Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۱ ■ شماره ۴ ■ زمستان ۱۳۹۸
صفحه‌های ۳۶۶-۳۵۳

اثر محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم بر مقاومت به تنش شوری در دو رقم کلزا

کمال سادات اسیلان*
دانشیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۷/۰۹/۲۶ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۸/۰۲/۲۴

چکیده

هدف از پژوهش حاضر، بررسی اثرات محلول‌پاشی سطوح مختلف سیلیکات کلسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم از گیاه کلزا می‌باشد. بر همین اساس، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس در سال زراعی ۹۷-۱۳۹۶ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل ۳ سطح تنش شوری (شاهد، شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) و دو سطح سیلیکات کلسیم (شاهد و محلول‌پاشی ۸ کیلوگرم در هکتار) بودند که تنش شوری از مرحله شروع گلدهی به بعد و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم در زمان گلدهی اعمال شدند و صفات وزن خشک گیاه، عملکرد دانه، اجزای عملکرد دانه، شاخص برداشت، عملکرد روغن و درصد روغن مورد ارزیابی قرار گرفتند. نتایج نشان داد محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم، اثرات مثبتی بر صفات مورد بررسی در هر دو رقم زرفام و ساری‌گل داشت و سبب افزایش عملکرد در گیاه کلزا شد. از طرفی، مشاهده شد که رقم ساری‌گل در مقایسه با رقم زرفام، تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه، شاخص برداشت، درصد روغن، عملکرد روغن و شاخص سبزینگی بیش‌تری داشت ولی رقم زرفام دارای حداکثر وزن خشک گیاه بود. به‌علاوه، مشاهده شد که اعمال تنش شوری در سطوح ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر، اثر منفی بر تمامی صفات مورد بررسی داشت. به‌طورکلی، در پژوهش حاضر، تنش شوری سبب کاهش عملکرد و اجزای عملکرد کلزا شد و کاربرد سیلیکات کلسیم اثرات منفی ناشی از تنش شوری را در هر دو رقم زرفام و ساری‌گل کاهش داد و رقم ساری‌گل در مقایسه با رقم زرفام در اثر سیلیکات کلسیم مقاومت بیش‌تری نسبت به تنش شوری نشان داد.

کلیدواژه‌ها: رقم زرفام، رقم ساری‌گل، عملکرد، شوری، محلول‌پاشی.

The Effect of Foliar Application of Calcium Silicate on Salt Stress Tolerance of Two Canola Varieties

Kamal Sadat Asilan*
Associate Professor, Department of Agricultue, Payame Noor University, Tehran, Iran.
Received: December 17, 2018 Accepted: May 14, 2019

Abstract

A factorial experiment has been conducted as a randomized complete block design with three replications at the research fields of Faculty of Agriculture of Tarbiat Modares University, during 2017-2018 growing season. The treatments are consisted of three different levels of salinity stress (control), salinity of 5 and 10 $dS.m^{-1}$), and two levels of calcium silicate (control and foliar application of 8 $kg.ha^{-1}$), wherein salinity stress has been applied from the beginning of flowering and calcium silicate, at flowering time. The paper then evaluates dry weight of the plant, grain yield, yield components, harvest index, oil yield, oil percentage, and greenness. Foliar application of calcium silicate shows positive effects on all traits of both Zarfam and Sarigol cultivars, increasing the yield in rapeseed. On the other hand, it can be observed that Sarigol has had more pods, more seeds per pod, as much as 1000 of grain weight, and greater harvest index, oil percentage, oil yield, and greenness index than the Zarfam, which has had the maximum plant dry weight. In addition, it is observed that salinity stress at 5 and 10 $dS.m^{-1}$ have negative effects on all studied traits in the present study. In general, salinity stress reduces the yield and yield components of rapeseed and the use of calcium silicate reduce the negative effects of salinity stress in both Zarfam and Sarigol cultivars with the latter showing more resistance to salt stress than the fomer, being used more effectively from calcium silicate.

Keywords: Foliar application, salinity, Sarigol cultivar, yield, Zarfam cultivar.

* نویسنده مسئول
Email: kamal.asilan@pnu.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

کلزا[1] یکی از مهم‌ترین گیاهان خانواده براسیکاسه[2] می‌باشد که هدف اصلی از کشت و کار آن در ایران و سایر نقاط جهان، تولید روغن خوراکی می‌باشد (Olama *et al*., 2013). هم‌چنین، گزارش شده است که از این گیاه به‌واسطه داشتن فیبر کم و پروتئین زیاد در برگ‌ها و ساقه‌ها، به‌عنوان علوفه با کیفیت در تغذیه احشام استفاده می‌شود (Banuclos *et al*., 2013). علاوه بر این، شوری آب و خاک یکی از عوامل مهم در کاهش عملکرد و اجزای عملکرد گیاهان می‌باشد (Vafadar *et al*., 2018)، به‌طوری‌که این معضل، روز به روز در خاک‌های کشاورزی بیش‌تر می‌شود (Moghimi *et al*., 2018). در کشور ایران، طی آزمایش‌های جداگانه‌ای در مناطق وسیعی از تهران، قم و کاشان مشخص شد که آب آبیاری برای گیاهان شور می‌باشد و سبب آلودهشدن خاک‌های کشاورزی به نمک‌ها می‌شود به‌طوری‌که علت عمده شوری چاه‌های این مناطق، وجود کاتیون‌های Na^{+} و Ca^{2+} و Mg^{2+} و آنیون‌های Cl^{-} و SO_2^{-} در آب گزارش شده است (Baghvand *et al*., 2010; Jamshidzadeh & Mirbagheri, 2011; Nasrabadi & Abbasi Maedeh, 2014). براساس نظر پژوهش‌گران، شوری به‌مفهوم وجود غلظت زیاد املاح و نمک‌ها در خاک یا آب است که مانع از رشد گیاه می‌شود (Yadav *et al*., 2011; Jouyban, 2012; Keshtehgar *et al*., 2013). اثرات شوری به‌طور چشم‌گیری در نواحی خشک و نیمه‌خشک، مناطق با بارندگی محدود، تبخیر و حرارت بالا به‌همراه مصرف کود شیمیایی فراوان و ضعف مدیریت آب و خاک مشاهده می‌شود و به‌عنوان یک مشکل مهم در تولید محصولات زراعی در این مناطق وجود دارد (Azevedo-Neto *et al*., 2006). براساس گزارش‌ها، Shamsaddin Saied *et al*. (2007) اظهار داشت علاوه بر میزان شوری، نوع نمک و تجمع یون سدیم در برگ کلزا ، سبب کاهش رشد ارقام کلزا می‌گردد؛ هم‌چنین، کاهش وزن خشک و عملکرد ارقام کلزا تحت تأثیر تنش شوری نیز توسط پژوهش‌گران گزارش شده که حاکی از تأثیر سوء تنش شوری بر عملکرد دانه کلزا می‌باشد (Tajali *et al*., 2011; Azari *et al*., 2012). در هنگام بروز تنش ناشی از ترکیبات حاوی سدیم، ازآنجاکه این یون سبب اختلال در جذب سایر عناصر غذایی می‌شود و از آن طریق می‌تواند سبب کاهش رشد، نمو و عملکرد گیاهان شود (Soltani *et al*., 2016). تنش شوری ناشی از NaCl، از طریق اختلال مستقیم در جذب عناصر غذایی (تداخل در هنگام انتقال سایر عناصر از خلال غشای سلولی مانند کانال‌های یونی) و جلوگیری از رشد ریشه به‌وسیله اثرات تخریبی یون سدیم در ساختمان خاک و تنش اسمزی ناشی از یون مذکور حادث می‌شود (Tester & Devenport, 2003).

از طرفی، برای جلوگیری از اثرات منفی تنش شوری و افزایش تحمل گیاهان زراعی به تنش شوری، راه‌کارهای مختلفی ارائه شده است و یکی از این راهکارها، تغذیه برگی گیاهان با ترکیبات حاوی سیلیکات در کشاورزی می‌باشد که به‌صورت فزاینده‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد (Laane, 2018). سیلیکات کلسیم به‌عنوان منبع سیلیکون برای تأمین سیلیسیم گیاه استفاده می‌شود؛ هم‌چنین، اظهار شده است که سیلیسیم دومین عنصر بسیار فراوان در خاک است که نزدیک به ۲۸ درصد پوسته زمین را تشکیل می‌دهد (Monshi *et al*., 2017) و با وجود این‌که برای گیاهان عالی به‌عنوان یک عنصر ضروری در نظر گرفته نمی‌شود (Ribera-Fonseca *et al*., 2018)، کاربردی‌بودن آن جهت رشد سالم و توسعه اندام‌های گیاهی و هم‌چنین کاهش خسارات ناشی از انواعی از تنش‌های محیطی و

1. *Brassica napus* L.
2. Brassicaceae

www.SID.ir

Archive of SID

به‌خصوص تنش شوری در بسیاری از گیاهان زراعی به اثبات رسیده است (Jo *et al.*, 2018). ازآنجاکه سطوح مختلف شوری در خاک سبب افزایش یون سدیم در بخش‌های هوایی و به‌خصوص در ریشه گیاهان می‌گردد، اما تغذیه گیاهان با سیلیسیم موجب کاهش غلظت این یون در بافت‌های گیاهی و تحمل گیاهان نسبت به تنش شوری می‌شود (Jo *et al.*, 2018). وقتی تنش شوری ایجاد می‌شود، کاهش پتانسیل اسمزی و سمیت ناشی از یون سدیم گیاه را با مشکل مواجه می‌سازد ولی تغذیه گیاه با سیلیسیم سبب کاهش جذب سدیم در بافت‌های گیاهی و کاهش اثرات سمی این یون شده و در نتیجه سبب بهبود رشد در گیاهان می‌شود (Golestani *et al.*, 2018). پژوهش‌گران در تحقیقی بیان کردند سیلیسیم در کنار افزایش شاخص‌های رشد در گیاهان به تعدیل شرایط تنش نیز کمک می‌کند (Bandani & Abdolzadeh, 2007). با این وجود، گزارش‌ها در ارتباط با اثرات متقابل شوری و ترکیبات حاوی سیلیسیم بر گیاهان زراعی بسیار محدود است. طی پژوهش‌هایی، پژوهش‌گران اثرات متقابل شوری و سیلیسیم را بر گیاه زراعی جو مورد بررسی قرار دادند و نتیجه گرفتند که سیلیسیم تجمع سدیم درگیاه را کاهش می‌دهد (Liang & Ding, 2002; Golestani *et al.*, 2018). هم‌چنین، برخی پژوهش‌گران اظهار داشتند ترکیبات مختلف سیلیسیم از قبیل سیلیکات کلسیم و سیلیکات سدیم سبب کاهش اثرات ناشی از تش‌های محیطی می‌شود (Ribera-Fonseca *et al.*, 2018). علاوه بر این، برخی محققین اثرات دو سطح از سیلیکات کلسیم را بر مقاومت به سطوح مختلف تنش شوری (شاهد، ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر) در ۴ رقم کلزا (زرفام، ساری‌گل، هایولا و RGS) مورد بررسی قرار دادند و نشان دادند که سطوح مختلف تنش شوری سبب کاهش عمکلرد و اجزای عملکرد دانه و هم‌چنین عملکرد روغن در هر ۴ رقم کلزا شدند ولی کاربرد سیلیکات کلسیم سبب افزایش صفات فوق و کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری در ارقام مذکور کلزا گردید (Golestani *et al.*, 2018).

اخیراً، تحقیقاتی در ارتباط با جذب و انتقال سیلیسیم، نحوه اثر آن بر گیاهان و هم‌چنین نحوه اثر سیلیسیم در ممانعت از ورود یون‌های سمی مثل سدیم و جذب عناصر غذایی ضروری گیاهان زراعی تحت انواع مختلفی از تنش‌های محیطی و سیلیکات‌ها به‌صورت جداگانه و یا ترکیب با هم به انجام رسیده است ولی در این بین، بررسی اثر متقابل تنش شوری و محلول‌پاشی برگی سیلیکات کلسیم بر گیاه کلزا ضروری به‌نظر می‌رسد. لذا، پژوهش حاضر در نظر دارد خسارات ناشی از تنش شوری بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم گیاه زراعی کلزا و راهکارهای کنترل آن از طریق سیلیکات کلسیم را مورد بررسی قرار دهد.

۲. مواد و روش‌ها

جهت بررسی اثر سیلیکات کلسیم بر دو رقم کلزا تحت سطوح مختلف تنش شوری، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزارع تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس واقع در کیلومتر ۱۷ آزادراه تهران کرج در پاییز ۱۳۹۶ شروع شد و در پایان بهار ۱۳۹۷ عملیات برداشت آن به اتمام رسید. تیمارها شامل ۳ سطح تنش شوری (شاهد، شوری ۵ (۳/۲ گرم نمک در لیتر) و ۱۰ (۶/۴ گرم نمک در لیتر) دسی‌زیمنس بر متر، سیلیکات کلسیم (شاهد و ۸ کیلوگرم در هکتار) و ارقام زرفام و ساری‌گل بودند. سیلیکات کلسیم محلول در اسید فلوریک با در نظر گرفتن ۸ کیلوگرم در هکتار، محلول درآب به‌صورت محلول‌پاشی یک هفته قبل و بعد از شروع تنش شوری

www.SID.ir

Archive of SID

به‌کار برده شد. اندازه هر کرت برابر با ۴/۵ مترمربع بود و بین هر کرت دو خط نکاشت که برابر با یک متر بود در نظر گرفته شد. قبل از انجام آزمایش، نمونه‌ای از خاک مزرعه تهیه شد و به‌منظور تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی به آزمایشگاه خاک‌شناسی دانشگاه تربیت مدرس انتقال یافت (جدول ۱) و پس از آن، مواد غذایی مورد نیاز ارقام کلزا به خاک مزرعه اضافه گردید.

بذور ارقام کلزا (تهیه‌شده از مؤسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج) در پژوهش حاضر شامل زرفام و ساری‌گل (جدول ۲) بودند که توسط هیپوکلریدسدیم ۰/۵ درصد ضدعفونی شده بودند در مزرعه کشت شدند و از مرحله کاشت تا قبل از شروع گلدهی با آب شرب شهری آبیاری شدند. قبل از شروع گلدهی، با افزودن مخلوط نمک‌ها به آب آبیاری در تانکر تنش شوری به‌صورت دستی و توسط شیلنگ اعمال گردید و 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 ۴:۳:۴:۲:۲ نمک‌های NaCl، Na_2SO_4، $CaSO_4$، $MgCl_2$ و $CaCl_2$ استفاده شد. نسبت‌های ذکرشده برای هر نمک در شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب برابر ۴۲۷، ۴۲۷، ۸۵۳، ۶۴۰ و ۸۵۳ میلی‌گرم و برای شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر دو برابر بود. مقدار مخلوط نمک‌ها برای هر سطح تنش از طریق رابطه (۱) و پس از استانداردسازی با EC Meter محاسبه گشت و مورد استفاده گیاهان قرار گرفت (Ghoreishiasl *et al*., 2016).

رابطه ۱) $EC\ (dS/m) = TDS\ (mg/L)/\ K$

که در این رابطه TDS= کل نمک‌های محلول، K= ۶۴۰ در بیش‌تر موارد.

اعمال تیمارهای شوری تا پایان مرحله رسیدگی با غلظت‌های ذکرشده در پژوهش حاضر ادامه داشت. آبیاری به‌صورت متعارف منطقه (دو روز در میان) صورت گرفت. قبل از مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت، چهار بوته کف‌بر گردید و در آنها خصوصیات وزن بوته و تعداد خورجین در بوته اندازه‌گیری شد. پس از مرحله رسیدگی نیز سایر صفات زراعی از قبیل تعداد دانه در خورجین، وزن هزاردانه (به‌وسیله ترازوی ۰/۰۱ گرم)، عملکرد دانه با رطوبت ۱۰ درصد، درصد روغن به‌روش سوکسله (AOAC, 1984) و عملکرد روغن (حاصل‌ضرب عملکرد دانه در درصد روغن) اندازه‌گیری شد.

جدول ۱. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت خاک	EC ($dS.m^{-1}$)	pH	کربن ارگانیک (٪)	نیتروژن در دسترس (٪)	فسفر (mg/l)	پتاسیم (mg/l)	مس (mg/l)	روی (mg/l)	آهن (mg/l)
لوم شنی	۱/۶۸	۷/۶	۱/۲۸	۰/۰۸۲	۶/۴۱	۳۶۰	۲/۷	۰/۹	۱/۷

جدول ۲. ویژگی‌های ارقام مورداستفاده در پژوهش حاضر

ردیف	نام فارسی رقم	نام انگلیسی رقم	مبدأ	تیپ کشت	سازگاری	منبع
۱	زرفام (ریجنت × کبری)	Cobra × Regent	ایران	پاییزه- بهاره	معتدل سرد و سرد	Falah Haki *et al*. (2012)
۲	ساری‌گل	PF7045/91	آلمان	بهاره	نیمه‌مرطوب و نسبتاً سرد	Rameeh *et al*. (2013)

www.SID.ir

Archive of SID

جهت اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ‌ها (شاخص سبزینگی) از برگ‌های شماره ۵، ۱۰ و ۱۵ بوته‌های ارقام کلزا استفاده شد و از طریق دستگاه کلروفیل‌متر دستی (Soil-Plant Analysis Development (SPAD) 502 Minolta Co., Osaka, Japan) مورد سنجش قرار گرفت. به‌علاوه، داده‌های آزمایش از نظر نرمال‌بودن مورد بررسی قرار گرفت و با استفاده از نرم‌افزار SAS (ver 9.4) آنالیز شدند. مقایسه‌های میانگین داده‌ها به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد صورت گرفت و نمودارهای مربوطه به‌کمک نرم‌افزار Excel ترسیم گردید.

۳. نتایج و بحث

۳. ۱. عملکرد دانه

با توجه به جدول ۳، نتایج نشان می‌دهند در بین تیمارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر، تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم بر عملکرد دانه گیاه کلزا اثرات معنی‌داری داشتند ولی برهمکنش‌های رقم× تنش شوری، رقم× سیلیکات کلسیم، تنش شوری× سیلیکات کلسیم و رقم× تنش شوری× سیلیکات کلسیم سبب ایجاد اختلاف معنی‌دار بر صفت مذکور نشدند (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثرات سطوح مختلف تنش شوری بر عملکرد دانه کلزا (شکل ۱) نشان می‌دهند که بیش‌ترین عملکرد دانه (۲/۸۱ تن در هکتار) که اختلاف معنی‌داری با عملکرد دانه در سایر تیمارها داشت در تیمار شاهد به‌دست آمد و کم‌ترین میزان عملکرد دانه کلزا (۱/۷۰ تن در هکتار) تحت کاربرد شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر حاصل شد ولی اختلاف معنی‌داری با کاربرد شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر (۱/۷۲ تن در هکتار) نداشت (شکل ۱).

نتایج کاربرد و عدم کاربرد سیلیکات کلسیم بر عملکرد دانه کلزا در شکل ۲ نشان داده شده است. براساس نتایج، مشاهده می‌شود که تحت کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم، عملکرد دانه در مقایسه با عدم کاربرد سیلیکات کلسیم (تیمار شاهد) افزایش معنی‌داری داشت به‌طوری‌که عملکرد دانه تحت کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم برابر با ۲/۱۶ تن در هکتار و در تیمار شاهد برابر با ۲/۰۷ تن در هکتار به‌دست آمد (شکل ۲).

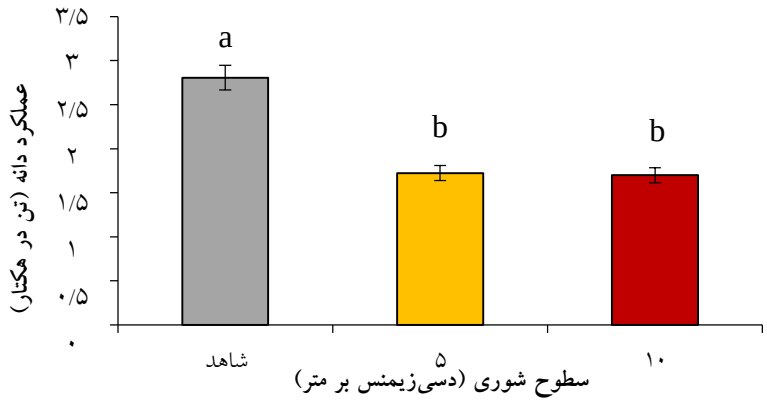
جدول ۳. تجزیه واریانس اثر تیمارهای شوری و سیلیکات کلسیم بر برخی صفات عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم کلزا

منابع تغییرات	درجه آزادی	عملکرد دانه	تعداد خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن هزاردانه	وزن خشک	شاخص برداشت	درصد روغن	عملکرد روغن	شاخص سبزینگی
تکرار	۲	۰/۰۰۴^{ns}	۳۷^{ns}	۰/۰۸^{ns}	۰/۲۸^{ns}	۰/۴۷^{ns}	۱۲/۲^{ns}	۳/۶۱^{ns}	۰/۰۰۰۴^{ns}	۳/۵۱ ^{ns}
رقم	۱	۰/۰۰۴ ^{ns}	۲۶^{ns}	۰/۵۴^{ns}	۲/۱*	۰/۴۲^{ns}	۱۸^{ns}	۱۷^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۲۲۵/۸**
تنش شوری	۲	۱۰**	۳۰۹۰**	۶/۸۴^{ns}	۱/۸۵**	۱۸**	۲۲*	۱۴^{ns}	۱/۰۸**	۳۶۲/۹**
سیلیکات کلسیم	۱	۰/۷۸**	۵۱۳**	۲۱*	۰/۳۸^{ns}	۰/۲۰^{ns}	۱۳۱**	۹/۲^{ns}	۰/۱**	۶/۹ ^{ns}
رقم × شوری	۲	۰/۰۶^{ns}	۷۰^{ns}	۱/۱۲^{ns}	۲/۲**	۰/۳۲^{ns}	۲۳*	۹۷**	۰/۰۴*	۴۶۸/۲**
رقم × سیلیکات کلسیم	۱	۰/۰۵^{ns}	۱۲۱^{ns}	۶/۴۵^{ns}	۰/۴۶^{ns}	۰/۲۷^{ns}	۱۵^{ns}	۷/۵۴^{ns}	۰/۰۰۳^{ns}	۴۶۹/۷**
شوری × سیلیکات کلسیم	۲	۰/۰۳^{ns}	۱۹۸*	۶/۱۳^{ns}	۰/۲۴^{ns}	۱/۲۰^{ns}	۷/۵ ^{ns}	۱۴^{ns}	۰/۰۰۵^{ns}	۱۱۲/۶**
رقم × شوری × سیلیکات کلسیم	۲	۰/۰۲^{ns}	۳۰۴/۵*	۱۳/۰۲*	۰/۴۱^{ns}	۱۱/۶۰*	۱۰^{ns}	۶۵*	۰/۰۴*	۵۶۲/۷**
خطای آزمایش	۲۳	۰/۰۳	۴۵	۴/۳	۰/۳۱	۰/۲۴	۵/۶۹	۱۸	۰/۰۰۸	۵/۳۵
ضریب تغییرات		۸/۱۷	۱۶	۱۸	۱۱/۴	۱۱/۲۹	۷/۱۰	۱۴	۱۴	۴

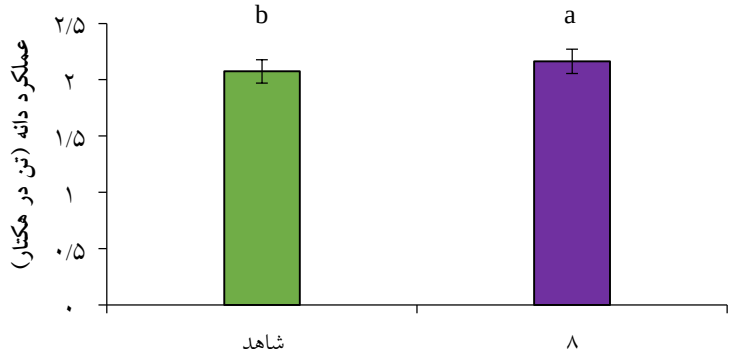
ns، * و **: به‌ترتیب نبود اختلاف معنی‌دار و اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. اثرات سطوح مختلف شوری بر عملکرد دانه گیاه کلزا



شکل ۲. اثرات کاربرد/ عدم کاربرد سیلیکات کلسیم بر عملکرد دانه گیاه کلزا

بسیاری از گیاهان زراعی حساسیت قابل‌ملاحظه‌ای نسبت به شرایط شوری نشان می‌دهند که این موضوع به‌علت مسمومیت حاصل از تجمع و جذب یون سدیم **در سلول، اثرات** منفی آنها در غشای سلول (Khoshkholgh-Sima *et al.*, 2013) و اختلال در فعالیت آنزیم‌ها و متابولیسم سلول است (Nabizadeh *et al.*, 2015). هم‌چنین، در پژوهش دیگری اظهار شده است که در اثر شوری، مواد حل‌شده در منطقه توسعه ریشه گیاهان، پتانسیل اسمزی منفی زیادی را ایجاد می‌کند که منجر به کاهش پتانسیل آب خاک شده و جذب آب توسط گیاه را با مشکل مواجه می‌کند (Pattanagul & Thitisakakul, 2008) و پس از آن، رشدونمو گیاهی و متعاقب آن عملکرد و اجزای عملکرد در گیاهان کاهش می‌یابد (Tester & Devenport, 2003; Munns, 2006). در پژوهش حاضر (جدول ۳ و شکل ۱) مشخص شد سطوح ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس تنش شوری در مقایسه با عدم کاربرد تنش شوری (تیمار شاهد)، بر عملکرد دانه کلزا اثرات منفی قابل‌ملاحظه‌ای دارد و سبب کاهش عملکرد دانه کلزا می‌شود که این کاهش می‌تواند ناشی از عوامل فوق باشد. در تأیید کاهش عملکرد گیاهان زراعی تحت تنش شوری، برخی پژوهش‌گران طی آزمایش‌هایی دریافتند که این کاهش می‌تواند ناشی از اثرات ثانویه ناشی از تنش شوری

www.SID.ir

Archive of SID

شامل کاهش رشدونمو، کاهش فتوسنتز گیاهی، ایجاد گونه‌های فعال اکسیژن، اختلال در عمل غشاها، کاهش فعالیت‌های متابولیسمی سلول و کاهش تقسیم سلول باشد (Azizi *et al*., 2015)؛ علاوه بر این، برخی دیگر از پژوهش‌گران بیان دارند که گونه‌های فعال اکسیژن ایجادشده تحت تنش شوری با بسیاری از ترکیب‌های سلولی واکنش داده و سبب خسارت به سایر ساختارهای درون‌سلولی از قبیل رنگیزه‌های فتوسنتزی، اسیدهای نوکلئیک، پروتئین‌ها و لیپیدها می‌شود (Blokhina *et al*., 2003).

از طرفی، ازآنجاکه مواد حاوی سیلیس، دارای پتانسیل کاهش نمک می‌باشند، تحت تنش شوری، تنظیم تعادل یونی و اسمزی سلول را افزایش می‌دهند و در نهایت با کاهش میزان سدیم و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان، سبب کاهش تنش اکسیداتیو ناشی از تنش شوری، کاهش پراکسیداسیون لیپیدی و نشت الکترولیت‌ها و در نهایت، افزایش عملکرد خواهند شد (Azizi *et al*., 2015). در پژوهش حاضر، کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم سبب افزایش عملکرد دانه کلزا نسبت به تیمار عدم کاربرد سیلیکات کلسیم شد (شکل ۲) و در تأیید اثرات مثبت سیلیکات کلسیم بر کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری، برخی پژوهش‌گران اظهار دارند که افزایش عملکرد گیاهان زراعی تحت کاربرد سیلیکات کلسیم احتمالاً به کاهش تبخیر و تعرق و به انسداد نسبی جریان بای‌پس (برگشتی) تبخیر و تعرق توسط یون سیلیس مربوط باشد که در نهایت باعث افزایش مقادیر آب قابل استفاده گیاه، فتوسنتز و فرایند تولید در گیاه می‌گردد (Liang, 2006). در تحقیق دیگری مشخص شد افزایش جذب و انتقال پتاسیم و کاهش جذب و انتقال سدیم از ریشه به شاخساره احتمالاً به‌دلیل حضور یون سیلیس (سیلیکات کلسیم) در گیاه باشد. چراکه این یون باعث افزایش فعالیت آنزیم H=ATPase موجود در غشای پلاسمایی سلول‌های ریشه می‌شود که در نتیجه افزایش نسبت پتاسیم به سدیم، فعالیت آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز و تولید کربوهیدرات‌ها افزایش یافته و عملکرد افزایش خواهد یافت (Liang & Ding, 2002).

۳. ۲. اجزای عملکرد

۳. ۲. ۱. تعداد خورجین و تعداد دانه در خورجین

با توجه به نتایج حاصل از جدول ۲، صفت تعداد خورجین در هر بوته تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم در سطح احتمال ۱٪ و تحت کاربرد تیمارهای برهمکنش تنش شوری× سیلیکات کلسیم و رقم× تنش شوری× سیلیکات کلسیم در سطح احتمال ۵٪ قرار گرفت و تیمارهای رقم، رقم× شوری و رقم× سیلیکات کلسیم اختلاف معنی‌داری را بر تعداد خورجین در بوته ایجاد نکرد. از طرفی، اثرات تیمارهای پژوهش حاضر بر تعداد دانه در خورجین نشان می‌دهد که کاربرد تیمار سیلیکات کلسیم و برهمکنش رقم× شوری× سیلیکات کلسیم در سطح احتمال ۵٪ بر صفت مذکور معنی‌دار بود ولی تحت کاربرد سایر تیمارها از قبیل رقم و سطوح مختلف تنش شوری و هم‌چنین برهمکنش‌های رقم× سطوح تنش شوری، رقم× سیلیکات کلسیم و سطوح تنش شوری× سیلیکات کلسیم اختلاف معنی‌داری بین تعداد دانه در خورجین مشاهده نشد (جدول ۳).

مقایسه میانگین کاربرد تیمار برهمکنش رقم × تنش شوری× سیلیکات کلسیم بر تعداد خورجین در بوته (جدول ۳) نشان می‌دهد که بیش‌ترین تعداد خورجین در هر بوته (۶۱/۳ خورجین) تحت کاربرد تیمار ساری‌گل× عدم تنش شوری× ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم به‌دست آمد و دارای اختلاف معنی‌داری با تعداد خورجین در سایر تیمارها بود. از طرفی، کم‌ترین تعداد خورجین در بوته (۲۶/۸ خورجین) به‌طور مشترک در برهمکنش‌های رقم زرفام× شوری ۱۰ دسی‌زیمنس× عدم کاربرد سیلیکات

www.SID.ir

Archive of SID

کلسیم و رقم ساری‌گل× شوری ۱۰ دسی‌زیمنس× عدم کاربرد سیلیکات کلسیم حاصل شد (جدول ۴).

اثرات برهمکنش رقم× تنش شوری× سیلیکات کلسیم بر تعداد دانه در خورجین در جدول ۳ نشان داده شده است. براساس نتایج، مشاهده می‌شود که بیش‌ترین و کم‌ترین تعداد دانه در خورجین به‌ترتیب تحت برهمکنش‌های ساری‌گل× عدم تنش شوری× ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم (۱۴/۷ دانه) و ساری‌گل× تنش شوری ۵ دسی‌زیمنس× ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم (۸/۵ دانه) حاصل شد (جدول ۳).

براساس نتایج مندرج در جدول ۴، مشاهده می‌شود که در عدم حضور تنش شوری، رقم ساری‌گل تحت کاربرد سیلیکات کلسیم دارای بیش‌ترین تعداد خورجین در بوته و تعداد دانه در خورجین شد لیکن کاربرد تنش شوری و عدم کاربرد سیلیکات کلسیم سبب کاهش صفات فوق گردید. در تأیید اثرات منفی تنش شوری بر اجزای عملکرد، مطالعات نشان می‌دهد که با افزایش میزان شوری، تعداد دانه در خورجین اصلی و فرعی کاهش می‌یابد (Azari *et al*., 2012). علاوه بر این، برخی پژوهش‌گران اظهار دارند که مقادیر بالای Na^+ در خاک‌های شور تعادل مواد غذایی موجود در خاک را به‌هم زده و باعث اختلال در تعادل اسمزی گیاه می‌شود (Khoshkholgh-Sima *et al*., 2013) که همین امر موجب کاهش تعداد گل‌های بارور و در نتیجه کاهش تعداد دانه در گیاه می‌گردد (Shafi *et al*., 2010). در بررسی کاربرد توأم تنش شوری و محلول‌پاشی سیلیسیوم بر گیاه کلزا، نشان داده شده است که تنش شوری به‌طور معنی‌داری سبب کاهش تعداد خورجین، تعداد دانه در خورجین و شاخص برداشت در گیاه کلزا شد ولی محلول‌پاشی سیلسیوم، اثرات منفی ناشی از تنش شوری را کاهش داد و سبب افزایش در صفات مذکور گردید (Bybordi, 2016).

جدول ۴. مقایسه میانگین برخی از اجزای عملکرد ارقام زرفام و ساری‌گل کلزا تحت تیمارهای تنش شوری و محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم

رقم	تنش شوری ($dS.m^{-1}$)	سیلیکات کلسیم ($kg.ha^{-1}$)	تعداد خورجین	تعداد دانه در خورجین	وزن خشک گیاه (gr)	درصد روغن (٪)	عملکرد روغن (gr)	شاخص سبزینگی (٪)
زرفام	شاهد	شاهد	۳۶d-g	۸/۷ef	۵/۱cd	۲۷/۷c-e	۰/۸bc	۵۷/۳gh
		۸	۵۰/۷bc	۱۰/۱c-f	۶/۳a	۲۷/۲c-e	۰/۸۹ bc	۶۹/۶a
	۵	شاهد	۲۹/۱fg	۱۳a-d	۳/۹ef	۳۰/۶a-e	۰/۵f	۶۰/۲e-g
		۸	۳۴/۴e-g	۱۱/۶b-f	۴ef	۳۱/۶a-d	۰/۵۸d-f	۶۵cd
	۱۰	شاهد	۲۶/۸g	۱۲/۹a-d	۳/۴f	۲۸/۷b-e	۰/۴۶ f	۴۹ij
		۸	۴۱c-f	۱۳/۷a-c	۳/۷ef	۳۰/۲a-e	۰/۵۶ f	۶۸/۷bc
ساری گل	شاهد	شاهد	۵۱b	۹/۳d-f	۵/۶a-c	۲۸/۸b-e	۰/۷۴cd	۵۹/۴f-h
		۸	۶۱/۳a	۱۴/۷a	۵/۴a-c	۳۶/۶a	۱/۲ a	۴۴/۷k
	۵	شاهد	۳۱/۳fg	۱۰/۹b-f	۳/۷ef	۲۹b-e	۰/۵۶ f	۵۰/۴i
		۸	۴۴/۶c-e	۸/۵f	۳/۷ef	۳۰/۹a-e	۰/۵۸d-f	۵۹/۱f-h
	۱۰	شاهد	۲۶/۸g	۱۲/۸a-d	۳/۵ef	۲۲/۸e	۰/۴۴f	۶۳/۹de
		۸	۳۷/۱d-g	۱۲/۶a-e	۳/۵ef	۳۱/۸a-d	۰/۵۵f	۶۵/۹ b-d

اعداد با حروف مشابه در هر ستون از هر بخش براساس آزمون دانکن (P<۰/۰۵) اختلاف معنی‌داری ندارد.

www.SID.ir

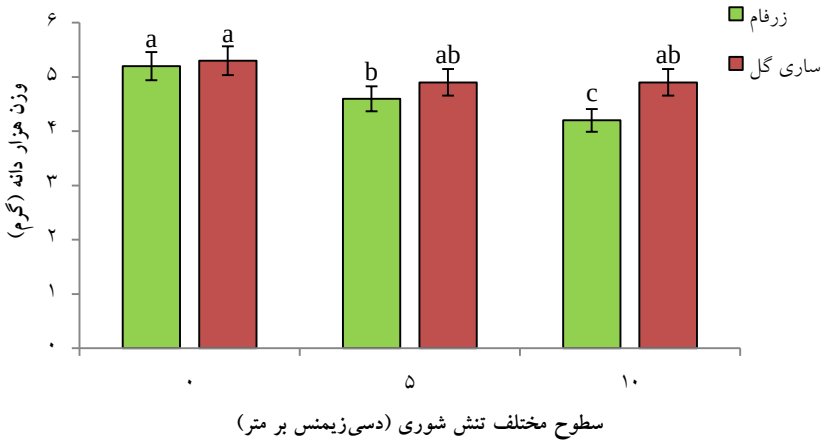
Archive of SID

۳. ۲. ۲. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس جدول ۳ نشان می‌دهد که وزن هزاردانه در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر ارقام زرفام و ساری‌گل و در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری و رقم× تنش شوری قرار گرفت لیکن سایر تیمارهای پژوهش حاضر از قبیل کاربرد سیلیکات کلسیم، رقم× سیلیکات کلسیم، شوری× سیلیکات کلسیم و رقم× شوری× سیلیکات کلسیم اختلاف معنی‌داری را در وزن هزاردانه کلزا ایجاد نکردند (جدول ۳).

مقایسه میانگین اختلاف معنی‌دار وزن هزاردانه تحت کاربرد رقم (شکل ۳)، حاکی از این است که رقم زرفام در شرایط بدون تنش شوری دارای بیش‌ترین وزن هزاردانه بود که برابر با ۵/۲ گرم توزین شد که در مقایسه با وزن هزاردانه حاصل از تیمارهای ساری‌گل× عدم کاربرد تنش شوری (۵/۳ گرم)، ساری‌گل× شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر (۴/۹ گرم) و ساری‌گل× شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر (۴/۹ گرم) اختلاف معنی‌داری نداشت و کم‌ترین وزن هزاردانه (۴/۲ گرم) که اختلاف معنی‌داری با سایر تیمارها داشت، تحت برهمکنش رقم زرفام× تنش شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد (شکل ۳).

در پژوهش حاضر، نتایج نشان داد که تنش شوری در مقایسه با تیمار شاهد سبب کاهش وزن هزاردانه در هر دو رقم کلزا شد (شکل ۳). در تأیید اثرات منفی تنش شوری بر وزن هزاردانه گیاهان زراعی و کلزا، در پژوهشی مشاهده شده است که سطوح ۳، ۶، ۹ و ۱۲ دسی‌زیمنس تنش شوری سبب کاهش معنی‌دار وزن هزاردانه در ارقام کبری، طلایه، مادونا، اکاپی و اپرا در کلزا می‌شود به‌طوری‌که پژوهش‌گران گزارش کردند کاهش در وزن هزاردانه کلزا وابسته به غلظت می‌باشد (Tajali *et al.*, 2011). برخی دیگر از پژوهش‌گران، کاهش در وزن هزاردانه گیاه کلزا را ناشی از اختلال در مسیر مواد فتوسنتزی و مواد پرورده جهت مقابله با اثرات تنش شوری بیان کردند (Nabizadeh *et al.*, 2003). از طرفی، در جدول ۱ نشان داده شد که کاربرد سیلیکات کلسیم بین هیچ‌کدام از ارقام زرفام و ساری‌گل اختلاف معنی‌داری ایجاد نکرد. هم‌چنین، در گزارشی مطرح شده است که سیلیسیوم و ترکیبات حاوی سیلیسیوم از طریق تحریک سیستم‌های آنتی‌اکسیدانی در گیاهان، جذب بیش‌تر مواد غذایی مورد نیاز گیاهان و بی‌حرکت شدن یون‌های فلزی سمی در محیط‌های رشد سبب افزایش مقاومت گیاهان به تنش شوری می‌شود (Liang *et al.*, 2006).



شکل ۳. اثرات برهمکنش رقم × سطوح مختلف تنش شوری بر وزن هزاردانه گیاه کلزا

www.SID.ir

Archive of SID

همچنین، اثبات شده است که عنصر سیلیسیوم از طریق افزایش فعالیت سیستم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاهان گوجه‌فرنگی و خیار تحت تنش شوری، پراکسیداسیون لیپیدی را کاهش می‌دهد که متعاقب آن سبب ایجاد مقاومت و یا تحمل گیاهان به تنش شوری می‌شود (Al-Aghabary *et al*., 2004; Zhu *et al*., 2004).

۳. ۳. وزن خشک بوته

نتایج مندرج در جدول ۳ نشان می‌دهد که تنش شوری در سطح احتمال ۱٪ و برهمکنش سه‌گانه رقم× تنش شوری× سیلیکات کلسیم در سطح احتمال ۵٪ وزن خشک گیاه کلزا را در آزمایش حاضر به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. در بررسی مقایسه میانگین اثرات برهمکنش رقم× تنش شوری× سیلیکات کلسیم (جدول ۴)، مشاهده شد که بیش‌ترین وزن خشک کلزا تحت کاربرد رقم زرفام× عدم تنش شوری× کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم حاصل شد که معادل با ۶/۳ گرم بود و کم‌ترین وزن خشک گیاه در برهمکنش رقم زرفام× تنش شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر× عدم کاربرد سیلیکات کلسیم (۳/۴ گرم) ایجاد شد. در تحقیقی مشخص شد افزایش تنش شوری به ۱۶ دسی‌زیمنس بر متر وزن خشک جو را به‌طور معنی‌داری کاهش می‌دهد (Liang *et al*., 2006). در تحقیق دیگری روی ارقام مختلف کلزا و شلغم روغنی، مشخص شد که سطوح مختلف تنش شوری مقادیر زیست‌توده این گیاهان را کاهش می‌دهد (Azari *et al*., 2012). همچنین در پژوهش فوق بیان شده است که میزان پایداری غشای سلولی همبستگی بالایی با میزان زیست‌توده دارد و ازآنجایی‌که در شرایط تنش شوری، میزان نشت غشا و مواد سیتوپلاسمی به‌دلیل افزایش رادیکال‌های فعال اکسیژن افزایش می‌یابد، احتمالاً کاهش وزن خشک کلزا در پژوهش حاضر، ناشی از اثرات تنش شوری در افزایش موارد فوق باشد.

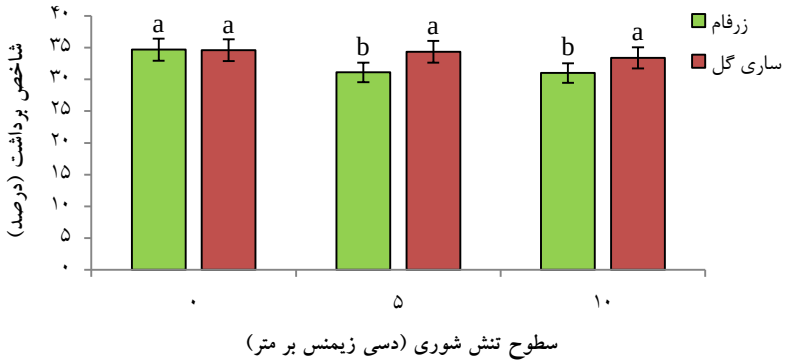
۳. ۴. شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس اثرات تیمارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر بر میزان شاخص برداشت نشان می‌دهند که صفت مذکور در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر تیمارهای تنش شوری و برهمکنش رقم× شوری و در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر کاربرد سیلیکات کلسیم قرار گرفته است ولی فاکتورهای نوع رقم و برهمکنش‌های رقم× سیلیکات کلسیم، شوری× سیلیکات کلسیم و رقم× شوری× سیلیکات کلسیم بر میزان شاخص برداشت اختلاف معنی‌داری را ایجاد نکردند (جدول ۳). در بررسی برهمکنش رقم× سطوح مختلف شوری بر شاخص برداشت، نتایج مندرج در شکل ۴ حاکی از این است که بیش‌ترین شاخص برداشت (برابر با ۳۴/۷ درصد) در برهمکنش رقم زرفام× عدم کاربرد تنش شوری بود که با میزان شاخص برداشت حاصل از رقم زرفام تحت سطوح شوری ۵ و ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری داشت و کم‌ترین میزان شاخص برداشت کلزا (برابر با ۳۱ درصد) تحت تیمار برهمکنش رقم زرفام× شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد اما فقط با شاخص برداشت به‌دست‌آمده از تیمار برهمکنش رقم زرفام× شوری ۵ دسی‌زیمنس بر متر (برابر با ۳۱/۱ درصد) اختلاف معنی‌داری نداشت (شکل ۴).

با توجه به این‌که در شکل ۴ مشاهده شد که تحت کاربرد برهمکنش رقم و تنش شوری، اختلاف معنی‌داری در شاخص‌برداشت گیاه کلزا ایجاد می‌شود، برخی پژوهش‌گران اظهار دارند که ارقام مختلف از گیاهان دارای پاسخ‌های متفاوتی نسبت به تنش شوری می‌باشند که می‌تواند ناشی از غلظت نمک، نوع یون، مرحله رشد گیاه و برخی از عوامل محیطی باشد (Pirasteh-Anosheh *et al*., 2015; Ranjbar & Pirasteh-Anosheh, 2015). پژوهش‌گران دیگری نیز کاهش شاخص برداشت را با افزایش سطوح تنش شوری گزارش کرده‌اند (Chadordooz Jedi *et al*., 2011).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴. اثرات برهمکنش رقم× سطوح مختلف تنش شوری بر وزن هزاردانه گیاه کلزا

علاوه بر موارد فوق، هرچند در پژوهش حاضر (جدول۱) اثرات کاربرد سیلیکات کلسیم بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود، لیکن گزارش شده است که محلول‌پاشی ۸ کیلوگرم در هکتار، توانست شاخص برداشت را به میزان ۸ درصد افزایش دهد (Golestani *et al.*, 2018).

۳. ۵. درصد روغن و عملکرد روغن

تجزیه واریانس صفت درصد روغن (جدول ۳) نشان می‌دهند که صفت مذکور در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر برهمکنش رقم× شوری و در سطح احتمال ۵٪ تحت تأثیر برهمکنش سه‌گانه رقم× شوری× سیلیکات کلسیم قرار گرفت ولی سایر تیمارهای مورد بررسی در پژوهش حاضر تغییرات معنی‌داری را بر درصد روغن گیاه کلزا ایجاد نکردند. از طرفی، هنگامی‌که اثرات تیمارها بر عملکرد روغن مورد بررسی قرار گرفت، مشاهده شد که فاکتورهای سطوح مختلف تنش شوری، سیلیکات کلسیم، برهمکنش رقم× شوری و برهمکنش رقم× شوری× سیلیکات کلسیم به‌ترتیب بر میزان عملکرد روغن کلزا در سطوح احتمال ۱٪، ۱٪، ۵٪ و ۵٪ درصد معنی‌دار بودند، اما تحت فاکتورهای نوع رقم، برهمکنش رقم× سیلیکات کلسیم و برهمکنش شوری× سیلیکات کلسیم اختلاف معنی‌داری در شاخص عملکرد روغن مشاهده نشد (جدول ۳). براساس نتایج مقایسه میانگین درصد روغن تحت برهمکنش سه‌گانه رقم× شوری× سیلیکات کلسیم، نتایج جدول ۳ نشان می‌دهند که بیش‌ترین درصد روغن (معادل با ۳۶/۶ درصد) در تیمار رقم ساری‌گل× عدم تنش شوری× ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم حاصل شد و کم‌ترین درصد روغن (معادل با ۲۲/۸ درصد) تحت کاربرد برهمکنش رقم ساری‌گل× شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر× عدم کاربرد سیلیکات کلسیم به‌دست آمد. علاوه براین، در بررسی اثرات تیمارها بر عملکرد روغن (جدول ۴) مشاهده می‌شود که بیش‌ترین و کم‌ترین مقادیر در صفت مذکور به‌ترتیب تحت کاربرد تیمارهای رقم ساری‌گل× عدم تنش شوری× ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم (معادل با ۱/۲ گرم در هر گیاه) و رقم ساری‌گل× شوری ۱۰ دسی‌زیمنس بر متر× عدم کاربرد سیلیکات کلسیم (معادل با ۰/۴۴ گرم در هر گیاه) به‌دست آمد.

به‌طورکلی، در جدول ۳ مشاهده شد که کاربرد تنش شوری در ارقام زرفام و ساری‌گل سبب کاهش درصد و عملکرد روغن کلزا شد ولی محلول‌پاشی ۸ کیلوگرم در هکتار از سیلیکات کلسیم، به معنی‌داری اثرات منفی ناشی

www.SID.ir

Archive of SID

از سطوح مختلف تنش شوری را کاهش داد. در تأیید اثرات مثبت ترکیبات حاوی سیلیکات بر درصد و عملکرد روغن در گیاهان روغنی، بیان شده است که 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 که در نتیجه آن، سمیت سدیم کاهش یافته و در نهایت به جلوگیری از پراکسیداسیون چربی و افزایش درصد روغن می‌انجامد (Liang *et al*., 2006).

۳. ۶. شاخص سبزینگی

تمامی تیمارهای آزمایشی (به‌جز محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم) مقادیر شاخص سبزینگی کلزا را به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۳). در بررسی اثرات سه‌گانه رقم× شوری× سیلیکات کلسیم بر شاخص سبزینگی (جدول ۳)، مشاهده می‌شود که بیش‌ترین مقدار در صفت فوق (۶۹/۶ درصد) تحت کاربرد برهمکنش رقم زرفام× عدم تنش شوری× ۸ کیلوگرم سیلیکات کلسیم بود که اختلاف معنی‌داری با میزان شاخص سبزینگی در سایر تیمارها داشت و کم‌ترین میزان در صفت مذکور (۴۴/۷ درصد) تحت کاربرد تیمار رقم ساری‌گل× ۱۰ دسی‌زیمنس شوری× عدم کاربرد سیلیکات کلسیم حادث شد (جدول ۴).

به‌طورکلی، ازآنجاکه سبزینه گیاه، اصلی‌ترین رنگدانه نورساختی است و تحت شرایط وجود تنش‌های محیطی (به‌ویژه تنش شوری)، سطح سبزینه گیاه به‌عنوان یکی از شاخص‌های مناسب در بررسی اثرات تنش می‌باشد و تغییرپذیری‌های متفاوتی را نشان می‌دهد (Amirul Alam *et al*., 2015). علاوه بر این، نشان داده شده است که رقم زرفام از نظر تعداد، سطح برگ، وزن پهنک و کلروفیل مقادیر بالایی را دارا می‌باشد (Azari *et al*., 2012). در پژوهش حاضر، مشاهده شد که کاربرد سیلیکات کلسیم در شرایط عدم تنش، شاخص سبزینگی رقم زرفام را افزایش معنی‌داری می‌دهد (جدول ۴). در تأیید اثرات منفی تنش شوری بر شاخص سبزینگی و محتوای کلروفیل برگ گیاهان، Falah *et al*. (2015) بیان کردند که سطوح مختلف تنش شوری سبب کاهش شاخص سبزینگی و محتوای کلروفیل در برگ ارقام مختلف برنج می‌شود. برخی پژوهش‌گران نیز اظهار داشتند که اثرات تنش‌های محیطی بر میزان کلروفیل و شاخص سبزینگی گیاهان ممکن است به‌علت تخریب لاملای کلروفیل برگ‌ها باشد (Yang *et al*., 2002). از طرفی، در ارتباط با اثرات مثبت ترکیبات حاوی سیلیس بر شاخص سبزینگی در برگ گیاهان و کاهش اثرات منفی تنش شوری، Ghoreishiasl *et al*. (2016) نشان دادند که کاربرد ۸ کیلوگرم در هکتار سیلیکات کلسیم، سبب افزایش شاخص سبزینگی و کاهش اثرات منفی ناشی از تنش شوری در گیاه کلزا می‌گردد و اظهار داشتند که استفاده از ترکیبات حاوی سیلیس، نفوذپذیری غشای پلاسمایی سلول‌های برگ را کاهش داده و به‌طور معنی‌داری ساختار کلروپلاست‌هایی که در اثر افزایش مقادیر کلرید سدیم آسیب دیده‌اند و ساختار غشای دو لایه آنها از بین رفته است را بهبود بخشیده و در صورت عدم وجود سیلیس، ساختار گراناهای کلروپلاست از هم پاشیده می‌شوند.

۴. نتیجه‌گیری

محلول‌پاشی سیلیکات کلسیم عملکرد دانه رقم زرفام را افزایش می‌دهد و هر دو سطح شوری باعث کاهش معنی‌دار این صفت در ارقام کلزا می‌گردند. در شرایط بروز شوری رقم زرفام نسبت به ساری‌گل مقادیر شاخص سبزینگی بالاتری را نشان داد. استفاده از سیلیکات کلسیم به مقدار ۸

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم در هکتار در شرایط بروز تنش باعث جلوگیری از افت مقادیر شاخص سبزینگی رقم زرفام و افزایش عملکرد شد. عملکرد روغن رقم زرفام با کابرد سیلیکات کلسیم در شرایط تنش شوری شدید حدود ۲۲ درصد افزایش یافت.

۵. منابع

Al-Aghabary, K., Zhu, Z. & Shi, Q. H. (2004). Influence of silicon supply on chlorophyll content, chlorophyll fluorescence, and antioxidative enzyme activities in tomato plants under salt stress. *Journal of Plant Nutrition, 27*(12), 2101-2115. DOI: 10.1081/PLN-200034641.

Amirul Alam, M. D., Juraimi, A. S., Rafii, M. Y. & Abdul Hamid, A. (2015). Effect of salinity on biomass yield and physiological and stem-root anatomical characteristics of purslane (*Portulaca oleracea* L.) accessions. *BioMed Research International*, *1*, 1-15. DOI: 10.1155/2015/105695.

Azari, A., Modares Sanavi S. A. M., Askari, H., Ghanati, F., Naji, A. M. & 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. (in Persian)

Azevedo-Neto, A. D., Prisco, J. T., Eneas-Filho, J., Abreu, C. E. B. & Gomes-Filho, E. (2006). Effect of salt stress on antioxidant enzymes and lipid per oxidation in leaves and roots of salt-tolerance and salt-sensitive maize genotypes. *Environmental and Experimental Botany, 56*(1), 87-94. DOI:10.1016/j.envexpbot.2005.01.008.

Azizi, M., Abdolzadeh, A., Mehraban Jobani, P. & Sadeghi Pour, H. R. (2015). The effect of silicon on increasing salt resistance by reducing oxidative stress in *Festuca arundinacea* plant. *Scientific Journal of Rangeland*, *9*(1), 43-54. (in Persian)

Baghvand, A., Nasrabadi, T., Nabi Bidhendi, G. R., Vosoogh, A., Karbassi, A. R. & Mehrdadi, N. (2010). Groundwater quality degradation of an aquifer in Iran central desert. *Desalination, 260*(1-3), 264-275. DOI:10.1016/j.desal.2010.02.038.

Banuclos, G. S., Bryla, D. R. & Cook, C. G. (2002). Vegetative production of kenaf and canola under irrigation in central California. *Industrial Crops and Products*, *15*(3), 237-245. DOI: 10.1016/S0926-6690(01)00119-4.

Bybordi, A. (2016). Effect of zeolite, selenium and silicon on yield, yield components and some physiological traits of canola under salt stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*, *14*(1), 154-170. (in Persian)

Chadordooz Jedi, A., Ghasemi Golazani, K. & Zaferani Moatar, P. (2011). The effect of salinity on biological and harvest index psyllium (*plantago ovate* L.). *National conference on climate change and its impact on agriculture and the environment*. Iran, Urmia, Research Center for Agriculture and Natural Resources of Azerbaijan. (in Persian)

Falah, A., Farahmandfar, E. & Moradi, F. (2015). Effect of salinity stress in different growth stages on some morphophysiological traits of two rice cultivars in greenhouse conditions. *Journal of Agronomy*, *107*, 175-182. (in Persian)

Falah Haki, M. H., Yadavi, A. R., Movahedi Dehnavi, M. & Bonyadi, M. (2012). Effect of planting date on physiological and morphological characteristics of four canola cultivars in Yasuj. *Crop Production and Processing Journal*, *2*(4), 53-65. (in Persian)

Ghoreishiasl, S.S., Zahedi, H., Sharghi, Y., Modarres Sanavy, S. A. M. & Moradi Ghahderijani, M. (2016). Effect of zeolite and calcium silicate on salt stress tolerance of two canola varieties. *Iranian Journal of Soil Research*, *31*(3), 353-362. (in Persian).

Golestani, J., Younes, E., Zahedi, H., Modares Sanavi, S. A. M. & Alavi, S. A. (2018) Effect of calcium silicate on salt stress tolerance of four canola varieties. *Iranian Journal of Field Crop Science*, *49*(1), 179-188. (in Persian)

Jamshidzadeh, Z. & Mirbagheri, S. A. (2011). Evaluation of groundwater quantity and quality in the ashan Basin, Central Iran. *Desa-lination*, *270*(1), 23-30. DOI: 10.1016/j.desal.2010.10.067.

Jo, E. H., Soundararajan, P., Park, Y. G. & Jeong, B. R. (2018). Effect of silicon on growth and tolerance of Torenia fournieriin vitro to NaCl Stress. *Flower Research Journal*, *26*(2), 68-76. DOI : 10.11623/frj.2018.26.2.05.

Jouyban, Z. (2012). The Effects of Salt stress on plant growth. *Technical Journal of Engineering and Applied Sciences*, *2*(1), 7-10.

Keshtehgar, A., Rigi, K. & Vazirimehr, M. R. (2013). Effects of salt stress in crop plants. *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, *5*(23), 2863-2867.

Khoshkholgh-Sima, N.A., Alitabar, R.A., Eghbalinejad, M., Babazadeh, P. & Tale-Ahmad. (2013). Effect of salinity on germination and threshold of tolerance in barley. Iranian Journal of Field Crops Research, *11*(1), 107-120. (in Persian)

www.SID.ir

Archive of SID

Laane, H. M. (2018). The effects of foliar sprays with different silicon compounds. *Plants*, *7*(45), 1-22. DOI: 10.3390/plants7020045.

Liang, Y. C., Sun, W. C., Zhu, Y. G. & Christie, P. (2006). Mechanisms of silicon-mediated alleviation of abiotic stresses in higher plants: A review. *Environmental Pollution*, *147*(2), 422-428. DOI: 10.1016/j.envpol.2006.06.008.

Liang, Y. C. & Ding, R. X. (2002). Influence of silicon on microdistribution of mineral ions in roots of salt-stressed barley as associated with salt tolerance in plants. *Science China Life Sciences*, *45*(3), 298-308. DOI: 10.1360/02yc9033.

Moghimi, A., Yang, C., Miller, M. E. M., Kianian, S. F. & Marchetto, P. M. (2018). A novel approach to assess salt stress tolerance in wheat using hyperspectral imaging. *Frontiers in Plant Science*, *9*, 1-17. DOI: 10.3389/fpls.2018.01182.

Monshi, R., Sharghi, Y., Zahedi, H., Modarres Sanavy, S. A. M., Moradi Ghahderijani, M. & Keshavarz, H. (2017). Effect of triazoles foliar application and calcium silicate on canola (*Brassica napus* L.) dryness tolerance. Iranian Journal of Field Crop Science, *8*(2): 303-317. (in Persian)

Munns, R. (2006). Physiological processes limiting plant growth in saline soil: some dogmas and hypotheses, *Plant Cell and Environment*, *16*(1), 15-24. DOI: 10.1111/j.1365-3040.1993.tb00840.x.

Nabizadeh Marvdust, M. R., Kafi, M., Rashed M. H. & Hasel, M. (2003). Effect of salinity on growth, yield, collection of minerals and percentage of green cumin essence. *Journal of Iran Arable Studies*, *1*(1), 53-59. (in Persian)

Nabizadeh, H., Valizadeh, M., Norouzi, M., Toorchi, M. & Behrouzi Vajovi, M. (2015). Effect of different levels of nacl salinity on antioxidant enzyme's activity in seedling of different wheat cultivars. *Biological Forum – An International Journal*, *7*(2), 180-186.

Nasrabadi, T. & Abbasi Maedeh, P. (2014). Groundwater quality assessment in southern parts of Tehran plain, Iran. *Enviromental Earth Science*, *71*(5), 2077–2086. DOI: 10.1007/s12665-013-2610-x.

Olama, V., Ronaghi, A. M., Karimian, N. A., Yasrebi, J., Hamidi, R. & Tavajjoh, M. (2013). Comparison of yield, yield components and seed quality (oil and protein content) of two rapeseed cultivars as affected by different levels of soil-applied nitrogen and zinc. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, *4(*16), 83-98. (in Persian)

Pirasteh-Anosheh, H., Emam, Y. & Sepaskhah, A. R. (2015). Improving barley performance by proper foliar applied salicylic-acid under saline conditions. *International Journal of Plant Production*, *9*(3), 467-486. DOI: 10.22069/IJPP.2015.2226.

Ranjbar, Gh. & Pirasteh-Anosheh, H. (2015). A glance to the salinity research in Iran with emphasis on improvement of field crops production. *Journal of Agricultural Sciences of Iran*, *17*(2), 165-178. (in Persian)

Shafi, M., Bakht, J., Khan, M. J., Khan, M. A. & Anwar, S. (2010). Effect of salinity on yield and ion accumulation of wheat genotypes. *Pakistan Journal of Botany*, *42*(6), 4113-4121.

Shamsaddin Saied, M., Farahbakhsh, H. & Maghsoodi Mude, A. A. (2007). Effects of salt stress on germination, vegetative growth and some physiological characteristics of canola. J. Sci. Technol. Agric. Nat. Res., *11*(41), 191-203. (in Persian)

Tajali, T., Bagheri, A. R. & Hosseini, M. (2011). Effect of salinity on yield and yield components of five canola cultivar. *Journal of Plant Ecophysiology*, *3*, 77-90. (in Persian)

Tester, M. & Devenport, R. (2003). Na^+ tolerance and Na^+ transport in higher plants. *Annals of Botany*, *91*(5), 1-25.

Vafadar, Z., Rahimmalek, M., Sabzalian, M. R. & Nikbakht, A. (2018). Effect of salt stress and harvesting time on morphological and physiological characteristics of Myrtle (*Myrthus communis*). *Journal of plant Process and Function*, *7*(23), 33-44. (in Persian)

Yadav, S., Irfan, M., Ahmad, A. & Hayat S. (2011). Causes of salinity and plant manifestations to salt stress: A review. *Journal of Environmental Biology*, *32*, 667-685.

Yang, J., Zhang, J., wang, Z., Zhu, Q. & Liu, L. (2002). Carbon remobilization and grain filling in two line hybrid rice. Subject to postanthesis water deficits. *Agronomy Journal*, *94*(1), 102-109. DOI: 10.2134/agronj2002.1020.

Zhu, Z. J., Wei, G. Q., Li, J., Qian, Q. Q. & Yu, J. Q., (2004). Silicon alleviates salt stress and increases antioxidant enzymes activity in leaves of salt-stressed cucumber (*Cucumis sativus* L.). *Plant Science*, *167*(3), 527-533. DOI: 10.1016/j.plantsci.2004.04.020.

www.SID.ir