

The effect of selenium, silicon and zeolite on vegetative traits of Fennel (*Foeniculum vulgare* Miller.)

Jalil Shafagh^{1*}, Mohammad Bagher Tajkhalili², Ahmad Bybordi³, Mina Amani⁴,
Roghayeh Solhi-khajehmarjan⁵

Received: 25 April 2023

Accepted: 14 August 2024

1- Prof., Dept. of Plant Ecophysiology, Dept. of Crop Ecology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Tabriz, Iran.

shafagh.jalil@gmail.com

2- MSc. of Crop Ecology, Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

3- Assist. Prof., Azarbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, AREEO, Department of Agricultural Research, Khosroshahr, Iran.

4- Ph.D. Student Dept. of Horticultural Science and Engineering, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran.

5- Ph.D. Student, Plant Physiology, Department of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Iran

*Corresponding Author E-mail: shafagh.jalil@gmail.com

Abstract

Background and Objective: The purpose of this study is to investigate the effect of selenium, silicon and zeolite on the growth parameters of fennel plant in the saline soil conditions of Khosrowshah region.

Materials and Methods: An experiment was carried out in 2019 as split-split plot with RCB design with three replication and 12 treatments at the East Azerbaijan Agricultural and Natural Resources Research and Training Center. The treatments used include foliar application of selenium (0 and 4 g/l), foliar application of silicon (0 and 4 g/l) and application of zeolite as consumed soil. (0, 5 and 10 t/ha). Silicon treatment was assigned to the main plots, selenium to sub-plots and zeolite to sub-sub plots. Foliar application was performed at two stages of before and after flowering. Essential oil of seed was extracted by water distillation (Clevenger design).

Results: Among the studied traits, the most sensitive trait to the used treatments was leaf dry weight. The use of selenium and zeolite increased the dry weight of leaves by 50.4%. In general, the investigated treatments had a positive effect on the growth and yield of the medicinal plant of fennel.

Conclusion: According to the results of the experiment, it was determined that selenium and silicon foliar application with a concentration of 4 grams per liter and the use of 10 tons per hectare of zeolite can increase the growth of fennel plant significantly.

Keywords: Fennel, Saltiness, Selenium, Silicon, Zeolite



This is an open-access article under the CC BY NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/2.0/>)

Copyright@ 2025 jalil Shafagh E-mail: shafagh.jalil@gmail.com

<https://doi.org/10.22034/SAPS.2024.56330.3031>



تأثیر سلیسیم و زئولیت بر صفات رویشی و عملکرد دانه و اسانس رازیانه (*Foeniculum vulgare* Miller.)

جلیل شفق کلوانق^{۱*}، محمدباقر تاج خلیلی^۲، احمد بایبوردی^۳، مینا امانی^۴، رقیه صلیحی خواجه مرجان^۵

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۰۵/۲۴

تاریخ دریافت: ۱۴۰۲/۰۲/۰۵

- ۱- استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، گرایش اکولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۲- کارشناسی ارشد اکولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۳- استادیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، خسرشهر، ایران.
۴- دانشجوی دکتری تخصصی گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
۵- دانشجوی دکتری تخصصی فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.
*مسئول مکاتبه: E-mail: shafagh.jalil@gmail.com

چکیده

مقدمه و اهداف: هدف از این مطالعه بررسی تأثیر سلیسیم و زئولیت بر پارامترهای رشد گیاه، عملکرد دانه و اسانس رازیانه در شرایط خاک شور منطقه خسروشاه می‌باشد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت اسپلیت-اسپلیت پلات، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۱۲ تیمار در سال ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی اجرا شد. تیمارهای مورد استفاده شامل محلول‌پاشی سلیسیم (صفر و ۴ گرم در لیتر)، محلول‌پاشی سلیسیم (صفر و ۴ گرم در لیتر) و کاربرد زئولیت به صورت خاک مصرف (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) می‌باشند. تیمار سلیسیم به کرت‌های اصلی، سلیسیم به کرت‌های فرعی و زئولیت به کرت‌های فرعی-فرعی اختصاص داده شدند. محلول‌پاشی در دو مرحله قبل و بعد از گلدهی انجام گردید.

یافته‌ها: در بین صفات مورد بررسی حساس‌ترین صفت به تیمارهای به کار برده شده، وزن خشک برگ بود. کاربرد سلیسیم و زئولیت وزن خشک برگ را تا ۵۰/۴ درصد افزایش داد. به‌طور کلی تیمارهای مورد بررسی اثر مثبتی بر رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه داشتند. اثرات اصلی این تیمارها روی صفات عملکرد دانه و عملکرد اسانس معنی‌دار گردید. عملکرد دانه با کاربرد این تیمارها افزایش یافت که نتیجه آن افزایش عملکرد اسانس رازیانه در واحد سطح بود. براساس نتایج حاصل از این بررسی، کاربرد هر سه ترکیب زئولیت، سلیسیم و سلیسیم افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس رازیانه باعث شد و این صفت را به ترتیب به میزان ۲۴/۱، ۲۳/۱ و ۲۲/۵ درصد افزایش داد.

نتیجه‌گیری: با توجه به نتایج آزمایش مشخص گردید که محلول‌پاشی سلیسیم و سلیسیم با غلظت ۴ گرم در لیتر و کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت می‌تواند رشد گیاه رازیانه را به‌طور قابل توجهی افزایش دهد. سلیسیم و سلیسیم تنها با افزایش عملکرد دانه تولیدی، عملکرد اسانس را افزایش داد، درحالی‌که زئولیت هم با افزایش درصد اسانس و هم عملکرد دانه تولیدی بر این صفت افزود. علاوه بر آن زئولیت از طریق تعداد دانه، بر عملکرد دانه اثر مثبت داشت.

واژه‌های کلیدی: سلیسیم، سلیسیم، شوری، رازیانه، زئولیت

مقدمه

شوری یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزیستی محدودکننده تولید محصولات کشاورزی در مناطق خشک و نیمه‌خشک می‌باشد که از رشد و بهره‌وری گیاهان جلوگیری می‌کند. استفاده از متعادل‌کننده‌های شوری یک راهبرد مؤثر برای تسهیل رشد گیاهان در خاک‌های شور می‌باشد. سلنیوم در سیستم‌های زیستی در سه سطح عمل می‌کند، در غلظت‌های اندک برای رشد و نمو طبیعی لازم است، در غلظت‌های متوسط در جهت حفظ عملکرد هومئوستازیک موردنیاز می‌باشد و سرانجام در غلظت‌های زیاد اثرات سمی دارد. تأثیر کاربرد سلنیوم در غلظت‌های پایین در تخفیف تنش‌های محیطی شامل تنش فلزات سنگین (کارتس و همکاران ۲۰۱۰)، تنش شوری و خشکی و پرتو فرابنفش (یائو و همکاران ۲۰۱۱) به اثبات رسیده است. تأثیر غلظت کم سلنیوم در گیاهان در معرض تنش در اکثر موارد به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت داده شده است که می‌تواند رشد گیاه را تحریک کند (وینکل و همکاران ۲۰۱۵). سلنیوم ممکن است روی بیوسنتز گلیکوآلکالوئیدها، کلروفیل و آسیمیلسیون نیتروژن مؤثر باشد. جزک و همکاران (۲۰۱۱) با بررسی آمینواسیدها در سیب‌زمینی‌های محلول‌پاشی شده با سلنیوم دریافتند که محتوای کل آمینواسیدهای ضروری و غیرضروری نسبت به گیاهان شاهد افزایش نشان داد. بوگدادی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر محلول‌پاشی سلنیوم را در باقلا بررسی نمودند. این محققین مشاهده نمودند که محلول‌پاشی سلنیوم افزایش معنی‌داری را در خصوصیات رشدی، محصول و اجزای محصول و رنگدانه‌های فتوسنتزی این گیاه باعث شد. سیلیسیم دومین عنصر فراوان در پوسته زمین است و یک عنصر مفید برای رشد گیاهان عالی معرفی شده است. این عنصر پس از جذب در دیواره‌های سلولی گیاهان رسوب می‌کند (پرویز و ساتیواتی ۲۰۰۸). افزایش استحکام مکانیکی توسط سیلیسیم، دریافت انرژی نورانی خورشید توسط برگ گیاهان را افزایش می‌دهد. برگ‌ها سبز تیره و سفت‌تر شده و روند پیری آن‌ها کند می‌شود. از این رو فرآیند فتوسنتز توسط برگ‌ها و رشد افزایش می‌یابد. رسوب

سیلیسیم در ساقه و برگ، تعرق کوتیکولی را کاهش داده و در نتیجه مقاومت به ورس، آفات و بیماری‌ها و تنش شوری و خشکی را افزایش می‌دهد (پیری و همکاران ۲۰۱۳). رشد و تولید بیوماس بیشتر در گیاهان زراعی در اثر کاربرد سیلیسیم در ارتباط با تغییر ساختار گیاهی، گیاهان قائم، بهبود زاویه برگ‌ها و دریافت نور، جلوگیری از سایه‌اندازی، تأخیر در پیری، افزایش سختی ساختار بافت‌ها، بهبود ورس و افزایش فتوسنتز در ارتباط است. این اثرات مفید در ارتباط با رسوب سیلیسیم در دیواره سلولی اندام‌های مختلف گیاهی و سایر مکانیسم‌های سیلیسیم است (سارتو و همکاران ۲۰۱۴). استفاده از ژئولیت‌ها از جمله راهکارهای ارزان قیمت و در دسترس جهت کاهش شوری خاک می‌باشد. ژئولیت‌ها خانواده بزرگی از کانی‌های آلومینوسیلیکاته هستند که خاصیت حاصلخیزی و اصلاح خاک را دارند. این کانی‌ها دارای عناصری نظیر پتاسیم، کلسیم، آلومینیوم و منیزیم هستند و می‌توانند به‌عنوان کود کشاورزی نیز مورد استفاده قرار گیرند (شیرانی‌راد ۲۰۱۱). به دلیل ساختار مشبک ژئولیت، این ترکیب توانایی نگهداری مقدار بالایی آب را دارد و بنابراین بهترین ترکیب برای تیمار خاک‌های شنی در مناطق خشک به‌شمار می‌رود، ژئولیت مواد غذایی را در ناحیه رشد ریشه نگه می‌دارد و در صورت لزوم آن را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (کشاورز و همکاران ۲۰۱۲). به دلیل ظرفیت بالای تبادل کاتیونی، ژئولیت شستشوی مواد غذایی و به ویژه نیترات را کاهش می‌دهد و بنابراین می‌تواند نقش مهمی را در کشاورزی داشته باشد. جذب انتخابی و آزادسازی کنترل‌شده مواد غذایی با کمک ژئولیت، به رشد گیاه در شرایط نامساعد کمک می‌کند. ویژگی‌های منحصر به فرد ژئولیت مانند ظرفیت تبادل کاتیونی بالا، جذب گزینشی، پایداری ساختاری و فراوان بودن آن، این ترکیب را برای تیمار خاک جهت افزایش حاصلخیزی خاک و کاهش اثر کم‌آبی مساعد نموده است (کشاورز و همکاران ۲۰۱۲). بنابراین با توجه به اینکه محلول‌پاشی عناصر غذایی اثرات مثبتی بر گیاهان زراعی و دارویی دارد، در این پژوهش سعی می‌شود اثرات محلول‌پاشی عناصر سیلیسیم و سلنیوم بر گیاه

رازیانه تحت جاذب زئولیت بر صفات رویشی، عملکرد دانه و اسانس رازیانه مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

محل اجرای آزمایش: آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی آذربایجان شرقی اجرا گردید. این محل دارای طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۵ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقه با ارتفاع ۱۳۴۹ متر از سطح دریای آزاد است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم

نیمه خشک سرد است. میانگین حداکثر دمای سالانه ۳۳/۳ درجه سانتی‌گراد و میانگین حداقل دمای سالیانه ۸/۸- درجه سانتی‌گراد است. میانگین بارندگی سالانه‌ی این ناحیه ۳۰۲ میلی‌متر است، pH خاک‌های منطقه در محدوده‌ی قلیایی EC آب منطقه در محدوده ۳/۸-۴/۳ قرار دارد. جهت تجزیه خاک محل اجرای طرح، یک نمونه خاک از مزرعه از اعماق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر تهیه و به آزمایشگاه ارسال گردید. پس از تجزیه، وضعیت فیزیکی و شیمیایی خاک به شرح زیر تعیین شد.

جدول ۱- نتایج تجزیه خاک محل آزمایش

هدایت الکتریکی (dS/m)	اسیدیته گل اشباع pH	درصد اشباع (%)	درصد مواد خنثی شونده	کربن آلی (%)	ازت کل (%)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	شن (%)	سیلت (%)	رس (%)	بافت خاک
۵	۸/۱۷	۴۷	۱۰/۸	۱/۲۹	۰/۱۲	۵۱/۸۵	۲۰۸۵	۳۷	۵۰	۱۳	سیلتی-لومی

طرح آزمایشی: این بررسی به صورت اسپلیت-اسپلیت پلات، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار اجرا شد. فاکتور اول شامل محلول‌پاشی سیلیکون (صفر و ۴ گرم در لیتر) و فاکتور دوم محلول‌پاشی سلنیوم (صفر و ۴ گرم در لیتر) به‌ترتیب در کرت‌های اصلی و فرعی و فاکتور سوم شامل کاربرد زئولیت (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) در کرت‌های فرعی قرار داده شدند. این آزمایش در سه تکرار انجام گردید و هر تکرار شامل ۱۲ کرت به ابعاد یک متر در ۱/۵ متر بود. **زمین طرح آزمایشی:** طرح در زمینی متشکل از ۳۶ واحد آزمایشی اجرا شد که در هر کرت ۴ ردیف کاشت به صورت جوی و پشته با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر ایجاد شده و فاصله بوته‌ها روی ردیف‌ها ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. بذور در عمق کاشت ۱-۲ سانتی‌متر کاشته شدند. فاصله کرت‌ها از یکدیگر ۷۰ سانتی‌متر و فاصله تکرارها از یکدیگر یک متر در نظر گرفته شد. تراکم کاشت ۵۰ بوته در متر مربع در نظر گرفته شد.

کاشت: در پاییز در زمین مورد نظر برای اجرای آزمایش یک شخم زده شد و در اواخر فروردین، قبل از کاشت یک شخم سطحی و دیسک زده شد. کاشت در داغ آب

پشته‌ها، در اردیبهشت ماه انجام شد. اولین آبیاری پس از کاشت انجام گرفت. نیاز غذایی گیاه براساس آزمایش تجزیه خاک و توصیه کودی تعیین شد. براساس آزمایش تجزیه خاک از مصرف کودهای فسفر و پتاس اجتناب گردید، ولی در مرحله شش برگی مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن به‌صورت اوره داده شده است. در طی دوره رشد رازیانه علف‌های هرز به‌طور مرتب به-صورت دستی وجین گردید.

نحوه اعمال تیمارها: بذور رازیانه از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه گردید. سیلیسیم و سلنیوم به صورت محلول‌پاشی (با غلظت‌های صفر و ۴ گرم در لیتر) و زئولیت به صورت مخلوط با خاک (به میزان صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) در سال اول کشت به‌کار برده شدند. محلول‌پاشی قبل از طلوع آفتاب انجام شد. زئولیت قبل از کاشت با خاک مخلوط گردید.

برداشت: در این بررسی بعد از رسیدگی دانه‌های رازیانه در سال اول، با حذف حاشیه کرت‌ها، ۵ بوته از ردیف‌های میانی کرت به‌طور تصادفی انتخاب و صفات موردنظر اندازه‌گیری شد.

گرم اندازه‌گیری شد. از میانگین وزن خشک بوته پنج بوته در محاسبات آماری استفاده شد.

عملکرد دانه: در زمان برداشت نهایی پس از حذف اثر حاشیه‌ای، چترهای ۵۰ بوته موجود در وسط هر کرت برداشت و پس از جدا کردن دانه‌ها، وزن دانه‌های حاصله به‌عنوان عملکرد دانه در واحد سطح ثبت گردید.

درصد اسانس: پس از برداشت، دانه‌ها در هوای آزاد تحت دمای اتاق قرار داده شدند تا همگی به‌طور یکنواخت هوا خشک شوند. ۳۰ گرم نمونه‌های بذر خرد گردیده و با دستگاه رطوبت‌سنج درصد رطوبت آن‌ها اندازه‌گیری شد. سپس به روش تقطیر با آب به مدت ۳ ساعت با استفاده از دستگاه کلونجر مدل بریتانیا اقدام به اسانس‌گیری گردید و مقدار وزنی آن اندازه‌گیری شد.

عملکرد اسانس: با ضرب درصد اسانس بر عملکرد دانه به‌دست آمد.

عملکرد دانه $\times$ درصد اسانس = عملکرد اسانس

محاسبات آماری

قبل از تجزیه آماری، تست نرمال بودن داده‌ها انجام و سپس تجزیه و تحلیل آماری داده‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری صفات موردنظر با استفاده از نرم افزار MSTAT-C انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد. برای ترسیم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

براساس نتایج به‌دست آمده از این بررسی، محلول-پاشی سیلیسیم روی تعداد شاخه اثر معنی‌داری داشت. قطر ساقه، تعداد شاخه و برگ و وزن خشک اندام‌هوایی تحت تأثیر تیمار سلنیوم قرار گرفتند. کاربرد ژئولیت قطر ساقه، تعداد برگ، وزن خشک ساقه، برگ و اندام‌هوایی تحت تأثیر قرار داد. صفات ارتفاع بوته و وزن خشک اندام‌هوایی تحت تأثیر اثر متقابل سیلیسیم و سلنیوم و وزن خشک برگ فقط تحت تأثیر اثر متقابل سلنیوم و ژئولیت قرار گرفت (جدول ۲).

ارتفاع بوته: ارتفاع بوته در ۵ بوته انتخابی از هر کرت، با حذف اثر حاشیه با استفاده از خط‌کش از محل طوقه تا انتهای بوته اندازه‌گیری شد. سپس جهت استفاده در تجزیه آماری میانگین ارتفاع پنج بوته محاسبه گردید. **تعداد شاخه:** تعداد شاخه در پنج بوته انتخابی از هر کرت شمارش و میانگین آن‌ها در محاسبات آماری استفاده شد.

تعداد برگ در بوته: تعداد برگ در پنج بوته برداشت شده از هر کرت شمارش و میانگین تعداد برگ تعیین و سپس در محاسبات آماری اعمال گردید.

وزن خشک برگ: جهت اندازه‌گیری وزن خشک برگ، برگ‌های پنج بوته انتخابی از هر کرت از ساقه جدا شده و در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. سپس پاکت‌های کاغذی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شدند. بعد از ۲۴ ساعت وزن خشک برگ‌ها با استفاده از ترازوی ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. از میانگین وزن خشک برگ‌های ۵ بوته در محاسبات آماری استفاده شد.

وزن خشک ساقه: بعد از جداکردن برگ‌های پنج بوته انتخابی از هر کرت، ساقه‌ها خرد شده و در پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. سپس پاکت‌های کاغذی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت وزن خشک ساقه با استفاده از ترازوی ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد. از میانگین وزن خشک ساقه پنج بوته در محاسبات آماری استفاده شد.

قطر ساقه در محل طوقه: قطر ساقه در محل طوقه با استفاده از کولیس در پنج بوته انتخابی از هر کرت اندازه‌گیری شد. از میانگین قطر ساقه پنج بوته در محاسبات آماری استفاده شد.

وزن خشک اندام‌هوایی: پنج بوته انتخابی از هر کرت در آزمایشگاه خرد شده و در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شدند. سپس پاکت‌های کاغذی در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت قرار داده شد. بعد از ۲۴ ساعت وزن خشک بوته با استفاده از ترازوی ۰/۰۱

جدول ۲- تأثیر سلنیوم، سیلیسیم و ژئولیت روی برخی از صفات رویشی

میانگین مربعات											منابع تغییر
درجه آزادی	ارتفاع بوته	قطر ساقه	تعداد شاخه	تعداد برگ	وزن خشک ساقه	وزن خشک برگ	وزن خشک اندام هوایی	عملکرد دانه در واحد سطح	درصد اسانس	عملکرد اسانس	
تکرار	۴/۷۷	۰/۰۳	۱/۵۵	۹/۱۳	۱/۲۹	۰/۰۹	۰/۹۱	۴۰۹۰۴	۰/۰۶	۶۲/۶۸	
سیلیسیم (A)	۴۴۲/۴	۱/۳۲	۱۷/۶۴**	۹	۱۱/۴۴	۰/۷۵	۲۶/۸۶	۴۳۱۱۶۷*	۰/۰۸	۱۳۱۲	
خطای اصلی	۶۲/۹۲	۰/۱۲	۰/۰۰۱	۸/۸۶	۱/۰۵	۰/۰۶	۱/۶۴	۱۱۷۱۳	۰/۰۳	۶۰/۳۵	
سلنیوم (B)	۴۶۹/۴۴**	۱/۷۳**	۲۲/۴**	۶۷/۲۴*	۳/۵	۰/۶۹	۲۷/۵۶**	۶۶۹۵۰۵*	۰/۰۵	۱۸۶۶	
A×B	۸۵/۲۵**	۰/۰۳۴	۰/۰۰۴	۰/۳۲	۳/۸	۰/۰۱	۵/۳۶*	۷۳۲۷	۰/۰۰۱	۱۵/۴۷	
خطای فرعی	۰/۹۸	۰/۰۱۹	۰/۴۷	۵/۶۷	۰/۹۸	۰/۱	۰/۳۹	۶۴۹۸۶	۰/۰۲	۱۲۸/۸۹	
ژئولیت (C)	۳۶/۷۵	۰/۸۵**	۲/۴۷	۲۵/۸۳*	۴/۷۶**	۰/۳۱*	۱۴/۳۷**	۲۷۸۹۴۲*	۰/۰۴*	۷/۱۳** ۹۷	
A×C	۳۵/۳۳	۰/۰۹	۱/۰۵	۰/۲۸	۲/۱۲	۰/۰۰۸	۱/۵۶	۱۸۸۹۱	۰/۰۰۱	۴۵/۸۶	
B×C	۴۱/۸۳	۰/۱	۱/۷۴	۴/۱۶	۱/۲	۰/۳۳*	۴/۸۸	۱۵۵۶۲	۰/۰۲۲	۴۶۵۴	
A×B×C	۶۳/۵۶	۰/۱۷	۰/۰۲	۱/۲۵	۰/۰۲۶	۰/۰۳	۰/۴۳	۷۶۶۵	۰/۰۲	۸/۹۲	
خطای فرعی فرعی	۲۹/۵۱	۰/۰۸	۱/۷۴	۷/۰۹	۰/۵۸	۰/۰۷	۱/۳۹	۴۶۷۱۹	۰/۰۰۹	۱۲۷/۶۸	
ضرب تغییرات (%)	۱۱/۶۶	۱۷/۷۲	۱۲/۶۸	۱۲/۲۷	۱۰/۴۸	۱۷/۱۷	۸/۱۴	۱۴/۹۹	۱/۹۴	۱۵/۸۶	

** و * به ترتیب نشان دهنده معنی داری در سطح احتمال یک و پنج درصد است.

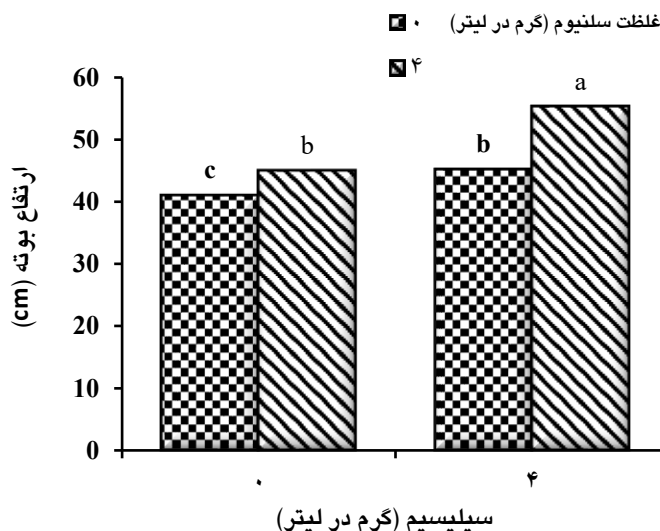
ارتفاع بوته

براساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته تحت اثر متقابل سلنیوم در سیلیسیم، بیشترین ارتفاع بوته با ۵۵/۲ سانتی‌متر به دست آمد. در این تیمار ارتفاع بوته ۵۵/۲ سانتی‌متر بود که در مقایسه با شاهد با ارتفاع ۴۱ سانتی‌متر، به میزان ۳۴/۶ درصد بیشتر بود. کاربرد سلنیوم نیز افزایش معنی داری را در ارتفاع بوته باعث شد، ولی میزان افزایش در مقایسه با اثر متقابل سیلیسیم در سلنیوم کمتر بود (شکل ۱). بوگدادی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر محلول پاشی سلنیوم را در باقلا بررسی نمودند. این محققین مشاهده نمودند که محلول پاشی سلنیوم افزایش معنی داری را در ارتفاع بوته‌های این گیاه باعث شد. این محققین یکی از دلایل مهم این افزایش را، افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزی و افزایش فتوسنتز گیاه دانستند. داسگان و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش نمودند که ارتفاع بوته در گیاه بادمجان با

محلول پاشی سلنیوم افزایش می‌یابد. از سوی دیگر نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد سیلیسیم نیز اثر مثبتی را بر ارتفاع بوته‌های رازیانه داشت. آرتیسزاک و همکاران (۲۰۱۸) در فلفل گزارش نمودند که کاربرد سیلیسیم به صورت محلول پاشی ارتفاع بوته‌ها را افزایش می‌دهد. اشرف و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که افزایش رشد و عملکرد گیاه در حضور سیلیسیم از طریق بهبود توانایی مکانیکی ساقه و برگ‌ها در جذب نور و افزایش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد.

قطر ساقه

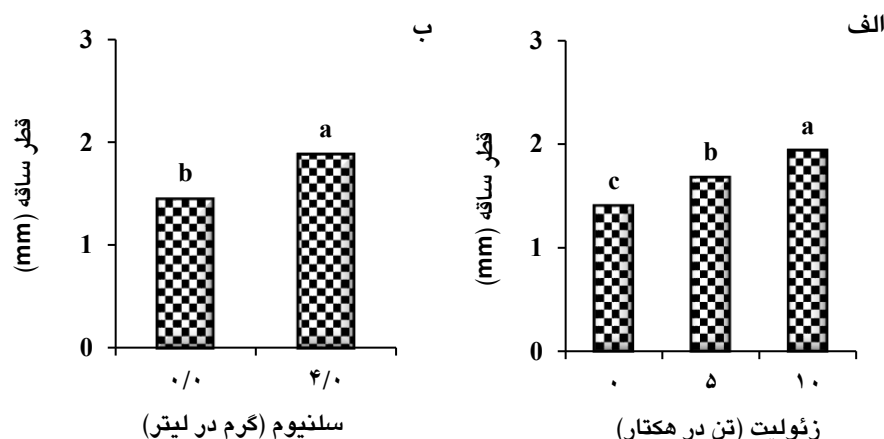
در این بررسی هر دو سطح کاربرد ژئولیت اثر افزایشی معنی داری را در قطر ساقه‌های رازیانه باعث شد، ولی با افزایش مقدار ژئولیت، تأثیر افزایشی آن بر روی قطر ساقه‌های رازیانه بیشتر بود. لذا بیشترین قطر



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته رازیانه تحت اثر متقابل تیمارهای سلنیوم در سیلیسیم
حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

افزایش دسترسی گیاه به آب و مواد غذایی، باعث افزایش خصوصیات رشدی گیاهان می‌شود. زئولیت با افزایش فتوسنتز گیاه، بر میزان اسمیلات‌های ساقه افزوده و در نهایت باعث افزایش رشد ساقه می‌شود (اسمدت و همکاران ۲۰۱۴). زاهدی و همکاران (۲۰۱۱) طی مطالعه-ای، تأثیر کاربرد زئولیت و سلنیوم را بر روی خصوصیات رشدی کلزا مورد بررسی قرار دادند. نتایج این مطالعه نشان داد که قطر ساقه با کاربرد سلنیوم و زئولیت افزایش یافت. داسگان و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که قطر ساقه در گیاه بادمجان با محلول‌پاشی سلنیوم افزایش می‌یابد.

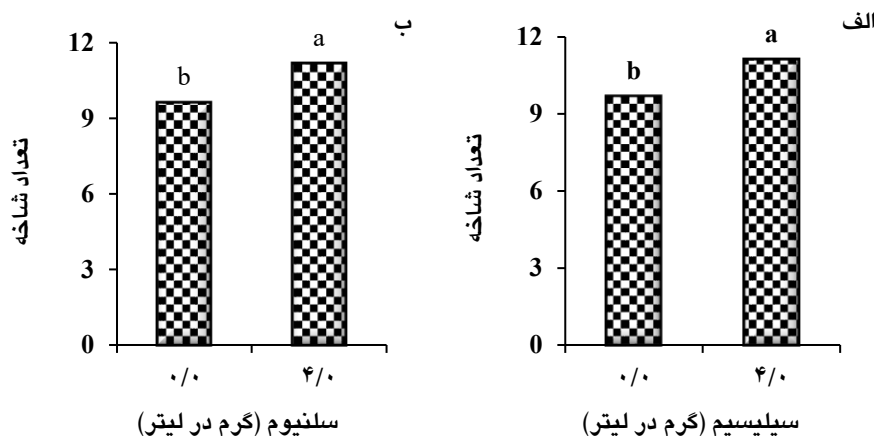
ساقه در تیمار ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌دست آمد که معادل ۱/۹۳۳ سانتی‌متر بود. تیمارهای ۵ و ۱۰ تن در هکتار زئولیت به‌ترتیب ۱۹/۶ و ۳۸/۱ درصد افزایش را در قطر ساقه‌های رازیانه در مقایسه با گیاهان شاهد باعث شدند (شکل ۲-الف). کاربرد سلنیوم افزایش معنی‌داری را در قطر ساقه‌های رازیانه باعث گردید. در تیمار کاربرد سلنیوم قطر ساقه ۱/۹ سانتی‌متر بود که در مقایسه با عدم کاربرد سلنیوم به میزان ۳۰/۱ درصد بیشتر بود (شکل ۲-ب). در بررسی مشابهی زاهدی و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش معنی‌داری را در قطر ساقه‌های کلزا به‌دست آوردند. این محققین اظهار داشتند که زئولیت با



شکل ۲- مقایسه میانگین قطر ساقه رازیانه تحت تأثیر تیمار زئولیت (الف) و سولنیوم (ب) حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

تعداد شاخه

مقایسه میانگین تعداد شاخه تحت تأثیر کاربرد سیلیسیم نشان داد که کاربرد این تیمار افزایش معنی‌داری را در تعداد شاخه‌های رازیانه باعث گردید (شکل ۳-الف). در این مطالعه کاربرد سولنیوم تأثیر مثبتی را بر تولید شاخه در رازیانه داشت. در شرایط عدم کاربرد سولنیوم، میانگین تعداد شاخه ۹/۷ بود، درحالی‌که با کاربرد سولنیوم تعداد شاخه تا ۱۱/۲ افزایش یافت که



شکل ۳- مقایسه میانگین تعداد شاخه‌های رازیانه تحت تأثیر تیمار سیلیسیم (الف) و سولنیوم (ب) حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

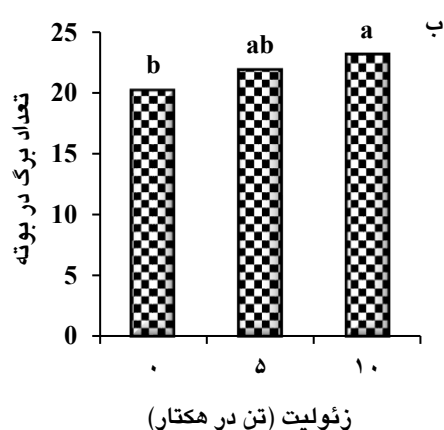
تعداد برگ

در این بررسی در شرایط کاربرد سولنیوم، میانگین تعداد برگ در بوته ۲۳/۱ بود که در مقایسه با عدم کاربرد این ترکیب ۲/۸ درصد بیشتر بود. تیمار کاربرد سولنیوم

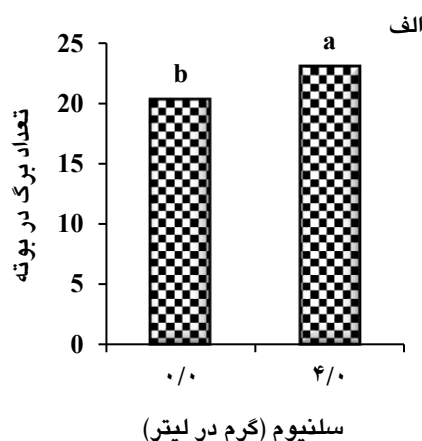
معادل ۱۶/۲ درصد افزایش در این صفت بود (شکل ۳-ب). بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد سیلیسیم بوته‌های استوارتر و مستقیم‌تری را تولید می‌کند و در نتیجه سایه‌اندازی کاهش می‌یابد که این امر می‌تواند منجر به افزایش فتوسنتز بوته‌ها گردد (سارتو و همکاران ۲۰۱۴). افزایش فتوسنتز گیاه می‌تواند عاملی برای افزایش بیشتر رشد گیاه باشد.

به میزان ۱۳/۴ درصد افزایش نشان داد (شکل ۴-الف). تیمار ۵ تن در هکتار زئولیت با گیاهان شاهد اختلاف معنی‌داری روی تعداد برگ در بوته رازیانه نداشت، ولی مقادیر بالاتر کاربرد زئولیت باعث افزایش تعداد برگ به

در گیاه بادمجان با محلول‌پاشی سلیسیم افزایش می‌یابد. براساس اظهار نظر این محققین، سلیسیم با تغییر فعالیت آنزیم‌ها، تغییرات هورمونی و به‌ویژه بهبود ظرفیت فتوسنتزی گیاه تعداد برگ را افزایش می‌دهد. بوگدادی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر محلول‌پاشی سلیسیم را بر رشد و عملکرد باقلا بررسی نمودند. این محققین مشاهده نمودند که محلول‌پاشی سلیسیم افزایش معنی‌داری را در تعداد برگ در بوته این گیاه باعث شد.



طور معنی‌داری در بوته رازیانه گردید. در تیمار ۱۰ تن در هکتار زئولیت، میانگین تعداد برگ در بوته ۲۳/۱ بود که در مقایسه با عدم کاربرد زئولیت به میزان ۱۴/۵ درصد بیشتر بود (شکل ۴-ب). یولجو (۲۰۱۱) تأثیر کاربرد زئولیت را در ماشک بررسی نمودند. براساس نتایج به‌دست آمده از بررسی این محققین، کاربرد زئولیت افزایش معنی‌داری را در تعداد برگ‌ها باعث شد. داسگان و همکاران (۲۰۱۶) نیز نشان دادند که تعداد برگ

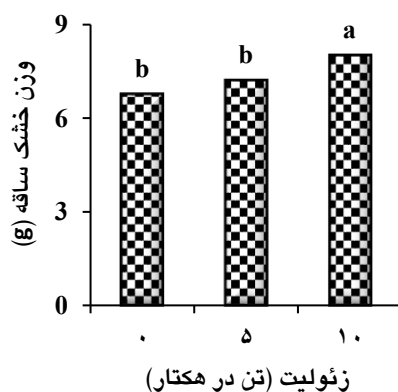


شکل ۴- مقایسه میانگین تعداد برگ در بوته رازیانه تحت تأثیر تیمار سلیسیم (الف) و زئولیت (ب)
حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

بود (شکل ۵). فلاح (۲۰۱۲) در برنج مشاهده نمودند که کاربرد زئولیت منجر به افزایش وزن خشک ساقه برنج می‌گردد. محققین گزارش نموده‌اند که کاربرد زئولیت منجر به افزایش سطح جیبرلین در گیاهان می‌شود (هوانگ و همکاران ۲۰۱۴). بررسی‌ها نشان داده است که کاربرد زئولیت میزان تولید اسمیلات‌ها را در گیاهان افزایش می‌دهد (هوانگ و همکاران ۲۰۱۴).

وزن خشک ساقه

وزن خشک ساقه رازیانه تحت تأثیر تیمار کاربرد ۵ تن در هکتار زئولیت قرار نگرفت، ولی تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت اثر افزایشی معنی‌داری را بر وزن خشک ساقه رازیانه داشت. در تیمار کاربرد ۱۰ تن در هکتار زئولیت وزن خشک ساقه رازیانه ۸ گرم در بوته بود که در مقایسه با گیاهان شاهد ۱۸/۳ درصد بیشتر

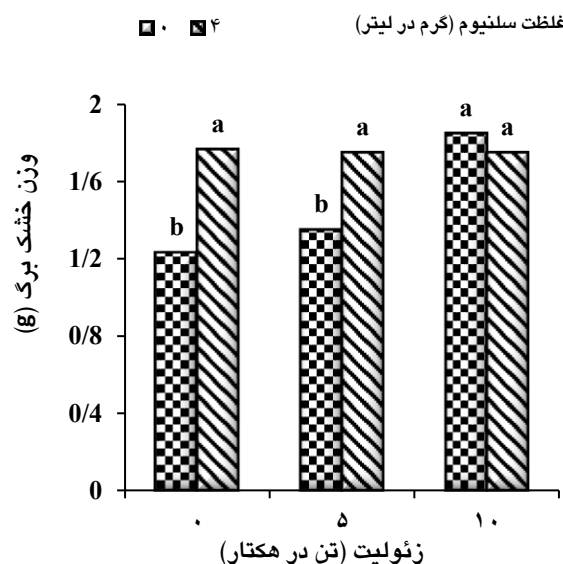


شکل ۵- مقایسه میانگین وزن خشک ساقه رازیانه در بوته تحت تأثیر تیمار زئولیت
حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

وزن خشک برگ

اثر متقابل زئولیت در هر دو سطح صفر و ۵ تن در هکتار تحت تیمار سلنیوم با سطح ۴ گرم در لیتر موجب افزایش وزن خشک برگ گردید (شکل ۶)، اما در ۱۰ تن در هکتار زئولیت اختلاف معنی‌داری بین گیاهان شاهد و ۴ گرم در لیتر سلنیوم مشاهده نگردید. در یک بررسی جیانگ و همکاران (۲۰۱۵) نیز افزایش وزن خشک برگ‌های تنباکو را با محلول‌پاشی سلنیوم گزارش نمودند. این محققین بهبود خصوصیات رشدی تنباکو را

با کاربرد سلنیوم، ناشی از افزایش خصوصیات فتوسنتزی، افزایش هدایت روزنه‌ای و کارایی کربوکسیلاسیون گیاه دانستند. در این بررسی زئولیت نیز اثر مثبتی را بر وزن خشک برگ داشت. یولجو (۲۰۱۱) تأثیر کاربرد زئولیت را در ماشک بررسی نمودند. براساس نتایج به‌دست آمده از بررسی این محققین، کاربرد زئولیت افزایش معنی‌داری را در وزن خشک برگ‌ها باعث شد.



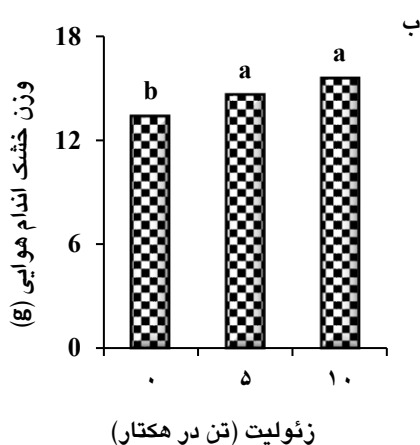
شکل ۶- مقایسه میانگین وزن خشک برگ رازیانه در بوته تحت اثر متقابل زئولیت در سلنیوم حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

وزن خشک اندام هوایی

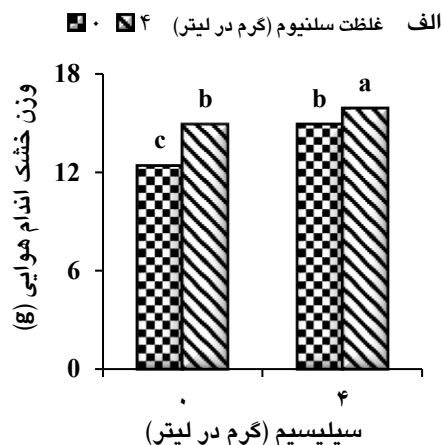
با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات مورد بررسی، اثر متقابل کاربرد سیلیسیم در سلنیوم و اثر اصلی کاربرد زئولیت اثر معنی‌داری بر وزن خشک اندام هوایی رازیانه داشت (جدول ۲). مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی تحت تأثیر متقابل سلنیوم در سیلیسیم نشان داد که بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ۱۵/۸ گرم در بوته به‌دست آمد. در این تیمار وزن خشک اندام هوایی ۱۵/۸۶ گرم در بوته بود، درحالی‌که کمترین وزن خشک اندام هوایی با ۱۲/۳۸ گرم متعلق به عدم کاربرد این دو ترکیب بود. اثر متقابل این تیمارها افزایشی حدود ۲۸/۴ درصدی را در وزن خشک اندام

هوایی باعث شد (شکل ۷-الف). در این تحقیق، هر دو سطح کاربرد زئولیت افزایش معنی‌دار و مشابهی را از نظر آماری در وزن خشک اندام هوایی باعث شدند. در دو تیمار کاربرد ۵ و ۱۰ تن در هکتار زئولیت وزن خشک اندام هوایی به ترتیب ۱۴/۵۹ و ۱۵/۵۵ گرم در بوته بود که در مقایسه با عدم کاربرد زئولیت به‌ترتیب به میزان ۹/۱ و ۱۶/۳ درصد بیشتر بود (شکل ۷-ب). در بررسی مشابهی یولجو (۲۰۱۱) نشان دادند که کاربرد زئولیت افزایش معنی‌داری را در وزن خشک اندام هوایی ماشک باعث شد. عظیمی و همکاران (۲۰۱۹) در *Agropyron desertorum* نتایج مشابهی را به‌دست آوردند. ابوباکر و همکاران (۲۰۱۲) نیز در بررسی که انجام دادند، نشان

افزود. بولدترین و همکاران (۲۰۱۳) مشاهده نمودند که در صورت محلول‌پاشی سلیسیم، سلیسیم به سادگی از طریق آوندها در بافت‌های گیاهی منتقل می‌شود.



دادند که کاربرد سلیسیم چه تحت شرایط کم‌آبی و چه تحت شرایط نرمال وزن خشک اندام هوایی را افزایش داد. در بررسی این محققین در شرایط نرمال کاربرد سلیسیم به میزان ۵۲ درصد بر وزن خشک اندام هوایی



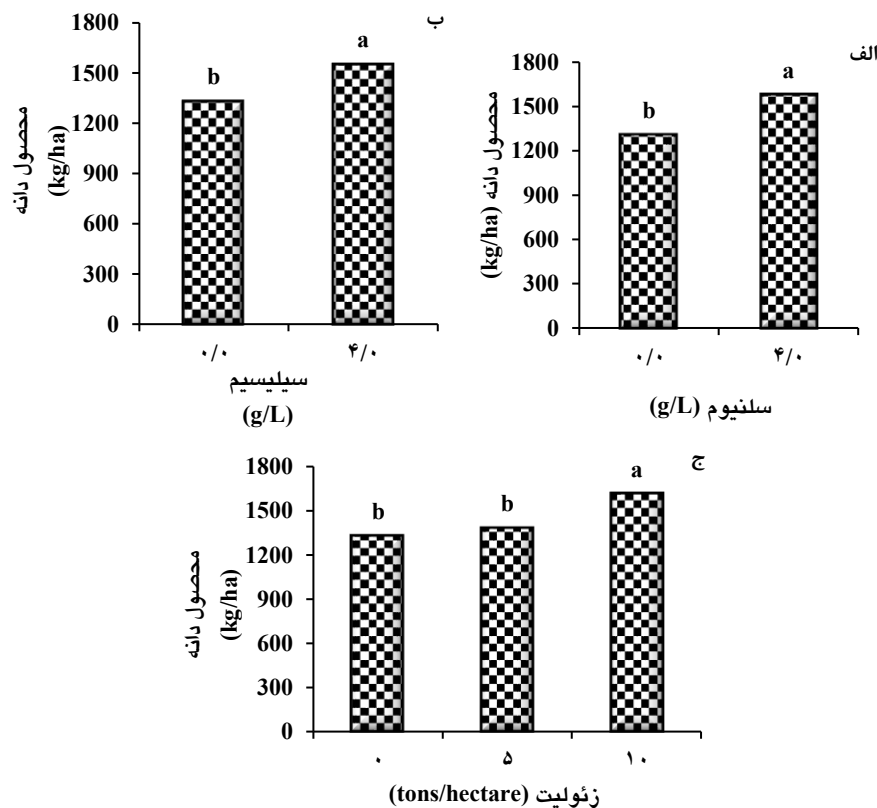
شکل ۷- مقایسه میانگین وزن خشک اندام هوایی تک بوته رازیانه تحت اثر متقابل سلیسیم در سلیسیم (الف) و اثر اصلی تیمار ژئولیت (ب)

حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

ج). بوگدادی و همکاران (۲۰۱۷) تأثیر محلول‌پاشی سلیسیم را بر رشد و عملکرد باقلا مثبت ارزیابی کردند، به‌طوری‌که محلول‌پاشی سلیسیم افزایش معنی‌داری را در عملکرد دانه این گیاه باعث شد. تیموری و همکاران (۲۰۱۴) اظهار کردند که محلول‌پاشی سلیسیم در گندم موجب افزایش عملکرد دانه این گیاه گردیده است. زاهدی و همکاران (۲۰۱۱) طی مطالعه‌ای، دریافتند که عملکرد دانه کلزا با استفاده از محلول‌پاشی سلیسیم و خاک مصرف ژئولیت افزایش یافته است. شاه و همکاران (۲۰۲۰) در گیاه برنج افزایش عملکرد دانه را تحت محلول‌پاشی سلیسیم گزارش نمودند. این افزایش عملکرد دانه نتیجه بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه با استفاده از سلیسیم بوده است. در تحقیقی دیگر مشاهده شد که تیمار ژئولیت تعداد دانه در پانیکول و عملکرد دانه برنج را افزایش می‌دهد. نتایج بررسی این محققین نشان داد که ژئولیت می‌تواند جایگزین کاربرد کودهای شیمیایی گردد. علاوه بر آن این ترکیب آلودگی محیط را کاهش می‌دهد و دارای مزایای اقتصادی است.

عملکرد دانه در واحد سطح

اثرهای اصلی کاربرد ژئولیت، سلیسیم و سلیسیم بر عملکرد دانه در واحد سطح به‌طور معنی‌داری مؤثر بود، ولی اثرهای متقابل تیمارها بر این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). عملکرد دانه رازیانه تحت تأثیر مثبت محلول-پاشی سلیسیم قرار گرفت. عملکرد دانه رازیانه تحت تیمار گیاهان با سلیسیم به میزان ۲۷۳ کیلوگرم در هکتار نسبت به گیاهان شاهد افزایش نشان داد که معادل ۲۰/۹ درصد افزایش در این صفت بود (شکل ۸-الف). استفاده از سلیسیم در این مطالعه اثر افزایشی معنی‌داری بر عملکرد دانه رازیانه اعمال کرد. با تیمار سلیسیم عملکرد دانه ۱۵۵۱ کیلوگرم در هکتار بود که نسبت به عدم کاربرد سلیسیم حدود ۱۶/۴ درصد بیشتر بود (شکل ۸-ب). در این تحقیق بین گیاهان شاهد و کاربرد ۵ تن در هکتار ژئولیت از نظر عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت، ولی با مصرف ۱۰ تن در هکتار ژئولیت عملکرد دانه بیشتری درمقایسه با گیاهان شاهد به‌دست آمد. در تیمار گیاهان با سطح ۱۰ تن در هکتار ژئولیت عملکرد دانه ۱۶۱۶ کیلوگرم در هکتار ثبت گردید که درمقایسه با گیاهان شاهد به میزان ۲۱/۵ درصد بیشتر بود (شکل ۸-ب).



شکل ۸- مقایسه میانگین محصول دانه رازیانه تحت تأثیر سلنیوم (الف)، سیلیسیم (ب) و کاربرد زنولیت (ج) حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

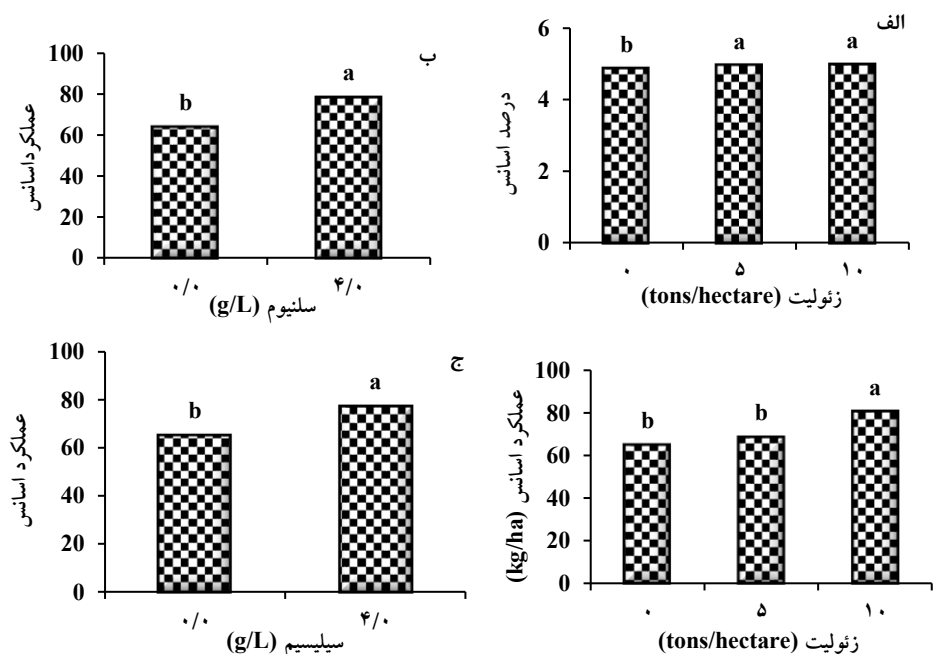
درصد و محصول اسانس

طبق جدول تجزیه واریانس داده‌ها کاربرد سیلیسیم و سلنیوم تأثیر معنی‌داری بر درصد اسانس بوته‌های رازیانه نداشت، ولی درصد اسانس تحت تأثیر معنی‌دار زنولیت قرار گرفت (جدول ۲). عملکرد اسانس رازیانه به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر کاربرد زنولیت، سیلیسیم و سلنیوم قرار گرفت، ولی اثرهای متقابل این تیمارها روی این صفت معنی‌دار نگردید (جدول ۲). درصد اسانس دانه رازیانه با استفاده از زنولیت افزایش یافت. در سطوح ۵ و ۱۰ تن در هکتار زنولیت درصد اسانس به ترتیب ۴/۹۵ و ۴/۹۷ درصد ثبت گردید که نسبت به گیاهان شاهد به ترتیب به میزان ۱/۸ و ۲/۲ درصد افزایش نشان داد (شکل ۹-الف). سلنیوم در این مطالعه ۲۲/۵ درصد عملکرد اسانس رازیانه را افزایش داد. اختلافی ۱۴/۴ گرمی از نظر عملکرد اسانس بین دو تیمار کاربرد و عدم کاربرد سلنیوم وجود داشت که قابل توجه به‌شمار می‌رود.

عملکرد اسانس گیاهان با کاربرد سلنیوم ۷۸/۴ گرم ثبت گردیده است (شکل ۹-ب). کاربرد سیلیسیم اثر مثبتی بر عملکرد اسانس رازیانه داشت. با کاربرد سیلیسیم محصول اسانس ۷۷/۳ گرم بود که درمقایسه با تیمار عدم کاربرد سیلیسیم به میزان ۱۸/۵ درصد بیشتر بود (شکل ۹-ج). خاک مصرف زنولیت اثر مثبتی روی عملکرد اسانس رازیانه داشت، ولی اختلاف معنی‌داری بین گیاهان شاهد و مصرف ۵ تن در هکتار زنولیت وجود نداشت، ولی با افزایش سطح مصرف این تیمار، بر عملکرد اسانس رازیانه افزوده شد. تیمار ۱۰ تن در هکتار زنولیت عملکرد اسانس رازیانه را به میزان ۲۴ درصد افزایش داد (شکل ۹-د). محمد و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر محلول‌پاشی سیلیسیم را بر تولید اسانس مرزنجوش مورد بررسی قرار دادند و گزارش نمودند که محلول‌پاشی سیلیسیم افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس رازیانه ایجاد کرده است. مایی و همکاران (۲۰۱۶) نتایج

Dracocephalum moldavica مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که با تیمار گیاهان تحت کاربرد ژئولیت بر عملکرد اسانس این گیاه دارویی افزوده شد.

مشابهی را به دست آوردند و نشان دادند که محلول پاشی سیلیسیم بر عملکرد اسانس مرزنجوش می افزاید. کریم-زاده اصل و همکاران (۲۰۱۸) تأثیر کاربرد ژئولیت را در



شکل ۹- مقایسه میانگین درصد اسانس تحت تأثیر ژئولیت

(الف)، محصول اسانس رازیانه تحت تأثیر تیمار سلنیوم (ب)، سیلیسیم (ج) و ژئولیت (د)

حروف متفاوت نمایانگر اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

بود. نتایج این بررسی نشان داد که کاربرد هر سه ترکیب ژئولیت، سلنیوم و سیلیسیم افزایش قابل قبولی را در عملکرد اسانس باعث شدند که در اغلب موارد اثرات هر سه ترکیب به صورت مجزا بر صفات مورد بررسی اثر داشت و لذا می توان گفت این سه ترکیب با مکانیسم های مختلف بر گیاه مورد بررسی اثربخش بودند.

سپاسگزاری

لازم است از مسئولین محترم مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خسروشهر و دانشگاه تبریز که در فراهم آوردن امکانات لازم جهت اجرای این تحقیق همکاری داشته اند تشکر و قدردانی گردد.

نتیجه گیری کلی

کاربرد ژئولیت در صفات عملکرد دانه، درصد اسانس و عملکرد اسانس افزایشی تا ۲۱/۵، ۲/۲ و ۲۴ درصدی را باعث گردید و در اغلب صفات تیمار بالاترین میزان مصرف (کاربرد ۱۰ تن در هکتار ژئولیت)، بیشترین اثر افزایشی را داشت. کاربرد سیلیسیم در صفات عملکرد دانه و عملکرد اسانس افزایشی به ترتیب ۱۶/۴ و ۱۸/۵ درصدی را باعث گردید که بیشترین افزایش متعلق به عملکرد اسانس بود. کاربرد سلنیوم عملکرد دانه و عملکرد اسانس را به ترتیب به میزان ۲۰/۹ و ۲۲/۵ درصد افزایش داد. در این بررسی افزایش عملکرد اسانس تحت تأثیر کاربرد ژئولیت، مربوط به افزایش درصد اسانس

منابع مورد استفاده

- Abou-Baker NH, Abidi AM and Eid TA. 2012. Silicon and water regime responses in bean production under soil saline condition. *Journal of Applied Sciences Research*, 8: 5698-5707.
- Artyszak A. 2018. Effect of silicon fertilization on crop yield quantity and quality a literature review in Europe. *Plants*, 7: 54-67. <https://doi.org/10.3390/plants7030054>
- Ashraf M and Harris PJC. 2013. Photosynthesis under stressful environments: an overview. *Photosynthetica*, 51(2): 163-190. <https://doi.org/10.1007/s11099-013-0021-6>
- Azimi R, Ali Heshmati G, Farzam M and Goldani M. 2019. Effects of mycorrhiza, zeolite and superabsorbent on growth and primary establishment of agropyron desertorum in mining field (Case Study: Mashhads Shargh Cement Factory, Iran). *Journal of Rangeland Science*. 9: 172-184. <https://doi.org/10.22067/jag.v10i2.63197>
- Boghdady MS, Desoky EM, Azoz SN and Dalia MA. 2017. Effect of selenium on growth, physiological aspects and productivity of faba bean (*Vicia faba* L.). *Egyptian Journal of Agronom*, 39: 83-97. <http://dx.doi.org/10.21608/agro.2017.662.1058>
- Boldrin PF, Faquin V, Ramos SJ, Boldrin KV, Avila FW and Guilherm LRG. 2013. Soil and foliar application of selenium in rice biofortification. *Journal of Food Composition and Analysis*, 31: 238-244. <http://dx.doi.org/10.1016/j.jfca.2013.06.002>
- Cartes P, Jara AA, Pinilla L, Rosas A and Mora ML. 2010. Selenium improves the antioxidant ability against aluminium-induced oxidative stress in ryegrass roots. *Annals of Applied Biology*, 156: 297-307. <https://doi.org/10.1111/j.1744-7348.2010.00387.x>
- Dasgan HY, Akhoundnejad Y and Caglayangil H. 2016. Selenium and silicon fertilization in soilless grown eggplant. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*, 5: 417-421.
- Fallah A. 2012. Silicon effect on lodging parameters of rice plants under hydroponic culture. *International Journal of Agricultural science*, 2: 630-634.
- Hwang S, Hamayun M, Kim H, Na C, Kim K, Shin D and Kim In-Jung Lee S. 2014. Effect of nitrogen and silicon nutrition on bioactive gibberellin and growth of rice under field conditions. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 10: 281- 286.
- Jezek P, Hlusek J, Losak T, Juzl M, Elzner P, Kracmar S, Bunka F and Martensson A. 2011. Effect of foliar application of selenium on the content of Se-lected amino acids in potato tubers (*Solanum tuberosum*). *Plant, Soil Environment*, 57: 315-320. <http://dx.doi.org/10.17221/57/2011-PSE>
- Jiang C, Zu C, Shen J, Shao F and Li T. 2014. Effects of selenium on the growth and photosynthetic characteristics of flue-cured tobacco (*Nicotiana tabacum* L.). *Acta Societatis Botanicorum Poloniae*, 3: 259-267. <https://doi.org/10.5586/asbp.2015.006>
- Karimzadeh-Asl Kh, Ghorbanpour M, Marefatzadeh Khameneh M and Hatami M. 2018. Influence of drought stress, biofertilizers and zeolite on morphological traits and essential oil constituents in *Dracocephalum moldavica* L. *Journal of Medicinal Plants*, 17: 56-67. (In Persian) <http://dorl.net/dor/20.1001.1.2717204.2018.17.67.8.8>
- Keshavars L, Farahbakhsh H and Golkar P. 2012. The effects of drought stress and super absorbent polymer on morphophysiological traits of pear millet (*Pennisetum glaucum*). *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3: 148-154.
- Maie MMA, Abo-Kora HA and Abeer HM. 2016. Effect of vermicompost and calcium silicate to reduce the soil salinity on growth and oil determinations of Marjoram plant. *International Journal of PharmTech Research*, 9: 235-262.
- Mohammed KAS, Abd El-Rheem, KM, Elsayy AM and Essa EM. 2018. Effect of vermicompost supplemented by foliar application of silicate on marjoram plants grown in saline soil. *Advanced Science engineering*, 8: 134-147. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.8.4.5654>

- Parvaiz A and Satyawati S. 2008. Salt stress and phyto-biochemical responses of plants – a review. Plant Soil and Environment, 54: 89-99. <http://dx.doi.org/10.17221/2774-PSE>
- Pereira TS, Da Silva Lobato AK, Tan DKY, Da Costa DV, Uchoa EB, Ferreira RN, Dos Santos Pereira E, Avila FW, Marques DJ and Guedes EMS .2013. Positive interference of silicon on water relations, nitrogen metabolism, and osmotic adjustment in two pepper (*Capsicum annuum*) cultivars under water deficit. Australian Journal Crop Science, 7(8):1064-1071. <https://doi.org/10.3390/w15040739>
- Rechinger KH. 1987. Flora Iranica, Umbelliferae. Akad. D.U. Graz, 555p. seeds. Pratacultural Science, 15(5): 39-48. <https://doi.org/10.22092/ijmapr.2010.7138>
- Sarto MVM, Carmo Lana M, Rampim L, Sergio Rosset J, Rocha Wobeto J, Ecco M, Bassegio D and Ferreira da Costa P. 2014. Effect of silicate on nutrition and yield of wheat. African Journal of Agricultural Research, 9: 956-962. <https://doi.org/10.5897/AJAR2013.7617>
- Shah KA, Nayaka P and Lad AN. 2020. Response of transplanted paddy to foliar spray of silicon in south Gujarat, India. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 9: 1051-1057. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.905.115>
- Shiranirad A, Moradi Aghdam A, Taherkhani T, Eskandari K and Nazari Golshan A. 2011. Evaluation of canola reaction to nitrogen values and humidity regime to application of zeolite. Journal Crop Echoph, 3(4): 296-306. (In Persian). <https://doi.org/10.22077/jsr.2018.105.1003>
- Smedt CD, Steppe K and Spanoghe P. 2017. Beneficial effects of zeolites on plant photosynthesis. Advanced Materials Science, 2: 1-11. <http://dx.doi.org/10.15761/AMS.1000115>
- Teimouri S, Hasanpour J and Tajali AA. 2014. Effect of Selenium spraying on yield and growth indices of Wheat (*Triticum aestivum* L.) under drought stress condition. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research, 2: 2091-2103.
- Winkel L, Vriens B, Jones GD, Schneider LS, Pilon-Smits EAH and Banuelos GS. 2015. Selenium cycling across soil-plant-atmosphere interfaces: A critical review. Nutrients, 7: 4199-4239. <https://doi.org/10.3390%2Fnu7064199>
- Yao X, Chu J, He X and Ba C. 2011. Protective role of selenium in wheat seedlings subjected to enhanced UV-B radiation. Russian Journal of Plant Physiology, 58: 283-289. <https://doi.org/10.1134/S1021443711020257>
- Yolcu H. 2011. The effects of some organic and chemical fertilizer applications on yield, morphology, quality and mineral content of common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Field Crops, 16: 197-202.
- Zahedi H, Shirani Rad AH and Tohidi Moghadam H. 2011. Effects of zeolite and selenium applications on some agronomic traits of three canola cultivars under drought stress. Pesquisa Agropecuária Tropical, 41: 179-185. <http://dx.doi.org/10.5216/pat.v41i2.9554>