

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

سید شهریار قریشی اصل، حسین زاهدی، یونس شرقی، سید علی محمد مدرس ثانوی¹

و مهرداد مرادی قهدریجانی

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

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

استادیار گروه زراعت دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه آزاد 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 راه کار برای تعدیل اثر این تنش ضروری به نظر می‌رسد. لذا آزمایشی به صورت 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 (5.0/4 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 ساری گل) بودند. نتایج نشان داد کاربرد زئولیت در شرایط خاک با بافت سبک، عملکرد رقم زرفام را افزایش داد اما اثر معنی‌داری بر ساری گل نداشت. رقم زرفام در شرایط شوری متوسط و کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم نسبت به رقم ساری گل در شرایط شوری شدید، بدون زئولیت و کاربرد سیلیکات کلسیم درصد روغن بیشتری را تولید نمود (بیش از 57 درصد). همچنین رقم ساری گل 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 ساری گل 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 کلزا مطالعه شده در مقایسه با زئولیت، مطلوب تر بود.

واژه‌های کلیدی: رقم زرفام، رقم ساری گل، عملکرد، اجزای عملکرد

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

مقدمه

کلزا (*Brassica Napus L.*) یکی از مهمترین گیاهان جهت تولید روغن خوراکی در ایران و جهان 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، قم و کاشان مشخص شد که علت عمده‌ی شوری چاه‌های این مناطق وجود کاتیون‌های سدیم، کلسیم و منیزیم و آنیون-های کلر و سولفات می‌باشد (جمشیدزاده و میرباقری، 2011). تجمع یون سدیم در برگ کلزا تحت تأثیر تنش شوری، سبب کاهش رشد ارقام کلزا گردید (اشرف و شریف، 1998). کاهش وزن خشک و عملکرد ارقام کلزا تحت تأثیر تنش شوری نیز توسط محققان گزارش شده که حاکی از تأثیر سوء تنش شوری بر عملکرد دانه گیاهان خانواده براسیکا از جمله کلزا می‌باشد (اشرف و شریف، 1998). غلظت بالای نمک در ریشه، رشد و عملکرد بسیاری از گیاهان زراعی را تحت تأثیر قرار می‌دهد (رامه و همکاران، 2012)

استفاده از زئولیت یکی از راه‌های جلوگیری از کاهش رطوبت خاک و تنش شوری است. زئولیت آلومینو سیلیکاتی با ساختار داربستی است که یون‌های بزرگ و مولکول‌های آب حفرات آن را اشغال کرده و در ساختار آن متحرک می‌باشند؛ به طوری که واکنش‌های تعویض یون و آب‌گیری آن‌ها، به صورت برگشت‌پذیر انجام می‌شود (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 بهبود عملکرد تربچه می‌شود. آنها بیان کردند کاربرد زئولیت طبیعی باعث نگهداشت نمک‌های مضر خاک می‌گردد و از این طریق جذب آب توسط گیاه راحت‌تر می‌شود.

راه‌کار دیگر جهت جلوگیری از اثرات مخرب تنش شوری، استفاده از عنصر سیلیس است. سیلس دومین عنصر فراوان در پوسته‌ی زمین می‌باشد و با اینکه سیلیسیوم برای گیاهان عالی به عنوان یک عنصر ضروری در نظر گرفته نمی‌شود، کاربردی بودن آن جهت رشد سالم و توسعه‌ی اندام‌های گیاهی و همچنین کاهش خسارات ناشی از تنش شوری در بسیاری از گیاهان زراعی ثابت شده است (ایستین، 1999). شوری باعث افزایش یون سدیم در بخش‌های هوایی می‌گردد، اما تغذیه با سیلیسیم در گیاه موجب کاهش غلظت این یون در بافت‌ها می‌شود. وقتی تنش شوری ایجاد می‌شود، کاهش پتانسیل اسمزی و سمیت ناشی از یون سدیم گیاه را با مشکل مواجه می‌سازد. سیلیسیم با کاهش اثرات سمی

حاصل از جذب سدیم سبب بهبود رشد گیاه پوکسینلیا (*Puccinellia distans L.*) می‌شود (بندانی و عبدلزاده، 1386). ایستین (1999) در تحقیقی بیان کرد سیلیسیم در کنار افزایش شاخص‌های رشد در گیاهان به تعدیل شرایط تنش نیز کمک می‌کند. با این وجود گزارشات اثرات متقابل شوری و سیلیسیم بر روی گیاهان زراعی بسیار محدود است. لیانگ و همکاران (2006) اثرات متقابل تنش‌های غیر زنده و سیلیسیم را مورد بررسی قرار داد و نتیجه گرفت که سیلیسیم تجمع سدیم در گیاه را کاهش می‌دهد.

اخیراً تحقیقات پیرامون نحوه‌ی اثر سیلیسیوم و زئولیت بر خصوصیات زراعی گیاهان در شرایط تنش متمرکز شده است و در این میان بررسی اثر متقابل این دو ماده بر گیاه زراعی کلزا ضروری به نظر می‌رسد. لذا 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 سیلیکات کلسیم در خاک سبک را مورد بررسی قرار دهد.

مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر زئولیت و سیلیکات کلسیم بر دو رقم کلزا آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در گلخانه‌ی تحقیقاتی دانشکده‌ی کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر 17 آزادراه تهران کرج در پاییز 1392 شروع و در پایان بهار 1393 عملیات گلخانه‌ای آن به اتمام رسید. تیمارها شامل سه سطح تنش شوری آب (کم با شوری 0/4، متوسط و شدید شوری 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. محیط 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 گردید. داخل گلدان‌های 5 لیتری، از مخلوط خاک مزرعه و ماسه به نسبت 1:1 استفاده شد (جدول 1).

زئولیت {از نوع کلینوپتیلولیت (*Clinoptilolite*)} (جدول 2) به صورت مخلوط در خاک گلدان‌ها و سیلیکات کلسیم (42 درصد سیلیس و 20 درصد کلسیم تهیه شده از شرکت بشری امین - ایران) محلول در اسید فلوریک با در نظر گرفتن 8 کیلوگرم در هکتار، محلول در آب آبیاری به خاک گلدان‌های واجد تیمار اضافه شد. برای ایجاد زهکشی مناسب و جلوگیری

از تجمع نمک، سه سوراخ به قطر یک سانتی‌متر ته هر گلدان تعبیه شد.

جدول 1- مشخصات فیزیکی و شیمیایی 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)
0/082	41/6	36	7/1	9	7/2
درصد کربن					1/28

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 در نهایت 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.

بذور ارقام کلزا (تهیه شده از مرکز تحقیقات تهیه‌ی نهال و بذر کرچ) که توسط هیپوکلریت سدیم 0/5 درصد ضدعفونی شده بودند در گلدان‌ها کشت شدند (جدول 3). در هر گلدان 10 عدد بذر به عمق حدود 3 سانتی‌متر کاشته شد. در هر گلدان کود اوره و نترات پتاسیم به میزان 4 و 2 گرم به کار 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 تقسیم 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 به عدم 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

جدول 2- درصد ترکیبات شیمیایی موجود در زئولیت مورد استفاده

CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
2/3	0/1	1/08	3	12/02	65
Cl	SO ₃	P ₂ O ₅	TiO ₂	MnO	Fe ₂ O ₃
-	-	0/01	0/03	0/04	1/5

$$CEC = 200 \text{ meq}/100\text{g}$$

جدول 3- برخی خصوصیات ارقام زراعی مورد استفاده در آزمایش

رقم	طول دوره رشد (روز)	مناطق کشت	ویژگی خاص
زرغام	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

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

آبیاری به صورت دو روز در میان در حد ظرفیت زراعی¹ به علاوه 25 درصد سهم آبشویی انجام شد. قبل از

¹ FC

نیز سایر صفات زراعی از قبیل تعداد دانه در غلاف، وزن هزاردانه (به وسیله ترازوی 0/01 گرم)، عملکرد دانه با رطوبت 10 درصد، درصد روغن با دستگاه سوکسله و عملکرد روغن اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری میزان کلروفیل برگها (شاخص سبزیگی) از برگهای شماره 5، 10 و 15 بوته های گلدان استفاده و از طریق دستگاه کلروفیل متر (Soil-Plant Analysis Development (SPAD) 502 Minolta Co., Osaka, Japan) اندازه گیری شد.

داده های آزمایش از نظر نرمال بودن مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نرم افزار SAS آنالیز شد. مقایسه های میانگین داده ها به روش آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال 5 درصد صورت پذیرفت و نمودارهای مربوطه به کمک 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 سبزیگی در سطح احتمال 5 درصد اثر معنی داری داشت. همچنین تنش شوری توانست تمامی صفات بجز تعداد دانه در غلاف و درصد روغن را در سطح احتمال 1 درصد و شاخص برداشت را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار دهد. تیمار زئولیت بر صفات عملکرد دانه، تعداد غلاف، و شاخص سبزیگی در سطح احتمال 5 درصد معنی دار بوده و سیلیکات کلسیم توانست تمامی صفات بجز وزن هزاردانه، وزن خشک، درصد روغن و شاخص سبزیگی را در سطح احتمال 1 درصد و تعداد دانه در غلاف را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار دهد. اثر متقابل رقم×تنش شوری وزن هزار دانه، درصد روغن و شاخص سبزیگی 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 تجزیه واریانس نشان دهنده اثر معنی دار اثر متقابل رقم×سیلیکات کلسیم بر شاخص سبزیگی 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 سبزیگی در سطح احتمال 1 درصد معنی دار بوده و اثر متقابل تنش شوری×سیلیکات کلسیم اثر معنی داری بر تعداد غلاف در سطح احتمال 5 درصد و بر شاخص سبزیگی در سطح احتمال 1 درصد داشت. نتایج نشان داد اثر متقابل زئولیت

×سیلیکات کلسیم بر عملکرد دانه، وزن هزاردانه و شاخص سبزیگی در سطح احتمال 1 درصد و بر شاخص برداشت و عملکرد روغن در سطح احتمال 5 درصد معنی دار بوده و اثر متقابل رقم×تنش شوری×زئولیت و اثر متقابل رقم×زئولیت×سیلیکات کلسیم شاخص سبزیگی را در سطح احتمال 1 درصد به طور معنی داری تحت تأثیر قرار دادند و بر دیگر صفات مورد بررسی اثر معنی داری نداشتند. اثر متقابل رقم×تنش شوری×سیلیکات کلسیم صفات عملکرد روغن را در سطح احتمال 5 درصد و شاخص سبزیگی را در سطح احتمال 1 درصد تحت تأثیر قرار داد. اثر متقابل تنش×زئولیت×سیلیکات کلسیم مقادیر عملکرد دانه، عملکرد روغن و شاخص سبزیگی را در سطح احتمال 1 درصد و وزن هزاردانه را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار داد و در نهایت مشخص شد اثرات متقابل چهارگانه تیمارهای آزمایشی تعداد غلاف، تعداد دانه در غلاف و شاخص سبزیگی را در سطح احتمال 1 درصد و وزن خشک، درصد و عملکرد روغن را در سطح احتمال 5 درصد تحت تأثیر قرار می دهند (جدول 4).

عملکرد دانه

کاربرد زئولیت، عملکرد دانه ی رقم زرغام را 10 درصد افزایش داد (در سطح احتمال 5 درصد)، اما اثر معنی داری بر ساری گل 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 دسی زیمنس بر متر باعث کاهش عملکرد این گیاه زراعی می شود و عملکرد ارقام زراعی مقاوم کمتر تحت تأثیر تنش شوری قرار می گیرد (رامه و همکاران، 2012). از آنجایی که زئولیت های طبیعی دارای پتانسیل کاهش نمک می باشند (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 معنی داری 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 می شود (کردونی و همکاران، 2013) همین محققین اعلام کردند افزایش عملکرد در شرایط کاربرد سیلیسیوم نشان دهنده بهبود در فرایندهای مرتبط با انتقال مواد معدنی به بذر بوده و به

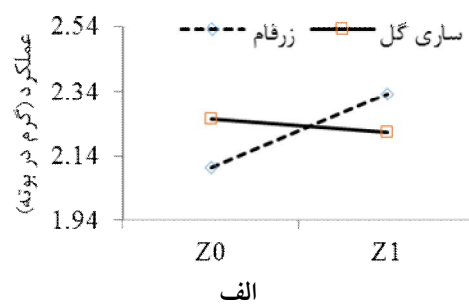
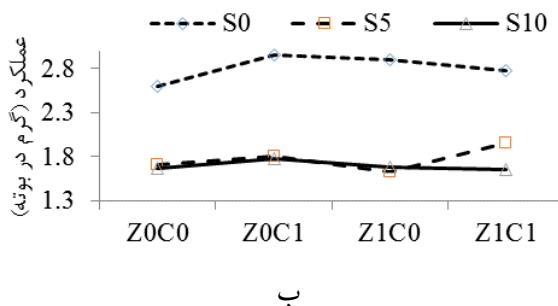
عملکرد این گیاه زراعی را به‌طور معنی‌داری نسبت به شرایط بدون تنش کاهش دهد که در این میان اختلاف بین سطوح تنش متوسط و شدید معنی‌دار نبود.

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

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}، *، ** 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

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

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

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).

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

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 در بوته)	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	31/1i
			C ₁	58ab	10/1cf	5/5ac	27/2ce	0/85bc	66/9bd
		Z ₀	C ₀	29/1fg	13a-d	3/9ef	30/6a-e	0/5f	76/6a
	S ₅	Z ₀	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
		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
سپیدی	S ₁₀	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
		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
	S ₅	Z ₁	C ₁	61/3ab	10/1cf	5/4ac	29/5ae	0/88bc	51/4i
		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

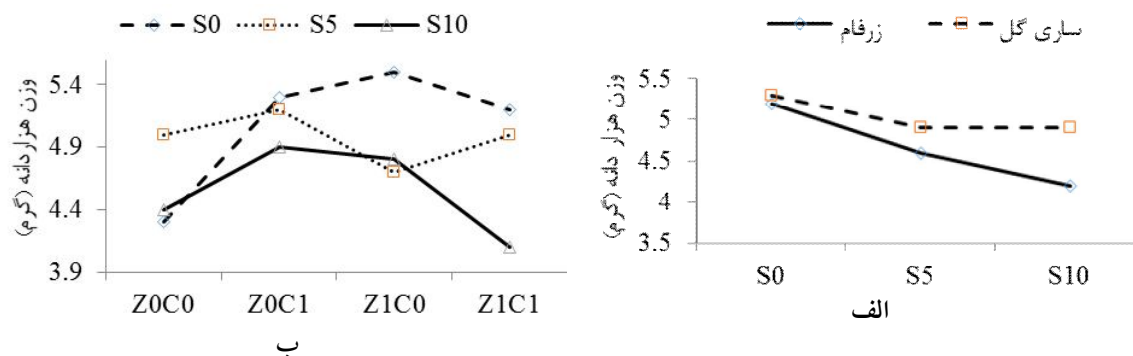
وزن هزاردانه

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

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

کردند کاربرد سیلیسیوم می‌تواند به طور چشمگیری از کاهش وزن هزاردانه در شرایط بروز تنش جلوگیری کند.

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



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

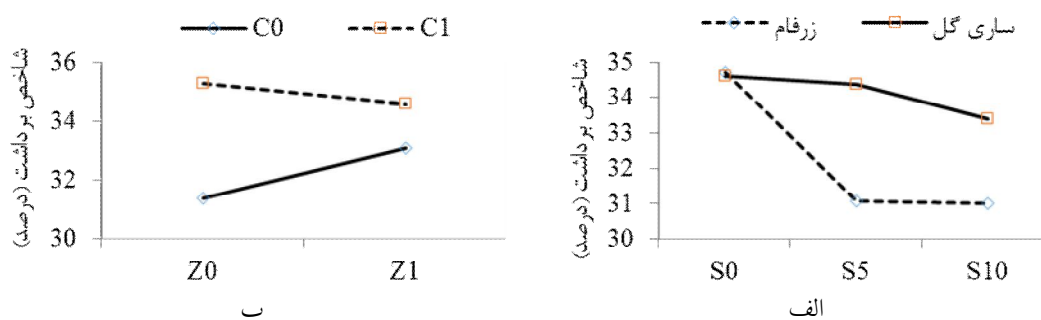
تعداد دانه در غلاف

کلسیم در شرایط تنش شدید با اختلاف حدود 50 درصد به ترتیب 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 در نهایت 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 ساری گل، 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 به دلیل افزایش عملکرد اقتصادی محصول (عملکرد و اجزای عملکرد) است.

نتایج حاصل از جدول 5 نشان داد کاربرد زئولیت و سیلیکات کلسیم در شرایط تنش متوسط تعداد دانه در غلاف رقم ساری گل 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 به هم زده و باعث اختلال در تعادل اسمزی گیاه می‌شود (پسرکلی، 1994) که همین امر موجب کاهش تعداد گل-های بارور و در نتیجه کاهش تعداد دانه در گیاه می‌گردد. زئولیت انتقال مناسب Ca^{2+} بین خاک و گیاه را به وجود می‌آورد که در نهایت 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 ساری گل را افزایش می‌دهد. به طور کلی رقم ساری گل 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



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

درصد روغن

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 ساری گل نشان داد (جدول 5). طی بررسی آذری و همکاران (2012) نشان داده شد رقم زرفام از نظر تعداد، سطح برگ، وزن پهنک و کلریل 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 ساری گل تحت تأثیر 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.

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 PP_{ase} و ATP_{ase} در تونوپلاست می‌شود که این امر موجب کاهش جذب سدیم و افزایش مقادیر پتاسیم می‌گردد. لذا یون‌های نمک به واکنش‌ها 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 ساری گل 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 ساری گل، 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

فهرست منابع:

1. بندانی، م. و ا. عبدالزاده. 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 دانه-ای. 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. *Desalination*. 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. Zendehtel and A. Ahmadi. 2006. Using natural zeolite for the improvement of soil salinity and crop yield. *Toxicological and Environmental Chemistry*. 88:77-84.
12. Pessaraki, M. 1994. In: Pessaraki., 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.

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 Sanavy¹
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: April, 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-Ahmad Highway, Nasr Bridge, Tehran, Iran.