



ازیابی تحمل به شوری کلرید سدیم و گروه‌بندی *(Brassica napus L.)*

مهدي کشاورزيان^۱, محمود تورچي^۲ و محمد رضا شکيبا^۳

^۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه بهنرآری و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز

^۲- استاد گروه بهنرآری و بیوتکنولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز (نویسنده مسؤول): mtoorchi@tabrizu.ac.ir

^۳- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۷/۴/۱۶

تاریخ پذیرش: ۹۷/۴/۱۶

صفحه: ۱۵۴ تا ۱۶۴

چکیده

تنش‌های غیر زیستی مانند شوری از جمله عواملی هستند که تولیدات کشاورزی را به شدت تحت تاثیر قرار می‌دهند. به منظور بررسی اثر تنش شوری بر برخی صفات مورفو‌لوجیکی و فیزیولوژیکی مرتعهای خرد شده در قالب بلوك‌های کامل تصادفی با سه سطح شوری صفر (شاهد)، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی‌مولاًر کلرید سدیم با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه تبریز در این پژوهش صفات وزن خشک اندام هوایی و ریشه، ارتفاع بوته، میزان سدیم و پتانسیم به سدیم اندام هوایی و ریشه اندازه‌گیری شد. تنش شوری باعث افزایش معنی‌دار میزان سدیم و کاهش صفاتی نظیر ارتفاع بوته، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، میزان پتانسیم و نسبت پتانسیم به سدیم شد. بین ژنوتیپ‌ها در اکثر صفات تفاوت معنی‌دار مشاهده شد که نشان دهنده ت النوع بالای ژنوتیپ‌ها در تحمل به شوری بود. تجزیه خوش‌ای منجر به تفکیک ژنوتیپ‌ها در چهار گروه گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها، مقایسه میانگین‌ها و تجزیه خوش‌ای ژنوتیپ‌ها طی مرحله رشد رویشی بودند. لذا می‌توان از آن‌ها برای مکان‌یابی ژن‌های درگیر در مقاومت به شوری و درک درست سازوکار تحمل به شوری و ژن‌های درگیر در این فرآیند استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: تجزیه خوش‌ای، تنش شوری، کلرید سدیم، کلزا

جذب یونی است؛ در مکانیسم اول گیاه در پاسخ به تنش شوری یون‌های سمی مانند سدیم و کلر را با روش‌های مختلف دفع می‌کند (۱۶) و در مکانیسم دوم یون‌های جذب شده بوسیله سلول در واکوئل آن انباشته می‌شوند (۲۱). ظرفیت تجمع یونی در گیاهان رابطه‌ای مستقیم با میزان تحمل به شوری دارد. تنش شوری باعث افزایش سدیم در بافت‌های برگ و ریشه می‌شود، اما موجب کاهش پتانسیم و نسبت پتانسیم به سدیم می‌گردد (۵، ۱۲، ۲۴، ۲۵). بنابراین ساختهای یونی نظیر جذب و انتقال سدیم و پتانسیم و همچنین نسبت پتانسیم به سدیم می‌تواند به عنوان معیارهای موثر در کریشن لاین‌های متتحمل به شوری در گیاهان زراعی به خصوص خانواده براسیکا مدنظر قرار گیرند (۲، ۱۴). فرانکوئیس (۸) شوری آب و خاک ۱۱ و ۹/۷ دسی‌زیمنس بر متر را به ترتیب حد آستانه کاهش رشد رویشی و عملکرد در گونه‌های *B. napus* و *B. campestris* گزارش نمود. اگرچه کلزا در رده گیاهان نیمه متتحمل به شوری قرار دارد (۱۷)، ولی کاهش عملکرد قبل توجهی در محیط‌های شور دارد (۱). تونکتک‌ورک و همکاران (۲۶)، پژوهشی را روی ژنوتیپ‌های کلزا در شرایط تنش شوری انجام دادند؛ نتایج حاکی از آن بود که شوری اثر معنی‌داری روی رشد رویشی کلزا داشت. همچنین وزن تر بخش هوایی تحت تاثیر قرار گرفته و به طور معنی‌داری کاهش یافت که با پاسخ متفاوت ژنوتیپ‌ها همراه بود. عمدترين اثر مضر شوری بر روی گونه‌های جنس براسیکا، کاهش صفاتی نظیر ارتفاع گیاه و عملکرد محصول گزارش شده است (۲). با توجه به افزایش

مقدمه

شوری آب و خاک از جمله عوامل ایجاد کننده تنش‌های غیرزیستی هستند که اثرات منفی جبران ناپذیری بر رشد و نمو و عملکرد گیاهان زراعی می‌گذارند. تخمین زده شده که بیش از شش درصد زمین‌های جهان و حدود ۲۰ درصد اراضی زیر کشت تحت تاثیر شوری قرار دارند (۱۸). دانه‌های روغنی بعد از غلات و حبوبات در مرتبه سوم اهمیت در تامین غذای بشر قرار دارند (۲). بنا به گزارش سازمان خوار و بار کشاورزی جهانی (FAO)^۱ مجموع تولید جهانی کلزا در سال ۲۰۱۳ برابر ۷۲/۵ میلیون تن و در ایران ۳۵۰ هزار تن گزارش شده است که این میزان تولید تامین کننده نیاز روغن با توجه به حجم بالای جمعیت در ایران نیست (۷). در سالهای اخیر، روند شور شدن خاک‌ها افزایش یافته و هکتارها زمین قابل کشت، بر اثر تجمع بیش از حد نمک غیرقابل کشت شده‌اند (۲۲). در کشور ما کشت کلزا بیشتر به سواحل دریایی خزر و مناطق نیمه‌خشک اختصاص یافته که خاک‌های این مناطق عمده‌تاً شور و سدیمی هستند. بنابراین افزایش تحمل شوری به منظور تولید پایدار محصول در مناطق خشک و نیمه‌خشک امری ضروری به شمار می‌رود و می‌تواند منجر به ثبات عملکرد در خاک‌های شور گردد (۱۹). در مرحله رشد رویشی با افزایش غلظت نمک، خصوصیات ساقه از جمله طول ساقه، وزن خشک ساقه، رشد رویشی و خصوصیات فیزیولوژیکی به صورت خطی کاهش می‌یابند (۱۳، ۲۵). شوری کلرید سدیم روند تعادل یونی را در گیاهان تغییر می‌دهد (۱۰، ۹). دو مکانیسم تحمل شوری در گیاهان عالی شامل دفع یونی و

مدت یک ساعت قرار داده شده و بعد از عبور از کاغذ صافی طبق روش شعله سنجی با استفاده از دستگاه فلایبم فتوتمتر (PFP/C Germany Model) بر حسب میلی گرم در گرم ماده خشک اندازه‌گیری شد. تجزیه واریانس داده‌ها برای طرح کرت‌های خرد شده بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی و مقایسه میانگین صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن صورت گرفت. برای گروه‌بندی ژنتیک‌ها از تجزیه خوش‌های به روشن Ward و برای تعیین نقطه برش از تجزیه تابع تشخیص استفاده شد. تجزیه خوش‌های ارقام و ژنتیک‌ها پس از استاندارد کردن داده‌ها به دو طریق برای صفات همسو و مطلوبیت آنها انجام شد. به این صورت که یک بار برای میزان سدیم بخش هوایی و ریشه که تجمع کمتر در بافت گیاه بیانگر تحمل به شوری بیشتر است (۱۵، ۳) و یک بار برای صفات وزن خشک، ارتفاع بوته، میزان پتاسیم و نسبت‌های آنها که بیشتر بودن مطلوب بوده و بیانگر تحمل داده‌ها از نرم‌افزارهای MSTATC و SPSS استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی (جدول ۱) نشان داد که اثر سطوح شوری در همه صفات به جز نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه معنی دار بود. بین ژنتیک‌ها در صفات نسبت پتاسیم به سدیم برگ و ارتفاع بوته در سطح ۰/۱ درصد و در صفات میزان سدیم برگ، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه و طول ریشه در سطح احتمال یک درصد نتایج معنی دار را نشان دادند. همچنین اثر متقابل ژنتیک در شوری برای صفت نسبت پتاسیم به سدیم برگ معنی دار شد.

مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه اثر تنش شوری روی یون سدیم (Na^+)

مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف شوری نشان داد که با افزایش شوری از شاهد به ۳۰۰ میلی مولار تجمع یون سدیم در برگ‌ها به میزان ۸۸/۵ درصد و در ریشه به میزان ۶۹/۷ درصد افزایش می‌یابد. به طوری که در شاهد پایین‌ترین و در تنش شدید بالاترین میزان سدیم را داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین میزان سدیم برگ ژنتیک‌ها نیز بیانگر آن بود که ژنتیک‌های Hyola401 و Safi-7 به ترتیب با ۴۲/۱ و ۷۱/۳ میلی گرم بر گرم وزن خشک بیشترین و کمترین میزان سدیم برگ را در این بین دارا می‌باشند (جدول ۳). تجمع سدیم در بافت‌ها یکی از پاسخ‌های گیاهان به تنش شوری می‌باشد (۲۵، ۲۰).

اثر تنش شوری روی یون پتاسیم (K^+)

مقایسه میانگین یون پتاسیم اختلاف معنی داری را در سطوح مختلف شوری نشان داد (جدول ۲) به طوری که با افزایش شوری تجمع پتاسیم در بافت برگی به میزان ۴۱/۴ درصد و در ریشه ۱۸/۶ درصد به طور معنی دار کاهش پیدا کرد. کاهش میزان یون پتاسیم در اثر شوری در سایر گزارشات آمده است (۱۳، ۲۳).

بی‌رویه خاک‌های شور در جهان و برویه در ایران در اثر خشکسالی‌های چند دهه اخیر و همچنین وجود زمین‌های کشاورزی شور در کشور ضرورت تحقیق و پژوهش در رابطه با این موضوع بیش از پیش احساس می‌شود. یکی از راهکارهای ایجاد تنوع در اصلاح نباتات، تلاقی ژنتیکی والدین است که با تجزیه خوش‌های می‌توان به آن دست یافت. هدف از مطالعه حاضر بررسی پاسخ ژنتیک‌های مختلف کلزا بهاره و گروه‌بندی آنها طی مرحله رویشی (گیاهچه‌ای) در شرایط تنش شوری می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی ژنتیک‌های کلزا بهاره تحت تیمارهای شوری در مرحله رویشی (گیاهچه‌ای) آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در آبان ماه ۱۳۹۲ و در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز به اجرا در آمد. گلخانه از نوع شیشه‌ای و کشت در سیستم آبکشت با بستر ماسه و پرلیت و تقدیم با محلول غذایی هوگلند تغییر یافته (۵) با کمی تغییرات برای گیاه کلزا در فواصل زمانی مشخص صورت گرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل ۲۲ ژنتیک کلزا بهاره با SAN-13 SAN-8 SAN-6 SAN-3 SAN-۲ Zabol-0 Safi-7 Safi-6 Safi-5 Safi-3 SAN-17 Amica Hyola401 S8-901-123 RGS003 Zafar Hyola308 Heros Goliath Olga Sarigol بود که از موسسه تحقیقات و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شد. ژنتیک‌ها به عنوان عامل فرعی و سطوح شوری به عنوان عامل اصلی در نظر گرفته شدند. شوری از نوع کلرید سدیم با سطوح شوری صفر (شاهد)، ۱۵۰ و ۳۰۰ میلی مولار بود که در چند مرحله به صورت تدریجی اعمال گردید. به این صورت که برای سطح شوری ۳۰۰ میلی مولار در شش روز متواالی و یک هفته پس از نشاء به میزان ۵۰ میلی مولار در روز و برای سطح ۱۵۰ میلی مولار طی سه روز متواالی و یک هفته پس از نشاء به میزان ۵۰ میلی مولار در روز اعمال شد.

به دلیل برخی مشکلات کاشت مستقیم از قبیل غیریکنواختی و عدم جوانه‌زنی در بستر کشت ماسه و پرلیت و جهت یکنواختی در جوانه‌زنی اقدام به تهیه نشاء شد در ابتدا ضدغوفونی بذور با هیپوکلریت سدیم ۵/۵ درصد به مدت ۲۴ ساعت صورت گرفت سپس بذور در سینی‌های مجرا سبز شده و پس از یک هفته در بستر اصلی نشاء شدند و پس از ۵۰ روز اقدام به اندازه‌گیری صفات شد.

در این پژوهش صفات ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شدند. برای اندازه‌گیری غلطت عناصر سدیم و پتاسیم در برگ و همچنین در سیستم ریشه‌ای ابتدا نمونه‌های برگ و ریشه به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد آون خشک شده و آسیاب شدند. سپس ۱۰-۲۰ میلی گرم از ماده خشک توزین و در ۸ میلی لیتر اسید نیتریک ۷/۲ نرمال در دمای ۱۰۰ درجه سانتی گراد به

است (۱۲). مقایسه میانگین ژنوتیپ‌ها نشان داد که Safi-3 بیشترین و ژنوتیپ Option500 کمترین وزن خشک اندام هوایی را داشت. در صفت وزن خشک ریشه نیز ژنوتیپ‌های Amica و S8-901-123 به ترتیب بیشترین و کمترین میانگین وزن خشک ریشه را داشتند. با توجه به کاهش سطح و تعداد برگ با افزایش شوری، چنین برداشت می‌شود که میزان دریافت نور و در نتیجه فتوسترات خالص و تجمع ماده خشک کاهش یافته و وزن خشک اندام هوایی و ریشه کاهش می‌یابد (۱۲). ژنوتیپ‌های SAN-13 و Safi-7 به ترتیب بیشترین و کمترین نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه را داشتند.

اثر تنش شوری روی ارتفاع بوته

ارتفاع بوته با افزایش سطوح شوری در حدود ۴۴/۵ درصد کاهش نشان داد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که ژنوتیپ SAN-2 با ۲۴/۴ سانتی‌متر بیشترین و ژنوتیپ Option500 با ۱۶/۶۷ سانتی‌متر کمترین ارتفاع بوته را داشتند (جدول ۳). تنش شوری از طریق کاهش رشد و توسعه سلولی موجب کاهش ارتفاع می‌شود (۱۵).

اثر تنش شوری روی نسبت پتانسیم به سدیم (K^+/Na^+) مقایسه میانگین اثر متقابل ژنوتیپ و شوری در صفت نسبت پتانسیم به سدیم اندام هوایی (شکل ۱) نشان داد که در همه ژنوتیپ‌ها با افزایش شوری نسبت پتانسیم به سدیم اندام هوایی کاهش می‌یابد. ژنوتیپ SAN-2 با اختلاف معنی‌دار بالاترین میزان و Olga کمترین میزان را در تیمار شاهد داشت. بین سطوح تنش ملایم و شدید اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد با این وجود ژنوتیپ Safi-7 در تنش ملایم بالاترین و Zabol-0 کمترین میزان و در تنش شدید را دارا بودند. نسبت پتانسیم به سدیم از فاکتورهای موثر در انتخاب ژنوتیپ‌های متتحمل به شوری در گیاهان به خصوص خانواده براسیکا می‌باشد (۲، ۱۳).

اثر تنش شوری روی وزن خشک اندام هوایی و ریشه مقایسه میانگین کاهش قابل توجهی را در وزن خشک اندام هوایی و ریشه با افزایش سطوح شوری نشان داد. به طوری که کاهش ۷۲/۹ و ۷۵/۶ درصدی را به ترتیب در وزن خشک اندام هوایی و ریشه منجر شد (جدول ۲). کاهش وزن خشک در اثر شوری از سوی محققان دیگر نیز گزارش شده

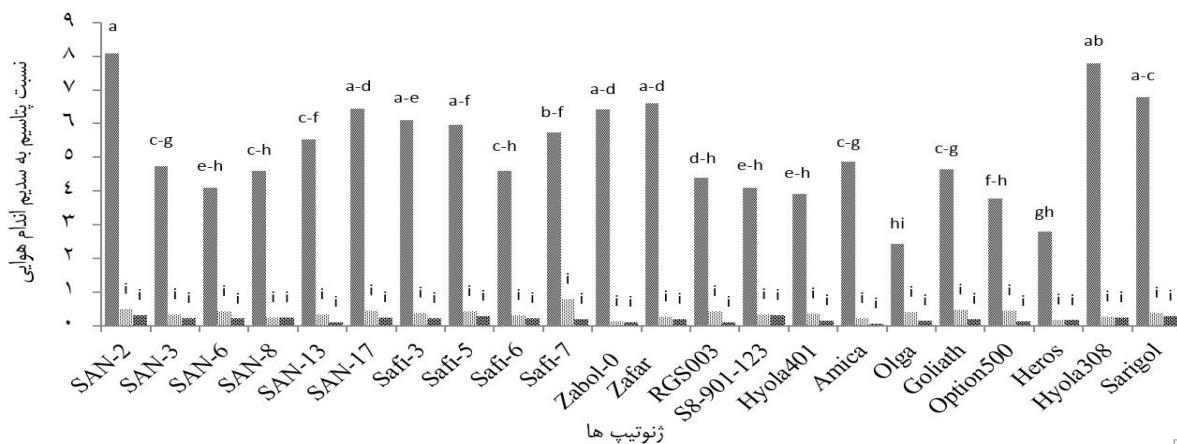
جدول ۱ - تجزیه واریانس صفات مختلف ژنوتیپ‌های کلزا در سطوح مختلف شوری

Table 1. Variance analysis of different rapeseed genotypes in different levels of salinity

** و ***: به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۰/۱ و ۰/۵ درصد است

میانگین مریعات												
ارتفاع بوته	نسبت وزن خشک اندام به ریشه	وزن خشک هوایی به ریشه	وزن خشک هوایی به ریشه	نسبت پتانسیم به سدیم هوایی به ریشه	سدیم به سدیم هوایی به ریشه	نسبت پتانسیم به سدیم برگ	پتانسیم برگ	سدیم برگ	درجه آزادی	متای تعیین		
۲۷۸/۱۹ ^{ns}	۱۵۵/۷۷ ^{ns}	۰/۱۲ ^{**}	۰/۵۸ [*]	۰/۶۷ ^{ns}	۱۱۸۴/۲۵ ^{**}	۱۵۵۰/۶۴ ^{ns}	۳۵/۱۵ ^{ns}	۴/۰۲ ^{ns}	۱۳/۴۹ ^{**}	۲	بلوک	
۳۳۷۷/۸۱ ^{**}	۱۹/۲۴ ^{ns}	۰/۵۴ ^{***}	۲/۳۲ ^{**}	۴۱/۵۴ ^{**}	۴۴/۵۶ [*]	۲۳۹۶۳/۱۶ ^{**}	۵۴۷/۷۹ ^{**}	۸۴/۱۲ [*]	۸۶/۲۲ ^{***}	۲	شوری	
۱۰۰/۰۴	۴۱/۶۱	۰/۰۰۳	۰/۰۸	۱/۹۹	۶۱/۷۳	۱۲۱۶/۴۸	۱۸/۹۶	۸/۲۵	۲/۶۱	۴	خطای	
۳۵/۴۱ ^{***}	۵/۲۴ ^{**}	۰/۰۳ ^{**}	۰/۰۵ ^{**}	۰/۳۶ ^{ns}	۹۷/۵۸ ^{ns}	۳۵۶/۵۵ ^{ns}	۲/۴۱ ^{***}	۱/۶۷ ^{ns}	۳/۵۵ ^{**}	۲۱	اصلی	
۶/۵۵ ^{ns}	۳/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۰۳ ^{ns}	۰/۴۴ ^{ns}	۹۶/۶ ^{ns}	۵۱۳/۷۵ ^{ns}	۲/۳۳ ^{**}	۲/۰۸ ^{ns}	۲/۳۷ ^{ns}	۴۲	شوری × ژنوتیپ	
۹/۸۴	۲/۳۱	۰/۰۲	۰/۰۲	۰/۵۲	۶۹/۶۸	۴۵۳/۴۵	۰/۷۴	۲/۸۱	۱/۶۹	۱۲۶	فرعی خطای	

تنش شدید ■ تنش ملایم ■ شاهد



شکل ۱- مقایسه میانگین اثر مقابل ژنوتیپ و شوری در صفت نسبت پتانسیم به سدیم اندام هوایی
Figure 1. The interaction between salinity and genotype in Leaf K^+/Na^+ ratio

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های سطوح مختلف شوری

Table 2. Means comparison in different levels of salinity

ارتفاع بوته (cm)	وزن خشک ریشه (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	نسبت پتانسیم به سدیم ریشه	پتانسیم ریشه (mg/g DW)	سدیم ریشه (mg/g DW)	نسبت پتانسیم به سدیم برگ	پتانسیم برگ (mg/g DW)	سدیم برگ (mg/g DW)	سطح تنش
۲۶/۸۵ ^a	.۰/۱۲۳ ^a	.۰/۶۴۹ ^a	۱/۷۹ ^a	۲۳/۹۴ ^a	۱۵/۷۷ ^b	۵/۲۲ ^a	۴۵/۷۳ ^a	۱۱/۸۳ ^c	شاهد
۲۰/۰۴ ^b	.۰/۰۵۶ ^b	.۰/۲۲۷ ^b	.۰/۵۹۲ ^b	۲۳/۹۸ ^a	۴۶/۳۰ ^a	.۰/۳۵۲ ^b	۲۰/۰۹۵ ^b	۷۸/۷۸ ^b	تش ملایم (۱۵۰ میلی مولار)
۱۴/۹۰ ^c	.۰/۰۳ ^c	.۰/۱۶۵	.۰/۷۹۱ ^b	۱۹/۴۸ ^b	۵۱/۸۴ ^a	.۰/۶۴۳ ^b	۲۶/۸۰ ^b	۱۰/۳۶ ^a	تش شدید (۳۰۰ میلی مولار)

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

جدول ۳- مقایسه میانگین برای ژنوتیپ‌های کلزای بهاره تحت تنش شوری

Table 3. Mean comparison of rapeseed genotypes under salinity stress

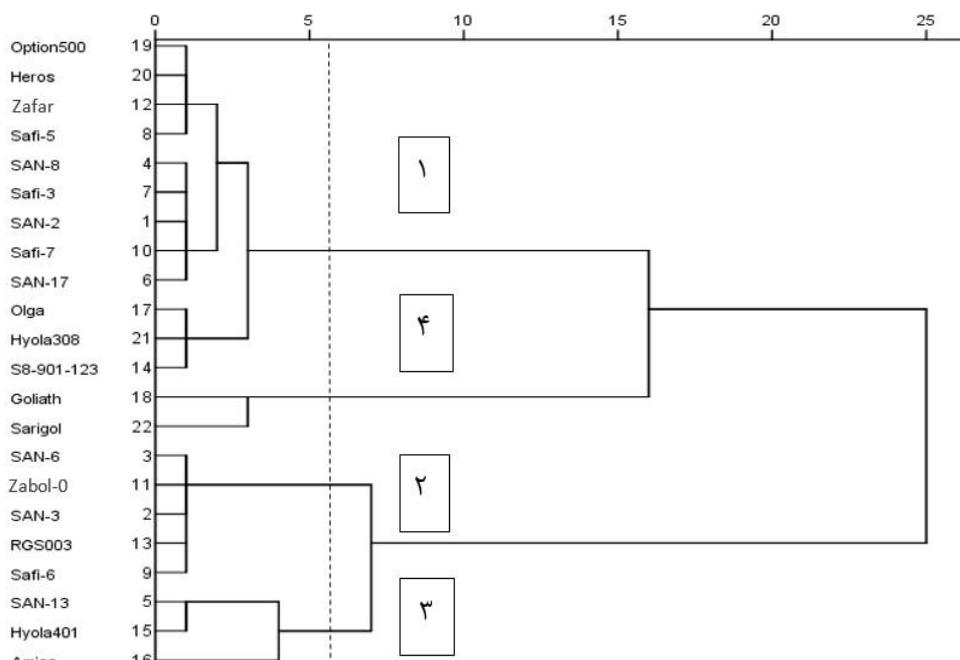
ارتفاع بوته (cm)	نسبت وزن خشک ریشه به هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)	وزن خشک ریشه (g)	میزان سدیم برگ (mg/g DW)	ژنوتیپ‌ها
۲۲/۴ ^a	۸/۵۷۰ ^a	.۰/۱۱۶ ^{abcd}	.۰/۴۷۷ ^{ab}	۴۶/۶۷ ^d	SAN-2
۲۰/۱۳bcdef	۸/۴۷۸ ^a	.۰/۰۴۸ ^{cde}	.۰/۳۴۵ ^{abcde}	۵۷/۲۹ ^{abcd}	SAN-3
۲۱/۵۷abcd	۸/۳۴۴ ^a	.۰/۰۳۸ ^e	.۰/۲۸۸ ^{bcde}	۵۶/۰۵۶ ^{ab}	SAN-6
۲۰/۲۲bcdef	۷/۰۹۵ ^{abc}	.۰/۰۵۵ ^{bcd}	.۰/۳۴۴ ^{abcde}	۵۲/۵۷۷ ^{abcd}	SAN-8
۲۱/۹۸abcd	۸/۶۹۴ ^a	.۰/۰۴۱ ^{de}	.۰/۳۴ ^{abcde}	۶۲/۲۹۴ ^{bc}	SAN-13
۲۱/۸۵abcd	۸/۴۳۵ ^a	.۰/۰۵۹ ^{bcd}	.۰/۴۶ ^{ab}	۴۵/۳۶ ^d	SAN-17
۲۳/۲۵ ^{ab}	۶/۵۷۷ ^{bc}	.۰/۱۲۱ ^{ab}	.۰/۰۵ ^a	۴۶/۵۳۵ ^{cd}	Safi-3
۲۱/۶۷abcd	۸/۲۸۸ ^a	.۰/۰۵۱ ^{bcd}	.۰/۴۰۰ ^{abcd}	۴۵/۹۴۱ ^{cd}	Safi-5
۲۱/۳۶abcde	۶/۵۲۵ ^{bc}	.۰/۰۵۱ ^{bcd}	.۰/۳۱۳ ^{abcde}	۶۳/۲۹۸ ^{abcd}	Safi-6
۲۳/۷۲ ^{ab}	۵/۸۹۵ ^c	.۰/۱۲۴ ^{abc}	.۰/۴۳۱ ^{abc}	۴۲/۱۳۳ ^d	Safi-7
۲۰/۸۱bcdef	۷/۰۱۵ ^{abc}	.۰/۰۵۸ ^{bcd}	.۰/۴۲ ^{abcd}	۵۷/۵۸۵ ^{abc}	Zabol-0
۱۹/۵۵cdefg	۷/۹۲۱ ^{ab}	.۰/۰۴۱ ^{de}	.۰/۳۲۶ ^{de}	۵۱/۰۵۱ ^{abcd}	Zafar
۱۹/۵۴cdefg	۷/۰۹۹ ^{abc}	.۰/۰۴۳ ^{de}	.۰/۲۶۲ ^{cde}	۵۹/۵۷۲ ^{ab}	RGS003
۲۲/۳۱abc	۷/۶۴۴ ^{ab}	.۰/۱۶۴ ^a	.۰/۴۶۹ ^b	۵۶/۶۸۶ ^{abcd}	S8-901-123
۱۷/۴۳fg	۷/۴۷۸ ^{abc}	.۰/۱۰۱ ^{abcde}	.۰/۲۵۸ ^{abcde}	۷۱/۰۱۰ ^a	Hyola401
۱۹/۰۶cdefg	۷/۴۸۴ ^{abc}	.۰/۰۳۷ ^c	.۰/۲۵۷ ^{cde}	۵۹/۸۵۶ ^{ab}	Amica
۱۹/۴۳cdefg	۸/۳۴۶ ^a	.۰/۰۵۱ ^{bcd}	.۰/۲۶۱ ^{cde}	۶۱/۸۷۴ ^{abcd}	Olga
۱۸/۱۱efg	۷/۱۱۳ ^{abc}	.۰/۰۶ ^{bcd}	.۰/۳۴ ^{abcde}	۵۳/۱۱۵ ^{abcd}	Goliath
۱۶/۶۷ ^g	۷/۷۵۵ ^{ab}	.۰/۰۴۵ ^{cde}	.۰/۲۰۱ ^e	۵۲/۹۴۰ ^{abcd}	Option500
۲۰/۴۲bcdef	۷/۰۵۰ ^{abc}	.۰/۰۶۸ ^{bcd}	.۰/۳۰ ^{abcde}	۵۷/۶۵۴ ^{abcd}	Heros
۱۸/۵۷defg	۸/۴۳۰ ^a	.۰/۰۶ ^{bcd}	.۰/۳۷۳ ^{abcde}	۴۸/۰۲۵ ^{bcd}	Hyola308
۲۰/۴۲bcdef	۷/۴۷۸ ^{abc}	.۰/۰۴۸ ^{cde}	.۰/۳۳ ^{abcde}	۴۶/۴۸۸ ^{cd}	Sarigol

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک می‌باشند از نظر آماری در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

S8- Zafar ,Safi-7 ,Safi-5 ,Safi-3 ,SAN-17 SAN-8 گروه Hyola308 ,Heros ,Option500 ,Olga ,901-123 دوم مشتمل از پنج ژنوتیپ Safi-6 ,SAN-6 ,SAN-3 ,RGS003 ,Zabol-0 ,SAN-13 ,Amica ,Hyola401 گروه سوم شامل ژنوتیپ‌های Goliath ,Sarigol قرار گرفتند. از بررسی میانگین و انحراف از میانگین کلیه گروه‌ها (جدول ۵) چنین استنباط می‌شود که ژنوتیپ‌های گروه اول از نظر تجمع میزان سدیم اندام هوایی و ریشه پایین تر از میانگین کل و در شرایط بهتری قرار دارند. از طرف دیگر گروه سوم بالاتر از میانگین بوده و نشان‌دهنده تجمع بالای سدیم در بافت گیاه می‌باشد. گروه‌های دوم و سوم نیز حالت میانه نسبت به تجمع سدیم داشتند.

گروه‌بندی ژنوتیپ‌های مورد بررسی

تجزیه خوش‌های برای گروه‌بندی ژنوتیپ‌ها به دو صورت یکی بر اساس میزان سدیم برگ و ریشه و دیگری بر اساس سایر صفات انجام شد. چرا که میزان سدیم بافت‌ها با مقاومت به شوری رابطه عکس دارد. این در حالی است که سایر صفات با مقاومت به شوری رابطه مستقیم دارند و گروه‌بندی این صفات با یکدیگر نتایج مطلوبی به همراه ندارد. دندروگرام حاصل از تجزیه خوش‌های برای صفت میزان سدیم به روش Ward و براساس مجدد فاصله اقلیدسی در شکل (۲) آمده است. نتایج حاصل از تجزیه تابع تشخیص (جدول ۴) نشان داد که بهترین محل برش جایی است که ژنوتیپ‌ها را به چهار گروه تقسیم می‌کند. گروه اول با ۱۲ ژنوتیپ شامل SAN-2



شکل ۲- دندروگرام حاصل از تجزیه خوش‌های ژنوتیپ‌های کلزا به روش Ward. براساس میزان سدیم.

Figure 2. Dendrogram of cluster analysis of rapeseed genotypes by Ward method based on sodium content

جدول ۴- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین محل برش دندروگرام حاصل از تجزیه خوش‌های ارقام کلزا بر اساس میزان سدیم.

Table 4. Discriminant function analysis to identify the cutting point based on sodium content

Wilks' Lambda	سطح احتمال	تعداد گروه
.۰/۲۶۷	.۰/۰۰۰۰۲۱	۲
.۰/۴۱۲	.۰/۰۰۰۰۳۴	۳
.۰/۰۳۶	.۰/۰۰۰۰۰۲	۴

جدول ۵- میانگین و انحراف از میانگین کل گروه‌های حاصل از تجزیه خوش‌ای بر اساس میزان سدیم
Table 5. Mean and deviation of mean of cluster analysis groups based on sodium content

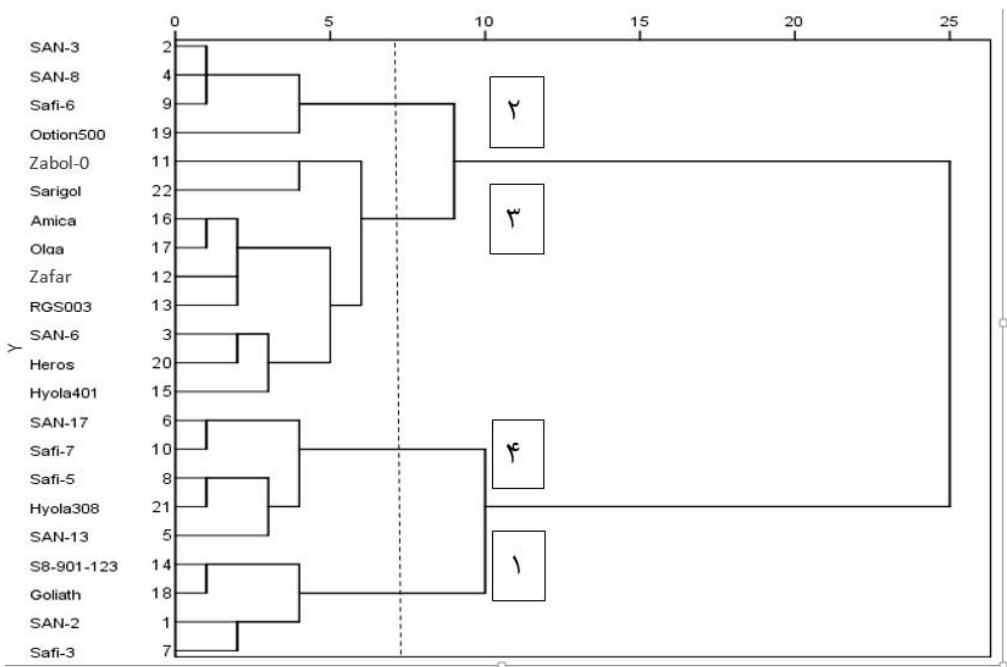
گروه‌ها	ژنوتیپ	میزان سدیم اندام هوایی	میزان سدیم سدیم ریشه	
۱	SAN-2 SAN-8 SAN-17	۳۵/۹۵۳	۵۸/۴۳۷	میانگین گروه
۲	Safi-3 Safi-5 Safi-7 Zafar S8-901-123	-۲/۶۳۲	-۷/۲۳۶	انحراف از میانگین
۳	Olga Option 500 Heros Hyola 308 SAN-3	۳۵/۹۳۰	۸۲/۲۶۹	میانگین گروه
۴	SANI-6 Safi-6 Zabol-0 RGS003	-۲/۶۵۵	۱۶/۵۹۸	انحراف از میانگین
۵	Hyola 401 Amica	۴۵/۱۸۲	۷۶/۶۱۱	میانگین گروه
۶	SAN-13	۶/۵۹۷	۱۰/۹۴۰	انحراف از میانگین
۷	Goliath Sarigol	۵۱/۱۱۸	۵۱/۱۸۰	میانگین گروه
۸	Sarigol	۱۲/۵۳۳	-۱۴/۴۹۱	انحراف از میانگین

هوایی به وزن خشک ریشه اختلاف معنی دار وجود دارد. بینین ژنوتیپ‌ها در صفات نسبت پتاسیم به سدیم برگ، ارتفاع بوته، میزان سدیم برگ، وزن خشک بخش هوایی، وزن خشک ریشه، نسبت وزن خشک بخش هوایی به ریشه و طول ریشه اختلاف معنی دار مشاهده شد که این امر گویای تنوع ژنتیکی بالای ژنوتیپ‌های مورد مطالعه در این پژوهش است. از جمله اثرات تنش سوری در این پژوهش می‌توان به افزایش میزان سدیم و کاهش صفاتی نظیر میزان پتاسیم بخش هوایی و ریشه، وزن خشک بخش هوایی و ریشه، نسبت پتاسیم به سدیم بخش هوایی و ریشه، ارتفاع بوته و طول ریشه در مقایسه با تیمار شاهد اشاره کرد. تنش سوری به علت ایجاد سمیت یونی حاصل از افزایش عناصر زیان بار، سبب اختلال در کلیه فعالیت‌های زیستی و متابولیسمی گیاهان شده و در نهایت منجر به از بین رفتن و یا کاهش شدید آشد م. شهد (۹)

ژنتیپ SAN-2 به عنوان یک ژنتیپ متحمل شناخته شد. ژنتیپ Amica با توجه به اینکه از نظر اکثر شاخص‌ها و صفات مورد ارزیابی دارای بیشترین تغییرات متأثر از شوری بوده و به شدت تحت تاثیر شوری قرار گرفت، به عنوان یک ژنتیپ حساس شناسایی شد. بنابراین با توجه به نتایج مقایسه میانگین‌ها و تجزیه خوشه‌ای می‌توان Amica و SAN-2 را به ترتیب به عنوان ژنتیپ‌های حساس و متتحمل در میان ژنتیپ‌های مورد بررسی کلزای بهاره در این پژوهش دانست. لذا می‌توان از آن‌ها برای مکان‌یابی ژن‌های درگیر در مقاومت به شوری و درک درست سازوکار تحمل به شوری و ژن‌های درگیر در این فرآیند استفاده کرد.

دندروگرام حاصل از تجزیه خوشای براساس صفاتی که بیشتر بودن در آنها مطلوب است به روش Ward و بر اساس محدود فاصله اقلیدسی در شکل (۳) آمده است. محل برش دندروگرام با توجه به تجزیه تابع تشخیص محلی است که زنوتیپ‌ها را به چهار گروه تقسیم می‌کند (جدول ۶). نتایج حاصل در این حالت با نتایج حالت قبل تقریباً مشابه بود به طوری که گروه اول شامل SAN-2، Safi-3، SAN-123، Sarigol، Heros، Amica، Hyola401، Zafar، 0، SAN-8 و Goliath گروه دوم متشکل از SAN-3، Zabol، SAN-6 و Option500 و گروه سوم شامل SAN-6 و Sarigol، Olga، Heros، Hyola308، Safi-5، SAN-17 و Safi-7 و Hyola308 و Safi-13 نتوتیپ‌های گروه اول شد. نتایپ‌های گروه اول نسبت به سایر گروه‌ها برتر بود به طوری که برای تمامی صفات میانگینی بالاتر از میانگین کل داشتند. بعد از گروه اول ارقام گروه چهارم تنها در دو صفت میزان پتابسیم ریشه و نسبت پتابسیم به سدیم ریشه بود که پایین‌تر از میانگین کل قرار گرفتند (جدول ۷). بنابراین به نظر می‌رسد که زنوتیپ‌های گروه چهارم نیز پس از گروه اول در جایگاه بعدی قرار گرفته و در شرایط تنش شوری نیمه‌متحمل می‌باشند. در مقابل ارقام گروه دوم میانگین پایین‌تر از میانگین کل در تمامی صفات داشتند و می‌توان این کاهش میانگین را به حساسیت ارقام به تنش شوری نسبت داد. ارقام گروه سوم تنها در دو صفت میزان پتابسیم ریشه و نسبت پتابسیم به سدیم

نتایج تجزیه واریانس این آزمایش نشان داد که بین سطحهای شوری، در کلیه صفات به جز نسبت وزن، خشک بخش،



شکل ۳- دندروگرام حاصل از تجزیه خوشه‌ای ژنوتیپ‌های کلزا به روش Ward براساس سایر صفات

جدول ۶- تجزیه تابع تشخیص برای تعیین محل پرش دندروگرام بر اساس سایر صفات

Table 6. Discriminant function analysis to identify the cutting point based on other traits

تعداد گروه	محل اختصار	Wilks' Lambda
۲	۰/۰۸۴	۰/۱۲۳
۳	۰/۰۱۸	۰/۰۵۲
۴	۰/۰۰۰۰۰	۰/۰۱۳

جدول ۷- میانگین و انحراف از میانگین کل گروههای حاصل از تجزیه خوشای سایر صفات.
Table 7. Mean and deviation of mean of cluster analysis group based on other traits.

Table 7. Mean and deviation of mean of cluster analysis group based on other traits.

گروه‌ها	زنوتیپ	پتانسیم هوایی اندام	پتانسیم سدیم اندام	نسبت پتانسیم به سدیم	نسبت پتانسیم به سدیم ریشه	نسبت سدیم ریشه به سدیم	وزن خشک اندام هوایی	وزن خشک ریشه	نسبت وزن خشک ریشه به ریشه	ارتفاع بوته
۱	MianGin Goro	22/611	1/973	-/077	-/059	1/072	25/485	2/309	32/410	SAN-2
	انحراف از میانگین	1/588	-/153	-/017	-/104	-/173	2/265	-/352	2/609	Safi-3
	MianGin Goro	20/302	1/816	-/055	-/345	-/776	19/089	1/663	28/371	SAN-3
۲	انحراف از میانگین	-/0720	-/004	-/005	-/059	-/124	-4/131	-/293	-/430	SAN-8
	MianGin Goro	20/076	1/673	-/053	-/357	-/961	24/400	1/770	29/029	Option500
	انحراف از میانگین	-/0947	-/147	-/007	-/047	-/061	1/180	-/186	-/772	Safi-6
۳	MianGin Goro	22/033	1/964	-/063	-/454	-/749	22/588	2/224	30/428	SAN-6
	انحراف از میانگین	1/010	-/144	-/003	-/049	-/150	-/632	-/288	-/447	Zabol-0
	MianGin Goro	20/076	1/673	-/053	-/357	-/961	24/400	1/770	29/029	Zafar Hyola401
۴	انحراف از میانگین	-/0947	-/147	-/007	-/047	-/061	1/180	-/186	-/772	Amica
	MianGin Goro	22/033	1/964	-/063	-/454	-/749	22/588	2/224	30/428	Olga
	انحراف از میانگین	1/010	-/144	-/003	-/049	-/150	-/632	-/288	-/447	Heros Sarigol RGS003

- منابع
- Akhyani, A., H. Rezaie and M. Froumadi. 2009. Studying the effects of salt stress on yield and physiological characteristics of winter rapeseed in Semnan province. Environmental Stresses in Agricultural Sciences, 2(2): 131-138 (In Persian).
 - Ashraf, M. and T. McNeilly. 2004. Salinity tolerance in Brassica oilseeds. Critical Reviews in Plant Science, 23: 157-174.
 - Ashraf, M., N. Nazir and T. McNeilly. 2001. Comparative salt tolerance of amphidiploid and diploid Brassica species. Plant Science, 160: 683-689.
 - Bandehhagh, A., H. Kazemi, M. Valizadeh and A. Javanshir. 2004. Salt Tolerance of Spring Wheat (*Triticum aestivum* L.) Cultivars during Vegetative and Reproductive Growth. Iranian Journal of Field Crop Science, 35(1): 61-71 (In Persian).
 - Bandeh-hagh, A., M. Toorchi, S.A. Mohammadi, N. Ghaparzadeh, G. HosseniSalekdeh and H. Kazemnia. 2008. Growth and osmotic adjustment of canola genotypes in response to salinity. Journal of Food, Agriculture & Environment, 6(2): 201-208.
 - Benton, J. and J.R. Jones. 1997. The essential elements. In: Hydroponics. A Practical Guide for the Soilless Grower. St. Lucie Press, Boca Raton, FL, 30-32.
 - FAO. 2013. FAOSTAT. <http://faostat3.fao.org/browse/Q/QC/E>.
 - Francois, L.E. 1994. Growth, seed yield and oil content of canola grown under saline conditions. Agronomy Journal, 86(2): 233-237.
 - Gorham, J. 1996. Mechanisms of salt tolerance of halophytes. In: Halophytes and Biosaline Agriculture, 33 pp.
 - Greenway, H. and R. Munns. 1980. Mechanisms of salt tolerance in nonhalophytes. Annual Review of Plant Biology, 31: 149-190.
 - Jamil, M., Sh.U. Rehman and E.S. Rha. 2014. Response of Growth, PSII Photochemistry and Chlorophyll Content to Salt Stress in four Brassica Species. Life Science Journal, 11(3): 139-145.
 - Kamrava, S., N.A. Babaeian Jelodar and N.A. Bagheri. 2016. Evaluation of Some Soybean Genotypes (*Glycine max*) under Salt Stress. Journal of Crop Breeding, 8(18): 57-63. (In Persian)
 - Kaouther, Z.H., H. Nina, A. Rezwan and H. Cherif. 2013. Evaluation of salt tolerance (NaCl) in tunisian chili pepper (*Capsicum frutescens* L.) on growth, mineral analysis and solutes synthesis. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 9(1): 209-228.
 - Khan, A., I. Iqbal, A. Shah, H. Nawaz, F. Ahmad and M. Ibrahim. 2010. Alleviation of Adverse Effects of Salt Stress in Brassica (*Brassica campestris*) by Pre-Sowing Seed Treatment with Ascorbic Acid. American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences, 7(5): 557-560.
 - Kumar, D. 1995. Salt tolerance in oilseed brassicas-present status and future prospects. Plant Breeding, 65: 1439-1447.
 - Lacerda, C.F., J. Cambraia, M.A. Oliva and H.A. Ruiz. 2005. Changes in growth and in solute concentrations in sorghum leaves and roots during salt stress recovery. Environmental and Experimental Botany, 54: 69-76.
 - Miyamoto, S., M. Foster, C. Trostle and E. Glenn. 2012. Salt tolerance of oilseed crops during establishment. Journal of Arid Land Studies, 22: 147-151.
 - Munns, R., and M. Tester. 2008. Mechanism of salinity tolerance. Annual Review Plant Biology, 59: 651-681.
 - Munns, R., R.A. James and A. Lauchli. 2006. Approaches to increasing the salt tolerance of wheat and other cereals. Journal of Experimental Botany, 57: 1025-1043.
 - Munns, R.R., A. Hare, R.A. James and G.J. Rebetzki. 2000. Genetic variation for improving the salt tolerance of durum wheat. Australian Journal of Agricultural Research, 51: 69-74
 - Parida, A.K. and A.B. Das. 2005. Salt tolerance and salinity effects on plants: a review. Ecotoxicology and Environmental Safety, 60: 324-349.
 - Pazira, E. and M. Homaei. 2003. Salt affected resources in Iranian extension and reclamation. WaterSaving Agriculture and Sustainable Use of Water and Land Resources, 855-865. (In Persian)
 - Saleh, B. 2011. Effect of salt stress (NaCl) on biomass and K⁺/Na⁺ ratio in cotton. Journal of Stress Physiology & Biochemistry, 7(4) 5-14.
 - Shahbazi, M., A.R. Kiani and S. Raeisi. 2011. Determination of salinity tolerance threshold in two rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars. Iranian Journal of Crop Sciences, 13(1): 18-31 (In Persian).
 - Toorchi, M., R. Naderi, A. Kanbar and M.R. Shakiba. 2011. Response of spring canola cultivars to sodium chloride stress. Annals of Biological Research, 2(5): 312-322.
 - Tunceturk, M., R. Tunceturk, B. Yildirim and V. Ciftci. 2011. Effect of salinity stress on plant fresh weight and nutrient composition of some Canola (*Brassica napus* L.) cultivars. African Journal of Biotechnology, 10(10): 1827-1832.

Sodium Chloride Salt Tolerance Evaluation and Classification of Spring Rapeseed (*Brassica napus* L.)

Mehdi Keshavarzian¹, Mahmoud Toorchi² and Mohammad Reza Shakiba³

1- M.Sc. Student, Department of Plant Breeding & Biotechnology, University of Tabriz

2- Professor, Department of Plant Breeding & Biotechnology, University of Tabriz

(Corresponding author: mtoorchi@tabrizu.ac.ir)

3- Professor, Department of Plant Ecophysiology, University of Tabriz

Received: June 22, 2015 Accepted: July 7, 2018

Abstract

Abiotic stresses such as salinity, are factors that severely affects agricultural production. To evaluate the effects of salinity on some morphological and physiological traits related to salt tolerance of 22 genotypes of spring rapeseed cultivars in the vegetative growth stage, an experiment was conducted as a split plot form based on Randomized Complete Blocks Design using levels of salinity: zero (control), 150 and 300 mM sodium chloride with three replications were done in the research greenhouse of Tabriz university. In present study, dry weight of shoot and root, height, Na⁺ and K⁺ contents of leaves and roots, K⁺/Na⁺ ratios in leaves and roots were measured. Increasing salinity levels have significantly increase Na⁺ contents of leaves and roots and reduced traits such as height, shoot and root dry weight, K⁺ contents and K⁺/Na⁺ ratios of leaves and roots. Cultivars showed the most significant differences, this shows that high diversity of genotypes in salinity tolerance. Cluster analysis led to the separation of genotypes into four groups. Results showed that SAN-2 was the most tolerant and the Amica was the most sensitive to salt stress during vegetative growth, respectively. Therefore They can be used to identify genes loci determination and understand the mechanisms salt tolerance genes.

Keywords: Cluster Analysis, Salinity, Sodium Chloride, Rapeseed