیکورد)، ٤ (ار.جی.اس ۰۰۳)، ٥ (اکاپی)، ٦ (پی.اف)، ٨ (هایولا ٤٠١)، ۹ (زرفام)، ۱۱ (الایت) و ۱۲ (هایولا ۳۰۸) در ناحیه تحمل به تنش خشکی و ارقام ۱ (مودنا)، ۷ (هایولا ٦٠)، ۱۰ (اس.ال.ام)، ۱۳ (هایولا ٤٢٠) و ١٤ (طلایه) در ناحیه حساسیت به تنش خشکی قرار گرفته‌اند و این عکس‌العمل‌های متفاوت نشانگر تنوع ژنتیکی ارقام نسبت به شرایط تنش خشکی در مرحله گلدهی می‌باشد. حال با توجه به این موضوع که شاخص‌های MP، GMP و STI به واسطه دارا بودن همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد در هر دو محیط تنش و بدون تنش بهترین

جدول ٦- مقایسه میانگین‌های عملکرد در شرایط بدون تنش (شاهد) و تنش رطوبتی در مرحله گلدهی، درصد تغییرات (- کاهش، + افزایش) و شاخص‌های تحمل به خشکی در ١٤ رقم زراعی کلزا

	YP	YS	Ŷ	درصد تغییرات	TOL	MP	SSI	GMP	STI	HM
(١) مودنا	٢٠٨٢/٨(١٢)*	١٤٢٢/٦ (٦)	١٧٥٢/٧(١١)	-٣١/٤(١٤)	٦٦٠/٢ (١)	١٧٥٢/٧(١١)	٠/٦٢(١)	١٧٢١/٣(١١)	٠/٤٣(١)	١٦٩٠/٥(١١)
(٢) اپرا	٢٥٧٧/٤ (٩)	١٥٢٢/٨ (٣)	٢٠٥٠/١(٨)	-٤٠/٩(١١)	١٠٥٤/٦(٥)	٢٠٥٠/١(٨)	٠/٨٠(٤)	١٩٨١/١(٥)	٠/٥٧(٥)	١٩١٤/٤(٥)
(٣) لیکورد	٢٩٢٨/١ (٤)	١٢٩٤/٤ (٩)	٢١١١/٢(٦)	-٥٥/٧ (٥)	١٦٣٣/٧(٩)	٢١١١/٢(٦)	١/٠٩(١٠)	١٩٤٦/٨(٧)	٠/٥٥(٧)	١٧٩٥/٢(٧)
(٤) ار.جی.اس ٠٠٣	٢٧٥٩/٨ (٧)	١٥١٥/٢ (٤)	٢١٣٧/٥(٥)	-٤٥/١(١٠)	١٢٤٤/٦(٧)	٢١٣٧/٥(٥)	٠/٨٨(٥)	٢٠٤٤/٩(٤)	٠/٦١(٤)	١٩٥٦/٣(٤)
(٥) اکاپی	٣٣٣٠ (٢)	١٥٩٥/٦ (١)	٢٤٦٢/٨(٢)	-٥٢/١ (٦)	١٧٣٤/٤(١١)	٢٤٦٢/٨(٢)	١/٠٢(٩)	٢٣٠٥/٠٧(١)	٠/٧٧(١)	٢١٥٧/٤(١)
(٦) پی.اف	٣٥٩٧/٨ (١)	١٤١٨/٥ (٧)	٢٥٠٨/١(١)	-٦٠/٥ (٣)	٢١٧٩/٣(١٤)	٢٥٠٨/١(١)	١/١٨(١٣)	٢٢٥٩/٠٩(٢)	٠/٧٤(٢)	٢٠٣٤/٧(٢)
(٧) هایولا ٦٠	١٧٤٨ (١٤)	٩٥٣/٥ (١٣)	١٣٥٠/٧(١٤)	-٤٥/٥ (٩)	٧٩٤/٥(٢)	١٣٥٠/٧(١٤)	٠/٨٩(٦)	١٢٩١/٠١(١٤)	٠/٢٤(١٤)	١٢٣٣/٩(١٤)
(٨) هایولا ٤٠١	٢٤٤٤/٥ (١١)	١٥٧٩/٨ (٢)	٢٠١٢/١(٩)	-٣٥/٣(١٣)	٨٦٤/٧(٤)	٢٠١٢/١(٩)	٠/٦٩(٣)	١٩٦٥/١(٦)	٠/٥٦(٦)	١٩١٩/٢(٦)
(٩) زرفام	٣١٢١/٧ (٣)	١١٦٨/٩ (١٢)	٢١٤٥/٣(٤)	-٦٢/٥ (٢)	١٩٥٢/٨(١٢)	٢١٤٥/٣(٤)	١/٢٢(١٣)	١٩١٠/٢(٨)	٠/٥٣(٨)	١٧٠٠/٩(٨)
(١٠) اس.ال.ام	٢٥١٨ (١٠)	١٣٢٢/٦ (٨)	١٩٢٠/٣(١٠)	-٤٧/٤ (٨)	١١٩٥/٤(٦)	١٩٢٠/٣(١٠)	٠/٩٣(٧)	١٨٢٤/٩(١٠)	٠/٤٨(١٠)	١٧٣٤/٢(١٠)
(١١) الایت	٢٩٠٤/١ (٦)	١٢٠٢/٤ (١١)	٢٠٥٣/٢(٧)	-٥٨/٥ (٤)	١٧٠١/٧(١٠)	٢٠٥٣/٢(٧)	١/١٤(١١)	١٨٦٨/٦(٩)	٠/٥١(٩)	١٧٠٠/٦(٩)
(١٢) هایولا ٣٠٨	٢٩٧٠/٤ (٥)	١٤٨٢ (٥)	٢٢٢٦/٢(٣)	-٥٠/١ (٧)	١٤٨٨/٤(٨)	٢٢٢٦/٢(٣)	٠/٩٨(٨)	٢٠٩٨/١(٣)	٠/٦٤(٣)	١٩٧٧/٤(٣)
(١٣) هایولا ٤٢٠	٢٠٤٥/٢ (١٣)	١٢٥٠/٤ (١٠)	١٦٤٧/٨(١٣)	-٣٨/٨(١٢)	٧٩٤/٨(٣)	١٦٤٧/٨(١٣)	٠/٧٦(٣)	١٥٩٩/١(١٢)	٠/٣٧(١٢)	١٥٥١/٩(١٢)
(١٤) طلایه	٢٧٢٤/٦ (٨)	٦٧٣/٩ (١٤)	١٦٩٩/٢(١٢)	-٧٥/٢ (١)	٢٠٥٠/٧(١٣)	١٦٩٩/٢(١٢)	١/٤٧(١٤)	١٣٥٥/٠٣(١٣)	٠/٢٧(١٣)	١٠٨٠/٥(١٣)

*اعداد داخل پرانتزها مربوط به رتبه ارقام، YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش، Ŷ متوسط عملکرد رقم در دو شرایط تنش و غیرتنش، TOL تحمل به تنش، MP متوسط تولید، SSI شاخص حساسیت به تنش، GMP میانگین هندسی عملکرد، STI شاخص تحمل به تنش و HM میانگین وزنی می‌باشند.

شاخص‌ها برای گزینش و تعیین ارقام متحمل کلزا به تنش آخر فصل می‌باشند (جدول ۷). با بررسی و مقایسه مقادیر به‌دست آمده این سه شاخص راجع به هر یک از ژنوتیپ‌ها و نتایج به‌دست آمده از شکل ۲ در نهایت ارقام اکاپی و پی.اف که در ناحیه پتانسیل و پایداری عملکرد و تحمل به تنش واقع شده‌اند و از مقادیر MP، GMP و STI بالایی برخوردارند متحمل‌ترین و رقم هایولا ٦٠ که در ناحیه حساسیت به تنش واقع شده و از مقادیر MP، GMP و STI پایینی برخوردار است حساس‌ترین ارقام به تنش خشکی در مرحله گلدهی بین ارقام مورد بررسی شناسایی گردیدند (شکل ۳).

جدول ۷- همبستگی میان عملکرد در شرایط تنش رطوبتی (Y_S) و بدون تنش (Y_P) و شاخص‌های تحمل به خشکی در ١٤ رقم کلزا

	YP[1]	YS	TOL	MP	SSI	GMP	STI	HM
YP	۱							
YS	۰/۲٦^{ns}	۱						
TOL	۰/۸۷**	۰/۲٤^{ns}	۱					
MP	۰/۹۱**	۰/٦۲**	۰/٦۰*	۱				
SSI	۰/٦۰*	-۰/٦۰*	۰/۹۱*	۰/۲٤^{ns}	۱			
GMP	۰/۷٦**	۰/۸۲**	۰/۳٥^{ns}	۰/۹٥**	-۰/۰٤^{ns}	۱		
STI	۰/۷۸**	۰/۷۹**	۰/۳۸^{ns}	۰/۹٦**	-۰/۰۰۳^{ns}	۰/۹۹**	۱	
HM	۰/٥۷*	۰/۹۳**	۰/۱۰^{ns}	۰/۸٥**	-۰/۲۸^{ns}	۰/۹٦**	۰/۹٥**	۱

[1] برای توضیحات بیشتر به توضیحات جدول ٦ مراجعه شود.

* معنی‌دار در سطح احتمال ٥ درصد، ** معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد.

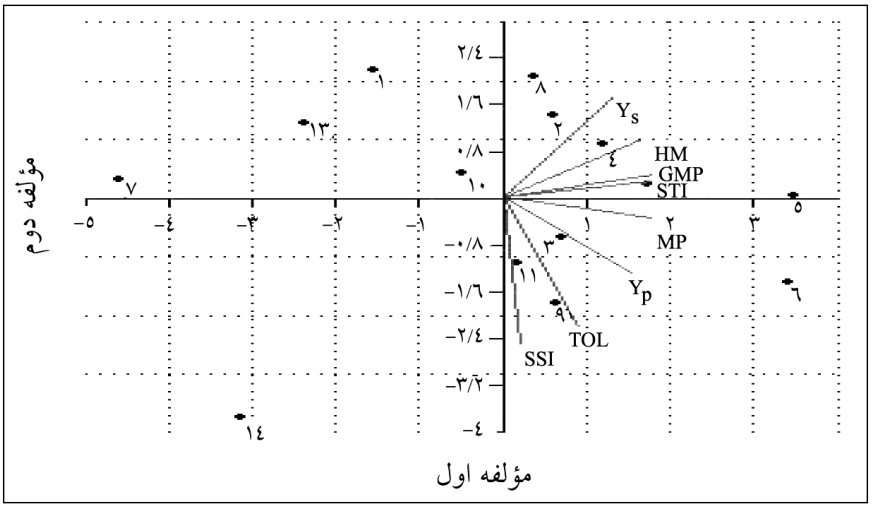
جدول ۸- مقادیر ویژه و بردارهای ویژه مؤلفه‌های اول و دوم برای ۸ شاخص تحمل و حساسیت به خشکی

مؤلفه	مقادیر ویژه	سهم تجمعی	شاخص‌های مورد مطالعه							
			TOL	MP	SSI	GMP	STI	HM	YP	YS[*]
۱	٥/۲	۰/٦٦	-۰/۲۱	-۰/٤۳	-۰/۰٤	-۰/٤۳	-۰/٤۳	-۰/٤	-۰/۳۷	-۰/۳۱
۲	۲/٦	۰/۹۹	۰/٥۳	۰/۰۸	٠/٦	-۰/۰۹	-۰/۰٦	-۰/۲۳	۰/۳۱	-۰/٤۱

[*] YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش، TOL تحمل به تنش، MP متوسط تولید، SSI شاخص حساسیت به تنش، GMP میانگین هندسی عملکرد، STI شاخص تحمل به تنش و HM میانگین وزنی می‌باشند.

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی نتایج به‌دست آمده از این آزمایش بیانگر آن است که بین ارقام زراعی کلزا از لحاظ تولید دانه در شرایط تنش و بدون تنش و همچنین از لحاظ تحمل به تنش رطوبتی تفاوت معنی‌داری وجود دارد. طوری‌که براساس سه شاخص برتر برای گزینش و تعیین ارقام متحمل کلزا به تنش آخر فصل (متوسط عملکرد (MP)، متوسط هندسی عملکرد (GMP) و حساسیت به تنش (STI)) و ترسیم بای‌پلات ارقام اکاپی و پی.اف متحمل‌ترین و رقم هایولا ٦٠ حساس‌ترین رقم به تنش خشکی در مرحله گلدهی بین ١٤ رقم زراعی کلزا بودند.



شکل ٣- نمایش بای‌پلات ١٤ رقم کلزا براساس اولین و دومین مؤلفه اصلی (pc) به‌دست آمده از ٨ شاخص تحمل و حساسیت به خشکی

***YP عملکرد در شرایط بدون تنش، YS عملکرد در شرایط تنش، TOL تحمل به تنش، MP متوسط تولید، SSI شاخص حساسیت به تنش، GMP میانگین هندسی عملکرد، STI شاخص تحمل به تنش و HM میانگین وزنی می‌باشند**

منابع

Bansal, K.C., and Sinha, S.K. 1991. Assessment of drought resistance in 20 accessions of *Triticum aestivum* and related species. I. Total dry matter and grain yield stability. Euphytica. 56: 7-14.

Betran, F.J., Beck, D., Banziger, M., and Edmeades, G.O. 2003. Genetic analysis of inbred and hybrid grain yield under stress and nonstress environments in tropical maize. Crop Sci. 43: 807-817.

Ceccarelli, S., and Grando, S. 1991. Selection environment and environmental sensitivity in barley. Euphytica. 57: 157-167.

Chougan, R., Taherkhani, T., Ghannadha, M.R., and Khodarahmi, M. 2006. Evaluation of drought tolerance in grain maize inbred lines using drought tolerance indices. Iranian. J. Agric. Sci. 8: 1. 79-89 (In Persian).

Clark, J.M.R., Depauw, M., and Ownley-Smith, T.F. 1992. Evaluation of methods for quantification of drought tolerance in wheat. Crop Sci. 32: 723-728.

Deepak, M., and Wattal, P.N. 1995. Influence of water stress on seed yield of Canadian rape at flowering and role of metabolic factors. Plant Physoil. Biochem. 22: 2. 115-118.

Farshadfar, E.A., Zamani, M.R., Matlabi, M., and Emam-Jome, E.E. 2001. Selection for drought resistance chickpea lines. Iranian. J. Agric. Sci. 32: 1. 65-77 (In Persian).

Fernandez, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. In: Kuo, C.C. (Ed.), Proc. of an International Symposium on Adaptation of Food Crops to Temperature and Water Stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.

Fischer, R.A., and Maurer. R. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I. Grain yield responses. Aust. J. Agric. Res. 29: 897-912.

Huang, B. 2000. Role of root morphological and physiological characteristics in drought resistance of plants. In: Wilkinson, R.E. (Ed.), Plant × Environment Interactions, 2: 39-64.

Jensen, C.R., Mogensen, V.O., Mortensen, G., Fieldsend, J.K., Milford, G.F.J., Andersen, M.N., and Thage, J.H. 1996. Seed glucosinolate, oil and protein contents of field- grown rape (*Brassica napus L.*) affected by soil drying evaporation demand. Field Crop Res. 47: 93-105.

Kargar, S.M., Gghannadha, M.R., Bbozorgi-pour, R., Attari, K.A., and Babaei, H.R. 2004. An Investigation of Drought Tolerance Indices in Some Soybean Genotypes under Restricted Irrigation Conditions. Iranian. J. Agric. Sci. 35: 1. 129-142. (In Persian).

Khalilzade, G.H., and Karbalai-Khiavi, H. 2002. Investigation of drought and heat stress on advanced lines of durum wheat. In: Proc of the 7th Iranian Congress of Crop Sciences. Guilan, Iran, Pp: 563-564. (In Persian).

Masoud Sinaki, J., Majidi Heravan, E., and Shirani Rad, A. 2007. The Effects of Water Deficit During Growth Stages of Canola (*Brassica napus L.*). American-Eurasian J. Agric. Environ Sci. 2: 4. 417-422.

Moghaddam, A., and Hadizade, M.H. 2002. Response of corn (*Zea mays* L.) hybrids and their parental lines to drought using different stress tolerance indices. Plant Seed J. 18: 3. 255-272 (In Persian).

Naeemi, M., Akbari, Gh.A., Shirani Rad, A.H., Modares Sanavi, S.A.M., Sadat Nuri, S.A., and Jabari, H. 2008. Evaluation of drought tolerance in different Canola cultivars based on stress evaluation indices in terminal growth duration. Eelec J Crop Prod, 1: 3. 83-98 (In Persian).

Pantalone, V.R., Burton, J.W., and Carter-Te, J.R. 1996. Soybean fibrous root heritability and genotypic correlations with agronomic and seed quality triats. Crop Sci. 36: 5. 1120-1125.

Rajaram, S., and Van Ginkle, M. 2001. Mexico, 50 years of international wheat breeding. In: Bonjean, A.P., Angus, W.J. (Eds.), the World Wheat Book: A History of Wheat Breeding. Lavoisier Publishing, Paris, France, Pp: 579-604.

Rosielle, A.A., and Hamblin, J. 1981. Theoretical aspects of selections for yield in stress and non-stress environments. Crop Sci. 21: 943-946.

SAS. 1989. SAS-STAT User's Guide. SAS institue, Cary NC.

Schnider, K.A., Rosales-Serna, R., Ibarra-Perez, F., Cazares-Enriques, B., Acosta-Gallegos, J.A., Ramirez-Allejo, P., Wassimi, N., and Kelly, J.D. 1997. Improving common bean performance under drought stress. Crop Sci. 37: 43-50.

Sinaki, J.M., Majidi Heravan, E., Shirani Rad, A.H., Noormohamadi, G., and Zarei, G. 2007. The effects of water deficit during growth stages of canola (*Brassica napus* L.). Ameri-Eurasi. J. Agric. Environ. 2: 4. 417- 424.

Singh, S.P., Teran, H., and Gutierez, J.A. 2001. Registration of SEA 5 and SEA 13 drought tolerant dry bean gerrmplasm. Crop Sci. 41: 276-277.

Sio-Se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., and Mohammadi, V. 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. Field Crops Res. 98: 222-229.

Thomas Robertson, M.J., Fukai, S., and Peoples, M.B. 2004. The effect of timing and severity of water deficit on growth development, yield accumulation and nitrogen fixation of mung bean. Field Crop Res. 86: 1. 67-80.

Zare, M., Zeinali Khaneghah, H., and Danesheian, J. 2004. An Evaluation of Tolerance of Some Soybean Genotypes to Drought Stress. Iranian. J. Agric. Sci. 35: 4. 859-867 (In Persian).

EJCP., Vol. 4 (1): 151-169
ejcp.gau@gmail.com

Evaluation of drought tolerance in some rapeseed Cultivars based on stress evaluation indices

[*]S. Monajem[1], V. Mohammadi[2] and A.Ahmadi[3]
[1,2,3]M.Sc. Student, Assistant Prof., and Associate Prof., of Agronomy and Plant Breeding Dept., Faculty of Agriculture Karaj, University of Tehran

Abstract

Water deficient is one of the most important limiting factors in rapeseed (*Brassica napus* L.) production in arid and semiarid areas specially Iran, which is the best approach to deal with the introduction of resistant and compatible varieties to drought stress. The response of fourteen rapeseed cultivars to water stress was studied in a split plot experiment based on complete randomized block design with 3 replications at experimental field of University College of agricultural and natural resources university of Tehran. Cultivars were planted as subplots within the moisture regime as main plots. Drought stress in flowering stage was provided by irrigation stop until soil water potential met -1/5 MP. Irrigation of drought stressed plots in grain filling stage was stopped completely after grain filling began. The results showed that drought stress at grain filling did not significantly affect on yield, while stress on flowering stage decreased seed yield by 51.2% through speeding up the maturity (8.8 days compared to normal condition) and reduction of height (19.5%), root length (26.7%) and biological yield (46%). Mean productivity (MP), geometric mean productivity (GMP) and stress tolerance index (STI) were the most suitable indices showing the highest correlation with yield under both stress and normal conditions. Based on MP, GMP and STI and also biplot technique, Okapi and PF7045-91 (Sarigol) were determined as the most tolerant cultivars while Hyola 60 being the most sensitive.

Keywords: Rapeseed; Drought; Stress tolerance indices; Biplot

[*] Corresponding Author; Email: agromonajem@gmail.com