اثر زئولیت و سیلیکات کلسیم بر تحمل شوری در دو رقم کلزا

سید شهریار قریشی اصل، حسین زاهدی، یونس شرقی، سید علی محمد مدرس ثانوی[1] و مهرداد مرادی قهدریجانی

دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی اسلامشهر؛ ghoreishiasl@gmail.com

استادیار گروه زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ازاد اسلامی اسلامشهر؛ hzahedi2006@gmail.com

استادیار گروه زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه ازاد اسلامی اسلامشهر؛ sharghi@iiua.ac.ir

استاد گروه زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس؛ Modaresa@modares.ac.ir

دانشجوی دکتری گروه زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس؛ M.moradi.gh@modares.ac.ir

دریافت: 95/2/18 و پذیرش: 96/3/3

چکیده

تنش شوری یکی از دلایل اصلی کاهش عملکرد محصولات زراعی در ایران است و ارائه‌ی راه‌کار برای تعدیل اثر این تنش ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس جهت بهبود خسارات ناشی از تنش بر دو رقم کلزا اجرا شد. تیمارها شامل سه سطح بدون تنش، شوری متوسط و شدید (0/4، 5 و 10 دسی زیمنس بر متر)، دو میزان سیلیکات کلسیم (صفر و 8 کیلوگرم در هکتار)، دو میزان زئولیت (صفر و 8 تن در هکتار) و دو رقم کلزا (زرفام و ساری‌گل) بودند. نتایج نشان داد کاربرد زئولیت در شرایط خاک با بافت سبک، عملکرد رقم زرفام را افزایش داد اما اثر معنی‌داری بر ساری‌گل نداشت. رقم زرفام در شرایط شوری متوسط و کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم نسبت به رقم ساری‌گل در شرایط شوری شدید، بدون زئولیت و کاربرد سیلیکات کلسیم درصد روغن بیشتری را تولید نمود (بیش از 57 درصد)، همچنین رقم ساری‌گل در شرایط بدون زئولیت و بدون تنش و با کاربرد سیلیکات کلسیم بیشترین عملکرد روغن و در شرایط شوری شدید بدون سیلیکات کلسیم و با کاربرد زئولیت کمترین عملکرد روغن را نشان دادند (با اختلاف حدود 60 درصد). در مورد شاخص سبزینگی، رقم زرفام در شرایط شوری متوسط و بدون زئولیت و سیلیکات کلسیم بیشترین و رقم ساری‌گل در شرایط شوری متوسط و کاربرد سیلیکات کلسیم ولی بدون زئولیت کمترین مقدار را نشان داد (با اختلاف بیش از 32 درصد). به‌طور کلی شوری باعث کاهش عملکرد و اجزای آن شد و کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم در برخی صفات ارقام، شرایط تنش را کنترل کرد که در این میان زرفام واکنش مطلوبی به تیمار سیلیکات کلسیم نشان داد و تأثیر این تیمار بر خصوصیات زراعی دو رقم کلزای مطالعه شده در مقایسه با زئولیت، مطلوب تر بود.

واژه‌های کلیدی: رقم زرفام، رقم ساری‌گل، عملکرد، اجزای عملکرد

[1]. نویسنده مسئول، آدرس: تهران، بزرگراه جلال آل احمد، پل نصر، دانشگاه تربیت مدرس، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت

Archive of SID

www.SID.ir

مقدمه

کلـزا (*Brassica Napus* L.) یکـی از مهمتـرین گیاهان جهت تولیـد روغـن خـوراکی در ایـران و جهـان می‌باشد. از طرفی شوری نسبی آب آبیاری برخی از مناطق ایران یکی از عوامل منفی در زراعت گیاهان می‌باشد. طی آزمایش‌های جداگانه‌ای در مناطق وسیعی از تهران، قـم و کاشان مشخص شد که علت عمده‌ی شوری چاه‌های ایـن مناطق وجود کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم و آنیـون-های کلر و سولفات می‌باشـد (جمشـیدزاده و میربـاقری، 2011). تجمع یون سدیم در برگ کلزا تحت تـأثیر تـنش شوری، سبب کاهش رشد ارقـام کلـزا گردیـد (اشـرف و شریف، 1998). کاهش وزن خشک و عملکرد ارقام کلـزا تحت تأثیر تنش شوری نیز توسط محققان گـزارش شـده که حاکی از تأثیر سوء تنش شوری بر عملکرد دانه گیاهان خانواده براسیکا از جمله کلزا می‌باشد (اشرف و شـریف، 1998). غلظت بـالای نمـک در ریشـه، رشـد و عملکـرد بسیاری از گیاهان زراعی را تحت تأثر قرار می‌دهد (رامـه و همکاران، 2012)

استفاده از زئولیت یکی از راه‌های جلـوگیری از کاهش رطوبت خاک و تنش شوری است. زئولیت آلومینو سیلیکاتی با ساختار داربستی است که یون‌هـای بـزرگ و مولکول‌های آب حفرات آن را اشغال کـرده و در سـاختار آن متحرک می‌باشند؛ به‌طوری که واکنش‌های تعویض یون و آب‌گیری آن‌ها، به‌صورت برگشت‌پذیر انجـام مـی‌شـود (آیان و همکاران، 2005). نوری و همکاران (2006) نشان دادند کاربرد زئولیت طبیعی در شرایط تنش شوری باعث افزایش ظرفیت نگهداری آب در خاک و در نتیجه بهبـود عملکرد تربچه می‌شود. آنها بیان کردنـد کـاربرد زئولیـت طبیعی باعث نگهداشت نمک‌های مضر خاک می‌گردد و از این طریق جذب آب توسط گیاه راحت‌تر می‌شود.

راه‌کار دیگر جهت جلوگیری از اثـرات مخـرب تنش شوری، استفاده از عنصر سیلیس است. سیلس دومین عنصـر فـراوان در پوسـته‌ی زمـین مـی‌باشـد و بـا اینکـه سیلیسیوم برای گیاهان عالی به عنوان یک عنصر ضـروری در نظر گرفته نمی‌شود، کـاربردی بـودن آن جهـت رشـد سالم و توسـعه‌ی انـدام‌هـای گیـاهی و همچنـین کـاهش خسارات ناشـی از تـنش شـوری در بسـیاری از گیاهـان زراعی ثابت شده است (اپستین، 1999). شـوری باعـث افزایش یون سدیم در بخش‌های هوایی می‌گردد، اما تغذیه با سیلیسیم در گیاه موجـب کـاهش غلظـت ایـن یـون در بافت‌ها می‌شود .وقتی تنش شوری ایجاد می‌شود، کـاهش پتانسیل اسمزی و سمیت ناشی از یـون سـدیم گیـاه را بـا مشکل مواجه می‌سازد. سیلیسیم بـا کـاهش اثـرات سـمی حاصـل از جـذب سـدیم سـبب بهبـود رشـد گیـاه پوکسینلیا (*Puccinellia distans* L.) می‌شـود (بنـدانی و عبدل‌زاده، 1386). ایپستین (1999) در تحقیقی بیـان کـرد سیلیسیم در کنار افزایش شاخص‌های رشد در گیاهـان بـه تعدیل شرایط تنش نیـز کمـک مـی‌کنـد. بـا ایـن وجـود گزارشات اثرات متقابل شوری و سیلیسیم بر روی گیاهان زراعی بسیار محـدود اسـت. لیانـگ و همکـاران (2006) اثرات متقابل تـنش‌هـای غیـر زنـده و سیلیسـیم را مـورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که سیلیسیم تجمـع سـدیم در گیاه را کاهش می‌دهد.

اخیراً تحقیقات پیرامون نحوه‌ی اثر سیلیسـیوم و زئولیت بر خصوصیات زراعـی گیاهـان در شـرایط تـنش متمرکز شده است و در این میان بررسی اثر متقابل این دو ماده بر گیاه زراعی کلزا ضـروری بـه‌نظـر مـی‌رسـد. لـذا آزمایش حاضر در نظر دارد خسارات ناشی از تنش شوری روی عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گیاه زراعی کلزا و راهکارهای کنترل آن از طریق کاربرد زئولیت و سـیلیکات کلسیم در خاک سبک را مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر زئولیت و سیلیکات کلسیم بـر دو رقم کلزا آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالـب طـرح بلـوک‌هـای کامـل تصـادفی در سـه تکـرار در گلخانـه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشـگاه تربیـت مـدرس واقع در کیلـومتر 17 آزادراه تهـران کـرج در پـاییز 1392 شروع و در پایان بهـار 1393 عملیـات گلخانـه‌ای آن بـه اتمام رسید. تیمارها شامل سه سطح تنش شوری آب (کم با شـوری 0/4، متوسـط و شـدید شـوری 5 و 10 دسـی-زیمنس بر متر)، دو میـزان سـیلیکات کلسـیم (صـفر و 8 کیلوگرم در هکتار)، دو میزان زئولیـت (صـفر و 8 تـن در هکتار) و دو رقم کلزا (زرفام و ساری‌گل) بودند. محـیط گلخانه در شرایط نورطبیعی از هفتم آبان‌ماه (کاشت) تا 30 اردیبهشت (برداشت) قرار گرفته و دما در روز 3 ± 23 و در شب 3 ± 15 درجه‌ی سانتی‌گراد تنظیم گردیـد. داخـل گلدان‌های 5 لیتری، از مخلوط خاک مزرعـه و ماسـه بـه نسبت 1:1 استفاده شد (جدول 1).

زئولیـت {از نـوع پـودری کلینوپتیلولیـت (Clinoptilolite)} (جدول 2) به صورت مخلوط در خاک گلدان‌هـا و سـیلیکات کلسـیم (42 درصـد سـیلیس و 20 درصد کلسیم تهیه شده از شرکت بشـری امـین - ایـران) محلول در اسید فلوریک با در نظر گـرفتن 8 کیلـوگرم در هکتار، محلول درآب آبیاری به خاک گلـدان‌هـای واجـد تیمار اضافه شد. برای ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری

Archive of SID

www.SID.ir

از تجمع نمک، سه سوراخ به قطر یک سانتی‌متر تـه هـر گلدان تعبیه شد.

جدول 1- مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاک مورد استفاده در آزمایش در عمق .-35 سانتی‌متر

شن	لای	رس	بافت	هدایت الکتریکی (ds/m)	واکنش گل اشباع
75	20	5	لوم شنی	1/68	7/6

درصد نیتروژن کل	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	آهن (ppm)	روی (ppm)	مس (mg/kg)	درصد کربن آلی
0/082	41/6	36	7/1	9	7/2	1/28

بذور ارقام کلزا (تهیه شده از مرکز تحقیقات تهیه‌ی نهال و بذر کرج) که توسط هیپوکلریت سدیم 0/5 درصد ضدعفونی شده بودند در گلدان‌ها کشت شدند (جدول 3). در هر گلدان 10 عدد بذر به‌عمق حدود 3 سانتی‌متر کاشته شد. در هر گلدان کود اوره و نیترات پتاسیم به میزان 4 و 2 گرم به‌کار برده شد. به دلیل غنی بودن خاک گلدان‌ها از فسفر، کود فسفره استفاده نشده و کودهای نیتروژنه در مراحل قبل از کاشت، 4 تا 6 برگی، ابتدای به ساقه رفتن و ابتدای گلدهی به‌طور مساوی تقسیط گردید. گلدان‌ها از مرحله‌ی کاشت تا قبل از شروع گلدهی با آب شرب شهری به وسیله‌ی ظروف مدرج آبیاری شدند. دو هفته بعد از استقرار، بوته‌ها به پنج بوته در گلدان تنک شدند و در طول آزمایش با توجه به‌عدم بروز آفت نیازی به سم‌پاشی مشاهده نشد. قبل از شروع گلدهی، با افزودن مخلوط نمک‌ها به آب آبیاری تنش شوری شروع گردید. جهت شبیه‌سازی نسبی سهم هریک از کاتیون‌های Na^+ و Ca^{2+} و Mg^{2+} و آنیون‌های Cl^- و SO_4^{2-} در مخلوط نمک نهایی با آب‌های شور چاه‌های مناطق تهران، قم و کاشان از نسبت 4:3:4:2:2 نمک‌های NaCl، Na_2SO_4، $CaSO_4$، $MgCl_2$ و $CaCl_2$ استفاده شد. مقدار مخلوط نمک‌ها برای هر سطح تنش از طریق فرمول (1) و پس از استاندارد سازی با EC Meter اندازه‌گیری گردید. سپس در بشکه‌های 100 لیتری در آب محلول شدند و درنهایت با ظروف مدرج، آب شور به هر گلدان انتقال یافت.

فرمول (1)

$$EC\ (dS/m) = TDS\ (mg/L) / K$$

TDS= کل نمک‌های محلول، K= 800 در بیشتر موارد اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله‌ی رسیدگی با غلظت‌های ذکر شده ادامه داشت.

جدول 2- درصد ترکیبات شیمیایی موجود در زئولیت مورد استفاده

CaO	MgO	Na_2O	K_2O	AL_2O_3	SiO_2
2/3	0/1	1/08	3	12/02	65
Cl	SO_3	P_2O_5	TiO_2	MnO	Fe_2O_3
-	-	0/01	0/03	0/04	1/5

CEC = ۲۰۰ meq/۱۰۰g

جدول 3- برخی خصوصیات ارقام زراعی مورد استفاده در آزمایش

رقم	طول دوره رشد (روز)	مناطق کشت	ویژگی‌خاص
زرفام	270-250	معتدل سرد و سرد	تقریباً مقاوم به شوری، رشد سریع اولیه، متوسط رس، پایداری عملکرد در مناطق معتدل سرد با بهار گرم
ساریگل	200-165	گرم مرطوب شمال و گرم خشک جنوب	مقاوم به شوری، متوسط رس ، پایداری نسبی عملکرد، مناسب برای مناطق معتدل گرم

آبیاری به‌صورت دو روز در میان در حد ظرفیت زراعی[1] به‌علاوه 25 درصد سهم آبشویی انجام شد. قبل از مرحله‌ی رسیدگی فیزیولوژیک، از هر گلدان چهار بوته کف‌بر گردید و در آنها خصوصیات وزن بوته و تعداد غلاف در بوته اندازه‌گیری شد. پس از مرحله‌ی رسیدگی

1. FC

Archive of SID

www.SID.ir

نیز سایر صفات زراعی از قبیل تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه (به‌وسیله‌ی ترازوی 0/01 گرم)، عملکرد دانه با رطوبت 10 درصد، درصد روغن با دستگاه سوکسله و عملکرد روغن اندازه‌گیری شد. جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ‌ها (شاخص سبزینگی) از برگ‌های شماره‌ی 5، 10 و 15 بوته‌های گلدان استفاده و از طریق دستگاه کلروفیل‌متر (Soil-Plant Analysis Development (SPAD) 502 Minolta Co., Osaka, Japan) اندازه‌گیری شد.

داده‌های آزمایش از نظر نرمال‌بودن مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شد. مقایسه‌های میانگین داده‌ها به‌روش آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد صورت پذیرفت و نمودارهای مربوطه به‌کمک نرم افزار Excel ترسیم گردید.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر اصلی رقم بر وزن هزاردانه در سطح احتمال 1 درصد و شاخص سبزینگی در سطح احتمال 5 درصد اثر معنی‌داری داشت. همچنین تنش شوری توانست تمامی صفات بجز تعداددانه در غلاف و درصد روغن را در سطح احتمال 1 درصد و شاخص برداشت را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قراردهد. تیمار زئولیت بر صفات عملکرد دانه، تعدادغلاف، و شاخص سبزینگی در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بوده و سیلیکات کلسیم توانست تمامی صفات بجز وزن هزاردانه، وزن خشک، درصد روغن و شاخص سبزینگی را در سطح احتمال 1 درصد و تعداد دانه در غلاف را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قراردهد. اثر متقابل رقم× تنش شوری وزن هزار دانه، درصد روغن و شاخص سبزینگی را در سطح احتمال 1 درصد و شاخص برداشت و عملکرد روغن را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار داد. همچنین اثر متقابل رقم× زئولیت عملکرد دانه، تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف را در سطح احتمال 1 درصد و عملکرد روغن را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار داد. نتایج حاصل از تجزیه‌ی واریانس نشان دهنده‌ی اثر معنی‌دار اثر متقابل رقم×سیلیکات کلسیم بر شاخص سبزینگی در سطح احتمال 1 درصد بود. اثر متقابل تنش شوری× زئولیت بر تعداد غلاف و وزن هزاردانه در سطح احتمال 5 درصد و بر تعداد دانه در غلاف و شاخص سبزینگی در سطح احتمال 1 درصد معنی‌دار بوده و اثر متقابل تنش شوری×سیلیکات کلسیم اثر معنی‌داری بر تعداد غلاف در سطح احتمال 5 درصد و بر شاخص سبزینگی در سطح احتمال 1 درصد داشت. نتایج نشان داد اثر متقابل زئولیت × سیلیکات کلسیم بر عملکرد دانه، وزن هزاردانه و شاخص سبزینگی در سطح احتمال 1 درصد و بر شاخص برداشت و عملکرد روغن در سطح احتمال 5 درصد معنی‌دار بوده و اثر متقابل رقم×تنش شوری×زئولیت و اثر متقابل رقم×زئولیت×سیلیکات کلسیم شاخص سبزینگی را در سطح احتمال 1 درصد به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار دادند و بر دیگر صفات مورد بررسی اثر معنی‌داری نداشتند. اثر متقابل رقم×تنش شوری×سیلیکات کلسیم صفات عملکرد روغن را در سطح احتمال 5 درصد و شاخص سبزینگی را در سطح احتمال 1 درصد تحت تاثیر قرار داد. اثر متقابل تنش×زئولیت×سیلیکات کلسیم مقادیر عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص سبزینگی را در سطح احتمال 1 درصد و وزن هزاردانه را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرارد داد و در نهایت مشخص شد اثرات متقابل چهارگانه‌ی تیمارهای آزمایشی تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و شاخص سبزینگی را در سطح احتمال 1 درصد و وزن خشک، درصد و عملکرد روغن را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار می‌دهند (جدول 4).

عملکرد دانه

کاربرد زئولیت، عملکرد دانه‌ی رقم زرفام را 10 درصد افزایش داد (در سطح احتمال 5 درصد)، اما اثر معنی‌داری بر ساری‌گل نداشت (شکل 1. الف). محمدی و همکاران (1392) و واجیما (2013) نیز در مورد زئولیت به نتایج مشابهی دست یافتند. محققین اعلام کردند تنش شوری تأثیر متفاوتی بر ارقام کلزا دارد به نحوی که تنش شوری 12 دسی‌زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد این گیاه زراعی می‌شود و عملکرد ارقام زراعی مقاوم کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار می‌گیرد (رامه و همکاران، 2012). از آنجایی که زئولیت‌های طبیعی دارای پتانسیل کاهش نمک می‌باشند (واجیما، 2013) تنظیم تعادل یونی و اسمزی سلول افزایش یافته و در نهایت با افزایش آب قابل مصرف، عملکرد افزایش خواهد یافت. در آزمایش حاضر مشخص شد در شرایط بدون تنش و کاربرد سیلیکات کلسیم، کاربرد و عدم کاربرد زئولیت (بدون اختلاف معنی‌داری نسبت به یکدیگر) عملکرد بالایی را نسبت به سطوح دیگر نشان دادند (شکل 1. ب). در تحقیقی روی گیاه لوبیا (*Vicia faba* L.) مشخص شد کاربرد سیلیسیوم باعث افزایش 20 درصدی عملکرد می‌شود (کردونی و همکاران، 2013) همین محققین اعلام کردند افزایش عملکرد در شرایط کاربرد سیلیسوم نشان دهنده‌ی بهبود در فرایندهای مرتبط با انتقال مواد معدنی به بذر بوده و به

Archive of SID

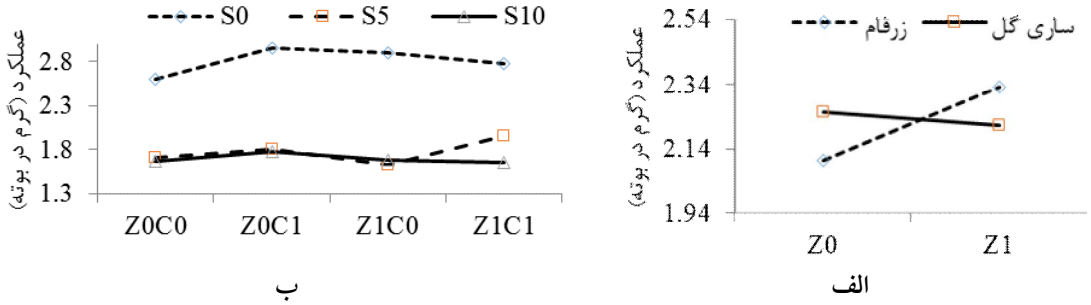
www.SID.ir

طور کلی افزایش جذب پتاسیم و جلوگیری از جذب سدیم به وسیله‌ی کاربرد سیلیکات کلسیم یکی از روش‌های افزایش رشد و عملکرد گیاهان زراعی است. در تحقیق حاضر مشخص شد شوری شدید می‌تواند مقادیر عملکرد این گیاه زراعی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط بدون تنش کاهش دهد که در این میان اختلاف بین سطوح تنش متوسط و شدید معنی‌دار نبود.

جدول 4- تجزیه واریانس اثر تیمارهای آزمایشی بر صفات کمی و کیفی دو رقم کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد غلاف	وزن هزاردانه	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن	شاخص سبزینگی
		میانگین مربعات								
تکرار	2	0/004^{ns}	37^{ns}	0/28^{ns}	0/08^{ns}	0/47^{ns}	12/2^{ns}	3/61^{ns}	0/0004^{ns}	3/51 ^{ns}
رقم (v)	1	0/004 ^{ns}	26^{ns}	2/1*	0/54^{ns}	0/42^{ns}	18^{ns}	37^{ns}	0/001^{ns}	225/8**
تنش شوری (s)	2	10**	3390**	1/85**	9/84^{ns}	30**	22*	14^{ns}	1/08**	362/9**
زئولیت (z)	1	0/16*	223*	0/02^{ns}	2/89^{ns}	0/03 ^{ns}	4/8 ^{ns}	4/1^{ns}	0/02^{ns}	25/1*
سیلیکات کلسیم (c)	1	0/78**	513**	0/38^{ns}	21*	0/20^{ns}	131**	9/2^{ns}	0/1**	6/9 ^{ns}
V*S	2	0/06^{ns}	70^{ns}	2/2**	1/12^{ns}	0/32^{ns}	23*	97**	0/04*	468/2**
V*Z	1	0/33**	821**	0/51^{ns}	39**	0/11^{ns}	15^{ns}	6/18^{ns}	0/04*	17/7 ^{ns}
V*C	1	0/05^{ns}	121^{ns}	0/46^{ns}	6/45^{ns}	0/27^{ns}	15^{ns}	7/54^{ns}	0/003^{ns}	469/7**
S*Z	2	0/10^{ns}	194*	1/14*	27**	0/07^{ns}	8/7 ^{ns}	30^{ns}	0/004^{ns}	709/9**
S*C	2	0/03^{ns}	198*	0/24^{ns}	9/13^{ns}	0/20^{ns}	7/5 ^{ns}	14^{ns}	0/005^{ns}	112/6**
Z*C	1	0/90**	16^{ns}	3/05**	3/32^{ns}	0/48^{ns}	27*	50^{ns}	0/03*	703/7**
V*S*Z	2	0/06^{ns}	134^{ns}	0/8^{ns}	14 ^{ns}	0/15^{ns}	0/65^{ns}	12^{ns}	0/0006^{ns}	299/9**
V*S*C	2	0/02^{ns}	4/5^{ns}	0/41^{ns}	7/02^{ns}	0/60^{ns}	10^{ns}	45^{ns}	0/04*	562/7**
V*Z*C	1	0/0002^{ns}	112^{ns}	0/08^{ns}	12^{ns}	0/48^{ns}	8/07^{ns}	2/03^{ns}	0/005^{ns}	445/5**
S*Z*C	2	0/23**	54^{ns}	1*	7/4^{ns}	0/13^{ns}	4/29^{ns}	52^{ns}	0/09**	33/8**
V*S*Z*C	2	0/03 ^{ns}	617**	0/11^{ns}	26**	0/82*	4/66^{ns}	84*	0/03*	207/1**
خطای آزمایش	46	0/03	45	0/31	4/3	0/24	5/69	18	0/008	5/35
ضریب تغییرات		8/17	16	11/4	18	11/29	7/10	14	14	4

^{ns}، * و **: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال 5 و 1 درصد



شکل 1- اثر متقابل رقم و زئولیت (الف) و اثر متقابل تنش شوری، زئولیت و سیلیکات کلسیم بر عملکرد دانه‌ی کلزا (ب)

تعداد غلاف

رقم زرفام در شرایط بدون تنش و سیلیکات کلسیم و کاربرد زئولیت بیشترین تعداد غلاف را نشان داد که با افزایش سطح تنش به شوری متوسط مقادیر این صفت حدود 50 درصد کاهش یافت (جدول 5). مطالعات آذری و همکاران (2012) نشان داد با افزایش میزان شوری عملکرد و تعداد دانه در غلاف اصلی و

Archive of SID

www.SID.ir

فرعی کاهش می‌یابد. در تحقیق حاضر مشخص شد کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم در شرایط تنش متوسط روی رقم زرفام می‌تواند تعداد غلاف را حدود 60 درصد نسبت به شرایط بدون زئولیت و سیلیکات کلسیم افزایش دهد که با نتایج محمدی و همکاران (1392) در مورد کاربرد زئولیت مطابقت دارد. مرحله‌ی گلدهی جزء مراحل حساس به تنش شوری می‌باشد. به همین دلیل تنش شوری باعث کاهش دوره‌ی رشد و در نتیجه تعداد بذر در غلاف و در نهایت کاهش عملکرد گیاه خواهد شد (کردونی و همکاران، 2013).

جدول 5- مقایسه میانگین اثر تیمارهای آزمایشی بر برخی صفات دو رقم کلزا

رقم	تنش شوری	زئولیت	سیلیکات کلسیم	تعداد غلاف	تعداد دانه در غلاف	وزن خشک (گرم دربوته)	درصد روغن	عملکرد روغن (گرم در بوته)	شاخص سبزینگی
زرفام	S_0	Z_0	C_0	36dg	16a	5/1cd	32/2ad	0/8bc	57/3gh
			C_1	50/7bc	11/7bf	6/3a	27/8ce	0/89bc	60/2eg
		Z_1	C_0	68a	8/7ef	6/1ab	27/7c-e	0/95b	31/1l
			C_1	58ab	10/1cf	5/5ac	27/2ce	0/85bc	66/9bd
	S_5	Z_0	C_0	29/1fg	13a-d	3/9ef	30/6a-e	0/5f	76/6a
			C_1	34/4eg	11/6bf	4ef	31/6ad	0/58df	64/5cd
		Z_1	C_0	32/6eg	11/9bf	4ef	28/3be	0/52f	49ij
			C_1	49/9bc	8/3f	4/3de	37/9a	0/73ce	65cd
	S_{10}	Z_0	C_0	26/8g	13/7a-c	3/7ef	28/7b-e	0/46f	56gh
			C_1	41cf	10/8bf	3/4ef	30/2ae	0/56f	48/7ik
		Z_1	C_0	32/4eg	12/9ad	3/9ef	32/7ac	0/61df	69/6b
			C_1	38/6cg	13/7ac	3/2f	33/7ac	0/6df	68/7bc
ساری گل	S_0	Z_0	C_0	65/7a	9/3df	6/1ab	28/8be	0/74cd	59/4fh
			C_1	45/7cd	14/7ab	5/3bc	36/6ab	1/2a	44/7k
		Z_1	C_0	51bc	11/4bf	5/6ac	32/6ac	0/96b	63df
			C_1	61/3ab	10/1cf	5/4ac	29/5ae	0/88bc	51/4i
	S_5	Z_0	C_0	31/3fg	10/9bf	3/7ef	29/3be	0/56f	50/4i
			C_1	44/6ce	8/5f	3/7ef	26/7ce	0/58df	59/1fh
		Z_1	C_0	28fg	13/9ac	3/7ef	29be	0/52f	45/4jk
			C_1	29/5fg	12/8a-d	3/5ef	30/9a-e	0/57d-f	45/4jk
	S_{10}	Z_0	C_0	26/8g	13/5ac	3/5ef	31/8ad	0/49f	66/9bd
			C_1	37/1dg	10/1cf	3/5ef	22/8e	0/46f	55/6h
		Z_1	C_0	30/5fg	12/8ad	3/9ef	24de	0/44f	63/9de
			C_1	31/5fg	12/6ae	3/6ef	29/3be	0/55f	65/9bd

اعداد با حروف مشابه در هر ستون از هر بخش بر اساس آزمون دانکن ($P<0.05$) اختلاف معنی‌داری ندارد

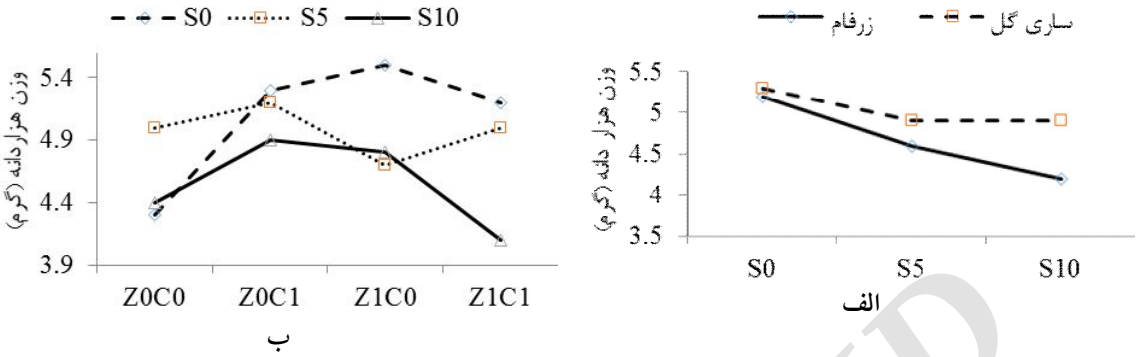
وزن هزاردانه

در رقم زرفام افزایش سطوح تنش باعث کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه شد (حدود 23 درصد) اما واکنش ساری‌گل به تنش با کاهش غیر معنی‌دار، همراه بود که احتمالاً عدم کاهش معنی‌دار این صفت با خصوصیات ژنتیکی رقم ساریگل در رابطه با مقاومت به تنش مرتبط باشد (شکل 2 - الف). همچنین مشخص شد کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم بر وزن هزاردانه در شرایط بدون تنش بیش از شرایطی است که گیاه در تنش قرار دارد (21 درصد افزایش یافت). از آنجایی که اولین واکنش گیاهان در شرایط بروز تنش‌های زیستی کاهش فشار آماس سلولی می‌باشد، احتمالاً کاربرد مواد بهبوددهنده‌ی رشد در این آزمایش نتوانسته است از اثرات مخرب تنش شدید روی سلول‌های لپه این گیاه زراعی بکاهد. کاربرد سیلیکات کلسیم توانست از کاهش شدید وزن هزاردانه در شرایط تنش متوسط جلوگیری کند (شکل 2 - ب). کاهش وزن هزاردانه در شرایط تنش شوری می‌تواند به دلیل جلوگیری از جذب و انتقال مواد معدنی مورد نیاز در طول رشد پر شدن دانه باشد. در

Archive of SID

www.SID.ir

تحقیق روی گیاه زراعی لوبیا مشخص شد تنش شوری باعث کاهش معنی‌دار وزن صد دانه‌ی این گیاه زراعی می‌شود (کردونی و همکاران، 2013). همین محققین بیان کردند کاربرد سیلیسیوم می‌تواند به طور چشمگیری از کاهش وزن هزاردانه در شرایط بروز تنش جلوگیری کند.



شکل 2- اثر متقابل رقم و تنش شوری (الف) و اثر متقابل تنش شوری، زئولیت و سیلیکات کلسیم بر وزن هزاردانه (ب).

تعداد دانه در غلاف

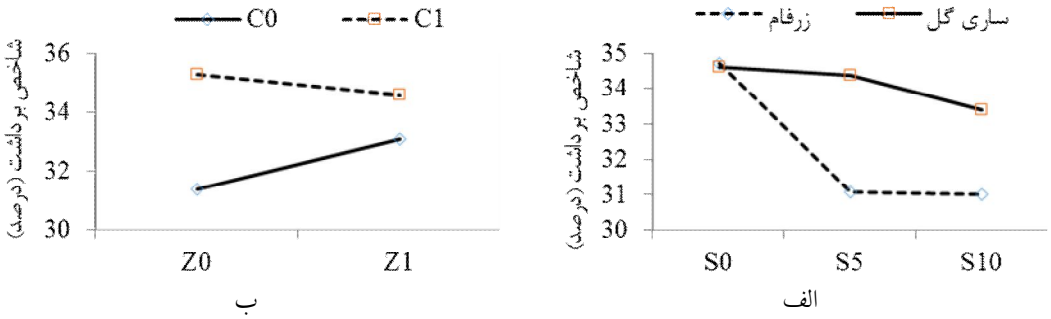
نتایج حاصل از جدول 5 نشان داد کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم در شرایط تنش متوسط تعداد دانه در غلاف رقم ساری‌گل را بیش از 30 درصد نسبت به بدون تنش افزود محمدی و همکاران (1392) نشان دادند کاربرد زئولیت در شرایط شوری خاک می‌تواند تعداد دانه در بلال ذرت را افزایش دهد. زئولیت باعث افزایش توانایی تبادل کاتیونی و نگهداری آب و مواد غذایی در گیاه و همچنین جذب عناصر ضروری می‌شود (آیان و همکاران، 2005). معمولاً مقادیر بالای Na^+ در خاک‌های شور تعادل مواد غذایی موجود در خاک را به‌هم زده و باعث اختلال در تعادل اسمزی گیاه می‌شود (پسرکلی، 1994) که همین امر موجب کاهش تعداد گل‌های بارور و در نتیجه کاهش تعداد دانه در گیاه می‌گردد. زئولیت انتقال مناسب Ca^{2+} بین خاک و گیاه را به‌وجود می‌آورد که درنهایت نسبت Na^+/Ca^{2+} کاهش می‌یابد. افزایش مقادیر Ca^{2+} در محیط ریشه باعث کاهش تجمع یون‌های سمی Na^+ می‌شود که همین امر به افزایش جذب آب و مواد مغذی کمک کرده و در نهایت اجزای عملکرد گیاه افزایش می‌یابد. همچنین در آزمایش حاضر مشخص شد کاربرد سیلیکات کلسیم در شرایط بدون تنش و زئولیت، تعداد دانه در غلاف رقم ساری‌گل را افزایش می‌دهد. به‌طور کلی رقم ساری‌گل واکنش مطلوبی به کاربرد سیلیکات کلسیم نشان داد (جدول 5).

وزن خشک و شاخص برداشت

رقم زرفام در شرایط بدون تنش و بدون زئولیت و کاربرد سیلیکات کلسیم و کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم در شرایط تنش شدید با اختلاف حدود 50 درصد به‌ترتیب بیشترین و کمترین مقادیر این صفت را نشان دادند (جدول 5). تنش شوری از طریق تأثیر مستقیم بر چند فرایند اساسی مثل تنظیم اسمزی سلول، جذب مواد غذایی، فتوسنتز، تجمع املاح الی، تغییر در فرایند نرخ تنفس و پتانسیل آب خاک باعث تأخیر در رشد و درنهایت تأثیر بر وزن خشک گیاه می‌شود (پسرکلی، 1994). احتمالاً کاهش وزن خشک و در نهایت شاخص برداشت از عوارض اثر تنش شوری بر این صفت فیزیولوژیک کلزا در آزمایش حاضر باشد. در تحقیقات آذری و همکاران (2012) روی ارقام کلزا و شلغم روغنی مشخص شد شوری مقادیر زیست توده‌ی این گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. همچنین در تحقیق حاضر مشخص شد بین سطوح تنش متوسط و شدید از نظر وزن خشک و شاخص برداشت رقم ساری‌گل، اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (شکل 3 - الف). در آزمایش حاضر کاربرد زئولیت توانست شاخص برداشت واحدهای آزمایشی فاقد سیلیکات کلسیم را نسبت به شرایط بدون زئولیت 2/7 درصد در سطح احتمال 5 درصد افزایش دهد اما بر واحدهای آزمایشی واجد سیلیکات کلسیم اثر معنی‌داری نداشت (شکل 3 - ب). احتمالاً افزایش شاخص برداشت در ازای کاربرد مواد بهبود دهنده‌ی رشد به‌دلیل افزایش عملکرد اقتصادی محصول (عملکرد و اجزای عملکرد) است.

Archive of SID

www.SID.ir



شکل 3- اثر متقابل تنش شوری و رقم (الف) و اثر متقابل زئولیت و سیلیکات کلسیم بر شاخص برداشت کلزا (ب)

درصد روغن

در شرایط کاربرد زئولیت و تنش شوری متوسط، کاربرد سیلیکات کلسیم درصد روغن رقم زرفام را با اختلاف بیش از 26 درصد نسبت به بدون این ماده‌ی شیمیایی افزود (جدول 5). جذب سیلیس توسط گیاه باعث افزایش آنزیم‌های ATP_{ase} و PP_{ase} در تونوپلاست می‌شود که این امر موجب کاهش جذب سدیم و افزایش مقادیر پتاسیم می‌گردد. لذا یون‌های نمک به واکوئل‌ها انتقال یافته و نسبت پتاسیم به سدیم افزایش می‌یابد و سمیت سدیم کاهش یافته و در نهایت به جلوگیری از پراکسیداسیون چربی و افزایش درصد روغن می‌انجامد (لیانگ و همکاران، 2006). در آزمایش حاضر مشخص شد کاربرد زئولیت در شرایط تنش شوری شدید و بدون سیلیکات کلسیم مقادیر درصد روغن رقم زرفام را حدود 36 درصد بیشتر از ساری‌گل افزود که نشان دهنده‌ی واکنش مطلوب رقم زرفام در شرایط تنش شدید شوری به ماده‌ی معدنی زئولیت می‌باشد. احتمال می‌رود با توجه به خاصیت تبادل کاتیونی بالای زئولیت (مینگ و مومپتون، 1995) این ماده‌ی معدنی توانسته میزان شوری را در محدوده‌ی ریشه پایین آورده و به افزایش درصد روغن کمک کرده باشد.

عملکرد روغن

در رقم ساری‌گل، شرایط بدون تنش و بدون زئولیت و کاربرد سیلیکات کلسیم نسبت به کاربرد زئولیت و بدون سیلیکات کلسیم در شرایط تنش شدید با اختلاف حدود 20 درصد بیشترین و کمترین مقادیر عملکرد روغن را نشان دادند (جدول 5). در شرایط تنش شوری متوسط و شدید سیلیکات کلسیم و زئولیت اثر معنی‌داری بر مقادیر این صفت نداشتند اما زئولیت توانست عملکرد روغن رقم زرفام را در شرایط بدون تنش و بدون سیلیکات کلسیم نسبت به شرایط مشابه تیماری در سطح تنش متوسط افزایش دهد. با افزایش مصرف زئولیت مقادیر عملکرد روغن نیز افزایش می‌یابد.

شاخص سبزینگی

در شرایط تنش شوری متوسط، رقم زرفام با اختلاف بیش از 21 درصد مقادیر بالاتری از این صفت را نسبت به ساری‌گل نشان داد (جدول 5). طی بررسی آذری و همکاران (2012) نشان داده شد رقم زرفام از نظر تعداد، سطح برگ، وزن پهنک و کلرفیل مقادیر بالایی را دارا می‌باشد. کاربرد سیلیکات کلسیم و زئولیت در شرایط بدون تنش، شاخص سبزینگی زرفام را بیش از دو برابر نسبت به بدون سیلیکات کلسیم افزود. در تحقیقی مشخص شد استفاده از سیلیس نفوذپذیری غشای پلاسمایی سلول‌های برگ را کاهش داده (لیانگ و همکاران، 2006) و به‌طور معنی‌داری ساختار کلروپلاست‌هایی که در اثر افزایش مقادیر سدیم کلرید آسیب دیده‌اند و ساختار غشاء دولایه‌ی آن‌ها از بین رفته است را بهبود بخشیده و در صورت عدم وجود سیلیس ساختار گراناهای کلروپلاست از هم پاشیده می‌شوند.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم می‌تواند عملکرد روغن این گیاه زراعی را در شرایط شوری متوسط افزایش دهد. تنش شوری باعث کاهش عملکرد و برخی از اجزای عملکرد ارقام مورد بررسی شد که در این میان رقم زرفام بیش از ساری‌گل تحت تاثیر قرار گرفت. همچنین مشخص شد استفاده از زئولیت باعث افزایش عملکرد رقم زرفام به مقدار 10 درصد شده و درصد و عملکرد روغن رقم زرفام، واکنش بهتری را نسبت به ساریگل در شرایط کاربرد زئولیت نشان داد و این تیمار تأثیر مطلوب‌تری را نسبت به زئولیت بر خصوصیات زراعی ارقام کلزا داشت.

Archive of SID

www.SID.ir

فهرست منابع:

1. بندانی، م. و ا. عبدل‌زاده. 1386. اثر تغذیه سیلیسیم در تحمل به شوری گیاه پوکسینلیا (*Puccinellia distans* L.). مجله‌ی علوم کشاورزی و منابع طبیعی. 14: 111-119.
2. محمدی، م.، ح. مولوی، ع. لیاقت و م. پارسی‌نژاد. 1392. اثر کاربرد زئولیت بر عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت دانه‌ای. مجله پژوهش آب در کشاورزی. 27 (1): 67-75.
3. Ashraf, M. and R. Sharif. 1998. Does salt tolerance vary in potential oil-seed crop Brassica carinata at different growth stages?. Journal of Agronomy and Crop Science. 181: 103-115.
4. Ayan, S., Z. Yahyaoglu, V. Gercek and A. Sahin. 2005. Utilization of zeolite as a substrate for containerized oriental spruce (*Picea orientalis* L.) seedlings. International Symposium on Growing Media. INRA-INH-University d' Angers, 4-10, Angers, France.
5. Azari, A., S.A.M. Modares Sanavi, H. Askari, F. Ghanati, A. M. Naji, and Alizadeh, B. 2012. Effect of salt stress on morphological and physiological traits of two species of rapeseed (*Brassica Napus and B. Rapa*). Iranian Journal of Crop Sciences. 14 (2): 121-135.
6. Epstein, E. 1999. Silicon, Annuals Review Plant Physiology. Plant Molecular Biology. 50:641–64.
7. Jamshidzadeh, Z and S.A. Mirbagheri. 2011. Evaluation of groundwater quantity and quality in the ashan Basin, Central Iran. Desa lination. 270:23–30.
8. Kardoni, F., S.J. Seyyed Mosavi, S. Parande and M. Eskandari Torbaghan. 2013. Effect of salinity stress and silicon application on yield and component yield offaba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 6(12): 814-818.
9. Liang, Y.C. W.C. Sun, Y.G. Zhu and P. Christie. 2006. Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. Env pol. Xx: 1-7.
10. Ming, D.W and F.A. Mumpton. 1995. Natural zeolites'93: Occurrence, properties, use. Comm. On Natural Zeolites. Brockport, New York.
11. Noori, M., M. Zendehdel and A. Ahmadi. 2006. Using natural zeolite for the improvement of soil salinity and crop yield. Toxicological and Environmental Chemistry. 88:77-84.
12. Pessarakli, M. 1994. In: Pessarakli., M. Handbook of Plant and Crop Stress. Marcel Dekker, New York.
13. Rameeh, V., A. Cherati and F. Abbaszadeh. 2012. Salinity effects on yield, yield components and nutrient ions in rapeseed genotypes. Journal of Agricultural Sciences. 57(1):19-29.
14. WAJIMA, T. 2013. Ion Exchange Properties of Japanese Natural Zeolites in Seawater. Analytical Sciences. 29:139-141.

Archive of SID

www.SID.ir

Effect of Zeolite and Calcium Silicate on Salt Stress Tolerance of Two Canola Varieties

S. S. Ghoreishiasl, H. Zahedi, Y. Sharghi, S. A. M. Modarres Sanavy[1] and M. Moradi Ghahderijani

MSc. student of Agronomy, Department of Agriculture, Islamshahr Branch, Islamic Azad University; E-mail: ghoreishiasl@gmail.com

Assistant Professor, Faculty member, Department of Agriculture, Islamshahr Branch, Islamic Azad University; E-mail: hzahedi2006@gmail.com

Assistant Professor, Faculty member, Department of Agriculture, Islamshahr Branch, Islamic Azad University; E-mail: sharghi@iiua.ac.ir

Professor in Crop Physiology, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; E-mail: Modaresa@modares.ac.ir.

PhD. Student, Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University; E-mail: M.Moradi.gh@modares.ac.ir.

Received: Aprill, 2016 and Accepted: May, 2017

Abstract

One of the main reasons of crop yield reduction in Iran is salt stress and providing proper strategies is necessary for mitigating the effect of this stress. So, a factorial experiment was conducted to improve the salt stress damages on two canola varieties in a randomized complete block design with three replications at the Research Greenhouse of Agricultural Faculty of Tarbiat Modares University. Treatments included 3 levels of control, moderate, and severe salt stress (0.4, 5 and 10 dS m^{-1}), calcium silicate at two rates (0 and 8 kg ha^{-1}), two levels of zeolite (control and 8 ton ha^{-1}) and two varieties, namely, Zarfam and Sarigol. Results showed that application of zeolite increased Zarfam yield in soil with a light texture and had no significant effect on Sarigol. Under moderate salinity, zeolite, and calcium silicate treatment, Zarfam produced higher oil percentage (more than 57%) compared to Sarigol at severe stress and without application of zeolite and calcium silicate. Also, Sarigol in the treatment with no salinity stress and zeolite and only application of calcium silicate had the highest oil yield while the lowest oil yield (60 percent lower) was obtained at severe stress, application of zeolite and without application of calcium silicate . In the treatment with moderate salinity and non-application of zeolite and calcium silicate, Zarfam had the highest SPAD, while Sarigol, under moderate stress, application of calcium silicate and without application of zeolite, had the lowest SPAD (more than 32% difference). Generally, salt stress reduced yield and yield components of both varieties and application of zeolite and calcium silicate decreased the damages of salt stress in some traits. Besides, Zarfam showed better response to the calcium silicate and this treatment was more effective in comparison with zeolite in both canola varieties.

Keywords: Sarigol cultivar, Yield, Yield components, Zarfam cultivar.

[1] Corresponding author: Agronomy Department, Faculty of Agriculture, Tarbiat Modares University, Jalal-Al-Ahmad Highway, Nasr Bridge, Tehran, Iran.

Archive of SID

www.SID.ir