دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
پژوهشنامه اصلاح گیاهان زراعی

"مقاله پژوهشی"

اثر پلی‌سولفید کلسیم بر عناصر غذایی خاک و برخی ویژگی‌های رشدی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.) رقم گنووس در شرایط تنش شوری

یاسر ولی‌اللهی بیشه[۱]، وحید اکبرپور[۲] و محمدعلی بهمنیار[۳]

۱- دانشجوی کارشناسی‌ارشد گیاهان دارویی، موسسه عالی سنا، ساری
۲- استادیار گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران، (نویسنده مسوول: v_akbarpour60@yahoo.com)
۳- استاد گروه مهندسی علوم خاک، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۶/۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱/۱۴
صفحه: ۱۵۸ تا ۱۶۸

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: شوری خاک یکی از مهم‌ترین عوامل کاهنده عملکرد گیاهان بوده و بر بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی و متابولیکی گیاهان تأثیر می‌گذارد و از این طریق سبب کاهش رشد و عملکرد آن‌ها می‌شود. مدیریت مواد غذایی نقش مهمی در کاهش تنش شوری در شرایط مختلف محیطی دارد. کلسیم و گوگرد از عناصر مهم برای افزایش مقاومت گیاهان به شوری می‌باشند.

مواد و روش‌ها: به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف پلی‌سولفید کلسیم (شاهد (صفر)، ۳۰ و ۲۵، ۲۰، ۱۵ لیتر در هکتار) در سطوح مختلف شوری (۴ و ۳، ۲، ۱ دسی‌زیمنس بر متر) بر عناصر غذایی خاک و برخی خصوصیات رشدی گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* (Genovese cultivar))، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در گلخانه و در شهر قائم‌شهر اجرا شد. صفات اندازه‌گیری شده در این آزمایش شامل ارتفاع بوته، طول شاخه جانبی، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک اندام هوایی و برخی عناصر خاک (درصد ماده آلی، هدایت الکتریکی خاک، فسفر، پتاسیم و گوگرد قابل جذب، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی تا ۲۷/۲ گرم در بوته در تیمار شوری یک دسی‌زیمنس بر متر همراه با کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به دست آمد. شوری منجر به کاهش معنی‌داری در وزن خشک اندام هوایی و سایر صفات رویشی مانند تعداد شاخه، سطح برگ و ارتفاع بوته گردید که در این صفات در شرایط عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، بیشترین کاهش مشاهده شد. این در حالی است که کاربرد پلی‌سولفید کلسیم در اغلب سطوح شوری تأثیر مثبتی بر این صفات داشتند. بااینکه بیشترین تأثیر پلی‌سولفید کلسیم بر سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی مربوط به شوری ۲ دسی‌زیمنس بر متر بود، ولی بیشترین تأثیر پلی‌سولفید کلسیم بر ارتفاع بوته، تعداد برگ در بوته و طول ساقه متعلق به سطح شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر مشاهده شد. با کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، میزان پتاسیم، روی، آهن و مس محلول خاک کاهش یافت، درحالی‌که میزان کلسیم، منگنز و کلر محلول خاک افزایش یافت. شوری اثر منفی بر میزان فسفر، روی و گوگرد محلول خاک داشت، ولی بر حلالیت دیگر عناصر تأثیری نداشت.

نتیجه‌گیری: نتایج نشان داد که کاربرد پلی‌سولفید کلسیم می‌تواند تا حدی تأثیر شوری را در سطوح مختلف بر خصوصیات رشدی گیاه ریحان کاهش دهد.

واژه‌های کلیدی: تیمار کودی، تنش، ریحان، عناصر ماکرو

مقدمه

حدود ۱۰ میلیارد هکتار از زمین‌های زراعی جهان در معرض شوری قرار دارند که در ۱۰۰ کشور جهان پراکنده شده و پتانسیل افزایش ۱۰ الی ۱۶ درصدی شوری را داراست. شوری معمولاً در زمین‌های زراعی آبی شیوع بیشتری دارد. میزان توسعه شوری در جهان در اثر تغییرات آب و هوایی در حال افزایش است. در بسیاری از موارد اثرات شوری ناشی از کلر و سدیم است که اثرات سمی کلر بیشتر از سدیم می‌باشد. شوری در شدت‌های بالا باعث سمیت یونی و تنش اسمزی می‌شود. نتیجه‌ی این اثرات می‌تواند آسیب به غشای سلولی، عدم موازنه غذایی، تغییر میزان هورمون‌های رشدی، مهار فعالیت آنزیمی، کاهش فتوسنتز و مرگ گیاه را سبب گردد (۳). شوری بر روی بسیاری از فعالیت‌های فیزیولوژیکی، آنزیمی و متابولیکی گیاهان تأثیر می‌گذارد و از این طریق باعث کاهش جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاهان می‌شود. شوری باعث تولید فرم‌های فعال اکسیژن شده که تولید این ترکیبات باعث بی‌نظمی در عملکرد غشاهای سلولی می‌گردد. به‌طورکلی، شوری بر تمامی مراحل رشد و نمو گیاهان تأثیر می‌گذارد، ولی مرحله گیاهچه‌ای حساس‌ترین مرحله رشد و نمو گیاهان به شوری است (۳۵).

در بین استراتژی‌های گوناگون، مدیریت مواد غذایی جنبه مهمی در کاهش تنش در شرایط مختلف محیطی است. جذب و آسیمیلاسیون سولفور نقش مهمی در مشخص نمودن رشد و نمو گیاهان دارد، به‌طوری‌که برخی از ترکیبات مهم مانند گلوتاتیون، کوآنزیم‌ها، ویتامین‌ها، فیتوهورمون‌ها و ترکیبات احیای سولفوره را افزایش داده و بدین ترتیب رشد و قدرت گیاهان را در شرایط مطلوب و تنش‌زا افزایش می‌دهد (۲۸ و ۳۳). کاربرد گوگرد باعث کاهش جذب عناصر سمی مانند سدیم و کلر می‌شود که ناشی از اثرات آنتاگونیستی گوگرد با این عناصر است؛ بنابراین کاربرد گوگرد نه‌تنها برای افزایش نیروی تولید گیاهان ضروری است بلکه باعث بهبود شرایط خاک برای افزایش رشد گیاهان نیز می‌گردد (۲). متابولیت‌های حاوی سولفور، مکانیسم‌های فیزیولوژیک و مولکولی مقاومت به شوری را افزایش می‌دهند. سولفور همچنین با از بین بردن گونه‌های فعال اکسیژن، مقاومت گیاهان به عوامل تنش‌زا را نیز بالا می‌برد (۲۸،۱۶).

کلسیم عنصر مهم دیگر برای افزایش مقاومت گیاهان به شوری است و نقش مهمی در رشد، نمو و پاسخ به سیگنال‌های درونی و بیرونی دارد. کلسیم باعث بهبود فتوسنتز در گیاهان در شرایط کم‌آبی می‌شود. کمبود کلسیم رشد بافت‌های مریستمی را کاهش می‌دهد و باعث ایجاد گیاهانی

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

کلروزه و بدشکل می‌گردد. کاربرد کلسیم میزان جذب نیتروژن را افزایش داده و باعث بهبود کارایی مصرف نیتروژن می‌شود. کلسیم در رشد و بقای باکتری‌های همزیست نیز مفید است (۳۶). همچنین این عنصر نقش تنظیمی در متابولیسم دارد و استفاده از آن مقاومت گیاه را به تنش شوری افزایش می‌دهد (۳۲).

پلی‌سولفید کلسیم با نام‌های سولفید کلسیم، سولفور آهک و در طبیعت به‌عنوان گچ شناخته می‌شود. پلی‌سولفید کلسیم به‌صورت مایع و در ترکیب با تیوسولفات کلسیم به کار برده می‌شود (۸). این ترکیب معمولاً برای ریزش گل درختان میوه استفاده می‌گردد. همچنین بررسی‌ها نشان داده که کاربرد پلی‌سولفید کلسیم باعث افزایش میزان فتوسنتز می‌شود (۲۲). عوامل تنش‌زایی مانند شوری بر عملکرد اسانس و اجزای گیاهان دارویی تأثیر می‌گذارند. نتایج مختلفی در خصوص تأثیر شوری بر عملکرد اسانس گیاهان دارویی به دست آمده است؛ اما به‌طورکلی بررسی‌ها نشان داده که میزان تولید ترکیبات ثانویه به ازای واحد وزن گیاه افزایش می‌یابد، ولی شوری با کاستن از وزن گیاه باعث کاهش تولید اسانس در گیاهان دارویی می‌شود (۹). در بررسی‌های مشابهی نیز تأثیر کاربرد گچ (سولفات کلسیم) و شوری را بر رشد و اجزای شیمیایی اسانس *Khaya sengalensis* مورد بررسی قرار گرفت و مشخص شد که کاربرد گچ باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ، طول ریشه، وزن تر و خشک برگ و اندام هوایی، محتوای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، محتوای کلروفیل a و b در شرایط شوری گردید (۱۱). آندراده و همکاران نشان دادند که کاربرد گچ تأثیر نامطلوب املاح کلر و سدیم بر شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک را کاهش داده و از این طریق بر رشد گیاه سورگوم افزود (۴). برخی از محققین نیز تأثیر پلی‌سولفید کلسیم بر رشد لوله‌های گرده، فتوسنتز برگ و تشکیل میوه در سیب را موردمطالعه قرار دادند که در نتیجه‌ی آن، پلی‌سولفید کلسیم درصد گلدهی را با افزایش رشد لوله‌های گرده افزایش داد. کاربرد پلی‌سولفید کلسیم همچنین باعث افزایش میزان فتوسنتز گیاه گردید. میزان فتوسنتز در ۱۲ روز پس از کاربرد پلی‌سولفید کلسیم در بیشترین مقدار خود قرار داشت (۲۲). مدیریت منابع کودی، مطالعه تأثیر این منابع در شرایط تنش شوری و ارزیابی تأثیر مدیریت این منابع بر کمیت و کیفیت گیاه ریحان و عناصر غذایی خاک بسیار حائز اهمیت است. به همین دلیل مطالعه حاضر به‌منظور بررسی تأثیر کاربرد پلی‌سولفید کلسیم بر بهبود برخی ویژگی‌های رشدی گیاه دارویی ریحان و غلظت عناصر غذایی خاک در شرایط تنش شوری انجام پذیرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۷ در گلخانه در شهر قائم‌شهر اجرا گردید. فاکتور اول شامل چهار سطح شوری آب آبیاری (۴ و ۳، ۲، ۱ دسی زیمنس بر متر) و فاکتور دوم شامل پلی‌سولفید کلسیم در پنج سطح (صفر، ۳۰ و ۲۵، ۲۰، ۱۵ لیتر در هکتار بر اساس نمونه تجاری شامل گوگرد ۲۷ درصد و کلسیم ۱۹ درصد) بود. بذور ریحان خریداری‌شده از شرکت پاکان بذر، در تیرماه در خزانه و در عمق دو سانتی‌متری کشت شدند. در مردادماه، گیاهچه‌های هم‌اندازه به گلدان‌ها با خاک آماده منتقل شدند. جهت آماده‌سازی بستر کاشت، کود ورمی‌کمپوست با خاک مزرعه به نسبت یک به سه مخلوط و سپس در گلدان‌هایی یکسان با وزن ۶ کیلوگرم با قطر دهانه ۲۰ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر منتقل شد.

پس از آماده‌سازی خاک مورد آزمایش، اسیدیته، هدایت الکتریکی، درصد ماده آلی، فسفر قابل‌جذب، پتاسیم قابل‌جذب، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول در خاک گلدان‌های مورد آزمایش، اندازه‌گیری گردید. بدین‌صورت که نمونه خاک پس از هواخشک شدن، کوبیده و از الک دو میلی‌متری عبور داده شد. سپس فسفر قابل‌جذب با عصاره‌گیر اولسن (۲۹)، پتاسیم قابل‌جذب با عصاره‌گیر استات آمونیوم (۱۸) و گوگرد قابل‌جذب با عصاره‌گیر DTPA (۲۰) و هدایت الکتریکی به‌وسیله EC متر اندازه‌گیری شد که نتایج آن در جدول شماره ۱ آمده است. ضمناً برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست و آب آبیاری مورد استفاده در آزمایش نیز تعیین گردید که نتایج آن به ترتیب در جدول‌های ۲ و ۳ درج شده است. در هر گلدان چهار بوته کشت شد و یک هفته پس از انتقال نشاها به گلدان‌ها، اولین تیمار آبیاری با آب شور انجام پذیرفت. دور آبیاری بر اساس رطوبت وزنی و زمانی که رطوبت خاک گلدان‌ها به ۷۰ درصد رطوبت قابل‌استفاده کاهش یافت، انجام پذیرفت. تیمار پلی‌سولفید کلسیم به‌صورت مصرف خاکی، پس از انتقال نشا به فاصله هر هفته یک‌بار و در چهار مرحله اعمال گردید. خاک گلدان‌ها پس از اتمام آزمایش نیز نمونه‌برداری شده و پس از آماده‌سازی درصد ماده آلی، فسفر، پتاسیم و گوگرد قابل‌جذب، کلسیم، منیزیم، سدیم و کلر محلول و هدایت الکتریکی (EC) نیز اندازه‌گیری شد.

جدول ۱- برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک

Table 1. Some of the physical and chemical parameters of the soil

بافت خاک	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	Organic matter (%)	P (ppm)	K (ppm)	Ca (ppm)	Mg (ppm)	Na (ppm)	Cl (ppm)
سیلتی – لومی	۷/۹۴	۱/۴۴	۲/۸۶	۱۲	۹۴	۲۶۱۶	۳۸۸	۲۵۱	۳۵/۵

جدول ۲- برخی ویژگی‌های شیمیایی ورمی‌کمپوست مورداستفاده در آزمایش

Table 2. Some of the physical and chemical parameters of vermicompost

هدایت الکتریکی (dS.m-1)	pH	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (ppm)	Zn (ppm)	Mn (ppm)
۱/۰۴	۷/۷۴	۰/۷۱	۰/۳۲	۱۰/۱۷	۵۰۱/۶	۱۷۶/۴	۰/۹۸

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

جدول ۳- برخی ویژگی‌های شیمیایی آب

Table 3. Some of the chemical parameters of water

هدایت الکتریکی ($dS.m^{-1}$)	K (meq/lit)	Ca (meq/lit)	Mg (meq/lit)	Na (meq/lit)	Cl (meq/lit)
۰/۹۲	۰/۰۷	۰/۱۴	۰/۸۳	۴/۳۰	۴/۴۰

صفات مورفوفیزیولوژیک شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی و طول شاخه جانبی، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر اندام هوایی، وزن خشک اندام هوایی و درصد ماده خشک بود. وزن تر و خشک اندام هوایی با ترازوی دیجیتال توزین گردید. نمونه‌ها در شرایط سایه، دمای اتاق و تهویه مناسب نگهداری و خشک شدند.

داده‌های به‌دست‌آمده با استفاده از برنامه کامپیوتری SAS (نسخه ۹/۱) تجزیه‌وتحلیل شده و میانگین‌های بدست آمده با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح پنج درصد گروه‌بندی و نتایج تحلیل گردید.

نتایج و بحث

تأثیر کاربرد تیمارهای مختلف شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه

ارتفاع بوته و طول شاخه جانبی:

سطوح مختلف شوری، پلی‌سولفید کلسیم و اثر متقابل شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر میزان ارتفاع بوته و طول شاخه جانبی تأثیر معنی‌داری داشت (جدول ۴). مقایسه میانگین ارتفاع بوته نشان داد که با افزایش شوری، میزان ارتفاع بوته کاهش یافت و در تیمار عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم و شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر میزان ارتفاع بوته نسبت به شاهد کاهش ۶۱/۹ درصدی را نشان داد (جدول ۵). تیمارهای کاربرد ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به همراه تیمار شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر نیز به ترتیب کاهشی ۴۷/۸، ۵۶، ۱۱/۸ و ۳۲/۷ درصدی را نشان دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی سولفید کلسیم و شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر کمترین کاهش را در ارتفاع بوته ریحان باعث شد.

در صفت طول شاخه جانبی، شوری در سطوح مختلف پلی‌سولفید کلسیم اثر متفاوتی داشت. درحالی‌که در عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، کاربرد ۱۵ و ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم، شوری باعث کاهش ۵۳/۸، ۷۴/۶ و ۵۰/۸ درصدی طول شاخه جانبی شد، در کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم، شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر افزایشی ۱۴۰ درصدی را در طول شاخه جانبی باعث شد. لذا تأثیر شوری بر طول شاخه جانبی به‌شدت وابسته به سطح پلی‌سولفید کلسیم بود (جدول ۵)؛ بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم، مقاومت ریحان را ازنظر ارتفاع بوته به شوری افزایش خواهد داد. در بررسی حاضر پلی‌سولفید کلسیم علاوه بر اینکه در شرایط شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر تأثیر مثبتی را بر ارتفاع بوته داشت، بلکه در شوری‌های پایین‌تر نیز اثر مثبتی بر رشد بوته‌های ریحان نشان داد. شوری می‌تواند از طریق کاهش جذب آب، کاهش تقسیم و طویل شدن سلول، جلوگیری از تحرک مواد ذخیره‌ای، کاهش سنتز هورمون‌ها و عناصر غذائی و ایجاد اثرات سمی باعث کاهش رشد شود. محققین گزارش نمودند که تحت شرایط شوری، جذب عناصر غذایی ازجمله نیتروژن به‌شدت کاهش می‌یابد که همین امر از رشد گیاه می‌کاهد. همچنین شوری جذب آب را نیز در گیاه کاهش می‌دهد و درنتیجه تحت تأثیر این تغییرات، رشد گیاه کاهش می‌یابد (۱۲).

جدول ۴- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطوح شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه ریحان

Table 4. Analysis of variance (mean squares) salinity and calcium polysulfide levels on morpho-physiological traits of basil

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	طول شاخه جانبی	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	سطح برگ	وزن تر اندام هوایی	وزن خشک اندام هوایی
شوری (A)	۳	۹۶۶/۷۶**	۵۹/۹۹**	۴۷/۸۹**	۱۶۶۷/۰۸**	۱۲۹۸/۹۵**	۷۱۱۴۹/۳۵**	۱۷۳/۶۳**
پلی‌سولفید کلسیم (B)	۴	۳۶۶/۳۷**	۶۸/۸۹**	۱۰/۸۳**	۱۹۲/۲۹**	۱۳۴/۵۴**	۴۷۷۴/۱۰**	۵۱۳/۲۲**
A×B	۱۲	۶۶/۷۸**	۵۴/۶۷**	۱۲/۸۳**	۱۴۳/۸۵**	۲۱۵/۶۹**	۹۱۲/۷۳**	۵۰/۱۰**
خطا	۴۰	۶۳/۲۳	۸/۳۲	۱/۹۳	۳۴/۴۵	۲۴/۰۷	۲۵۱/۱۵	۱۰/۹۸
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۷/۳۷	۲۳/۳۶	۱۹/۴۰	۲۳/۴	۳۰/۳۷	۲۰/۶۴	۱۸/۷۳

**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

تیموری و جعفری به این نتیجه دست یافتند که افزایش شوری باعث کاهش جذب و انتقال مواد از ریشه به برگ و منجر به کاهش رشد و ارتفاع سه گونه سالسولا گردید (۳۴). همچنین در پژوهشی، کاهش ارتفاع نعناع در شرایط تنش شوری به‌دست آمد (۳۱). نتایج نشان می‌دهد که پلی‌سولفید کلسیم نه‌تنها به‌طور مستقیم از طریق تأثیر بر خصوصیات فیزیولوژیکی مرتبط با رشد گیاه، بلکه به‌صورت غیرمستقیم و از طریق افزایش مقاومت گیاهان به عوامل تنش‌زا باعث افزایش رشد گیاهان می‌شود (۲۵). در بررسی هابا و همکاران نیز بهبود ارتفاع بوته‌های *Khaya sengalensis* با کاربرد سولفات کلسیم مشاهده شد (۱۱). نقش کلسیم در بهبود و اصلاح اثرات مخرب کلرید سدیم بر رشد گیاهان تحت تنش به‌خوبی اثبات شده است. رشد موفق بسیاری از گیاهان در محیط‌های شور به دلیل حفظ نسبت بالاتر پتاسیم به سدیم نسبت به سایر گیاهان می‌باشد (۶).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه ریحان
Table 5. Comparison of the means of interaction of salinity and calcium polysulfide levels on morphological traits of basil

سطوح شوری ($dS.m^{-1}$)	پلی‌سولفید کلسیم ($L.ha^{-1}$)	ارتفاع بوته (cm)	طول شاخه جانبی (cm)	تعداد شاخه جانبی	تعداد برگ	سطح برگ(cm^3)	وزن تر اندام هوایی (g)	وزن خشک اندام هوایی (g)
۱	۰	۲۵/۴۰$^{e-h}$	۱۰/۴۷$^{b-f}$	۹/۳۳^{bc}	۲۵/۶۷$^{c-f}$	۱۴/۲۳^{cde}	۳۸/۱۱^{def}	۸/۵۰^{fg}
	۱۵	۳۵/۳۰^{abc}	۱۴/۴۳^{b}	۷/۳۳^{cde}	۳۳/۴۵^{a}	۱۳/۸۵$^{c-f}$	۱۰۶/۲۰^{a}	۲۴/۲۰^{ab}
	۲۰	۳۵/۲۰^{bcd}	۸/۱۷$^{c-h}$	۸/۶۷^{cd}	۳۳/۳۳^{bcd}	۷/۰۷$^{d-h}$	۱۲۳/۸۰^{a}	۲۶/۶۰^{a}
	۲۵	۳۳/۱۳$^{b-e}$	۸/۷۰$^{c-h}$	۶/۶۷^{de}	۳۳/۶۷^{bcd}	۶/۳۳$^{e-h}$	۱۰۹/۱۰^{a}	۲۳/۴۰^{abc}
	۳۰	۴۰/۶۷^{ab}	۱۲/۷۳^{bc}	۶۷^{cd}	۶۷/۴۰^{ab}	۱۷/۴۵^{c}	۱۱۱/۵۰^{a}	۲۷/۲۰^{a}
۲	۰	۳۰/۴۷$^{c-f}$	۱۱/۹۳^{bcd}	۸/۶۷^{cd}	۳۲/۰۰$^{b-e}$	۱۴/۷۸^{cde}	۱۲/۵۲^{f}	۴/۲۰^{g}
	۱۵	۳۴/۶۰$^{b-e}$	۱۰/۰۳$^{b-g}$	۶/۶۷^{de}	۲۶/۰۰$^{c-f}$	۱۳/۱۱$^{c-g}$	۷۱/۵۰^{bc}	۲۵/۳۰^{ab}
	۲۰	۳۲/۱۳$^{b-e}$	۶/۶۳$^{d-h}$	۱۱/۳۳^{ab}	۳۶/۳۳^{abc}	۳۶/۶۸^{b}	۶۴/۳۰^{bcd}	۲۰/۳۰^{bcd}
	۲۵	۴۴/۸۳^{a}	۱۴/۵۰^{b}	۳۳^{a}	۴۶/۶۷^{a}	۴۶/۲۸^{a}	۷۹/۸۰^{b}	۲۸/۷۰^{a}
	۳۰	۳۵/۳۰^{bcd}	۷/۰۳$^{d-h}$	۶/۰۰^{de}	۲۱/۳۳$^{e-h}$	۱۶/۲۲^{cd}	۴۴/۵۰^{cde}	۱۵/۹۰^{de}
۳	۰	۱۲/۷۳^{jk}	۵/۳۳^{fgh}	۴/۶۷^{ef}	۱۰/۶۷^{hi}	۳/۵۲^{gh}	۹/۹۰^{f}	۵/۳۰^{g}
	۱۵	۲۵/۴۷$^{e-h}$	۳/۷۷^{h}	۵/۳۳^{e}	۱۶/۶۷$^{f-i}$	۵/۴۵$^{e-h}$	۳۱/۲۰^{ef}	۱۶/۱۰^{de}
	۲۰	۲۱/۶۰$^{f-i}$	۴/۴۰^{h}	۳۳^{e}	۱۶/۳۳$^{f-i}$	۴/۴۵^{fgh}	۳۱/۹۰^{ef}	۱۶/۸۰^{de}
	۲۵	۱۷/۲۳$^{h-k}$	۶/۹۰$^{d-h}$	۵/۳۳^{e}	۱۸/۰۰^{fgh}	۹/۸۱$^{c-h}$	۱۹/۵۰^{ef}	۱۲/۸۰^{ef}
	۳۰	۳۲/۴۳$^{b-e}$	۱۱/۴۰$^{b-e}$	۷/۳۳^{cde}	۲۴/۶۷$^{d-g}$	۸/۳۱$^{c-h}$	۶۸/۹۰^{bc}	۲۳/۹۰^{abc}
۴	۰	۹/۶۷^{k}	۴/۸۳^{gh}	۲/۶۷^{f}	۶/۳۳^{i}	۴/۴۰^{fgh}	۱۱/۷۹^{f}	۶/۱۰^{g}
	۱۵	۱۹/۴۷$^{g-j}$	۳/۶۷^{h}	۴/۶۷^{ef}	۱۳/۶۷^{ghi}	۲/۹۳^{h}	۲۶/۷۰^{ef}	۰/۱۶^{de}
	۲۰	۱۵/۵۰^{ijk}	۶/۲۰$^{e-h}$	۶/۰۰^{de}	۱۵/۰۰$^{f-i}$	۶/۱۰$^{e-h}$	۳۰/۳۰^{ef}	۱۶/۷۰^{de}
	۲۵	۲۹/۲۳$^{c-f}$	۲۰/۹۰^{a}	۷/۳۳^{cde}	۲۰/۳۳^{fgh}	۵/۵۱$^{e-h}$	۳۸/۱۰^{def}	۱۷/۶۰^{de}
	۳۰	۲۷/۳۷$^{d-g}$	۶/۲۷$^{e-h}$	۸/۰۰^{cd}	۱۹/۰۰^{fgh}	۶/۵۹$^{e-h}$	۳۹/۶۰^{def}	۳۰^{cde}

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در آزمون دانکن باهم اختلاف معنی‌داری ندارند.

تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ و سطح برگ

در بررسی حاضر اختلافی ۱۱/۵ عددی در تعداد شاخه در بین ترکیبات تیمار شوری و پلی‌سولفید کلسیم وجود داشت. شوری بیشترین تأثیرش را در شرایط عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم داشت. شوری چهار دسی زیمنس بر متر در شرایط عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم به میزان ۷۱/۴ درصد از تعداد شاخه جانبی کاست (جدول ۵). در یک بررسی گان و همکاران تأثیر شوری را بر خصوصیات رشدی *Suaeda salsa* بررسی نموده و مشاهده کردند که این عامل تنش‌زا باعث کاهش معنی‌داری در تعداد شاخه‌های جانبی این گیاه می‌شود. این محققین اظهار داشتند که شوری با ایجاد اختلاف در میزان فعالیت هورمون‌های گیاهی این تأثیر را بر تولید شاخه‌های جانبی می‌گذارد (۱۰)؛ اما بر اساس نظر محققین دیگر کاهش میزان فتوسنتز گیاه تحت تأثیر شوری، از دلایل مهم این کاهش در تعداد شاخه جانبی به شمار می‌رود (۷).

در این بررسی با کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، تأثیر شوری بر تعداد برگ کمتر بود، به‌طوری‌که در تیمارهای کاربرد ۱۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم، کاربرد ۲۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم، کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم و کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم، تیمار شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر کاهشی به ترتیب ۶۹/۸، ۵۵، ۳۹/۶ و ۵۳/۳ درصدی را در تعداد برگ ریحان باعث گردید. لذا با توجه به این نتایج، شوری در تیمار کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم کمترین تأثیر را داشت (جدول ۵). شوری منجر به تسریع پیری برگ‌ها و درنتیجه کاهش تعداد برگ‌های فتوسنتزکننده می‌شود (۳۱). هابا و همکاران تأثیر شوری و سولفات کلسیم را بر *Khaya sengalensis* بررسی نموده و مشاهده کردند که کاربرد سولفات کلسیم میزان کاهش در تعداد برگ این گیاه تحت تأثیر شوری را کاهش می‌دهد (۱۱). لذا این نتایج تأیید می‌کند که سولفات کلسیم مقاومت گیاه ازنظر تعداد برگ را به شوری افزایش می‌دهد.

سطح برگ در شرایط عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم و شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر کاهشی ۶۹/۱ درصدی را نشان داد. تیمارهای کاربرد ۳۰ و ۲۵، ۲۰، ۱۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به همراه تیمار شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب کاهشی ۷۸/۸، ۱۳/۷، ۱۲/۹ و ۶۲/۳ درصدی را در سطح برگ سبب گردید (جدول ۵). به نظر می‌رسد یکی از دلایل کاهش سطح برگ تحت تأثیر شوری، کاهش تعداد برگ‌ها است. نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی سولفید کلسیم و شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر کمترین کاهش را در سطح برگ ریحان باعث شد. کاهش کلروفیل و سطح برگ، اولین واکنش گیاهان در برابر تنش شوری می‌باشد. کاهش شاخص سطح برگ می‌تواند به دلیل اثر مستقیم نمک بر سرعت تقسیم سلولی یا کاهش مدت‌زمان توسعه سلولی باشد. چنین به نظر می‌رسد که در گیاهان، سرعت انتقال نمک از ریشه به اندام هوایی بیش از ظرفیت

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

ذخیره برگ‌ها برای نمک می‌باشد که باعث کند شدن آهنگ رشد برگ و درنهایت سبب کاهش شاخص سطح برگ می‌گردد (۱۷). همچنین تنش شوری از طریق کاهش جذب عناصر غذایی، کمبود آب قابل‌استفاده در گیاه و سمیت عناصر، قدرت رشد سلولی را کاهش داده و باعث کاهش سطح برگ می‌شود (۳۱). در شرایط تنش بسیاری از عناصر به‌طور غیرانتخابی جذب ریشه می‌شوند و سمیت زیادی در گیاه ایجاد می‌کنند. گزارش شده است که جذب غیرانتخابی توسط سیستم ریشه‌ای می‌تواند بدین علت باشد که شوری، اختلاف pH در عرض غشا تونوپلاست نوک ریشه را کاهش می‌دهد و منجر به جذب غیرانتخابی عناصر و در نهایت منجر به سمیت یونی (مانند سدیم) یا کمبود (مانند پتاسیم) می‌شود. حفظ گرادیان pH در عرض غشا تونوپلاست ریشه گیاه تحت تنش، نقش مهمی در مقاومت گیاهان به نمک بازی می‌کند. یون کلسیم با تأثیر خود بر غشا تونوپلاست اختلاف pH را حفظ می‌کند. گرادیان pH ممکن است عامل فعال‌کننده انتقال سدیم از سیتوپلاسم به واکوئل باشد و غلظت سیتوزولی سدیم را در سلول پایین می‌آورد (۱۹).

وزن تر و خشک اندام هوایی

بر اساس جدول تجزیه واریانس، اثر متقابل شوری و پلی‌سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری را بر وزن تر و خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد نشان داد (جدول ۴). در صورت کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، تشدید شوری کاهش معنی‌داری را در وزن تر و خشک اندام هوایی باعث گردید که بیشترین کاهش با ۳۷ و ۴۱ درصد مربوط به کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم بود. در این مطالعه تمامی تیمارهای کاربرد پلی‌سولفید کلسیم افزایش معنی‌داری را در وزن تر و خشک اندام هوایی ریحان باعث گردید. بیشترین افزایش وزن تر با ۵۹/۷ درصد در تیمار شوری سه دسی‌زیمنس بر متر همراه با کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به دست آمد (جدول ۵). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده، کاربرد پلی‌سولفید کلسیم اثر مثبت قابل‌ملاحظه‌ای را بر وزن تر اندام هوایی ریحان داشت. کلسیم و گوگرد موجود در سولفات کلسیم هر دو تأثیر مثبتی را بر رشد گیاهان دارند. این دو عنصر با تأثیر بر فرآیندهای حیاتی گیاه مانند فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌ها و به‌عنوان اجزای ساختاری، نقش مهمی را در رشد گیاهان بر عهده دارند (۱۳). همچنین این دو عنصر مقاومت به عوامل تنش‌زا مانند شوری را در گیاهان افزایش می‌دهند (۱). وزن خشک اندام هوایی نیز به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای تحت تأثیر کاربرد پلی‌سولفید کلسیم قرار گرفت، با این تفاوت که بیشترین افزایش تحت تأثیر کاربرد پلی‌سولفید کلسیم متعلق به شوری دو دسی‌زیمنس بر متر بود. در این سطح شوری تیمارهای کاربرد ۱۵ و ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم وزن خشک اندام هوایی را به ترتیب به میزان ۵۰۲/۸ و ۵۸۳/۸ درصد در مقایسه با عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم افزایش دادند. در تمامی سطوح شوری، سطوح کاربرد پلی‌سولفید کلسیم افزایش معنی‌داری در وزن خشک اندام هوایی باعث گردید (جدول ۵). محمدزاده و همکاران نشان دادند که شوری کاهش قابل‌ملاحظه‌ای را در وزن تر اندام هوایی ریحان سبب می‌شود. این محققین گزارش نمودند که تحت تأثیر شوری، روزنه‌ها بسته شده و درنتیجه از تثبیت دی‌اکسید کربن و درنهایت از میزان وزن خشک گیاه کاسته می‌شود. از سوی دیگر جذب آب و مواد غذایی نیز تحت تأثیر شوری کاهش می‌یابد که این کاهش بر رشد گیاه تأثیر منفی خواهد گذاشت، بااین‌وجود بر اساس بررسی این محققین کاربرد سولفات کلسیم این صفت را تحت تأثیر شوری افزایش داد (۲۴).

تأثیر کاربرد تیمارهای مختلف بر برخی خواص خاک

در این بررسی اثر متقابل شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر فسفر قابل‌جذب، گوگرد قابل‌جذب و کلر خاک در سطح احتمال یک درصد و بر میزان روی قابل‌جذب خاک در سطح احتمال پنج درصد معنی‌داری بود. همچنین اثر ساده پلی‌سولفید کلسیم بر درصد ماده آلی، پتاسیم قابل‌جذب، کلسیم محلول، آهن، منگنز، روی و مس قابل‌جذب در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. اثر ساده شوری نیز تنها بر سدیم محلول در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۶).

جدول ۶- تجزیه واریانس (میانگین مربعات) سطوح شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر درصد ماده آلی و عناصر قابل‌جذب خاک

Table 6. Analysis of variance (mean squares) salinity and calcium polysulfide levels on percentage of organic matter and soil absorbable elements

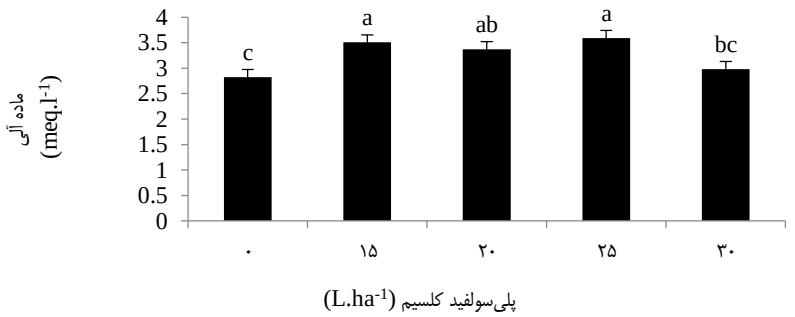
منابع تغییرات	درجه آزادی	ماده آلی	P	K	S	Ca	Mg	Na	Cl	EC
شوری (A)	۳	۰/۳۶^{ns}	۵۶۴/۴۰**	۶۷۸/۶۷^{ns}	۲۷۳۸/۱۹**	۳۲۲۸۴۴/۳۰^{ns}	۱۴۸۰/۵۰^{ns}	۲۱۸۴۴/۴۰**	۲۸۵۳۱/۹۰**	۱۵۴**
پلی‌سولفید کلسیم (B)	۴	۱/۳۴**	۵۳/۳۷^{ns}	۲۶۰۷/۳۰**	۱۱۵۴۷/۱۰**	۳۴۸۲۰۱۹۲/۱۰**	۱۹۹۵/۶۷^{ns}	۱۶۲۸/۴۰^{ns}	۱۶۶۲/۳۲**	۸/۳۲**
A×B	۱۲	۰/۵۸^{ns}	۷۲/۳۰**	۱۷۴/۴۰^{ns}	۳۶۵۲**	۶۱۵۲۰/۹۹^{ns}	۱۲۰۶/۸۰^{ns}	۴۹۷/۳۵^{ns}	۹۳۳/۱۸**	۴/۴۲**
خطا	۴۰	۰/۳۰	۲۱/۶۰	۳۲۳/۷۲	۶۰۲/۵۷	۶۳۹۶۹۶/۱۰	۱۸۲۲/۸۲	۳۶۸۶/۸۵	۱۸۷/۰۸	۱/۴۶
ضریب تغییرات (٪)	–	۱۶/۷۷	۲۵/۴۵	۱۶/۵۴	۲۳/۰۵	۲۱/۶۹	۱۶/۲۱	۲۱/۸۷	۱۵/۶۲	۲۱/۴

** و ns: به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد و غیرمعنی‌دار

درصد ماده آلی و فسفر قابل‌جذب

بر اساس نتایج حاصل، با کاربرد پلی‌سولفید کلسیم بر درصد ماده آلی خاک افزوده شد. هر سه تیمار پلی‌سولفید کلسیم (۱۵، ۲۰ و ۲۵ لیتر در هکتار) اثر افزایشی مشابهی بر درصد ماده آلی خاک داشتند ولی بیشترین افزایش در تیمار ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم مشاهده شد (شکل ۱). بالاریا تأثیر کاربرد کلسیم را بررسی و مشاهده نمود که افزایش کلسیم خاک، باعث افزایش میزان ماده آلی در دسترس خاک می‌شود (۵). همچنین مشخص شد که کاربرد سولفات کلسیم به‌طور معنی‌داری بر درصد کربن آلی خاک می‌افزاید. محققین دلیل این افزایش را ناشی از بهبود شرایط خاک و درنتیجه افزایش رشد ریشه‌ها و سایر موجودات زنده گزارش نمودند (۳۰).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]



شکل ۱- مقایسه میانگین سطوح مختلف پلی‌سولفید کلسیم بر میزان ماده آلی خاک
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در آزمون دانکن باهم اختلاف معنی‌داری ندارند.)
Figgure 1. Comparison of the means of calcium polysulfide levels on soil organic matter
(In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly in Duncan Test)

در این بررسی در شرایط عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم تشدید شوری از شوری یک به چهار دسی‌زیمنس بر متر به میزان پنج درصد از میزان فسفر قابل‌جذب کاست، درحالی‌که با کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، تشدید شوری افزایش معنی‌دار فسفر قابل‌جذب را باعث شد که بیشترین میزان افزایش نیز با ۱۰۰ درصد مربوط به کاربرد ۲۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم بود (جدول ۷). به‌طورکلی در این مطالعه در سطوح پایین شوری، کاربرد پلی‌سولفید کلسیم اثر کاهشی معنی‌داری را در میزان فسفر قابل‌جذب باعث شد، به‌طوری‌که بیشترین کاهش مربوط به شوری یک دسی‌زیمنس بر متر بود. درحالی‌که با افزایش سطح شوری، از میزان کاهش در فسفر قابل‌جذب کاسته شده و بر میزان آن افزوده شد، به‌طوری‌که در شوری چهار دسی زیمنس بر متر کاربرد تمامی تیمارهای پلی‌سولفید کلسیم افزایش معنی‌داری را در میزان فسفر قابل‌جذب باعث گردید.

برخی محققین تأثیر شوری را بر خصوصیات فسفر سه نوع خاک بررسی نموده و مشاهده کردند که این عامل تنش‌زا میزان فسفر در دسترس برای گیاه را کاهش می‌دهد. آن‌ها اظهار داشتند که در خاک‌های شور، کمبود فسفر یکی از مشکلات برای کشت گیاهان زراعی می‌باشد. املاح به‌وجود آورنده شوری با جذب این عنصر و کاهش حلالیت مواد معدنی Ca-P، فسفر را از دسترس گیاه خارج می‌کنند (۲۷). این درحالی است که بررسی‌ها نشان داده کاربرد ترکیبات محتوی کلسیم این خصوصیت را در خاک بهبود می‌بخشند. کاربرد سولفات کلسیم باعث افزایش فسفر در دسترس خاک می‌شود؛ بنابراین استفاده از ترکیبات محتوی کلسیم قادر است تأثیر منفی شوری را بر فسفر در دسترس گیاه تعدیل نماید که با نتایج بررسی حاضر همخوانی دارد (۲۶).

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل سطوح شوری و پلی‌سولفید کلسیم بر عناصر قابل‌جذب خاک
Table 7. Comparison of the means of interaction of salinity and calcium polysulfide levels on soil absorbable elements

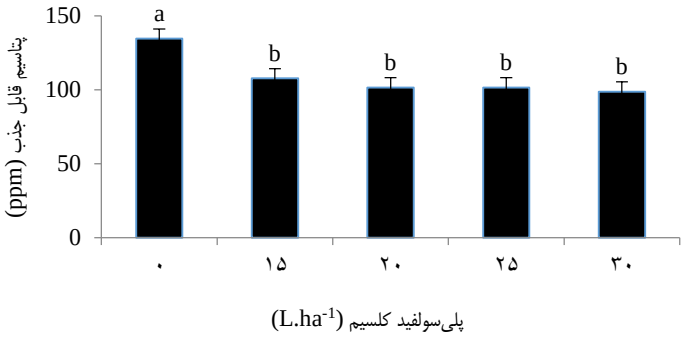
سطوح شوری (dS.m-1)	پلی‌سولفید کلسیم (L.ha-1)	P (ppm)	S (ppm)	Cl (ppm)	EC (dS.m-1)
	۰	۲۲/۰ a-d	۳۵/۶ e	۳۵/۲ g	۱/۶ gn
	۱۵	۱۰/۵ fgn	۱۱۹/۹ bcd	۳۶/۵ g	۱/۵ gn
۱	۲۰	۹/۰ gn	۱۱۷/۷ cd	۳۹/۲ g	۱/۵ gn
	۲۵	۸/۵ n	۱۱۶/۱ cd	۳۸/۷ g	۱/۴ n
	۳۰	۱۱/۰ e-n	۱۱۹/۷ bcd	۴۱/۵ g	۱/۹ gn
	۰	۳۱/۰ a	۳۵/۸ e	۸۲/۵ f	۶/۸ cde
	۱۵	۲۶/۰ abc	۱۰۲/۰ cd	۸۶/۲ f	۳/۸ fgn
۲	۲۰	۲۳/۰ a-d	۹۶/۴ d	۷۸/۲ f	۳/۷ fgn
	۲۵	۲۶/۰ abc	۱۱۳/۲ cd	۷۹/۲ f	۵/۷ ef
	۳۰	۲۷/۰ abc	۱۰۱/۸ cd	۸۶/۲ ef	۵/۹ def
	۰	۱۹/۰ b-f	۱۲۱/۲ bcd	۹۷/۵ def	۸/۲ cd
	۱۵	۲۰/۰ b-e	۱۴۷/۲ bc	۱۱۱/۰ cde	۷/۶ cde
۳	۲۰	۲۸/۰ ab	۱۰۰/۹ cd	۴۱/۷ g	۶/۴ de
	۲۵	۱۰/۵ fgn	۱۰۷/۷ cd	۸۱/۲ f	۳/۹ fg
	۳۰	۱۵/۰ d-n	۱۲۵/۰ bcd	۹۳/۰ def	۵/۶ ef
	۰	۱۱/۰ e-n	۳۴/۷ e	۱۳۷/۵ bc	۱۰/۶ ab
	۱۵	۱۸/۰ c-g	۷۷/۷ de	۱۲۵/۵ c	۸/۲ cd
۴	۲۰	۱۸/۰ c-g	۸۵/۴ d	۱۱۷/۵ cd	۷/۸ cde
	۲۵	۱۶/۵ d-n	۲۰۴/۰ a	۱۵۴/۵ b	۹/۱ bc
	۳۰	۱۵/۰ d-n	۱۶۷/۹ ab	۱۸۷/۵ a	۱۱/۴ a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در آزمون دانکن باهم اختلاف معنی‌داری ندارند.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

پتاسیم و گوگرد قابل‌جذب

بیشترین میزان پتاسیم قابل‌جذب در تیمار عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم به دست آمد، ولی سایر تیمارها سبب کاهش معنی‌داری در میزان پتاسیم قابل‌جذب گردیدند. تمامی تیمارهای کاربرد پلی‌سولفید کلسیم کاهش مشابهی را در این صفت سبب گردید (شکل ۲). تحقیقات نشان داده است که افزایش سطح کلسیم در خاک، میزان پتاسیم در دسترس خاک را کاهش می‌دهد. در یک بررسی مشخص شد که کاربرد ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار کود کلسیم باعث کاهش ۷/۶ درصدی پتاسیم خاک شد (۱۴). بیشترین میزان گوگرد قابل‌جذب در تیمار شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به دست آمد. تشدید شوری از شوری یک دسی‌زیمنس بر متر به شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر تنها در یکی از سطوح کاربرد پلی‌سولفید کلسیم (۲۵ لیتر در هکتار)، اثر معنی‌داری بر میزان گوگرد قابل‌جذب داشت. در این سطح از کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، تشدید شوری از شوری یک به شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۷۵/۷ درصد بر میزان گوگرد قابل‌جذب است (جدول ۷). محققین اظهار داشتند که شوری خاک باعث کاهش گوگرد قابل‌جذب خاک می‌شود که این نتایج در توافق با یافته‌های بررسی حاضر است (۲۳). علاوه بر تأثیر شوری بر میزان گوگرد قابل‌جذب، کاربرد پلی‌سولفید کلسیم نیز به‌طور فراوانی بر میزان گوگرد قابل‌جذب افزود. در این بررسی کاربرد پلی‌سولفید کلسیم اثر مثبتی بر میزان گوگرد قابل‌جذب خاک داشت. بیشترین افزایش ۴۸۸ و ۳۸۴ درصد به‌ترتیب مربوط به دو تیمار کاربرد ۲۵ و ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم بود. در این دو تیمار کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، با تشدید شوری از شوری یک دسی‌زیمنس بر متر به چهار دسی‌زیمنس بر متر، به میزان ۴۸۸ و ۳۸۴ درصد بر میزان گوگرد قابل‌جذب خاک افزوده شد. ماکوس افزایش قابل‌ملاحظه مقدار گوگرد خاک را با کاربرد سولفات کلسیم به دست آورد. چراکه این ترکیب از اجزای سولفات کلسیم بوده و با اضافه کردن آن به خاک بر محتوای گوگرد خاک به‌طور مستقیم افزوده می‌شود (۲۱). آزمایش‌های دیگری نیز حاکی از این است که کاربرد سولفات کلسیم به‌طور معنی‌داری بر میزان گوگرد قابل‌جذب خاک می‌افزاید (۳۰،۲۶).

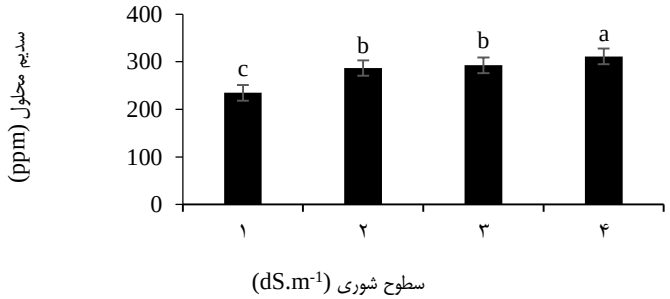


شکل ۲- مقایسه میانگین سطوح مختلف پلی‌سولفید کلسیم بر پتاسیم قابل‌جذب خاک
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در آزمون دانکن باهم اختلاف معنی‌داری ندارند.)
Figure 2. Comparison of the means of calcium polysulfide levels on soil absorbable potassium
(In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly in Duncan Test)

کلسیم، منیزیم و سدیم محلول

تمامی تیمارهای کاربرد پلی‌سولفید کلسیم اثر افزایشی معنی‌داری را در محتوای کلسیم محلول داشتند (جدول ۶). با توجه به نتایج تمامی تیمارهای کاربرد پلی‌سولفید کلسیم اثر افزایشی معنی‌داری را در محتوای کلسیم محلول داشت. تحت تأثیر تیمارهای کاربرد ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به ترتیب ۵۱/۳، ۱۱۸، ۱۲۸ و ۱۱۷ درصد بر کلسیم محلول خاک افزوده شد (شکل c). در توافق با نتایج بررسی حاضر، مشخص شد که کاربرد سولفات کلسیم به‌طور معنی‌داری بر کلسیم تبادلی خاک می‌افزاید (۳۰). بر اساس جدول تجزیه واریانس (جدول ۵) میزان منیزیم خاک در تیمارهای مختلف شوری و پلی‌سولفید کلسیم اثر معنی‌داری را نشان نداد ولی اثر ساده سطوح مختلف شوری بر میزان سدیم خاک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد که با افزایش شوری از سطح یک به سطح چهار دسی‌زیمنس بر متر، میزان سدیم خاک نیز روند صعودی داشته است. به‌طوری‌که بالاترین میزان سدیم محلول خاک (۳۱۱/۲۵ ppm) در شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (شکل ۳). محققان گزارش کردند که سدیم همراه با کلر، مهم‌ترین ترکیب شورکننده خاک‌ها می‌باشند و درنتیجه با افزایش شوری، میزان سدیم خاک‌ها نیز افزایش خواهد یافت (۲۳).

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]



شکل ۳- مقایسه میانگین سطوح مختلف شوری بر میزان سدیم محلول خاک
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک در آزمون دانکن باهم اختلاف معنی‌داری ندارند.)
Fig 3. Comparison of the means of salinity levels on soil soluble sodium
(In each column, the means of at least one letter in common do not differ significantly in Duncan Test)

کلر محلول و میزان EC خاک

در این بررسی بیشترین محتوای کلر خاک در تیمار شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به دست آمد. شوری افزایش معنی‌داری را در محتوای کلر خاک باعث گردید. در شرایط عدم مصرف پلی‌سولفید کلسیم، کاربرد ۳۰ و ۲۵، ۲۰، ۱۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم با تشدید شوری از شوری یک دسی‌زیمنس بر متر به شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب به میزان ۲۹۰/۱، ۲۴۳/۸، ۱۹۹/۴، ۲۹۸/۷ و ۳۵۱/۸ درصد بر محتوای کلر خاک افزوده شد (جدول ۷). برخی محققین گزارش کردند که میزان کلر خاک تحت تأثیر شوری به میزان قابل‌ملاحظه‌ای افزایش می‌یابد؛ زیرا کلر همراه با سدیم، مهم‌ترین ترکیب شورکننده خاک‌ها می‌باشد و لذا کلر به‌طور مستقیم با اعمال شوری وارد خاک می‌شود (۲۳).

در این مطالعه بیشترین هدایت الکتریکی خاک با ۱۱/۴ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر همراه با کاربرد ۳۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم و کمترین آن با ۱/۳۸ دسی‌زیمنس بر متر در تیمار شوری یک دسی‌زیمنس بر متر همراه با کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم به‌دست آمد. تشدید شوری از شوری یک به شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر در تمامی سطوح پلی‌سولفید کلسیم افزایش معنی‌داری را در هدایت الکتریکی باعث گردید. به ترتیب در شرایط عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم، کاربرد ۱۵، ۲۰، ۲۵ و ۳۰ لیتر در هکتار پلی سولفید کلسیم، تشدید شوری از شوری یک به شوری چهار دسی‌زیمنس بر متر به میزان ۵۴۹/۱، ۳۸۲/۴، ۴۰۶/۵، ۵۵۵/۱ و ۴۹۹/۱ درصد بر هدایت الکتریکی افزوده شد. اختلاف چندانی بین سطوح پلی‌سولفید کلسیم تحت تأثیر تشدید شوری وجود نداشت (جدول ۶). کشاورز و همکاران افزایش قابل‌ملاحظه هدایت الکتریکی را با اعمال شوری به دست آوردند. در بررسی این محققین کاربرد ۱۵۰ مول بر مترمکعب کلرید کلسیم، هدایت الکتریکی خاک را از ۰/۷۵ تا ۲۰/۷۷ دسی‌زیمنس بر متر افزایش داد. این محققین رابطه مستقیمی را بین میزان کلرید کلسیم خاک و هدایت الکتریکی خاک گزارش نمودند (۱۵). در این مطالعه کاربرد پلی‌سولفید کلسیم در شوری یک دسی‌زیمنس بر متر تأثیر معنی‌داری بر هدایت الکتریکی خاک نداشت، بااین‌وجود در سایر سطوح شوری نتایج متفاوتی حاصل شد. با توجه به نتایج حاصل در شوری دو دسی‌زیمنس بر متر به ترتیب سطوح کاربرد ۱۵ و ۲۰ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم و در شوری سه دسی‌زیمنس بر متر کاربرد ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم بیشترین کاهش را در هدایت الکتریکی باعث شده و این صفت را به میزان ۴۴/۷، ۴۵/۳ و ۵۲/۲ درصد در مقایسه با عدم کاربرد پلی‌سولفید کلسیم کاهش دادند. دار و تاتار (۲۰۱۳) خصوصیات خاک شور مورد کشت شبدر را بررسی نموده و مشاهده نمودند و دریافتند که هدایت الکتریکی خاک با کاربرد پلی‌سولفید کلسیم به‌طور معنی‌داری کاهش می‌یابد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج حاصل، شوری اثر منفی بر صفات رویشی ریحان داشت که تا حدی تحت تأثیر کاربرد پلی‌سولفید کلسیم تعدیل شد. هرچند که این ترکیب حتی در سطوح پایین پلی‌سولفید کلسیم نیز افزایش قابل قبولی را در رشد و فیزیولوژی گیاهان ریحان باعث شد. به‌طور مثال میزان کاهش در صفاتی از قبیل وزن خشک اندام هوایی و تعداد برگ، در شرایط عدم کاربرد پلی سولفید کلسیم به ترتیب ۲۸/۲ درصد ۷۵/۳ درصد بود. سطوح بالای پلی‌سولفید کلسیم بر درصد ماده آلی خاک اثر مثبت داشت به‌طوری‌که بیشترین افزایش (۳/۵۹ میلی‌اکی‌والانت در لیتر) در تیمار ۲۵ لیتر در هکتار پلی‌سولفید کلسیم مشاهده شد ولی در صفت‌های میزان پتاسیم قابل‌جذب و کلسیم محلول خاک اثر منفی داشت که تحت شرایط کمبود این عنصر می‌تواند به مشکل جدی تبدیل شود؛ بنابراین تنظیم کلسیم محیط اطراف ریشه (از طریق استفاده از ترکیباتی مانند پلی‌سولفات کلسیم) امکان پرورش گیاهان حساس به شوری را در محیط‌های با میزان نمک بالا فراهم می‌آورد.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]
[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

منابع

1. Abdelhamid, M., E. Eldardiry and M. Abd El-Hady. 2013. Ameliorate salinity effect through sulphur application and its effect on some soil and plant characters under different water quantities. Agricultural Sciences, 4: 39-47.
2. Ahmed, K., G. Qadir, A.R. Jami, A.I. Saqib, M.Q. Nawaz, M.A. Kamal and E. Haq. 2016. Strategies for soil amelioration using sulphur in salt affected soils. Agronomical Research in Moldavia, 3: 5-16.
3. Alami-Milani, M. and P. Aghaei-Gharachorlou. 2015. Effect of ascorbic acid application on yield and yield components of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under salinity stress. International Journal of Biosciences, 6: 43-49.
4. Andrade, J.J., F. Jardel Moreira de Oliveira, L. Guilherme Medeiros Pessoa, S. Andrea dos Santos Nascimento, E. Soares de Souza, G. Barros Junior, M. Flequisson Alves Miranda, A. Campelo de Oliveira, and M. Betania Galvao dos Santos Freire. 2018. Effects of elemental sulfur associated with gypsum on soil salinity attenuation and sweet sorghum growth under saline water irrigation. Australian Journal of Crop Science, 12(2): 221-226.
5. Balaria, A. 2011. Effects of calcium addition on structure and bioavailability of soil organic matter. PhD Thesis, Syracuse University, Syracuse, New York.
6. Ben Taarit, M., K. Msaad, K. Hosni and B. Marzouk. 2011. Physiological changes and essential oil composition of clary sage (*Salvia sclarea* L.) rosette leaves as affected by salinity. Acta Physiologiae Plantarum, 33:153-162.
7. Chauhan, N. and D. Kumar. 2014. Effect of salinity stress on growth performance of *Citronella java*. International Journal of Geology, Agriculture and Environmental Sciences. 11: 56-67.
8. Dahlawi, S.M. and S. Siddiqui. 2016. Calcium polysulphide, its applications and emerging risk of environmental pollution-a review article. Environmental Science and Pollution Research, 5: 45-67.
9. Elhaak, M.A., M.A. Zayed and M. Ahmed. 2015. Impact of low salinity with sodium chloride on germination, growth and medicinal compounds of *Solanum nigrum*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 4(5): 660-674.
10. Guan, B., J. Yu and X. Chen. 2011. Effects of salt stress and nitrogen application on growth and ion accumulation of *Suaeda salsa* plants. In: proceeding of the International Conference on Remote Sensing, Environment and Transportation Engineering, Nanjing, China, 8268-8272 pp.
11. Habba, I.E., N.G. Abd El Aziz, S.A., Metwally and A.A. Mazhar. 2013. Response of growth and chemical constituents in *Khaya sengalensis* to salinity and gypsum under calcareous soil conditions. World Applied Sciences Journal, 22(4): 447-452.
12. Hamdia, M.A. and M.A.K. Shaddad. 2010. Salt tolerance of crop plants. Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 6: 64-90.
13. Hellal, F.A., S.A.A. El Sayed, R.M. Zewainy and M. Abdelhamid. 2015. Interactive effects of calcium and boron application on nutrient content, growth and yield of faba bean irrigated by saline water. International Journal of Plant and Soil Science, 4(3): 288-296.
14. Kasinath, B.L., A.N. Ganeshmurthy and A.T. Sadashiva. 2014. Interaction effect of applied calcium and magnesium on alfisols of Karnataka and its influence on uptake and yield levels of tomato (*Solanum lycopersium* L.). Journal of Horticultural Sciences, 9(2): 179-184.
15. Keshavarz, P., M.J. Malakouti, N. Karimian and A. Fotovat. 2006. The Effects of salinity on extractability and chemical fractions of zinc in selected calcareous soils of Iran. Journal of Agricultural Science and Technology, 8: 181-190.
16. Khan, N.A., M. Iqbal, R. Khan, M. Asgher, M. Fatma, A. Masood and S. Syeed. 2014. Salinity Tolerance in Plants: Revisiting the Role of Sulfur Metabolites. Journal of Plant Biochemistry and Physiology, 2(1): 1-8.
17. Khorsandi, O., A. Hassani, F. Sefidkon, H. Shirzad and A. Khorsand. 2010. Effect of salinity (NaCl) on growth, yield, essential oil content and composition of *Agastache foeniculum* kuntz. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 26(3): 451-438.
18. Knudsen, D., G.A. Peterson and P.F. Pratt. 1982. Lithium, sodium, and potassium. pp. 225-246. In: In: Page A.L., Miller, R.H. and Keeny, D. R. (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Soil Science Society of America, Madison, WI. USA.
19. Kramer, G.R., A. Lauchli and V.S. Polito. 1985. Displacement of Ca by Na from the plasmalemma of root cells: a primary response to salt stress. Plant Physiology, 79: 207-211.
20. Lindsay, W.L. and W.A. Norvell. 1978. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese, and copper. Soil Science Society of America Journal, 42: 421-428.
21. Makus, D.J. 2013. Spinach leaf quality and yield is improved by supplemental gypsum application in two soil types in semi-arid South Texas. Subtropical Plant Science, 65: 24-30.
22. Mc-Artney, S., J. Palmer and S. Davis. 2006. Effects of lime sulfur and fish oil on pollen tube growth, leaf photosynthesis and fruit set in apple. Horticultural Science, 41: 357-360.
23. Mohamed, A.I., A. Osman Mohamed and O. Mohamed Ali. 2019. Effect of Sulphur application and water salinity on soil and plant properties. Journal of Soil Science and Environmental Management, 10(2): 29-38.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

24. Mohammadzadeh, M., H. Arouee, S.H. Nemati and M. Shoor. 2013. Effect of different levels of salt stress and salicylic acid on morphological characteristics of four mass native basils (*Ocimum basilcum*). International Journal of Agronomy and Plant Production, 4: 3590-3596.
25. Moura, E.G., S. Barros Portela, V. Ribamar Alencar Macedo, V. Gardeny Lima Sen, C. Cesar Martin Sousa and A. das Chagas Ferreira Aguiar. 2018. Gypsum and legume residue as a strategy to improve soil conditions in sustainability of agrosystems of the humid tropics. Sustainability, 10: 56-67.
26. Muller, C. 2015. Plant-soil relations on gypsum and non-gypsum soils of the Chihuahuan Desert. PhD Thesis, John Caroll University, Ohio.
27. Nasrin, S., T. Kumar Biswas, M.S. Amin and M. Khatun. 2016. Study of salinity effects on the inorganic phosphorus transformation in three different soil series of Ganges River Floodplain. Journal of Biological Sciences, 5(1): 71-79.
28. Nazar, R., S. Umar and N.A. Khan. 2014. Involvement of salicylic acid in sulfur induced salinity tolerance: a role of glutathione. Annual Research and Review in Biology, 4(24): 3875-3893.
29. Olsen, S.R. and L.E. Sommers. 1982. Phosphorus. In: Page, A.L., R.H. Miller and D.R. Keeny (eds). Methods of soil analysis. Part 2. Chemical and microbiological properties. Soil Science Society of America, Madison, WI. USA. 403-430 pp.
30. Patel, N. 2013. Effect of organic amendments (farm yard manure, pressmud and vermicompost) and gypsum on rice grown on sodic black soil. M.Sc. Thesis, Department of Soil Science and Agricultural Chemistry, College of Agriculture, India.
31. Safari Mohamadieh, Z., M. Moghadam, B. Abedi and L. Samiei. 2014. Effect of salinity stress on some yield parameters and morphological attributes of *Mentha spicata* L. in hydroponic condition. Journal of Science & Technology of Greenhouse Cultures, 6: 97-107.
32. Seidel, E., W.A. Egewarth, J.T. Piano and J. Egewarth. 2015. Effect of foliar application rates of calcium and boron on yield and yield attributes of soybean. African Journal of Agricultural Research, 10: 170-173.
33. Steffens, D. and J. Hoffmann. 2017. FeSO4/ lime mixtures-an alternative to mineral sulfur and lime fertilizer for summer rape. Plant Soil Environment, 63: 525-530.
34. Teimouri, A. and M. Jafari. 2010. The effects of salinity stress on some of anatomical and morphological characteristics in three *Salsola* species: S. rigida, S. dendroides, S. richteri. Iranian journal of Range and Desert Research, 17(1): 21-34.
35. Tesfaye, A., Y. Petros and H. Zeleke. 2015. Phenotypic characterization of some ethiopia lentil for salinity. International Journal of Research in Science and Technology, 5: 85-102.
36. Wang, H., W. Zhang, X. Wei, Y. Sun, M. Wang and P. Mao. 2016. Foliar applied calcium improves seed yield and yield components of alfalfa. International Journal of Agriculture and Biology, 18: 529-534.

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]

The Effect of Calcium Polysulfide on Soil Nutrients and Some Growth Attributes of Sweet Basil (Genovese cultivar) under Salinity Stress

Yaser Valiollahi Bishe[1], Vahid Akbarpour[2] and Mohammad Ali Bahmanyar[3]

1- M.Sc. Student of Medicinal Plants, Sana Institute of Higher Education, Sari, Iran
2- Assistant Professor of Horticultural Sciences and Engineering Department, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, (Corresponding author: v_akbarpour60@yahoo.com)
3- Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Crop Sciences, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University, Sari, Iran
Received: 29 August, 2021 Accepted: 3 April, 2022

Extended Abstract

Introduction and Objective: Soil salinity is one of the most important factors reducing plant yield and affects many physiological and metabolic activities of plants, thereby reducing their growth and yield. Food management plays an important role in reducing salinity stress in various environmental conditions. Calcium and sulfur are important elements to increase plant resistance to salinity.

Material and Methods: To investigate the effect of different levels of calcium polysulfide (control (0), 15, 20, 25 and 30 liters per hectare) at different salinity levels (1, 2, 3 and 4 dS/m) on soil nutrients and some growth attributes of *Ocimum basilicum* (Genovese cultivar), an experiment was conducted based on factorial in a completely randomized design with three replications in greenhouse at Qaemshahr in 2018. Measurement traits in this experiment included plant height, lateral branch length, number of lateral branches, number of leaf, leaf area, fresh and dry weight of aerial parts and some soil elements (percentage of organic matter, electrical conductivity of soil, phosphorus, potassium and absorbable sulfur, calcium, Magnesium, sodium and chlorine soluble).

Results: The results showed that the highest shoot dry weight to 27.2 gram per plant was obtained in 1 dS/m salinity with 30 lit/ha calcium polysulfide treatment. Salinity caused a significant decrease in shoot dry weight and other vegetative traits such as number of branches, leaf area and plant height that in these traits, the highest decrease was observed in the absence of calcium polysulfide. However, application of calcium polysulfide at most salinity levels had a positive effect on these traits. Although the maximum effect of calcium polysulfide on leaf area and shoot dry weight was related to 2 dS/m salinity, but the highest effect of calcium polysulfide was observed on plant height, leaf number per plant and stem length at 4 dS/m salinity. With the application of calcium polysulfide, the amount of potassium, zinc, iron and copper in the soil solution decreased, while the amount of calcium, manganese and chlorine in the soil solution increased. Salinity had a negative effect on the amount of phosphorus, zinc and sulphur in the soil, but it did not affect the solubility of other elements.

Conclusion: The results showed that the application of calcium polysulfide can partially reduce the effect of salinity at different salinity levels on the growth attributes of basil.

Keywords: Basil, Fertilizer treatment, Macro elements, Stress

[Downloaded from jcb.sanru.ac.ir on 2025-12-08]

[DOI: 10.52547/jcb.14.42.158]