

Effect of Biofertilizers and Foliar Application of Iron and Zinc on Some Morphological and Biochemical Traits of Dill (*Anethum graveolens* L.)

Yaghoub Raei^{2*}, Asghar Jafari¹, Saied Zehtab Salmasi², Younes Kheirizadeh Arough²

Received: 13 January 2023 Accepted: 27 July 2023

1- MSc. Graduate of Agrotechnology, Faculty of Agricultural, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2- Dept. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agricultural, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author Email: yaegoo@yahoo.com

Abstract

Background and Objective: Today, the use of medicinal plants as one of the most effective methods in the field of health and business is continuously increasing in all societies of the world. The dill is one of these medicinal plants that seeds, shoot, and essential oil are used in medical, health, cosmetic, and food cases. Among the required factors for plants, micro-elements elements play a significant role in feeding and increasing of plant yield. Also, in recent years, due to the increasing attention to the production of healthy food products and to prevent the harmful effects of chemical fertilizers on plant and soil resources, the application of biofertilizers has been considered. Due to the importance of dill as a medicinal plant and reducing the use of chemical fertilizers, as well as the few conducted studies on the effect of biofertilizers and foliar application of micro-elements on dill, the present study was conducted to investigate the yield, yield components, and essential oil of the dill plant in response to the application of phosphozist and nitrozist biofertilizers and foliar application of zinc and iron elements.

Materials and Methods: The experiment was conducted as a randomized complete block design with three replications in 2019. Experimental treatments included foliar application with zinc from zinc sulfate, iron from iron sulfate and combined application of zinc and iron, and biofertilizer treatments consisted of application of phosphozist biofertilizer, pbt of nitrozist biofertilizer, combined pbt of phosphozist and nitrozist biofertilizers and control (spraying with distilled water).

Results: The results showed that the highest plant height, number of umbels per plant, number of umbellets per umbel, number of seeds per umbel, percentage and yield of shoot essential oil were achieved from the combined application of nitrozist and phosphozist biofertilizers. There was no significant difference with foliar application of zinc and iron. In terms of grain yield, root dry weight and percentage and yield of grain essential oil, the application of these biofertilizers was significantly superior to other treatments. The combined use of phosphozist and nitrozist biofertilizers and iron and zinc foliar application improved the grain yield up to 10.5 and 6.9%, respectively.

Conclusion: Based on the results of this study, in order to produce more grain yield, yield components and essential oil in dill, the combined application of nitrozist and phosphozist biofertilizers was identified as the most desirable nutritional treatment.

Keywords: Essential Oil, Micro-Elements, Nitrozist, Phosphozist, Yield

تأثیر کودهای زیستی و محلول پاشی آهن و روی بر برخی صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه شوید (*Anethum graveolens* L.)

یعقوب راعی^{۱*}، اصغر جعفری^۱، سعید زهتاب سلماسی^۲، یونس خیری زاده آروق^۲

تاریخ دریافت ۱۴۰۱/۱۰/۲۳ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۵/۵

۱- دانش آموخته کارشناسی ارشد آگروتکنولوژی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

۲- گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران.

*مسئول مکاتبه: E-mail: yaegoob@yahoo.com

چکیده

مقدمه و هدف: امروزه استفاده از گیاهان دارویی به عنوان یکی از موثرترین روش‌ها در زمینه‌های سلامت و تجارت در همه جوامع دنیا روز به روز در حال افزایش است. شوید یکی از این گیاهان دارویی می‌باشد که از دانه، اندام هوایی و اسانس آن در موارد متعدد درمانی، بهداشتی، آرایشی و غذایی استفاده می‌گردد. از میان عوامل مورد نیاز برای گیاه، عناصر کم مصرف نقش بسیار مهمی در تغذیه و افزایش عملکرد گیاهان ایفا می‌کنند. هم‌چنین در سال‌های اخیر به علت توجه روزافزون به تولید محصولات غذایی سالم و نیز در راستای جلوگیری از اثرات مضر کودهای شیمیایی بر منابع گیاهی و خاکی، استفاده از کودهای زیستی مورد توجه قرار گرفته است. اهمیت گیاه دارویی شوید از یک سو و لزوم کاهش مصرف کودهای شیمیایی از سوی دیگر و نیز مطالعات اندک انجام گرفته در مورد تأثیر کودهای زیستی و محلول پاشی عناصر کم مصرف بر روی گیاه شوید موجب گردید تا پژوهش حاضر با هدف بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و اسانس گیاه دارویی شوید در واکنش به کاربرد کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست و محلول پاشی عناصر روی و آهن اجرا گردد.

مواد و روش‌ها: آزمایش به صورت بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل محلول پاشی با عناصر روی از منبع سولفات روی، آهن از منبع سولفات آهن و محلول پاشی توأم روی و آهن و تیمارهای کود زیستی شامل کاربرد کود زیستی فسفوزیست، نیتروزیست، کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست و شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) بودند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، درصد و عملکرد اسانس اندام هوایی از ترکیب تیماری کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست حاصل شد که تفاوت معنی داری با ترکیب تیماری محلول پاشی توأم روی و آهن نداشت. از لحاظ عملکرد دانه، وزن خشک ریشه و درصد و عملکرد اسانس دانه، کاربرد کودهای زیستی برتری بارزی نسبت به سایر تیمارها داشت. کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست و محلول پاشی توأم آهن و روی، عملکرد دانه را به ترتیب ۱۰/۵ و ۶/۹ درصد بهبود بخشیدند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج حاصل از این پژوهش، به منظور افزایش عملکرد دانه، اجزای عملکرد و اسانس در گیاه شوید کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست به عنوان مطلوب‌ترین تیمار تغذیه‌ای شناسایی شد.

واژه‌های کلیدی: اسانس، عملکرد، عناصر کم مصرف، فسفوزیست، نیتروزیست

مقدمه

گیاهان دارویی بخش مهمی از تنوع زیستی موجود در بسیاری از مناطق جهان را شامل می‌شوند. اختصاص ۲۵ تا ۵۰ درصد کلیه داروهای تجویز شده در دنیا به ترکیبات فعال بیولوژیکی حاصل از این گیاهان، حاکی از ارزش قابل توجه گیاهان دارویی در جوامع بشری می‌باشد (اولواریزار و همکاران ۲۰۱۵). شوید با نام علمی *Anethum graveolens L.* گیاهی یک ساله، علفی و معطر از خانواده چتریان (*Apiaceae*) است که به عنوان یک سبزی معطر و گیاه ادویه‌ای موارد مصرف متعددی از قبیل درمان ناراحتی‌های گوارشی (کائور و آرورا ۲۰۱۰)، خاصیت آنتی‌اکسیدان (بهرامی‌کیا و یزدان‌پرست ۲۰۰۹)، ضد اسپاسم (ناصری و حیدری ۲۰۰۷)، کاربرد در صنعت داروسازی، کاهش‌دهنده چربی خون، ضد نفخ، ضد التهاب، بیماری‌های کبدی و ... دارد (حسین‌زاده و همکاران ۲۰۰۲ و منصفی و همکاران ۲۰۰۶). مهم‌ترین ترکیبات اسانس این گیاه شامل د- کاروون، د- فلاندرن، لیمونن و کاروون می‌باشد (کوبزکا ۲۰۰۲).

تأمین عناصر غذایی در امر تولید گیاهان زراعی نقش کلیدی ایفا می‌کند. برای انجام متابولیسم طبیعی گیاهان، عناصر کم‌مصرف به اندازه عناصر پرمصرف اهمیت دارند. اگرچه عناصر غذایی کم‌مصرف در مقادیر بسیار کمی نسبت به عناصر پرمصرف مورد نیاز هستند، ولی نقش اساسی در تغذیه گیاه، واکنش‌های آنزیمی، فرآیندهای متابولیکی از جمله متابولیسم کربوهیدرات‌ها و نیتروژن و مقاومت گیاهان در برابر بیماری‌ها و شرایط نامساعد محیطی ایفا می‌کنند (سینگ و همکاران ۲۰۱۷). روی یک عنصر ضروری برای رشد گیاهان است که به-عنوان بخشی از ساختمان آنزیم‌ها، برای ساخت DNA، RNA، متابولیسم کربوهیدرات‌ها، لیپیدها و پروتئین‌ها، حذف رادیکال‌های آزاد، فتوسنتز، تقسیم سلولی و طول شدن سلول، حفظ ساختمان و عملکرد غشای سلولی نقش دارد (فانگ و همکاران ۲۰۰۸ و مای و همکاران ۲۰۱۱). آهن یکی دیگر از عناصر کم مصرف ضروری است که در فرآیندهای متابولیکی مختلفی مانند تثبیت نیتروژن، ساخت کلروفیل و تیلاکوئید، توسعه کلروپلاست، تولید

رنگدانه و به عنوان کاتالیزور در فعالیت‌های آنزیمی از جمله آنزیم‌های مسیر تنفس نوری و گلیکولات و آنزیم‌های تنظیم و کنترل تعرق گیاه شرکت دارد (حسن‌پور اقدم و همکاران ۲۰۲۰). یکی از روش‌های تأمین عناصر مورد نیاز گیاه، تغذیه برگی از طریق محلول‌پاشی است. از مزایای این روش می‌توان به سرعت و کارایی بالا در جذب عناصر، کاهش مصرف کودهای شیمیایی و پیامد‌های زیست محیطی ناشی از آن، جذب مستقیم توسط اندام و بافت‌های گیاهی اشاره کرد (گورونگ و همکاران ۲۰۱۶). زهتاب‌سلماسی و همکاران (۲۰۰۸) دریافتند که تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف آهن، روی و بور سبب افزایش معنی‌دار عملکرد تر و خشک گیاه دارویی نعناع فلفلی نسبت به تیمار شاهد گردید. عنوان شده است که محلول‌پاشی عناصر آهن و روی سبب بهبود عملکرد دانه و بیولوژیکی و تولید موسیلاژ اسفرزه شده‌است (رمرودی و همکاران ۲۰۱۱). گزارش شده‌است که محلول‌پاشی گیاه گشنیز با عناصر روی و آهن در مرحله‌های رشد رویشی و گلدهی سبب افزایش معنی‌دار وزن تر و خشک ساقه و عملکرد دانه گردید و کاربرد توأم آهن و روی نقش بیشتری در این افزایش داشت (سیدال‌اهل و عمر ۲۰۰۹). ال‌ساوی و محامد (۲۰۰۲) اظهار داشتند که کاربرد روی به‌صورت محلول‌پاشی سبب افزایش عملکرد دانه، درصد و عملکرد اسانس گیاه زیره‌سبز در مقایسه با شاهد شد. سیدال‌اهل و محمود (۲۰۱۰) عنوان نمودند که درصد و عملکرد اسانس ریحان در تیمار کاربرد توأم آهن و روی بیش‌تر از تیمار کاربرد مجزای عناصر و نیز شاهد بوده است.

استفاده از کودهای شیمیایی در درازمدت سبب کاهش حاصلخیزی خاک، سلامت محیط زیست و جانداران خاکزی، تخریب و تغییر کیفیت خاک، ورود آلودگی به زنجیره‌های غذایی، کاهش کیفیت محصولات کشاورزی، آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی، آلودگی جوی، کاهش تنوع زیستی و جلوگیری از عملکرد طبیعی اکوسیستم می‌گردد (ناگانادا و همکاران ۲۰۱۰). از این‌رو، برای کاهش مصرف کودهای شیمیایی و مدیریت صحیح و پایدار خاک بایستی مصرف منابع جایگزین مدنظر قرار

محلول‌پاشی این عناصر و نیز تیمارهای مختلف کود زیستی بر عملکرد و اجزای عملکرد دانه و تولید اسانس شوید مورد بررسی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸ در منطقه قراملک تبریز در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. ارتفاع منطقه از سطح دریا ۱۳۳۵ متر است و در ۴۴ درجه و ۱۶ دقیقه طول شرقی و ۳۸ درجه و ۹ دقیقه عرض شمالی واقع شده است. تیمارهای آزمایشی شامل محلول‌پاشی با روی با غلظت یک در هزار از منبع نمک سولفات روی ($ZnSO_4$)، محلول‌پاشی با آهن با غلظت یک در هزار از منبع نمک سولفات آهن ($FeSO_4$)، محلول‌پاشی توأم روی و آهن (مقدار هر کدام مشابه غلظت محلول-پاشی مجزای هر عنصر)، کاربرد کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست، هر کدام به مقدار پنج لیتر در هکتار به صورت کودآبیاری، کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست (مقدار هر کدام مشابه کاربرد مجزای کودهای زیستی) و شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) بودند. کودهای زیستی از شرکت کشت کار گستر نوژان خراسان شمالی و سولفات روی و آهن از موسسه مبتکران شیمی تهیه گردید. بر اساس آمار هواشناسی، این منطقه دارای زمستان‌های سرد و تابستان‌های گرم با میانگین بارندگی سالیانه ۲۵۴/۱۱ میلی‌متر است. مشخصات اقلیمی منطقه اجرای آزمایش در جدول ۱ و مشخصات فیزیکی-شیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری در جدول ۲ آورده شده است.

عملیات تهیه زمین شامل شخم بهار، دیسک و تسطیح بود. هر بلوک شامل ۷ کرت و هر کرت شامل ۸ ردیف کاشت ۲ متری بود. فاصله بین ردیف‌های کاشت ۲۵ سانتی‌متر بود. دانه‌های شوید روی هر ردیف با فاصله ۳ سانتی‌متر کشت شدند و پس از سبز شدن و استقرار کامل گیاهچه‌ها در مرحله دو تا چهار برگگی تنک و فاصله آن‌ها به ۶ سانتی‌متر افزایش داده شد (عندلیبی و همکاران ۲۰۱۱). بذرها در تاریخ ۲۰ اردیبهشت پس از ضدعفونی

گیرند که از آن جمله می‌توان به استفاده از کودهای زیستی اشاره کرد (شارما ۲۰۰۲). کود زیستی عبارت است از مواد نگه‌دارنده با جمعیت متراکم از یک یا چند نوع موجود مفید خاکزی و یا فرآورده‌های متابولیکی آن-ها هستند (جهان و همکاران ۲۰۱۳) که سبب کنترل بیماری‌های خاکزاد و افزایش حاصلخیزی خاک و تأمین نیازهای غذایی گیاه، افزایش محصول و کاهش آلودگی ناشی از مصرف کودهای شیمیایی می‌شوند (محفوظ و شرف‌الدین ۲۰۰۷). هم‌چنین کودهای زیستی در مقایسه با کودهای شیمیایی در چرخه‌ی عناصر غذایی، مواد سمی تولید نمی‌کنند، قابلیت تکثیر خود به خودی دارند و باعث اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شوند (سیدالاهل و همکاران ۲۰۱۵). آزاز و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که رشد رویشی، عملکرد و میزان اسانس گیاه رازیانه در تیمارهای مصرف کود زیستی افزایش یافت. کوچکی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی مانند نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس و باکتری حل‌کننده فسفات سدوموناس نقش مفید و موثری در بهبود رشد، عملکرد اندام هوایی، خصوصیات کیفی و اسانس گیاه دارویی زوفا دارد. عبدالهادی و همکاران (۲۰۰۹) در پژوهشی بر روی سه گونه نعنای گزارش کردند که کاربرد کودهای زیستی آزو سپرلیوم و ازتوباکتر، اثرات مثبتی بر رشد و عملکرد کیفی این گیاهان دارند. در تحقیقی دیگر عنوان شد که کاربرد کودهای زیستی حاوی ازتوباکتر و آزو سپرلیوم، مقدار اسانس را در گیاه رازیانه در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (محفوظ و شرف‌الدین ۲۰۰۷).

واکنش‌های گیاهان زراعی به محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف و کاربرد کودهای زیستی به‌وفور مورد مطالعه قرار گرفته است، اما بررسی‌های مشابه روی گیاهان دارویی و معطر محدود است. با توجه به این‌که تغییرات اسانس اندام هوایی و دانه شوید در واکنش به کاربرد عناصر روی و آهن و کاربرد کودهای زیستی ارزیابی نگردیده است، در این پژوهش سعی شد تا اثر

جدول ۱- مشخصات اقلیمی منطقه اجرای آزمایش در سال زراعی ۱۳۹۸

ماه	بارندگی (mm)	دما (°C)
اردیبهشت	۴۳/۲	۱۸/۹
خرداد	۴۱/۴	۱۹/۱
تیر	۲۳/۳	۲۹/۱
مرداد	۷/۲	۳۲/۴
شهریور	۳/۹	۳۰/۶
مهر	۸/۲	۲۷/۴

جدول ۲- مشخصات فیزیکی- شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق (cm)	pH گل اشباع	هدایت الکتریکی (dS/m)	کربن آلی (%)	کربنات کلسیم معادل (%)	نیترژن کل (%)	عناصر قابل جذب (میلی گرم در کیلوگرم)					اجزای معدنی خاک (%)	کلاس بافت خاک			
						Cu	Mn	Fe	Zn	K			P		
۳۰	۷/۶۶	۱/۰۳	۱/۲۲	۸/۳۳	۰/۰۴۷	۱۴	۴۹۹	۱/۰۲	۹/۴	۱۵/۴	۴/۶۸	رس	سیلت	شن	لوم شنی

و همکاران (۲۰۱۰). بذره‌های شوید از شرکت پاکان‌بذر اصفهان تهیه گردید.

در زمان رسیدگی به منظور تعیین عملکرد و اجزای عملکرد، نیم مترمربع از هر واحد آزمایشی برداشت گردید و از بین بوته‌های برداشت شده، تعداد ۱۰ بوته به صورت تصادفی انتخاب گردید و ارتفاع بوته، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک و عملکرد دانه در بوته‌های انتخابی اندازه‌گیری و میانگین داده‌های حاصل از آن‌ها به عنوان ارزش آن صفت در جدول تجزیه واریانس منظور گردید. برای تعیین وزن ریشه‌ها پس از خارج‌سازی ریشه‌ها از خاک، ریشه‌ها برای خشک شدن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت یا بیشتر (تا زمان تثبیت وزن خشک نهایی) قرار داده شدند و سپس وزن خشک ریشه با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شد. به منظور استخراج اسانس، در مرحله گل‌دهی کامل تعداد ۱۰ بوته از هر کرت آزمایشی به طور تصادفی و با در نظر گرفتن اثر حاشیه ای برداشت شد. سپس بوته‌های برداشت شده در سایه خشک شدند. نمونه‌ها پس از خشک شدن کامل، توسط آسیاب خرد گردیدند. برای استخراج اسانس دانه و اندام هوایی به ترتیب ۳۰ و ۵۰ گرم از دانه و سرشاخه گلدار آسیاب شد و اسانس‌گیری به روش تقطیر با بخار آب به وسیله دستگاه کلونجر صورت گرفت. بدین صورت که نمونه‌ها حدود ۲/۵ تا ۳

با قارچ‌کش بنومیل (با نسبت دو در هزار)، در شیاره‌هایی به عمق یک سانتی‌متر قرار گرفتند و برای خروج هر چه بهتر گیاهچه‌ها، روی بذره‌های کشت شده ماسه بادی ریخته شد. بعد از کاشت، همه واحدهای آزمایشی آبیاری گردیدند. پس از استقرار کامل گیاهچه‌ها، بوته‌ها تنک گردیدند و تراکم کاشت به ۶۶ بوته در متر مربع رسانده شد. پس از آن، آبیاری‌های بعدی هر ۱۰ روز یکبار صورت گرفت. مبارزه با علف‌های هرز به صورت دستی و به طور مداوم انجام گردید. محلول پاشی قبل از مرحله گلدهی و هنگام صبح قبل از طلوع آفتاب و در زمانی که وزش باد وجود نداشت، با سم‌پاش دستی انجام گرفت. بر اساس توصیه شرکت تولید کننده میزان مصرف کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست به مقدار ۵ لیتر در هکتار بود. بنابراین بر اساس اندازه کرت‌ها میزان لازم برای هر کرت محاسبه و پس از حل کردن در آب به صورت یکنواخت در کل کرت قبل از مرحله گلدهی پخش گردید. کود زیستی نیتروزیست حاوی باکتری‌های *Enterobacter cloacae* می‌باشد که تثبیت کننده ازت است و جمعیت باکتری در هر میلی‌لیتر آن 10^9 عدد می‌باشد (همکاران ۲۰۲۱). کود زیستی فسفوزیست حاوی باکتری‌های *Pseudomonas putida* می‌باشد. این باکتری‌ها با دو سازوکار ترشح اسیدهای آلی و اسید فسفاتاز، فسفر نامحلول خاک را به فرم قابل جذب درآورده و در اختیار گیاه قرار می‌دهد (عباس‌زاده

عملکرد اسانس از حاصلخیزب درصد اسانس و عملکرد دانه و اندام هوایی به دست آمد.

$$\text{وزن خشک ماده اولیه (گرم)} \times 100 = \frac{\text{وزن اسانس (گرم)}}{\text{درصد اسانس}}$$

می‌تواند به دلیل تحریک تولید هورمون‌های محرک رشد گیاه توسط این کودها باشد (ناگاناندا و همکاران ۲۰۱۰). رضائی چپانه و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که محلول‌پاشی عناصر روی، آهن و منگنز و کاربرد توأم آن‌ها سبب افزایش ارتفاع بوته گیاه دارویی گل همیشه بهار گردید. افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف روی را می‌توان به نقش مؤثر این عنصر در متابولیسم RNA و ریبوزوم در سلول‌های گیاهی نسبت داد که سبب تحریک تولید کربوهیدرات، پروتئین و ساخت DNA می‌شود و در نتیجه سبب افزایش رشد گیاه می‌گردد. همچنین، روی در تشکیل و ساخت پیش‌ماده تولید اکسین (تریپتوفان) که هورمون رشدی در گیاهان می‌باشد، شرکت دارد (فانگ و همکاران ۲۰۰۸). آهن نیز یک کوفاکتور مهم در بسیاری از آنزیم‌های بیوشیمیایی است و نیز در ساخت کلروفیل و نمو کلروپلاست شرکت دارد، بنابراین، در رشد و نمو گیاه نقش اساسی دارد (میلر و همکاران ۱۹۹۵).

چتر در بوته، چترک در چتر و دانه در چترک

نتایج نشان داد که تغذیه گیاه شوید با منابع مختلف کودی سبب افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر و تعداد دانه در چترک گردید. تیمار تلفیقی کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست داری بالاترین تعداد چتر در بوته (۲۰/۰۳ عدد) بود که با تیمارهای کاربرد کود زیستی فسفوزیست (۱۹/۹ عدد) و محلول‌پاشی توأم روی و آهن (۱۸/۷ عدد) اختلاف معنی‌داری را نشان نداد (جدول ۴). کاربرد توأم دو کود زیستی فسفوزیست و نیتروزیست تعداد چتر در بوته را نسبت به شاهد ۱۸/۸ درصد و محلول‌پاشی همزمان آهن و روی نیز این شاخص را ۱۱/۳ درصد بهبود بخشیدند (جدول ۴).

ساعت مورد اسانس‌گیری قرار گرفتند و پس از توزین اسانس استخراج شده، درصد وزنی اسانس از طریق رابطه ۱ محاسبه گردید (جایمند و رضایی، ۲۰۰۱).

[رابطه ۱]

برای تجزیه‌های آماری از نرم‌افزارهای MSTAT-C و SPSS Ver. 21 استفاده گردید و میانگین داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مقایسه گردیدند.

نتایج و بحث

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای کودی بر تمام صفات مورد مطالعه معنی‌دار بود (جدول ۳).

ارتفاع بوته

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها مشخص گردید که بیش‌ترین ارتفاع بوته (۱۰۴/۷ سانتی‌متر) از تیمار کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست به دست آمد که از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای محلول‌پاشی توأم روی و آهن (۱۰۱/۰۳ سانتی‌متر) و کود زیستی نیتروزیست (۱۰۰/۵ سانتی‌متر) نشان نداد (جدول ۴). کم‌ترین ارتفاع بوته نیز متعلق به تیمارهای شاهد (۹۴/۸ سانتی‌متر)، محلول‌پاشی آهن (۹۶/۵ سانتی‌متر)، روی (۹۷/۸ سانتی‌متر) و کود زیستی فسفوزیست (۹۷/۷ سانتی‌متر) بود (جدول ۴). نتایج نشان داد که کاربرد همزمان کود زیستی نیتروزیست و فسفوزیست و محلول‌پاشی توأم آهن و روی ارتفاع بوته را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۱۰/۴۴ و ۶/۵۷ درصد افزایش دادند (جدول ۴). کاربرد کودهای زیستی سبب تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه می‌شوند و در نتیجه موجب تقسیم و بزرگ شدن سلول‌های گیاهی شده و از این طریق سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شوند (استریچلند و همکاران ۲۰۱۵). یکی دیگر از دلایل اصلی افزایش ارتفاع بوته بر اثر کاربرد کودهای زیستی

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کودی بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای اسانس گیاه شوید

میانگین مربعات											
منابع تغییر	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	وزن خشک ریشه	عملکرد دانه	درصد اسانس اندام هوایی	درصد اسانس دانه	عملکرد اسانس اندام هوایی	عملکرد اسانس دانه
تکرار	۲	۱۰/۳۳	۱/۵۷	۰/۲۵۸	۰/۰۰۴	۰/۰۰۰۳	۱/۱۴۳	۰/۰۰۸	۰/۰۱۹	۰/۰۹۵	۰/۰۴۴
کود	۶	*	* ۳/۶۹	*	**	* ۰/۰۲۴	۵۸/۰۹	*	*	**	**
خطا	۱۲	۱۰/۲۷	۰/۷۸۹	۰/۲۲۸	۰/۰۸۶	۰/۰۰۶	۲/۶۲۷	۰/۰۰۳	۰/۰۲۲	۰/۲۱۷	۰/۰۴۲
ضریب تغییرات (%)	-	۳/۲۳	۴/۷۸	۳/۸۸	۲/۳۲	۳/۹۷	۱/۲۱	۳/۷۶	۴/۱۴	۶/۹۷	۴/۲۶

* و **: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد میباشد.

مواد غذایی بر رشد شوید مؤثر بودند و موجب افزایش تعداد چتر و چترک شدند که این نتیجه با یافته‌های حاصل از تحقیقات یگانه پور و همکاران (۲۰۱۷) مطابقت دارد. همچنین نتایج بررسی‌های محفوظ و شریف‌الدین (۲۰۰۷) نیز بیانگر اثر مثبت کاربرد کودهای زیستی در افزایش تعداد چترک در چتر رازیانه می‌باشد. تأثیر مثبت کاربرد کود زیستی در افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، تعداد دانه در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه گشیز به اثبات رسیده است (درزی و همکاران ۲۰۱۲). محمدزاده توتونچی و امیرنیا (۲۰۱۶) بیان داشتند که محلول پاشی توأم عناصر آهن، روی و منگنز موجب بهبود تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف و تعداد شاخه‌های جانبی گیاه دارویی شنبلیله گردید. همچنین گزارش گردیده است که محلول پاشی ریزمغذی‌های آهن و روی سبب افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد کپسول در بوته و وزن هزار دانه گیاه اروبی زیره سیاه شد (هنداوی و همکاران ۲۰۱۲). فانگ و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که کمبود روی موجب کاهش رشد و گلدهی گیاه می‌شود و تأثیر منفی را در اندام‌های زایشی گیاه خواهد داشت. ارتقای اجزای عملکرد گیاه از جمله چترک در هر چتر در نتیجه کاربرد عناصر کم‌مصرف مانند روی ممکن است به دلیل افزایش شدت فتوسنتز و فعالیت‌هایی باشد که منجر به افزایش تقسیم سلول‌ها و طول شدن آن‌ها می‌شود (سینگ و همکاران ۲۰۱۷). در این مورد مای و همکاران (۲۰۱۱) عنوان نمودند که عنصر روی به دلیل افزایش ذخیره

تعداد چترک در چتر بر اثر کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست (۱۳/۰۶ عدد) نسبت به شاهد ۱۳/۹ درصد افزایش یافت، ولی این تیمار کودی تفاوت معنی داری از نظر آماری با تیمارهای کود زیستی فسفوزیست و نیتروزیست، محلول پاشی توأم عناصر روی و آهن و محلول پاشی روی نداشت (جدول ۴). بر اساس مقایسه میانگین‌ها محلول پاشی توأم عناصر آهن و روی تعداد چترک در چتر را ۸/۷ درصد، محلول پاشی روی ۶/۴ درصد، محلول پاشی آهن ۵/۵ درصد، کود زیستی فسفوزیست ۹/۵ درصد و کود زیستی نیتروزیست ۶/۱ درصد در مقایسه با شاهد افزایش دادند (جدول ۴).

بیشترین تعداد دانه در چترک در تیمار مصرف توأم کودهای نیتروزیست و فسفوزیست (۱۳/۱۹ عدد) و نیز کاربرد مجزای کود فسفوزیست (۱۳/۱۲ عدد) مشاهده گردید که از لحاظ آماری اختلاف معنی داری با تیمارهای محلول پاشی توأم روی و آهن (۱۲/۶۸ عدد) و کود زیستی نیتروزیست (۱۲/۶۸ عدد) نداشت (جدول ۴). نتایج این پژوهش مشخص کرد که کاربرد تیمارهای کودی آهن، روی، کاربرد توأم آهن و روی، فسفوزیست، نیتروزیست و مصرف تلفیقی فسفوزیست و نیتروزیست تعداد دانه در چترک را نسبت به شاهد به ترتیب ۵/۷، ۵/۳، ۷/۹، ۱۱/۶، ۱۲/۲ و ۷/۹ درصد افزایش دادند (جدول ۴). در این پژوهش، کودهای نیتروزیست و فسفوزیست با تأمین نیتروژن و فسفر و قابل دسترس کردن سایر

آهن و روی نسبت داد. در این راستا، پیرزاد و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که محلول پاشی آهن و روی از سقط بیش از حد دانه‌ها در گیاه دارویی آنیسون جلوگیری کرد و سبب افزایش تعداد دانه گردید.

کربوهیدرات‌های دانه گرده موجب افزایش طول عمر دانه گرده شده و در نتیجه به افزایش گرده‌افشانی و تشکیل تعداد دانه بیش‌تری در گیاه می‌انجامد. از طرفی، دلیل بالا بودن تعداد دانه در چترک را می‌توان به عدم وجود محدودیت منبع در شرایط مصرف کودهای ریز مغذی

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر صفات مورفولوژیک گیاه شویید

تیمار کودی	ارتفاع بوته (cm)	تعداد چتر در بوته	تعداد چترک در چتر	تعداد دانه در چترک	وزن خشک ریشه (g)
شاهد	۹۴/۸ b	۱۶/۸ d	۱۱/۴۶ c	۱۱/۷۵ c	۱/۸۵ b
آهن	۹۶/۵ b	۱۸/۳ bcd	۱۲/۱ bc	۱۲/۳۸ b	۱/۸۹ b
روی	۹۷/۸ b	۱۸/۲ cd	۱۲/۲ abc	۱۲/۴۲ b	۱/۹۱ b
آهن + روی	۱۰۱/۰۳ ab	۱۸/۷ abc	۱۲/۴۶ ab	۱۲/۶۸ ab	۱/۹۳ b
فسفوزیست	۹۷/۷ b	۱۹/۹ ab	۱۲/۵۶ ab	۱۳/۱۲ a	۱/۹۲ b
نیتروزیست	۱۰۰/۵ ab	۱۸/۰۶ cd	۱۲/۱۶ abc	۱۲/۶۸ ab	۲/۰۴ a
فسفوزیست + نیتروزیست	۱۰۴/۷ a	۲۰/۰۳ a	۱۳/۰۶ a	۱۳/۱۹ a	۲/۱۰۶ a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

وزن خشک ریشه

ترشح اسیدهای آمینه مختلف و انواع آنتی‌بیوتیک موجب رشد و توسعه ریشه و اندام هوایی می‌شوند (پاتل و همکاران ۲۰۱۶). موحدی و معینی (۲۰۱۹) در مطالعه‌ای نشان دادند که محلول پاشی کلات آهن سبب افزایش وزن خشک ریشه گیاه دارویی کاسنی گردید. یادگاری و علاییان (۲۰۱۲) نیز افزایش وزن خشک ریشه گیاه دارویی همیشه بهار را در حالت محلول پاشی توأم آهن و روی گزارش کردند.

درصد و عملکرد اسانس اندام هوایی

بیشترین درصد اسانس اندام هوایی از تیمارهای کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست (۱/۵۳ درصد) و کود زیستی نیتروزیست (۱/۵۲ درصد) به دست آمد که نسبت به شاهد (۱/۳۶ درصد) که دارای پایین‌ترین میزان اسانس اندام هوایی بود، درصد اسانس اندام هوایی را ۱۲/۵ و ۱۱/۷ درصد افزایش دادند. با وجود این، تیمارهای ذکر شده از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای محلول پاشی توأم روی و آهن (۱/۴۵ درصد) و محلول پاشی روی (۱/۴۴ درصد) نشان ندادند (جدول ۵). با توجه به نتایج مشخص گردید که محلول پاشی توأم روی و آهن محتوای اسانس اندام

بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها (جدول ۴)، وزن خشک ریشه شویید به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تیمارهای کود زیستی و محلول پاشی قرار گرفت. بیش‌ترین وزن خشک ریشه در حالت آبیاری با ترکیبی از کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست (۲/۱۰۶ گرم در بوته) و کود زیستی نیتروزیست (۲/۰۴ گرم در بوته) حاصل شد که نسبت به شاهد (۱/۸۵ گرم در بوته) به ترتیب ۱۳/۸ و ۱۰/۲ درصد افزایش نشان دادند (جدول ۴). هم‌چنین محلول پاشی آهن میزان این شاخص را در مقایسه با شاهد ۲/۱ درصد، محلول پاشی روی ۳/۲ درصد، محلول پاشی توأم آهن و روی ۴/۳ درصد و کاربرد کود فسفوزیست ۳/۷ درصد بهبود بخشیدند (جدول ۴). مشابه با یافته‌های این تحقیق، نتایج تحقیق کندیل و همکاران (۲۰۰۲) نیز حاکی از افزایش وزن تر و خشک ریشه گیاه ریحان در تیمار کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریلوم بود. گزارش شده است که باکتری‌های موجود در کودهای زیستی با متعادل کردن جذب عناصر اصلی پرمصرف و ریزمغذی مورد نیاز گیاه، سنتز و ترشح مواد محرک رشد گیاه و هم‌چنین

توأم روی و آهن موجب بهبود عملکرد اسانس گیاه ریحان نسبت به تیمار شاهد گردید. عنوان شده است که محلول‌پاشی گیاه علف‌لیمو با آهن و روی موجب افزایش معنی‌دار درصد و عملکرد اسانس شد (عزیز و همکاران ۲۰۱۰). افزایش درصد اسانس گیاه دارویی نعناع فلفلی تحت تأثیر محلول‌پاشی روی در مطالعه اختر و همکاران (۲۰۰۹) به اثبات رسیده است.

درصد و عملکرد اسانس دانه

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که کاربرد تیمارهای کود زیستی و محلول‌پاشی عناصر روی و آهن سبب افزایش میزان اسانس دانه و عملکرد اسانس دانه گردیدند (جدول ۵). به طوری که بیش‌ترین درصد و عملکرد اسانس دانه بر اثر کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست (به ترتیب ۳/۸۳ درصد و ۵/۴۰۷ گرم در مترمربع) و کود زیستی نیتروزیست (به ترتیب ۳/۷۸ درصد و ۵/۰۹ گرم در مترمربع) حاصل شد (جدول ۵). محلول‌پاشی عنصر آهن درصد اسانس دانه و عملکرد اسانس دانه را در مقایسه با شاهد (به ترتیب ۲ و ۵/۵ درصد)، محلول‌پاشی روی (به ترتیب ۲/۳ و ۶/۸ درصد)، محلول‌پاشی تلفیقی روی و آهن (به ترتیب ۲/۹ و ۱۰/۲ درصد)، کود زیستی فسفوزیست (به ترتیب ۲/۷ و ۱۱ درصد)، کود زیستی نیتروزیست (به ترتیب ۱۰/۸ و ۱۷ درصد) و کاربرد توأم فسفوزیست و نیتروزیست (به ترتیب ۱۲/۳ و ۲۴/۲ درصد) افزایش دادند (جدول ۵). در بررسی‌های انجام شده به اثر مثبت کودهای زیستی بر درصد اسانس تولیدی گیاه دارویی رزماری اشاره شده است (لیتی و همکاران ۲۰۰۶). در گیاه دارویی زوفا نیز استفاده از ترکیب نیتروکسین، میکوریزا و سودوموناس فلورسنت به افزایش معنی‌دار درصد اسانس منجر شد (کوچکی و همکاران ۲۰۰۸). با توجه به افزایش عملکرد اسانس دانه در اثر کاربرد کود زیستی نیتروژنی می‌توان عنوان نمود که چون نیتروژن در توسعه و تقسیم سلول‌های جدید حاوی اسانس نقش دارد (امیدبیگی و همکاران ۲۰۰۳) و همچنین اسانس‌ها ترکیبات ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپرنوئیدها) نیازمند ATP و NADPH هستند و با

هوایی گیاه شوید را در مقایسه با شاهد ۶/۶ درصد و محلول‌پاشی مجزای عنصر روی و کاربرد مجزای کود فسفوزیست این شاخص را ۵/۸ درصد بهبود بخشیدند (جدول ۵).

بر اساس نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها حداکثر عملکرد اسانس اندام هوایی در تیمارهای کاربرد توأم کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست (۷/۷۳ گرم در مترمربع)، کود زیستی نیتروزیست (۷/۱۹ گرم در مترمربع) و محلول‌پاشی همزمان عناصر روی و آهن (۶/۸۸ گرم در مترمربع) به دست آمد. حداقل عملکرد اسانس اندام هوایی نیز در تیمار شاهد (۵/۷۸ گرم در مترمربع) مشاهده شد (جدول ۵). بر این اساس کاربرد تیمارهای کودی آهن، روی، مصرف توأم آهن و روی، فسفوزیست، نیتروزیست و کاربرد تلفیقی این دو کود عملکرد اسانس اندام هوایی را در مقایسه با شاهد به ترتیب ۷، ۱۳/۴، ۱۹، ۱۱، ۲۴/۳ و ۳۳/۷ درصد ارتقا دادند (جدول ۵).

در سایر تحقیقات نیز نتایج مشابه با این تحقیق گزارش شده است. برای مثال، کاربرد کودهای زیستی دارای باکتری‌های آزوسپیریوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات بر گیاه ریحان نشان داد که بالاترین درصد اسانس و عملکرد رویشی در تیمار تلفیقی آزوسپیریوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات حاصل شده است (عجیم الدین و همکاران ۲۰۰۵). همچنین گزارش گردیده است که استفاده از کودهای زیستی سبب بهبود درصد اسانس ریحان گردید (کلیمانکوا و همکاران ۲۰۰۸). مکی‌زاده تفتی و همکاران (۲۰۱۲) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی نیتروژنه و فسفره سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس اندام هوایی گیاه دارویی مرزه گردید. فلاحی و همکاران (۲۰۰۹) در مطالعه گیاه دارویی بابونه آلمانی نشان دادند که بیش‌ترین عملکرد اسانس در تیمارهای باکتری حل‌کننده فسفات به دست آمد. زهتاب سلماسی و همکاران (۲۰۰۸) گزارش دادند که تیمار محلول‌پاشی با عناصر کم‌مصرف آهن، روی و بُر سبب افزایش معنی‌دار درصد اسانس بوته و برگ گیاه دارویی نعناع فلفلی نسبت به شاهد (عدم محلول‌پاشی) شده است. نتایج آزمایش سیدال‌اهل و محمود (۲۰۱۰) نشان داد که محلول‌پاشی

توجه به این که حضور عناصری مانند نیتروژن برای تشکیل ترکیبات اخیر ضروری می‌باشد (رحیم‌زاده و همکاران ۲۰۱۶)، بنابراین مصرف کود زیستی نیتروژنی موجب افزایش اسانس گیاه می‌شود. گزارش شده است که کود فسفات زیستی سبب بهبود درصد و عملکرد اسانس دانه گیاه رازیانه گردید (درزی و همکاران ۲۰۰۸). درصد اسانس و عملکرد دانه دو عامل مهم و تعیین کننده در عملکرد اسانس دانه می‌باشند. بنابراین، در این تحقیق به دلیل بهبود عملکرد دانه تحت تغذیه گیاه با روی و آهن، عملکرد اسانس دانه شویید نیز افزایش یافت. زهتاب سلماسی و همکاران (۲۰۰۸) و عبدالوهاب و محمد (۲۰۰۸) نیز گزارش نمودند که مصرف عناصر ریزمغذی نظیر آهن و روی سبب افزایش ترکیبات آروماتیکی و اسانس در گیاهان دارویی می‌شود.

عملکرد دانه

نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف روی و آهن و نیز مصرف کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست باعث بهبود عملکرد دانه گیاه شویید نسبت به شاهد شدند. بیش‌ترین عملکرد دانه در واحد سطح (۱۴۱/۱ گرم در مترمربع) مربوط به تیمار کاربرد تلفیقی کودهای زیستی نیتروزیست و فسفوزیست و کم‌ترین میزان عملکرد نیز متعلق به تیمار شاهد با میانگین عملکرد ۱۲۷/۶ گرم در مترمربع بود (جدول ۵). با توجه به نتایج به دست آمده مصرف عنصر آهن میزان عملکرد دانه را نسبت به شاهد ۳/۱ درصد، مصرف عنصر روی ۴/۳ درصد، محلول‌پاشی توأم این دو عنصر ۶/۹ درصد، کاربرد کود زیستی فسفوزیست ۸ درصد، کاربرد کود زیستی نیتروزیست ۵/۴ درصد و مصرف همزمان این دو کود ۱۰/۵ درصد بهبود دادند (جدول ۵). نتایج این پژوهش مشخص کرد که افزایش تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در هر چتر و نیز تعداد دانه در چترک بر اثر کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی عناصر آهن و روی، در مجموع عملکرد دانه شویید را به شکل مثبت تحت تأثیر قرار دادند. کامیستانی و همکاران (۲۰۱۵) اظهار داشتند که کاربرد کودهای زیستی سبب افزایش عملکرد دانه گیاه انیسون گردید. ده-شیخ و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که استفاده از

باکتری‌های حل‌کننده فسفات موجب افزایش حلالیت فسفر غیرمحلول و افزایش معنی‌دار عملکرد شد. این محققان همچنین عنوان نمودند که فراهمی فسفر بر اثر کاربرد کودهای زیستی فسفوری سبب استحکام بافت‌های گیاهی و برگ‌ها شده و در نتیجه ریزش برگ‌ها به تعویق می‌افتد و موجب بقای بیشتر برگ‌ها و حفظ شادابی آن‌ها در این مرحله از رشد که مصادف با دوره پرشدن دانه‌ها نیز می‌باشد، می‌گردد و همچنین سبب تداوم فتوسنتز شده که نقش بسزایی را در افزایش عملکرد دانه دارد. مشخص شده است که برخی عناصر معدنی از جمله روی در تشکیل و تسهیم فرآورده‌های فتوسنتزی نقش مهمی دارند. به طوری که هر نوع کمبود روی، آغازش و نمو گل‌ها، قابلیت زنده‌مانی دانه‌ها، تولید ماده خشک و تسهیم آن را بین اندام‌های گیاهی و نیز عملکرد دانه را دچار اختلال شدیدی می‌کند (سینگ و همکاران ۲۰۱۷). عنوان شده است که محلول‌پاشی سولفات آهن و روی، عملکرد دانه گیاه اسفرزه را نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش داد (زهتاب سلماسی و همکاران ۲۰۱۲).

نتیجه‌گیری کلی

این مطالعه اثر کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست و محلول‌پاشی عناصر روی و آهن را بر عملکرد، اجزای عملکرد و محتوای اسانس گیاه شویید مورد بررسی قرار داد. نتایج نشان داد که کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی عناصر باعث بهبود صفات عملکرد، وزن خشک ریشه، تعداد چتر در بوته، تعداد چترک در چتر، تعداد دانه در چترک، درصد و عملکرد اسانس دانه و اندام هوایی در مقایسه با شاهد گردیدند. همچنین کاربرد تلفیقی کودهای زیستی فسفوزیست و نیتروزیست بیش‌ترین تأثیر مثبت را بر صفات مورد مطالعه نشان داد. با توجه به نتایج مشاهده شده چنین استنباط می‌شود که کاربرد کودهای زیستی و محلول‌پاشی عناصر کم‌مصرف آهن و روی را می‌توان در جهت حصول عملکرد و اسانس مطلوب در گیاه شویید تحت شرایط مشابه توصیه کرد.

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر تیمارهای کودی بر عملکرد و محتوای اسانس دانه و اندام هوایی گیاه شوید

تیمار کودی	عملکرد دانه (g.m ⁻²)	درصد اسانس اندام هوایی	درصد اسانس دانه	عملکرد اسانس اندام هوایی (g.m ⁻²)	عملکرد اسانس دانه (g.m ⁻²)
شاهد	۱۲۷/۶ e	۱/۳۶ b	۲/۴۱ b	۵/۷۸ d	۴/۳۵ d
آهن	۱۳۱/۶ d	۱/۴۱ b	۲/۴۸ b	۶/۱۹ cd	۴/۵۹ cd
روی	۱۳۳/۱ d	۱/۴۴ ab	۳/۴۹ b	۶/۵۶ bcd	۴/۶۵ cd
آهن + روی	۱۳۶/۵ bc	۱/۴۵ ab	۲/۵۱ b	۶/۸۸ abc	۴/۸ bc
فسفوزیست	۱۳۷/۹ b	۱/۴۴ ab	۳/۵۰۳ b	۶/۴۲ bcd	۴/۸۳۱ bc
نیتروزیست	۱۳۴/۶ cd	۱/۵۲ a	۲/۷۸ a	۷/۱۹ ab	۵/۰۹ ab
فسفوزیست + نیتروزیست	۱۴۱/۱ a	۱/۵۳ a	۳/۸۳ a	۷/۷۳ a	۵/۴۰۷ a

میانگین‌های با حروف متفاوت در هر ستون بیانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بر اساس آزمون دانکن می‌باشند.

سپاسگزاری

دارویی و فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز جهت فراهم نمودن امکانات لازم برای اجرای این پژوهش تشکر و قدردانی می‌نمایند.

نویسندگان مقاله بدین وسیله از حمایت‌ها و مساعدت‌های دانشکده کشاورزی، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی و کارشناسان آزمایشگاه‌های اکولوژی گیاهان

منابع مورد استفاده

- Abbas-Zadeh P, Saleh-Rastin N, Asadi-Rahmani H, Khavazi K, Soltani A, Shoary-Nejati AR and Miransari M. 2010. Plant growth-promoting activities of *fluorescent pseudomonads*, isolated from the Iranian soils. *Acta Physiologiae Plantarum*, 32: 281-288.
- Abd El-Hadi NIM, Abo El-Ala HK and Abd El-Azim WM. 2009. Response of some mentha species to plant growth promoting bacteria (PGPB) isolated from soil rhizosphere. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(4): 4437-4448.
- Ajimoddin I, Vasundhara M, Radhakrishna D, Biradar SL and Rao GGE. 2005. Integrated nutrient management studies in sweet basil (*Ocimum basilicum* L.). *Indian Perfume*, 49(1): 95-101.
- Akhtar N, Abdul Matin Sarker M, Akhter H and Katrun Nada M. 2009. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. *Journal of the Indian Society of Soil Science*, 44(1):125-130.
- Andalibi B, Zehtab Salmasi S, Ghassemi Gholezani K and Saba J. 2011. Changes in essential oil yield and composition at different parts of Dill (*Anethum graveolens* L.) under limited irrigation conditions. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 21(2): 11-24. (In Persian).
- Aziz EE, Ezz El-Din AA and Omer EA. 2010. Influence of zinc and iron on plant growth and chemical constituents of *Cymbopogon citrates* L. growth in newly reclaimed land. *International Journal of Academic Research*, 2(4): 278-283.
- Azzaz NA, Hassan EA and Hamad EH. 2009. The chemical constituent and vegetative and yielding characteristics of fennel plants treated with organic and bio-fertilizer instead of mineral fertilizer. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 3(2): 579-587.
- Bahramikia S and Yazdanparast R. 2009. Efficacy of different fractions of *Anethum graveolens* leaves on serum lipoproteins and serum and liver oxidative status in experimentally induced hypercholesterolaemic rat models. *American Journal of Chinese Medicine*, 37(4): 685-699.

- Darzi M, Hadj Seyed Hadi M and Rejali F. 2012. Effects of cattle manure and plant growth promoter bacteria application on some morphological traits and yield in Coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 28(3): 434-446. (In Persian).
- Darzi MT, Ghalavand A and Rejali F. 2008. Effect of mycorrhiza, vermicompost and phosphate biofertilizer application on flowering, biological yield and root colonization in fennel (*foeniculum vulgare mill.*). Iranian Journal of Crop Sciences, 10(1): 88-109. (In Persian).
- Dehestani-Ardakani M, Khosravi N, Shirmardi M, Gholamnezhad J and Naserinasab F. 2021. The effect of biofertilizers and biochar on morphological and physiological properties of Narcissus cv. 'Shahla' (Narcissus tazetta L. cv. 'Shahla'). Journal of Soil and Plant Interactions, 12(1): 79-93. (In Persian)
- Dehsheikh A, Mahmoodi Sourestani M, Zolfaghari M and Enayatizamir N. 2020. Changes in soil microbial activity, essential oil quantity, and quality of Thai basil as response to biofertilizers and humic acid. Journal of Cleaner Production, 256: 120439.
- El-Sawi SA and Mohamed MA. 2002. Cumin herb as a new source of essential oils and its response to foliar spray with some micro-elements. Food Chemistry, 77(1): 75-80.
- El-Wahab A and Mohamad A. 2008. Effect of some trace elements on growth, yield and chemical constituents of *Trachyspermum ammi* L.(AJOWAN) plants under Sinai conditions. Research Journal of Agriculture and Biological Sciences, 4(6): 717-724.
- Falahi J, Kouchaki A and Rezvani Moghadam P. 2009. Effects of biofertilizers on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla*) as a medicinal plant. Iranian Journal of Field Crops Research, 7(1): 127-135. (In Persian).
- Fang Y, Wang L, Xin Z, Zhao L, An X and Hu Q. 2008. Effect of foliar application of zinc, selenium, and iron fertilizers on nutrients concentration and yield of rice grain in China. Journal of Agriculture and Food Chemistry, 56(6): 2079-2084.
- Gurung S, Mahato SK, Suresh CP and Chettri B. 2016. Impact of foliar application of growth regulators and micronutrients on the performance of *Darjeeling mandarin*. American Journal of Experimental Agriculture, 12(4): 1-7.
- Hassanpouraghdam MB, Mehrabani LV and Tzortzakakis N. 2020. Foliar application of nano-zinc and iron affects physiological attributes of *Rosmarinus officinalis* and quietens NaCl salinity depression. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 20(2), 335-345.
- Hendawy S, El-Sherbeny S, Hossein M, Khalid Kh and Ghazal G. 2012. Response of two species of black cumin to foliar spray treatment. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 6(10): 636-642.
- Hosseinzadeh H, Karimi GR and Amieri M. 2002. Effects of *Anethum graveolens* Seed extracts on experimental gastric irritation models on mice. Journal of MBC Pharmacology, 2(1): 1-5.
- Jahan M, Nassiri-Mahallati M, Amiri MB and Ehyayi HR. 2013. Radiation absorption and use efficiency of sesame as affected by biofertilizers inoculation in a low input cropping system. Industrial Crops and Products, 43: 606-611.
- Jaimand K and Rezaie M. 2001. Essential oil and essential oil device. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 9(1): 1-161. (In Persian).
- Kamayestani N, Rezvani Moghaddam P, Jahan M and Rejali F. 2015. Effects of single and combined application of organic and biological fertilizers on quantitative and qualitative yield of anisum (*Pimpinella anisum*). Iranian Journal of Field Crops Research, 13(1): 62-70. (In Persian).
- Kandeel AM, Naglaa SAT and Sadek AA. 2002. Effect of biofertilizers on the growth, volatile oil yield and chemical composition of *Ocimum basilicum* L. plant. Annals of Agricultural Science, 1: 351-371.
- Kaur GJ and Arora DS. 2010. Bioactive potential of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi* belonging to the family Umbelliferae-Current status. Journal of Medicinal Plants Research, 4(2): 87-94.

- Klimankova E, Holadova K, Hajslova J, Ajka TC, Poustka J and Koudela M. 2008. Aroma profiles of five basil (*Ocimum basilicum* L.) cultivars grown under conventional and organic conditions. *Food Chemistry*, 107(1): 464-472.
- Koocheki A, Tabrizi L and Ghorbani R. 2008. Effect of biofertilizers on agronomic and quality criteria of Hyssop (*Hyssopus officinalis*). *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1): 127-138. (In Persian)
- Kubeczka KH. 2002. Essential oils analysis by capillary gas chromatography and carbon-13 NMR spectroscopy. John Wiley and Sons publication, Chichester, 480 p.
- Leithy S, El-meseiry TA and Abdallah EF. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Research*, 2: 773-779.
- Mahfouz SA and Sharaf-Eldin MA. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). *International Agrophysics*, 21(4):361-366.
- Mai W, Tian X, Gale W and Lu X. 2011. Tolerance to Zn deficiency and P-Zn interaction in wheat seedling cultured in chelator-buffered solutions. *Journal of Arid Land*, 3(3): 206-213.
- Makkizadeh Tafti M, Naghdibadi H, Chaichi M, Soltani Miri G and Sadat Asilan K. 2012. Effect of biologic fertilizers on growth, yield and essential oil of satureja rechingeri jamzad. *Plant and Ecosystem*. 31(2): 27-37. (In Persian).
- Miller GW, Huang IJ, Welkie GW and Pushmik JC. 1995. Function of iron in plants with special emphasis on chloroplasts and photosynthetic activity In: J. Abadia (ed.). *Iron nutrition in soils and Plants*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, pp.19-28.
- Mohammadzadeh Toutouchi P and Amirinia R. 2016. Effect of foliar application of iron, zinc and manganese on yield and yield components of fenugreek. *Journal of Crops Improvement*, 18(1): 69-78. (In Persian).
- Monsefi M, Ghaseemi M and Bahaoddini A. 2006. The effects of *Anethum graveolens* L. on female reproductive system of rats. *DARU Journal of Pharmaceutical Sciences*, 14(3): 131-135.
- Movahedi Z and Moieni A. 2019. Effects of iron chelate and nano chelate on some physiological and morphological characteristics of chicory (*Cichorium intybus* L.) in aeroponic system. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35(3): 501-511. (In Persian).
- Nagananda GS, Das A, Bhattacharya S and Kalpana T. 2010. In vitro studies on the effects of bio-fertilizers (*Azotobacter* and *Rhizobium*) on seed germination and development of *Trigonella foenum-graecum* L. using a novel glass marble containing liquid medium. *International Journal of Botany*, 6(4): 394-403.
- Naseri MKG and Heidari A. 2007. Antispasmodic effect of *Anethum graveolens* fruit extract on rat ileum. *International Journal of Pharmacology*, 3(3): 260-264.
- Omidbaigi R, Hassani A and Sefidkon F. 2003. Essential oil content and composition of sweet basil (*Ocimum basilicum*) at different irrigation regimes. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 6(2): 104-108.
- Patel HD, Krishnamurthy R and Azeez MA. 2016. Effect of biofertilizer on growth, yield and bioactive component of *Plumbago zeylanica* (Lead Wort). *Journal of Agricultural Science*; 8(5): 142-155.
- Pirzad AR, Tousi P and Darvishzadeh R. 2013. Effect of Fe and Zn foliar application on plant characteristics and essential oil content of anise (*Pimpinella anisum* L.). *Iranian Journal of Crop Sciences*, 15(1): 12 -23. (In Persian)
- Rahimzadeh R, Sohrabi Y, Heidari GR, Pirzad AR and Ghassemi Golezani K. 2016. Effect of bio-fertilizers on the essential oil yield and components isolated from *Dracocephalum moldavica* L. using nanoscale injection method. *Journal of Essential Oil Bearing Plants*, 19(3): 529-541
- Ramroudi M, Kikhajaleh M, Galavi M, Segatoleslami MG and Baradaran R. 2011. The effect of foliar application of micronutrients and irrigation regimes on yield, quality and quantity traits of *Plantago psyllium* L. *Agroecology Journal*, 2(3): 219-226.

- Rezaei Chiyaneh E, Zehtab Salmasi S, Pirzad A and Rahimi A. 2015. Effect of foliar application of iron, zinc and manganese micronutrients on yield and yield components and seed oil of pot marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Horticultural Science, 29(1): 95-102. (In Persian).
- Said-Al Ahl H and Mahmoud AA. 2010. Effect of zinc and/ or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. Ozean Journal of Applied Sciences, 3(1): 97-111.
- Said-Al Ahl H and Omer EA. 2009. Effect of spraying with zinc and / or iron on growth and chemical composition of coriander (*Coriandrum sativum* L.) harvested at three stages of development. Journal of Medicinal Food Plants, 1(2): 30-46.
- Said-Al Ahl H, Sarhan A, Dahab M, Abou-Zeid EN, Ali MS and Naguib NY. 2015. Growth and chemical composition of dill affected by nitrogen and bio-fertilizers. International Journal of Life Science and Engineering, 1(2): 75-84.
- Sharma AK. 2002. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India, 407 p.
- Singh G, Sarvanan S, Rajwat KS, Rathore JS and Singh G. 2017. Effect of different micronutrient on plant growth, yield and flower bud quality of broccoli (*Brassica oleracea*). Current Agriculture Research Journal, 5(1): 108-115.
- Strichland MS, Leggett ZH and Bradford MA. 2015. Biofuel intercropping effects on soil carbon and microbial activity. Ecological Applications, 25(1): 140-150.
- Ulloa-Urizar G, Aguilar-Luis MA and Lama-Odria MCD. 2015. Antibacterial activity of five Peruvian medicinal plants against *Pseudomonas aeruginosa*. Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 5(11): 928-931.
- Yadegari M and Alayean N. 2012. Effect of micronutrients foliar application on some yield traits in marigold (*calendula officinalis* L.). Journal of Crop Production Research (Environmental Stresses in Plant Sciences), 4(1): 75-84. (In Persian).
- Yeganehpour F, Zehtab-Salmasi S, Shafagh-Kolvanagh J, Ghassemi-Golezani K and Dastborhan S. 2017. Evaluation of some morphological traits and oil content of coriander seeds in response to bio-fertilizer and salicylic acid under water stress. Journal of Biodiversity and Environmental Sciences, 10(1), 140-149.
- Zehtab Salmasi S, Heidari F and Alyari H. 2008. Effect of microelements and plant density on biomass and essential oil production of peppermint (*Mentha piperita*). Plant Science Research, 1: 24-28.
- Zehtab Salmasi S, Behrouznajhad S and Ghassemi-Golezani K. 2012. Effects of foliar application of Fe and Zn on seed yield and mucilage content of psyllium at different stages of maturity. International Conference on Environment, Agriculture and Food Sciences (ICEAFS'2012) August 11-12, 2012 Phuket (Thailand).