دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

ارزیابی شاخص‌های تحمل به شوری برخی از ژنوتیپ‌های کلزا (*Brassica napus* L.)

ایراندخت منصوری[۱]، حمید نجفی زرینی[۲]، نادعلی بابائیان جلودار[۳] و علی پاکدین[۴]

۱- دانشجوی دکتری، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، (نویسنده مسوول: iranmansoori@yahoo.com)
۲ و ۳- دانشیار و استاد، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
۴- استادیار پژوهشکده ژنتیک و زیست فناوری کشاورزی طبرستان، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری

تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۷/۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۲/۲۱
صفحه: ۱ تا ۹

چکیده

تنش شوری از مهم‌ترین عوامل محدودکننده رشد و تولید گیاهان زراعی است. به منظور ارزیابی تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل از طریق شاخص‌های تحمل تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری انجام شد. فاکتورها شامل: ۳۰ ژنوتیپ کلزا و شوری در دو سطح صفر و۱۲ دسی زیمنس بر متر از منبع کلرور سدیم (NaCl) بود. از بین ۳۰ ژنوتیپ مورد بررسی، ژنوتیپ‌های Wesroona، Hyola 401، Ziho، Jef Neuf، Kunto و Alk با توجه به دارا بودن مقادیر بالاتری از شاخص‌های تحمل و عملکرد بالاتر در شرایط نرمال و تنش به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های Askaria، Starlight، Lisandra، Burosemjanaja، Sarigol، Niro1 وNiro2 به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس در نظر گرفته شدند. علاوه بر این، تجزیه بای‌پلات و تجزیه کلاستر نیز تاییدکننده نتایج فوق بود و در تجزیه کلاستر ژنوتیپ‌ها به سه گروه تقسیم شدند. نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که شاخص تحمل به تنش (STI)، میانگین حسابی بهره‌وری (MP) و میانگین هندسی بهره‌وری (GMP)، شاخص عملکرد (YI) و شاخص میانگین هارمونیک (HM) در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل موثر می‌باشند و شاخص تحمل به تنش (STI) از سایر شاخص‌ها موثرتر است.

واژه‌های کلیدی: شاخص تحمل، شاخص عملکرد، شوری، کلزا، میانگین حسابی

مقدمه

تنش‌های محیطی از جمله شوری همواره عامل کاهش کمیت و کیفیت محصولات زراعی بوده‌اند که این تغییرات در گونه‌های مختلف گیاهی و حتی واریته‌های مختلف، متفاوت است (۲). از آنجایی‌که بیشتر محصولات زراعی حساس به تنش شوری هستند، بنابراین امروزه شوری یک خطر جدی برای کشاورزی محسوب می‌شود (۸،۲۰،۱۰). مطالعات شوری نشان می‌دهد که بالا بودن غلظت نمک در محلول خاک، عملکرد گیاهان زراعی را به‌شدت کاهش می‌دهد (۱۶،۲۰،۳۲،۳۵).

شور شدن خاک پدیده‌ای پیش‌رونده محسوب می‌شود به‌گونه‌ای که در دنیا حدود ۱۱درصد از اراضی فاریاب تحت‌تاثیر درجات مختلفی از شوری قرار دارد (۹). کشت و کار در مناطق با خاک‌های شور مستلزم به‌کار بستن روش‌ها و اقدامات خاص است که در آن تراز مناسبی برای آب و املاح در نظر گرفته می‌شود تا کشاورزی به‌طور دائم بدون محدودیت و کاهش محصول امکان‌پذیر گردد (۱۶،۳۱). لذا لازم است عوامل تحمل به شوری و اجزاء تنظیم‌کننده آنها در طی تنش شناسایی شود (۲۱،۲۴). یکی از راه‌های اصلی برای تامین این هدف شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به شوری است (۳۴،۱۸). دانه‌های روغنی از مهم‌ترین محصولات کشاورزی هستند که از نظر اهمیت در ردیف دوم تولیدات کشاورزی جهان قرار می‌گیرند (۳۰،۲۷،۶،۳۴). برای افزایش تولید دانه‌های روغنی در چند سال اخیر توجه خاصی به گیاه کلزا شده است. تحقیقات نشان می‌دهد کلزا یکی از محصولات نسبتا مقاوم به تنش خشکی و شوری است (۲۱،۲۲،۳۲). براساس تقسیم‌بندی آگراوال و همکاران (۱) کلزا در گروه گیاهان زراعی متحمل به شوری قرار دارد. سطح آستانه شوری برای آن ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر است و در شوری خاک ۱۴ دسی‌زیمنس بر متر دچار ۵۰ درصد افت عملکرد می‌گردد (۲۵). از ویژگی‌های خاص گیاه کلزا سازگاری آن با شرایط آب و هوایی اکثر نقاط کشور است که سبب شده است که توسعه کشت این گیاه به‌عنوان نقطه امیدی جهت تامین روغن گیاهی مورد نیاز کشور به‌شمار رود (۱۳،۱۵،۱۹،۳۲،۲۶).

هدف از شناسایی ارقام متحمل به شوری، معرفی ارقامی است که به‌طور نسبی در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها تنش را بهتر تحمل کنند و در شرایط یکسان، افت عملکرد کمتری داشته باشند (۴،۱،۵) شاخص‌های متفاوتی برای ارزیابی واکنش ژنوتیپ‌ها در شرایط محیطی مختلف و تعیین تحمل و حساسیت آنها ارائه شده است (۲۸،۲۳). حسین و همکاران (۱۶) و فیشر و مورر (۱۱) شاخص تحمل TOL و شاخص متوسط بهره وری MP را معرفی کردند. مقدار زیاد TOL نشان‌دهندهٔ حساسیت ژنوتیپ به تنش است، بنابراین انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل به تنش براساس مقادیر کم TOL است (۳، ۱۱). فیشر و مورر (۱۱) شاخص حساسیت به تنش SSI را معرفی کردند که مقدار کمتر SSI نشان‌دهندهٔ تغییرات کمی عملکرد یک ژنوتیپ در شرایط تنش و بدون تنش است، به‌عبارت دیگر با استفاده از این شاخص می‌توان، ژنوتیپ‌های حساس و متحمل را بدون توجه به پتانسیل عملکرد آنها

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

مشخص کرد (۱۲). استفاده از شاخص بهره‌وری متوسط MP که مقادیر زیاد آن نشان‌دهندهٔ تحمل نسبی به تنش است، اغلب به گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد زیاد در شرایط عادی، ولی کم تحمل به شرایط تنش منجر می‌شود (۲۳،۴). طبق نظر اکثر پژوهش‌گران بهترین شاخص برای گزینش ژنوتیپ‌ها، شاخص تحمل به تنش (STI) است، زیرا قادر است ژنوتیپ‌هایی را که در هر دو محیط تنش و بدون تنش عملکرد زیادی دارند از ژنوتیپ‌هایی که فقط در محیط تنش یا فقط در شرایط عدم تنش عملکرد زیادی دارند، تفکیک کند (۱۲). نتایج آماری مربوط به شاخص‌های تحمل تنش دارای اهمیت بالایی است. زیرا جهت محاسبه آن‌ها، شرایط تنش و عدم تنش به‌طور همزمان در نظر گرفته می‌شوند (۲۵،۵).

هدف از انجام این پژوهش ارزیابی تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل از طریق شاخص‌های تحمل تنش و نیز محاسبه همبستگی بین شاخص‌های تحمل به تنش و نیز گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها از نظر شاخص‌های محاسبه شده می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور ارزیابی تحمل به تنش شوری ژنوتیپ‌های کلزا و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل از طریق شاخص‌های تحمل تنش شوری، آزمایشی در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری در سال زراعی ۱۳۹۶–۱۳۹۵ و در داخل گلدان انجام شد. مواد گیاهی شامل ۳۰ ژنوتیپ کلزا بود که از مرکز توسعه کشت دانه‌های روغنی در ساری تهیه گردید (جدول ۱).

جدول ۱– اطلاعات ژنوتیپ‌های مورد بررسی

Table 1. Information about the studied genotypes

شماره	کد بذر	نام	منشا	شماره	کد بذر	نام انگلیسی	منشا
۱	ARCB212	Falo	هلند	۱۶	ARCB148	Alaska	آلمان
۲	ARCB145	Lb1434	آلمان	۱۷	ARCB196	Gulliver	سوئد
۳	ARCB215	Hyola	سوئد	۱۸	ARCB173	Sombuck	آلمان
۴	ARCB104	Wesroona	آلمان	۱۹	ARCB222	Somalia arisa	آلمان
۵	ARCB136	Burosemjanaja	آلمان	۲۰	ARCB146	Ib1635	آلمان
۶	ARCB100	Bronowski	آلمان	۲۱	ARCB185	Topas	سوئد
۷	ARCB197	Alku	سوئد	۲۲	ARCB190	Kunto	سوئد
۸	ARCB119	Lisandra	سوئد	۲۳	ARCB160	Niro1	آلمان
۹	ARCB101	Jef Neuf	سوئد	۲۴	ARCB223	Savalot	هلند
۱۰	ARCB761	Sarigol	سوئد	۲۵	ARCB123	Askaria	آلمان
۱۱	ARCB147	Lb1632	آلمان	۲۶	ARCB162	Niro9	آلمان
۱۲	ARCB763	Record	آلمان	۲۷	ARCB125	Ziho	آلمان
۱۳	ARCB762	Option	آلمان	۲۸	ARCB759	RGS003	آلمان
۱۴	ARCB193	Starlight	سوئد	۲۹	ARCB152	Niro2	آلمان
۱۵	ARCB195	Regina	سوئد	۳۰	ARCB112	Kintol	آلمان

آزمایش به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورها شامل: ۳۰ ژنوتیپ کلزا و شوری در دو سطح صفر و۱۲ دسی‌زیمنس بر متر از منبع کلرور سدیم (NaCl) بود. برای تهیه این سطح شوری مقدار ۷/۰۳ گرم نمک طعام در یک لیتر آب حل گردید.

برای کاشت کلزا از گلدان‌های پلاستیکی به قطر۳۰ و ارتفاع ۳۵ سانتی‌متر استفاده شد برای اینکه زهکشی با سهولت بیشتری انجام شود در کف تمام گلدان‌ها یک لایه شن ریز به‌عنوان فیلتر قرار داده شد. گلدان‌ها با ۵ کیلوگرم خاکی که از الک یک میلی‌متری عبور داده شده بود پر گردید و مقادیر معادل ۳۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار در سه مرحله (یک سوم هنگام کاشت، یک سوم هنگام روزت و یک سوم باقی‌مانده قبل از گلدهی) و۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات تریپل در هنگام کاشت به‌عنوان کود پایه اضافه شد.

بذور ژنوتیپ‌های مورد آزمایش، ضدعفونی شده با هیپوکلریدسدیم ۰/۵ درصد در گلدان‌ها کشت شد. تعداد ۱۰ عدد بذر در عمق ۱/۵ سانتی‌متر در هر گلدان کاشته شد. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها در مرحله چهاربرگی، ۲ بوته در هرگلدان حفظ و مابقی حذف شدند. در طول دوره رشد آبیاری هفتگی بسته به میزان رطوبت بستر انجام شد. اعمال تیمار شوری در اوایل گلدهی صورت گرفت. برای جلوگیری از دست رفتن آب از زیر گلدانی استفاده شد و تا پایان فصل رشد، محلول نشت کرده در زیر گلدانی، مجددا به گلدان‌ها برگردانده شد. در هفته اول گلدهی میزان سدیم و پتاسیم (میلی‌گرم در گرم) و گوگرد در برگ گیاه (میلی‌گرم بر کیلوگرم)، اندازه‌گیری شد.

برای محاسبه عملکرد کلزا، در مرحله رسیدگی فیزیولوژیکی دو بوته کلزا موجود در هر گلدان از سطح خاک قطع گردید و سپس بذور کلزا جدا گردیده و توزین شد و عملکرد بوته محاسبه گردید. نحوه محاسبه شاخص‌های تحمل به تنش به شرح زیر بود:

شاخص حساسیت به شوری (SSI) برای عملکرد دانه (۱۱):

$$SSI=1- (Y_s/Y_p)/SI$$

شاخص تحمل به تنش شوری (STI) برای عملکرد دانه هر ژنوتیپ (۱۱)

$$STI= Yp-Ys./ (\bar{Y}p)^2$$

شاخص تحمل (۱۷)

$$TOL= Yp-Ys$$

میانگین حسابی بهره‌وری یا متوسط عملکرد در هر دو شرایط (۱۷)

$$MP= Yp+Ys/2$$

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

میانگین هندسی بهره‌وری (۱۲)

$$MP = \sqrt{Yp \times Ys}$$

شاخص عملکرد (۱۴)

$$Y_I = \frac{Ys}{\bar{Ys}}$$

شاخص پایداری عملکرد (۷)

$$YSI = \frac{Ys}{Yp}$$

در این معادلات Y_s عملکرد ژنوتیپ تحت تنش شوری، Y_p عملکرد ژنوتیپ تحت شرایط نرمال، $\bar{Y}_s$ میانگین عملکرد ژنوتیپ تحت تنش شوری و $\bar{Y}p$ میانگین عملکرد ژنوتیپ تحت شرایط نرمال می‌باشد.

تجزیه‌های آماری شامل همبستگی پیرسون، به‌منظور بررسی ارتباط بین عملکرد با صفات موثر و مرتبط با تنش شوری و مقایسه آنها در شرایط نرمال و شوری، تجزیه به مولفه‌های اصلی و بای‌پلات، جهت کاهش حجم متغیرهای اولیه، توصیف و تشریح تنوع کل موجود در یک جامعه، تفسیر بهتر روابط و تعیین سهم صفات در تنوع کل و جهت تعیین الگوی تنوع ژنتیکی، و تجزیه خوشه‌ای جهت گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها و تعیین فاصله ژنتیکی بین آنها، با استفاده از نرم‌افزار XLSTAT نسخه ۲۰۱۷ انجام شد. تجزیه خوشه‌ای به‌روش حداقل واریانس وارد صورت گرفت.

نتایج و بحث

در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، محاسبه شاخص تحمل به تنش (STI)، برای ژنوتیپ‌ها به ترتیب بیانگر تحمل بیشتر ژنوتیپ‌های شماره ۴، ۲۲، ۲۷ و ۲۸ در مقایسه با سایر ژنوتیپ‌ها بود. ژنوتیپ‌های ذکر شده ضمن احراز بالاترین مقادیر STI در بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه، از نظر میانگین عملکرد در شرایط تنش و در شرایط نرمال نیز از عملکرد بالایی برخوردار بودند. از طرفی، ژنوتیپ‌های شماره ۲، ۵، ۱۰، ۱۱، ۱۵، ۱۹، ۲۳ ، ۲۵ و ۲۹ نیز بر اساس این شاخص به‌عنوان حساس‌ترین ژنوتیپ‌ها شناخته شدند. این ژنوتیپ‌ها از نظر میانگین عملکرد در شرایط نرمال و تنش در گروه ژنوتیپ‌های کم محصول قرار داشتند و کمترین میزان عملکرد در هر دو شرایط محیطی (نرمال و تنش) مربوط به ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۲۹ بود. با توجه به آنچه که بیان شد، نتیجه گرفته می‌شود که شاخص STI از نظر گزینش ژنوتیپ‌های با عملکرد بالا در هر دو شرایط نرمال و تنش از کارایی بالایی برخوردار است که با تحقیقات رامعه (۲۵) و شمس‌الدین سعید و فرحبخش (۲۹) نیز مطابقت دارد.

در بین ژنوتیپ‌های مورد بررسی، بیشترین میزان شاخص حساسیت به تنش (SSI)، مربوط به ژنوتیپ‌های شماره ۵، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱، ۱۴، ۱۵، ۱۸، ۱۹ و ۲۳ بود. از نظر شاخص تحمل (TOL)، نیز ژنوتیپ‌های ۴، ۱۱، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۷ و ۲۸ از پایداری عملکرد نسبی بیشتری برخوردار بودند. بیشترین میزان میانگین حسابی بهره‌وری (MP)، میانگین هندسی بهره‌وری (GMP) نیز مربوط به ژنوتیپ‌های ۴، ۹، ۱۱، ۲۲، ۲۷، ۲۸ و ۳۰ بود.

تحقیقات انوار و همکاران (۴) در گندم، طاهری پور فرد و همکاران (۳۳) در جو و آناقلی و همکاران (۳) در کلزا نشان داد که شاخص‌های GMP، STI و MP نسبت به شاخص‌های YSi، SSI و TOL قدرت بهتری در گزینش ارقام در شرایط تنش و نرمال دارند. مقادیر بالای شاخص‌های STI، GMP، MP و HM در گیاهچه‌های برنج هفت روزه مقاوم به تنش شوری (۱۶) و نیز در ژنوتیپ‌های مقاوم به شوری برنج در مرحله گیاهچه‌ای گزارش و بر همبستگی بالای این شاخص‌ها با یکدیگر و با Ys و Yp تاکید شده است (۲۱).

بالاترین میزان YSi در ژنوتیپ‌های ۷ و ۱۶ و بیشترین میزان Yi در ژنوتیپ‌های ۷، ۱۷، ۲۲ و ۲۷ مشاهده شد. بالاترین میزان عملکرد در شرایط نرمال (Yp) در ژنوتیپ‌های ۱۱، ۱۵، ۱۸، ۲۲، ۲۷، ۲۸ و ۳۰ و کمترین در ژنوتیپ‌های ۱۰،۱۹،۲۳، ۲۵، ۲۹ مشاهده شد.

بالاترین میزان عملکرد در شرایط شوری (Ys) در ژنوتیپ ۲۲ و کمترین در ژنوتیپ‌های ۵، ۸، ۱۰، ۲۴، ۱۹، ۲۳ و ۲۹ بود. طبق نتایج، ژنوتیپ ۲۲ در هر دو شرایط شوری و نرمال دارای ثبات عملکرد بوده و بیشترین عملکرد را در هر دو شرایط نشان داد و ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۲۹ کمترین عملکرد را در هر دو شرایط نشان دادند.

فرناندز (۱۲) ژنوتیپ‌ها را بر اساس عملکرد در شرایط تنش و بدون تنش به چهار گروه: A (عملکرد بالا در هر دو محیط)، B (عملکرد خوب فقط در شرایط بدون تنش)، C (عملکرد خوب فقط در شرایط تنش)، D (عملکرد ضعیف در هر دو محیط) تقسیم کرد. بر این اساس ژنوتیپ‌های ۴،۱۱، ۷، ۲۲، ۲۷ و ۲۸ در گروه A و ژنوتیپ‌های ۳،۱،۵، ۹،۸،۶، ۲۵، ۲۶، ۳۰، ۱۸، ۱۵، ۱۲،۱۳،۱۴ و ۲۱ در گروه B و ژنوتیپ‌های ۱۷،۱۶،۲ و ۲۴ در گروه C و ژنوتیپ‌های ۱۰، ۱۹، ۲۳، ۲۵ و ۲۹ در گروه D قرار می‌گیرند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

جدول ۲- میزان شاخص‌های تحمل به تنش شوری در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 2. Salt tolerance indices in canola genotypes

ژنوتیپ	Yp	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YSI	YI
۱	۲/۶	۲/۱	۰/۴	۰/۸۵	۰/۸۶	۲/۳	۲/۳۵	۲/۳۴	۰/۸۲	۱/۰۷
۲	۲/۴	۲/۱	۰/۳	۰/۵۹	۰/۷۸	۲/۲۵	۲/۲۴	۲/۲۴	۰/۸۷	۱/۰۵
۳	۲/۷	۲/۱	۰/۶	۱/۰۴	۰/۹۱	۲/۴	۲/۴۱	۲/۳۹	۰/۷۸	۱/۰۷
۴	۲/۸	۲/۳	۰/۵	۰/۸۵	۱/۰۰	۲/۵۵	۲/۵۳	۲/۵۲	۰/۸۲	۱/۱۵
۵	۲/۵	۱/۷	۰/۸	۱/۵۲	۰/۶۶	۲/۱	۲/۰۶	۲/۰۲	۰/۶۸	۰/۸۵
۶	۲/۶	۲/۲	۰/۴	۰/۷۳	۰/۸۹	۲/۴	۲/۳۹	۲/۳۸	۰/۸۴	۱/۱۰
۷	۲/۷	۲/۳	۰/۴	۰/۷۰	۰/۹۷	۲/۵	۲/۴۹	۲/۴۸	۰/۸۵	۱/۱۵
۸	۲/۵	۱/۹	۰/۶	۱/۱۴	۰/۷۴	۲/۲	۲/۱۷	۲/۱۵	۰/۷۶	۰/۹۵
۹	۲/۸	۲/۱	۰/۷	۱/۱۹	۰/۹۱	۲/۴۵	۲/۴۲	۲/۴	۰/۷۵	۱/۰۵
۱۰	۲/۲	۱/۴	۰/۷	۱/۶۳	۰/۵۱	۱/۸۵	۱/۸۰	۱/۷۷	۰/۶۵	۰/۷۳
۱۱	۲/۹	۲/۲	۰/۷	۱/۱۴	۰/۹۹	۲/۵۵	۲/۵۲	۲/۵۰	۰/۷۵	۱/۱۰
۱۲	۲/۵	۲	۰/۵	۱/۹۵	۰/۷۸	۲/۲۵	۲/۲۳	۲/۲۲	۰/۸	۱/۰۰
۱۳	۲/۴	۲	۰/۴	۰/۷۹	۰/۷۵	۲/۲	۲/۱۹	۲/۱۸	۰/۸۳	۱/۰۰
۱۴	۲/۵	۱/۸	۰/۷	۱/۳۳	۰/۷۰	۲/۱۵	۲/۱۲	۲/۰۹	۰/۷۲	۰/۹۰

ادامه جدول ۲- میزان شاخص‌های تحمل به تنش شوری در ژنوتیپ‌های کلزا

Continue the table 2. Salt tolerance indices in canola genotypes

ژنوتیپ	Yp	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YSI	YI
۱۵	۲/۹	۲/۱	۰/۸	۱/۳۱	۰/۹۵	۲/۵	۲/۴۶	۲/۴۳	۰/۷۲	۱/۰۵
۱۶	۲/۳	۲	۰/۳	۰/۶۲	۰/۷۱	۲/۱۵	۲/۱۴	۲/۱۳	۰/۸۶	۱/۰۰
۱۷	۲/۶	۲/۲	۰/۴	۰/۷۳	۰/۸۹	۲/۴	۲/۳۹	۲/۳۸	۰/۸۴	۱/۱۰
۱۸	۲/۹	۲/۱	۰/۸	۱/۳۱	۰/۹۵	۲/۵	۲/۴۶	۲/۴۳	۰/۷۲	۱/۰۵
۱۹	۲/۲	۱/۵	۰/۷	۱/۵۱	۰/۵۱	۱/۸۵	۱/۸۱	۱/۷۸	۰/۶۸	۰/۷۵
۲۰	۲/۴	۲	۰/۴	۰/۷۹	۰/۷۵	۲/۲	۲/۱۹	۲/۱۸	۰/۸۳	۱/۰۰
۲۱	۲/۴	۲/۱	۰/۳	۰/۵۹	۰/۷۸	۲/۲۵	۲/۲۴	۲/۲۴	۰/۸۷	۱/۰۵
۲۲	۲/۹	۲/۴	۰/۶	۱/۰۳	۱/۰۲	۲/۵	۲/۵۶	۲/۵۴	۰/۷۸	۱/۱۳
۲۳	۱/۶	۱/۲	۰/۴	۱/۱۹	۰/۳	۱/۴	۱/۳۸	۱/۳۷	۰/۷۵	۰/۶۰
۲۴	۲/۴	۲/۱	۰/۳	۰/۵۹	۰/۷۸	۲/۲۵	۲/۲۴	۲/۲۴	۰/۸۷	۱/۰۵
۲۵	½	۱/۷	۰/۴	۰/۹۰	۰/۵۵	۱/۹	۱/۸۸	۱/۸۷	۰/۸۰	۰/۸۵
۲۶	۲/۵	۲/۱	۰/۴	۰/۷۶	۰/۸۲	۲/۳	۲/۲۹	۲/۲۸	۰/۸۴	۱/۰۵
۲۷	۲/۹	۲/۱	۰/۵	۰/۸۲	۱/۰۸	۲/۶۵	۲/۶۳	۲/۶۲	۰/۸۲	۱/۲۰
۲۸	۲/۹	۲	۰/۶	۰/۹۸	۱/۰۴	۲/۶	۲/۵۸	۲/۵۶	۰/۷۹	۱/۱۵
۲۹	۱/۷	۱/۲	۰/۵	۱/۴۰	۰/۳۱	۱/۴۵	۱/۴۲	۱/۴۰	۰/۷۰	۰/۶۰
۳۰	۲/۹	۲	۰/۹	۱/۴۷	۰/۹۰	۲/۴۵	۲/۴۰	۲/۳۶	۰/۶۸	۱/۰۰

فرناندز (۱۲) همچنین بیان نمود که صرفاً با اتکا به یک شاخص نمی‌توان ارقام مقاوم و حساس را شناسایی کرد و بهترین شاخص باید ژنوتیپ‌های گروه A را از سایر گروه‌ها جدا کرده و همبستگی بالایی با عملکرد در شرایط تنش و عدم تنش داشته باشد. بنابراین در این آزمایش، شاخص‌های STI، MP، GMP و HM به‌دلیل اینکه همبستگی بالایی با عملکرد در هر دو شرایط داشتند، شاخص‌های بهتری بودند (جدول ۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین شاخص‌های تحمل به شوری در ژنوتیپ‌های کلزا

Table 3. Correlation coefficients between salinity tolerance indices in canola genotypes

	Yp	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YSI	YI
Yp	۱									
Ys	۰/۸۵**	۱								
TOL	۰/۴۱*	۰/۱۳-	۱							
SSI	-۰/۰۷	-۰/۵۸**	۰/۸۸**	۱						
STI	۰/۹۵**	۰/۹۶**	۰/۱۳	-۰/۳۵	۱					
MP	۰/۹۷**	۰/۹۶**	۰/۱۶	-۰/۳۳	۰/۹۹**	۱				
GMP	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۱۲	-۰/۳۶	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱			
HM	۰/۹۵**	۰/۹۸**	۰/۰۹	-۰/۳۹*	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۰/۹۹**	۱		
YSI	۰/۰۷	۰/۵۸**	-۰/۸۸**	-۰/۹۹**	۰/۳۵	۰/۳۳	۰/۳۶	۰/۳۹*	۱	
YI	۰/۸۵**	۰/۹۹**	-۰/۱۳	-۰/۵۸**	۰/۹۶**	۰/۹۶**	۰/۹۷**	۰/۹۸**	۰/۵۸**	۱

* و **: به‌ترتیب یعنی معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

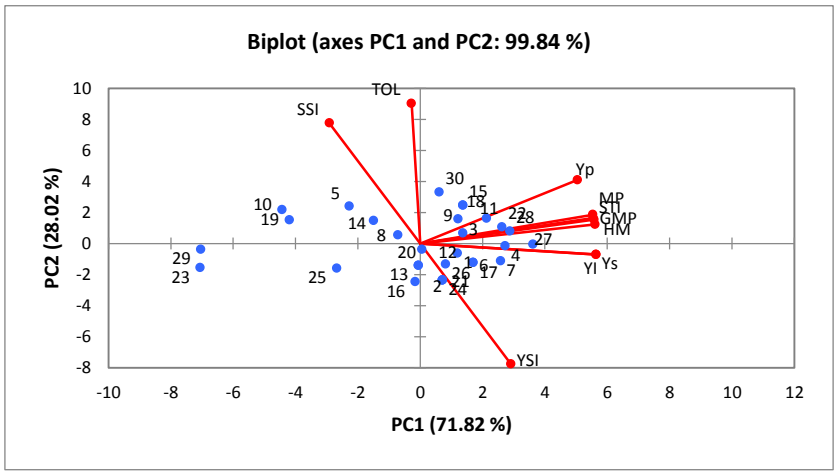
از آنجایی‌که دو مولفه اول بر اساس نتایج تجزیه به مولفه‌های اصلی (جدول ۴) دارای مقادیر ویژه بالاتر از یک بودند و در مجموع ۹۹/۸۴ درصد از تغییرات کل را توجیه کردند و اطلاعات تمام صفات را در بر داشتند، لذا بای‌پلات بر اساس دو مولفه اول می‌تواند اطلاعات مفیدی را در اختیار ما قرار دهد.

جدول ۴- تجزیه به مولفه‌های اصلی با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش شوری در کلزا

Table 4. Analysis of the main components using salt tolerance indices in canola

مولفه‌های اصلی	مقادیر ویژه	درصد واریانس	واریانس تجمعی	Yp	Ys	TOL	SSI	STI	MP	GMP	HM	YSI	YI
PC1	۷/۱۸	۷۱/۸۲	۷۱/۸۲	۰/۳۳	۰/۳۷	-۰/۰۲	-۰/۱۹	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۳۷	۰/۱۹	۰/۳۷
PC2	۲/۸۰	۲۸/۰۲	۹۹/۸۴	۰/۲۷	-۰/۰۵	۰/۶۰	۰/۵۱	۰/۱۱	۰/۱۲	۰/۱۰	۰/۰۸	-۰/۵۱	-۰/۰۵

در شکل ۱ ارتباط شاخص‌ها با مؤلفه‌ها را می‌توان مشاهده نمود. همانطور که در شکل دیده می‌شود، مؤلفه اول همبستگی مثبتی با عملکرد در شرایط نرمال و تنش و نیز شاخص‌های MP، STI، GMP، HM و YI دارد. این نتایج با یافته‌های موچاتی و همکاران (۲۳) و باسلاما و همکاران (۷) مطابقت دارد. شمس‌الدین سعید و فرحبخش (۲۹) و طاهری پور فرد و همکاران (۳۳) نشان دادند که شاخص‌های، GMP STI و MP نسبت به شاخص‌های YSi، SSI و TOL قدرت بهتری در گزینش ارقام در شرایط تنش و نرمال دارند. از آنجایی‌که در شاخص‌های فوق بیشتر بودن شاخص‌ها به انتخاب ژنوتیپ‌های پایدار و با عملکرد بالاتر مربوط می‌شود، لذا مؤلفه اصلی اول را می‌توان به‌عنوان مؤلفه تولید پایدار معرفی نمود. یعنی انتخاب نمودن ژنوتیپ‌های با مقدار بالای این مؤلفه ما را به عملکرد بیشتر و پایدارتر می‌رساند (۷،۱۵). بنابراین در بای‌پلات مذکور، ژنوتیپ‌های ۲۷، ۲۸، ۲۲ و ۴ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۲۹ به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس در نظر گرفته می‌شوند. البته این نتایج توسط سایر تجزیه ها نیز تایید گردید.



شکل ۱- تجزیه بای‌پلات با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش شوری در کلزا.
ژنوتیپ‌ها با شماره نشان داده شده‌اند

Figure 1. Biplot analysis using salt tolerance indices in canola. Genotypes are shown by numbers

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

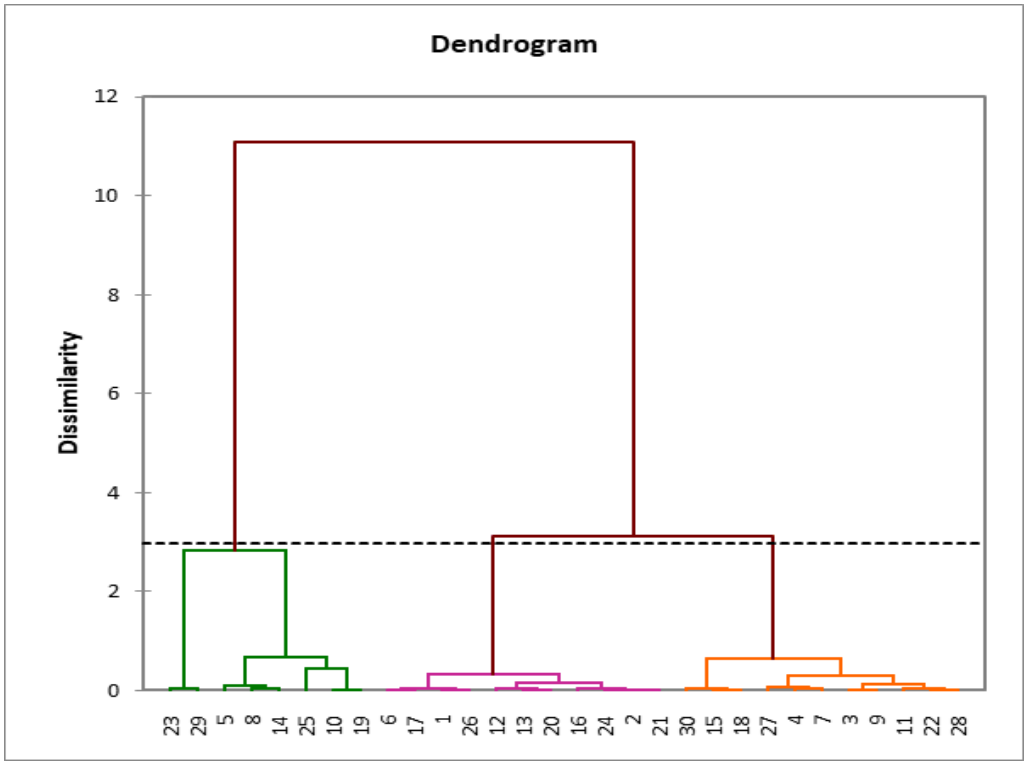
[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

بر اساس نتایج تجزیه خوشه‌ای می‌توان ژنوتیپ‌های مورد بررسی کلزا را به سه گروه مجزا دسته‌بندی کرد (شکل ۲). با توجه به اطلاعاتی که در تجزیه‌های قبلی آمد، گروه‌بندی موجود در این کلاستر تاییدکننده نتایج بخش‌های قبلی بود. به‌طوری‌که ژنوتیپ‌های ۴، ۲۷ و ۲۸ که به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل در نظر گرفته شده بودند، در اینجا نیز در یک گروه قرار گرفتند و از طرفی دیگر ژنوتیپ‌های ۲۳ و ۲۹ نیز که به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس در نظر گرفته شده بودند، در یک گروه جای گرفتند.

در مجموع با توجه به نتایج این پژوهش، می‌توان بیان نمود که شاخص‌های MP، STI، GMP، HM و YI به‌ویژه شاخص STI در انتخاب ژنوتیپ‌های متحمل بهتر از بقیه عمل نمودند که با یافته‌های تاری‌نژاد و همکاران (۳۲) مطابقت دارد. از بین ۳۰ ژنوتیپ مورد بررسی، ژنوتیپ‌های (Wesroona)۴، (Kunto) ۲۷، (Alku)۷، (Hayola 401)۳، (Lb1632)۱۱، (Jef Neuf) ۹، (Kunto) ۲۲ و (RGS003) ۲۸ به‌عنوان ژنوتیپ‌های متحمل و ژنوتیپ‌های (Askaria)۲۹، (Starlight) ۱۴، (Lisandra) ۸، (Burosemjanaja) ۵، (Sarigol) ۱۰، (Nirol) ۲۳ و (Niro2) ۲۹، نیز به‌عنوان ژنوتیپ‌های حساس در نظر گرفته شدند.

تشکر و قدردانی

بدین وسیله از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری جهت تامین امکانات اجرای این طرح سپاسگزاری می‌شود.



شکل ۲- دندروگرام تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های کلزا بر اساس شاخص‌های تحمل به تنش شوری با روش حداقل واریانس وارد

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of canola genotypes based on salt tolerance indices by Ward minimum variance

منابع

1. Agarwal, P.K., P.S. Shukla, K. Gupta and B. Jha. 2013. Bioengineering for salinity tolerance in plants: state of the art. Molecular Biotechnology, 54: 102-123.
2. Ali, N., F. Javidfar, J.Y. Elmira and M.Y. Mirza. 2013. Relationship among yield components and selection criteria for yield improvement in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). Pakistan Journal of Botany, 35(2): 167-174.
3. Anagholi, A., M.J. Rousta and A. Azari. 2016. Salt tolerance varieties of canola by using of tolerant indices. Arid Biome Scientific and Research Journal, 6(2): 1-9.
4. Anwar, J., G. Subhani, M. Hussain, J. Ahmad, M. Hussain and M. Munir. 2011. Drought tolerance indices and their correlation with yield in exotic wheat genotypes. Pakistan Journal of Botany, 43(3): 1527-1530.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

5. Ashraf, M. 2014. Relationships between growth and gas exchange characteristics in some salt tolerant amphidiploids Brassica species in relation to their diploid parents. Environmental and Experimental Botany, 45: 155-163.
6. Ashraf, M .and T. McNeilly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oil seeds. Critical Reviews in Plant Science, 23: 157-174.
7. Buslama, M. and W.T. Schapaugh. 1984. Stress tolerance in soybean. Part 1: elevation of three screening techniques for heat and drught tolerance. Crop Science, 24: 933-937.
8. Bybordi, A. 2010. Effects of Salinity on Yield and Component Characters in Canola (*Brassica napus* L.) Cultivars. Noulaet Scientia Biologicae, 2(1): 81-83.
9. FAO Statistical Year Book 2012. World Food and Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nation, Rome, 366 pp.
10. FAO. 2014. Faostat FAO Rome. www.faostat.fao.org.
11. Fischer, R.A. and R. Maurer. 1978. Drought resistance in spring wheat cultivars. I., Grain yield response. Australian Journal of Agricultural Research, 29: 897-907.
12. Fernandes, G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing stress tolerance. In: Kuo C.G. (Ed), proceeding of the international symposium on adaptation of vegetables and other food crop in temperature and water stress, publication, Tainan, Taiwan.
13. Ghaffari Nematabad, G. and B. Tahmasbpour. 2010. Evaluation of important cultivation traits in winter canola through factor analysis, 2: 27-28.
14. Gavuzzi, P., G. Delogu, G. Boggini, N. Di Fonzo and B. Borghi. 1993. Identification of bread wheat, durum wheat and barley cultivars adapted to dry areas of southern Italy. Euphytica, 68: 131-145.
15. Ghuge, S.A., A.N. Rai, B.G. Khandagale and S. Penna. 2011. Salt-induced stress responses of brassica (*Brassica juncea* L.) genotypes. Arch. 57: Agronomy and Soil Science, 57: 127-136.
16. Hosseini, S.J., Z. Tahmasebi and H. Pirdashti. 2012. Screening of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes for NaCl tolerance at early seedling stage. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3(8): 274-283.
17. Hossain, A.B.S., A.G. Sears, T.S. Cox and G.M. Paulsen. 1990. Desiccation tolerance and its relationship to assimilate partitioning in winter wheat. Crop Science, 30: 622-627.
Kazemeini, S.A., M.H. Alborzei Hagighi and H. Pirasteh-Anosheh. 2016. Evaluating salinity tolerance at different growth stages in rapeseed (*Brassica napus*). Environmental Stresses in Crop Sciences. 9(2): 185-193 [In Persian with English Summary].
18. Khayat, M., A.A. Rahnama and S. Lack. 2014. Assessment correlation, stepwise regression and Path coefficient analyses of yield associated traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars for achieve genetic improvement. Advances in Environmental Biology, 8(24): 305-310.
19. Momeni, A. 2011. Geographical distribution and salinity levels of soil resources of Iran. Iranian Journal of Soil Research, 24(3): 203-215 (In Persian).
20. Mirdarmansouri, S., N. Babaeian and N. Bagheri. 2012. Evaluation of salt tolerance in Iranian rice genotypes in hydroponic system based on salt stress tolerance and sensitivity attributes. Iranian Journal of Field Crops Research, 9(4): 694-703 (In Persian).
21. Mohammadjani Asrami, M., H. Najafi Zarrini and S.R. Mousavi. 2014. Multivariate analysis of important morphological traits in some rapeseed (*Brassica napus* L.) Genotypes. International journal of Agronomy and Agricultural Research, 5(6): 9-14.
22. Muchate, N.S., G.C. Nikalje, N.S. Rajurkar, P. Suprasanna and T.D. Nikam. 2016. Plant salt stress: adaptive responses, tolerance mechanism and bioengineering for salt tolerance. Botanical Review, 82: 371-406.
23. Nemati, M. and A. Asghari. 2012. Evaluation of osmotic stress tolerance in hydroponics. Journal of science and Technology of Greenhouse Culture, 3(11): 19-30 (In Persian).
24. Rameeh, V. 2013. Multivariate analysis of some important quantitative traits in rapeseed (*Brassica napus* L.) advanced lines. Journal of Oilseed Brassica, 4(2): 75-82.
25. Rameeh, V. and N. Amoli. 2015. Relationship among yield and component characters in different planting dates of rapeseed genotypes. Research on Crop Ecophysiology, 10(2): 1724.
26. Semahegn Belete, Y. 2016. Genetic variability, correlation and path analysis studies in Ethiopian mustard (*B. carinata A. Brun*) genotypes**.** International Journal of Plant Breeding and Genetics, 5: 328-338.
27. Shahbazi, M. and A. Kiani. 2002. Determination of salinity tolerance threshold in commercial Canola varieties. AREO. Agricultural and Natural Research Center of Golestan province. Project, 117-12-20-77067 (In Persian).
28. Shamseddin Said, M. and H. Farhbakhsh. 2008. Study of quantitative and qualitative traits of canola yield under salinity stress conditions and identification of the best resistance index. Journal of Agricultural Sciences and Technology, 12(43): 78-65.
29. Shekhawat, K., S.S. Rathore, O.P. Premi, B.K. Kandpal and J.S. Chauhan. 2012. Advances in Agronomic management of Indian Mustard (*Brassica juncea* L. Czernj. Cosson). Agronomy, 10: 1-14.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

30. Suzuki, N., R.M. Rivero, M. Shulaev, E. Blumwald and R. Mittler. 2014. Abiotic and biotic stress combinations. New phytologist, 203: 32-43.
31. Tarinejad, A., H. Gayomi, V. Rashidi, F. Farahvash and B. Alizade. 2012. Evaluation of Tolerance Rate of Canola Cultivar to Salinity Stress. Sustainable Agriculture and Production Science, 22(4.1): 29-43 (In Persian).
32. Taheripour Fard, Z., A. Izadi Darandi, H.A. Ghazvini, M. Ebrahimi and S.M.M. Mortazavian. 2015. Evaluation of end-season drought stress tolerance in barley genotypes using sensitivity and stress tolerance indices Breeding of Agronomic and Horticultural Crop, 3(1): 39-55.
33. Yousefi, F., P. Hasib, H, Roshanfekr and M. Meskarbashi. 2015 .The study of the effects of salinity and drought stress on some physiological components of two canola genotypes (*Brassica napus* L.). in Ahvaz. Plant Production. Journal of Agriculture, 38: 25-34.
34. Zamani, Z., M.T. Nezami, D. Habibi and M.B. Khorshidi. 2010. Effect of quantitative and qualitative performance of four canola cultivars (*Brassica napus* L.) to salinity conditions. Advanced in Environemental Biology, 4(3): 422-427.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]

Evaluation of Salinity Tolerance Indices of Some Canola (*Brassica napus* L.) Genotypes

Irandokht Mansoori[1], Hamid Najafe Zarrini[2], Nadali Babaean Jelodar[3] and Ali Pakdin[4]

1- PhD student, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(Corresponding author: iranmansoori@yahoo.com)
2 and 3- Associate Professor and Professor, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
4- Assistant Professor, Genetics and Agricultural Biotechnology Institute of Tabarestan (GABIT), Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
Received: September 24, 2018 Accepted: May 11, 2019

Abstract

Salinity stress is one of the most important factors limiting the growth and production of crops. To evaluate salt tolerance of canola genotypes and identification of tolerant genotypes through salinity stress tolerance indexes, a factorial experiment was conducted based on randomized complete block design with three replications at Sari University of Agricultural Sciences and Natural Resources. Factors consisted of 30 rapeseed genotypes and salinity at zero and 12 dS/m sodium chloride sources (NaCl). Based on higher values of tolerance and yield indices in normal and stress conditions, genotypes of Westona, 401Hyola, Ziho, Jef Neuf, Kunto and Alk were considered as tolerant genotypes and genotypes of skaria, Starlight, Lisandra, Burosemjanaja Sarigol, Niro1 and Niro2 were considered as sensitive genotypes. In addition, biplot analysis and cluster analysis confirmed these results. In cluster analysis, genotypes were divided into three groups. The results of this study indicate that the stress tolerance index (STI), the mean productivity (MP) and the geometric mean productivity (GMP), yield index (YI) and average harmonic index (HM) can be effective in selection of tolerant genotypes and the stress tolerance index (STI) is more effective than the other indexes.

Keywords: Canola, Salinity, Sensitivity Index, Tolerance Index, Yield Index

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-15]

[DOI: 10.52547/jcb.13.38.1]