

### گزارش علمی کوتاه

## ارزیابی تحمل خشکی ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.) با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی

علیرضا زبردی<sup>۱\*</sup>، عسگر سرتیپ<sup>۲</sup>، عبدالله نجفی<sup>۱</sup>، عباس رضایی‌زاد<sup>۳</sup>

۱. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه رازی کرمانشاه. ۲. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات دانشگاه رازی کرمانشاه. ۳. استادیار مرکز تحقیقات جهاد کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه.

تاریخ دریافت: ۹۳/۰۴/۱۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۴/۰۶/۰۷

### چکیده

به منظور بررسی عملکرد پانزده ژنوتیپ کلزا در شرایط تنش خشکی و ارزیابی ژنوتیپ‌ها با استفاده از شاخص‌های مقاومت به خشکی، آزمایشی در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ به صورت طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در شرایط آبی و دیم در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. شاخص‌های حساسیت به تنش، تحمل، میانگین هارمونیک، میانگین هندسی تولید، متوسط تولید، تحمل تنش، عملکرد و پایداری عملکرد بر اساس عملکرد دانه در هر دو شرایط محاسبه شدند. تجزیه مرکب عملکرد دانه نشان داد که محیط به طور معنی‌داری بر روی عملکرد تأثیر گذاشته به طوری که میانگین عملکرد در محیط دیم کمتر از محیط آبی بود. بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی اختلاف معنی‌داری از نظر شاخص‌ها و عملکرد در هر دو شرایط وجود داشت. بررسی همبستگی شاخص‌ها نشان داد که شاخص‌های میانگین بهره‌وری، میانگین بهره‌وری هندسی و تحمل تنش با عملکرد در هر دو شرایط، همبستگی بالایی داشته و بر اساس نمودار سه‌بعدی این شاخص‌ها، ژنوتیپ‌های L201 و L146.HW113 مناسب‌ترین ژنوتیپ‌ها برای هر دو شرایط در نظر گرفته شدند. با توجه به نمودار بای‌پلات حاصل از دو مؤلفه اصلی اول و دوم نیز، ژنوتیپ‌های L201 و L146.HW113 نسبت به سایر ژنوتیپ‌ها دارای تحمل بیشتری به تنش خشکی بوده و ژنوتیپ‌های L72 و OPERA حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها به شرایط تنش خشکی شناخته شدند.

واژه‌های کلیدی: تنش کم‌آبی، کلزا، عملکرد دانه، مؤلفه‌های اصلی.

### مقدمه

ارزایی را که در هر دو شرایط تنش و بدون تنش عملکرد بالایی دارند شناسایی کنند و در این زمینه گزارش‌های زیادی در خصوص گزینش برای انتخاب ارقام کلزای متحمل به تنش خشکی وجود دارد (Kakaei et al., 2010; Chaghakaboudi et al., 2012). شاخص‌های متعددی برای بررسی و انتخاب ژنوتیپ‌های برتر هر شرایط معرفی شده‌اند. ارزیابی ژنوتیپ‌ها در شرایط نرمال رطوبتی به‌تنهایی قادر به انتخاب ژنوتیپ‌های برتر نیست لذا بررسی ارقام در هر دو شرایط دیم و آبی مورد توجه محققین

ویژگی‌های گیاه کلزا مخصوصاً از لحاظ سازگار نمودن آن با شرایط مختلف آب و هوایی اهمیت این محصول را برای کشت در ایران بیشتر نموده است. یافتن روش‌های مناسب برای پرورش این گیاه در نواحی مختلف و ارقام اصلاح‌شده مناسب با هر اقلیم از این گیاه می‌تواند وابستگی شدید کشور را به واردات روغن از بین برد. کلزا همانند بسیاری از گیاهان زراعی تحت تأثیر تنش کمبود آب قرار می‌گیرد. در دسترس بودن آب کمتر از حد مطلوب عامل اصلی محدودکننده رشد و عملکرد گیاهان می‌باشد. محققان همواره به دنبال گزینش شاخص‌هایی هستند که بتوانند

در شرایط آبی عملکرد دانه بین ۲۸۰ و ۶۲۸/۷۸ (گرم در مترمربع) و بیشترین عملکرد دانه مربوط به ژنوتیپ‌های ۱، ۸ و ۱۵ و در شرایط دیم عملکرد دانه بین ۱۳۶/۶۳ و ۳۳۰/۵۶ (گرم در مترمربع) و بیشترین عملکرد در این شرایط را ژنوتیپ‌های ۱، ۸ و ۱۲ به خود اختصاص داده بودند (جدول ۱). بین عملکرد در هر دو شرایط و شاخص‌های میانگین بهره‌وری هندسی (GMP)، تحمل تنش (STI) و میانگین بهره‌وری (MP) همبستگی مثبت و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد وجود داشت همچنین این شاخص‌ها با یکدیگر نیز دارای همبستگی مثبت و معنی‌داری بودند (داده‌ها نشان داده نشده‌اند)؛ بنابراین می‌توان این شاخص‌ها را مناسب برای انتخاب ژنوتیپ‌های مقاوم به خشکی در هر دو شرایط دانست. محققان دیگری نیز این شاخص‌ها را شاخص‌های مناسبی برای شناسایی ارقام با عملکرد بالا در هر دو شرایط دانستند (Zebarjadi et al., 2012; Ghobadi et al., 2012).

استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی (PCA) به منظور درک دقیق‌تر ارتباط شاخص‌ها و عملکرد برای هر دو شرایط مناسب و کاربرد زیادی داشته است. با توجه به تجزیه مؤلفه‌ی اصلی (جدول ۲) مشخص گردید که دو مؤلفه اول مقادیر ویژه بیشتر از یک گرفته و بیشترین واریانس (۹۱/۹۴) کل را توجیه کردند. به طوری که مؤلفه اول ۶۳/۲۳ درصد و مؤلفه دوم ۲۸/۷۲ درصد از واریانس کل را به خود اختصاص دادند. مؤلفه اصلی اول دارای همبستگی مثبت و بالا با عملکرد در شرایط بدون تنش (Yp) و شاخص‌های MP، GMP و STI بوده، لذا این مؤلفه، تحمل به تنش نامیده شد. از آنجایی که مقدار بالای این شاخص‌ها مطلوب می‌باشد هرچقدر مؤلفه اول افزایش یابد ژنوتیپ‌هایی که دارای عملکرد بالا با تحمل بیشتر هستند انتخاب می‌شوند. مؤلفه دوم نیز با شاخص‌های SSI، TOL و عملکرد در شرایط تنش (Ys) همبستگی مثبت و بالایی داشته و از آنجایی که مقادیر پایین این شاخص‌ها مورد توجه است لذا این مؤلفه، بر حساسیت به تنش تأکید داشته و هر چه مقدار این مؤلفه بیشتر شود ژنوتیپ‌های با حساسیت بالا به تنش انتخاب خواهند شد. با توجه به مؤلفه‌های اول و دوم بای‌پلات ترسیم شد (شکل ۱) که بر اساس این شکل ژنوتیپ‌ها مرتبط با میانگین عملکرد و تحمل به تنش به گروه‌هایی تقسیم شدند. با بررسی شکل بای‌پلات مشاهده می‌شود که ژنوتیپ‌های ۱، ۸ و ۱۲ به علت قرار گرفتن در

قرارگرفته است و می‌توان از آن‌ها برای تخمین پایداری عملکرد استفاده کرد (Sio-se Mardeh et al., 2006). امروزه با توجه به نیاز روزافزون و شرایط اقلیمی کشور برای تأمین روغن خوراکی، شناسایی ارقام مقاوم به خشکی از اهمیت خاصی برخوردار است. این مطالعه باهدف ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌های کلزا به تنش خشکی و گزینش ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی طراحی و اجرا شد.

## مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۹۲-۱۳۹۱ بر روی پانزده ژنوتیپ کلزا در دو شرایط تنش و عدم تنش خشکی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه انجام شد. در شرایط تنش از مرحله گل‌دهی به بعد هیچ‌گونه آبیاری صورت نگرفت، ولی در شرایط عدم تنش آزمایش طبق عرف منطقه آبیاری اعمال گردید. هر کرت شامل ۴ ردیف ۵ متری به فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی انجام گرفت. پس از رسیدگی محصول به صورت دستی با حذف اثرات حاشیه برداشت گردید. پس از برداشت محصول عملکرد دانه در هر واحد آزمایشی در واحد سطح (مترمربع) اندازه‌گیری گردید. جهت ارزیابی ژنوتیپ‌های مورد بررسی از نظر حساسیت و مقاومت به تنش خشکی شاخص‌های مقاومت به خشکی بر اساس عملکرد در شرایط تنش (Ys)، بدون تنش (Yp) و میانگین عملکرد کلیه ژنوتیپ‌ها در شرایط بدون تنش ( $\bar{Y}_p$ ) و تنش ( $\bar{Y}_s$ ) محاسبه گردید. برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزار SAS.9.1 (برای تجزیه واریانس مرکب)، SPSS 16 (برای تجزیه همبستگی شاخص‌ها) و STATISTICA (جهت رسم شکل سه‌بعدی و بای‌پلات) استفاده شد.

## نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس مرکب نشان داد که محیط به طور معنی‌داری بر روی عملکرد دانه تأثیر گذاشته است. بین ژنوتیپ‌ها برای عملکرد اختلاف معنی‌داری مشاهده شد و اثر متقابل ژنوتیپ و محیط نیز اختلاف معنی‌داری نشان داد. میانگین عملکرد دانه در شرایط دیم ۴۷ درصد کمتر از شرایط آبی بود (SI=0.47).

گرفته بود و همچنین دارای بیشترین مقدار مؤلفه دوم و کمترین مقدار مؤلفه اول می‌باشد و ژنوتیپ ۶ نیز دارای کمترین عملکرد در شرایط تنش و کمترین مقدار مؤلفه اول می‌باشد که در نهایت ژنوتیپ‌های حساس به تنش خشکی شناخته شدند. استفاده از تجزیه به مؤلفه‌های اصلی و بای‌پلات توسط زبرجدی (Zebarjadi, 2012) و سیاح و همکاران (Sayyah et al., 2012) نیز گزارش شده است.

مجاورت شاخص‌های تحمل به خشکی، ژنوتیپ‌های مناسبی برای هر دو محیط (تنش و بدون تنش) می‌باشند. لذا می‌توان این سه ژنوتیپ را به علت داشتن عملکرد بالا در هر دو شرایط برای کشت در هر دو محیط در نظر گرفت. شاخص‌های MP، GMP و STI دارای زوایای تند نسبت به هم در شکل بای‌پلات بودند که این نشان‌دهنده همبستگی بالای این سه شاخص با یکدیگر می‌باشد. بر اساس بای‌پلات ژنوتیپ ۱۵ که در مجاورت شاخص‌های TOL و SSI قرار

جدول ۱. مقادیر شاخص‌های مقاومت به خشکی و عملکرد در شرایط تنش خشکی و نرمال

Table 1. Values and ranking of drought stress indices and yield under drought stress and non-stress.

ژنوتیپ‌ها	عملکرد نرمال	عملکرد تنش	شاخص حساسیت به تنش	شاخص تحمل	میانگین بهره‌وری	میانگین بهره‌وری هندسی	شاخص تحمل تنش	میانگین بهره‌وری هارمونیک	شاخص عملکرد	شاخص پایداری عملکرد
genotypes	Yp <sup>§</sup>	Ys	SSI	TOL	MP	GMP	STI	HARM	YI	YSI
HW113	570.06	324.70	0.91	245.36	447.38	430.23	0.83	413.74	1.31	0.57
K 312	411.99	206.45	1.05	205.54	309.22	291.64	0.38	275.06	0.83	0.50
Karaj 1	460.06	184.85	1.26	275.20	322.45	291.62	0.38	263.73	0.74	0.40
KR 18	499.23	258.61	1.02	240.62	378.92	359.31	0.58	340.72	1.04	0.52
L 73	399.60	268.96	0.69	130.64	334.28	327.83	0.48	321.51	1.08	0.67
L 72	280.00	159.39	0.91	120.61	219.70	211.26	0.20	203.14	0.64	0.57
HW 191	453.81	211.56	1.13	242.25	332.68	309.85	0.43	288.58	0.85	0.47
L 146	591.50	312.93	1.00	278.57	452.21	430.23	0.83	409.31	1.26	0.53
L 210	551.24	263.90	1.10	287.34	407.57	381.41	0.65	356.93	1.06	0.48
L 183	445.38	254.05	0.91	191.33	349.71	336.38	0.51	323.54	1.02	0.57
SW 101	397.16	302.56	0.50	94.60	349.86	346.64	0.54	343.46	1.22	0.76
L 201	526.45	330.56	0.79	195.90	428.50	417.16	0.78	406.11	1.33	0.63
HW 118	429.80	313.34	0.57	116.46	371.57	366.98	0.61	362.45	1.26	0.73
Karaj 2	425.13	195.77	1.14	229.37	310.45	288.49	0.37	268.08	0.79	0.46
OPERA	628.78	136.63	1.65	492.15	382.71	293.10	0.39	224.48	0.55	0.22
Mean	471.35	248.28	0.98	223.06	359.81	338.81	0.53	320.06	1.00	0.54
LSD 0.05	121.71	89.75	-	-	-	-	-	-	-	-

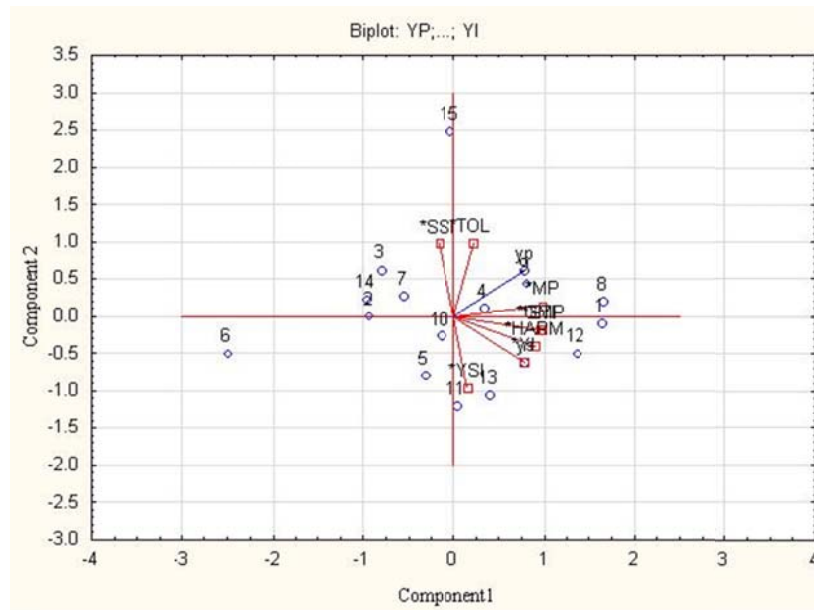
<sup>§</sup> YS: Yield in stress condition; YP: Yield in non-stress condition; SSI: Stress Susceptibility Index; TOL: Tolerance index; MP: Mean Productivity; GMP: Geometric Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; HAR: Harmonic Mean Productivity; YI: Yield Index; YSI: Yield Stability Index.

جدول ۲. تجزیه به مؤلفه‌های اصلی برای شاخص‌های مختلف تحمل به خشکی و عملکرد دانه در دو شرایط تنش و عدم تنش

Table 2. Principle component analysis for different drought resistance indices and grain yield under stress and non-stress conditions

مؤلفه	مقدار ویژه	واریانس	عملکرد نرمال	عملکرد تنش	شاخص حساسیت به تنش	شاخص تحمل	میانگین بهره‌وری	میانگین بهره‌وری هندسی	شاخص تحمل تنش	میانگین بهره‌وری هارمونیک	شاخص عملکرد	شاخص پایداری عملکرد
Component	Eigen value	Variance (%)	Yp <sup>§</sup>	Ys	GMP	MP	TOL	STI	SSI	HARM	YSI	YI
1	6.31	63.22	0.40	-0.28	0.35	0.35	0.29	0.38	-0.18	0.39	-0.18	0.28
2	2.87	91.94	-0.06	0.42	0.29	0.28	0.40	0.17	0.53	-0.05	0.07	-0.41

<sup>§</sup> YS: Yield in stress condition; YP: Yield in non-stress condition; SSI: Stress Susceptibility Index; TOL: Tolerance index; MP: Mean Productivity; GMP: Geometric Mean Productivity; STI: Stress Tolerance Index; HAR: Harmonic Mean Productivity; YI: Yield Index; YSI: Yield Stability Index.



شکل ۱. نمایش بای پلات شاخص‌های مقاومت به خشکی در ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس دو مؤلفه اول.

Fig. 1. The bi-plot display of rapeseed genotypes in drought resistance indices based on first two components.

#### منابع

- Chaghakabudi, Z., Zebarjadi, A.R., Kahrizi, D., 2012. Evaluation of drought tolerance of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes in laboratory and field Conditions. *Journal of Seed and Plant Improvement*. 1, 17-38 [In Persian with English Summary].
- Ghobadi, M., Ghobadi, M.E., Kahrizi, D., Zebarjadi, A.R., Geravandi, M., 2012. Evaluation of drought tolerance indices in dryland bread wheat genotypes under post-anthesis drought stress. *World Academy of Science, Engineering and Technology*. 67, 776-781.
- Kakaei, M., Zebarjadi, A.R., Mostafaie, A., Rezaeizad, A., 2010. Determination of drought tolerant genotypes in *Brassica napus* L. based on drought tolerance indices. *Electronic Journal of Crop Production*. 3, 107-124 [In Persian with English Summary].
- Sayyah, S., Ghobadi, M., Mansoorifar, S., Zebarjadi, A.R., 2012. Evaluation of drought tolerant in some wheat genotypes to post-anthesis drought stress. *Journal of Agricultural Science*. 4(11), 248-256.
- Sio-se Mardeh, A., Ahmadi, A., Poustini, K., Mohammadi, V., 2006. Evaluation of drought resistance indices under various environmental conditions. *Field Crops Research*. 98, 222-229.
- Zebarjadi, A.R., Mirany, T., Kahrizi, D., Ghobadi, M., Nikoseresht, R., 2012. Assessment of drought tolerance in some bread wheat genotypes using drought resistance indices. *Biharean Biologist*. 6(2), 94-98.