

## اثر کاربرد کودهای زیستی و سولفات روی بر بعضی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس مرزه (*Satureja hortensis* L.)

یوسف نصیری<sup>۱\*</sup>، فریبرز شکاری<sup>۲</sup> و محمد اسدی<sup>۳</sup>

۱- نویسنده مسئول، دانشیار، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

پست الکترونیک: ysf\_nasiri@yahoo.com

۲- استاد، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

۳- دانشجوی دکترای اکولوژی گیاهان زراعی، گروه مهندسی تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

تاریخ دریافت: دی ۱۳۹۸

تاریخ اصلاح نهایی: خرداد ۱۳۹۹

تاریخ پذیرش: خرداد ۱۳۹۹

### چکیده

به منظور بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی و سولفات روی بر بعضی صفات مورفولوژیکی، عملکرد و اسانس گیاه دارویی مرزه (*Satureja hortensis* L.)، آزمایشی در سال ۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه اجرا شد. تیمارها شامل کودهای زیستی (شاهد یا عدم تلقیح، نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس) و محلول‌پاشی گیاهان با سولفات روی (غلظت‌های صفر، ۲/۵ و ۵ در هزار) بودند. نتایج نشان داد که اثر کودهای زیستی و سولفات روی بر تعداد ساقه‌های فرعی، وزن خشک سرشاخه گلدار، وزن تر و خشک تک‌بوته، عملکرد بیولوژیک و عملکرد اسانس معنی‌دار شد. بیشترین مقدار صفات مذکور به ترتیب در تیمارهای تلقیح سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین بدست آمد. علاوه بر صفات اشاره شده، ارتفاع بوته نیز با کاربرد غلظت‌های ۲/۵ و ۵ در هزار سولفات روی نسبت به شاهد افزایش یافت. قطر ساقه تحت تأثیر کود زیستی سوپرنیتروپلاس + محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۲/۵ در هزار و کود نیتروکسین + محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در هزار به حداکثر مقدار خود رسید. تیمارهای محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در هزار + سوپرنیتروپلاس، سولفات روی با غلظت ۲/۵ در هزار + نیتروکسین و سولفات روی با غلظت ۵ در هزار + نیتروکسین با بیشترین درصد اسانس، باعث افزایش ۳۴/۵ درصدی مقدار اسانس مرزه نسبت به شاهد شدند. به طور خلاصه، نتایج این مطالعه نشان داد که کاربرد کودهای زیستی سوپرنیتروپلاس، نیتروکسین و سولفات روی می‌تواند برای بهبود رشد گیاه و افزایش اسانس مرزه استفاده شوند.

واژه‌های کلیدی: مرزه (*Satureja hortensis* L.)، نیتروکسین، سوپرنیتروپلاس، روی، عملکرد، اسانس.

## مقدمه

استفاده از گیاهان دارویی برای درمان بیماری‌ها به سده‌ها پیش باز می‌گردد. امروزه داروهای تهیه شده از مواد مؤثره گیاهان دارویی به‌عنوان نوآوری‌های زیستی در پزشکی، جایگزینی با ارزش برای داروهای شیمیایی به حساب می‌آیند. یکی از علل مهم این جایگزینی، عوارض جانبی کمتر داروهای گیاهی در مقایسه با داروهای شیمیایی است (Singh et al., 2015). مرزه (*Satureja hortensis* L.) یکی از گیاهان دارویی بسیار مهم است که به‌طور گسترده و به شکل‌های گوناگون در صنایع دارویی، غذایی و بهداشتی استفاده می‌شود. این گیاه دارویی و معطر، علفی یک‌ساله یا چندساله است که متعلق به خانواده Lamiaceae می‌باشد و بیش از ۳۰ گونه آن به‌طور طبیعی در منطقه مدیترانه و در خاورمیانه وجود دارد و اغلب در زمین‌های سنگلاخی مناطق گرم و خشک می‌روید (Serrano et al., 2011). از اسانس مرزه به‌طور گسترده‌ای به‌عنوان آنتی‌اکسیدان و عامل ضد میکروبی در داروسازی استفاده می‌شود. گل‌ها، برگ‌ها، ساقه‌ها و دانه‌های این گیاه به‌طور سنتی برای تولید داروهای گرفتگی‌های غضروفی، ضد درد، ضد انعقادی، ضد التهابی، سوءهاضمه و بیماری‌های عفونی کاربرد دارد (Tepe & Cilkiz, 2016). اسانس مرزه حاوی ترکیب‌هایی مانند کارواکرول، گاما-ترپینن و پاراسمین است (Pellegriani et al., 2018).

مصرف کودهای شیمیایی در درازمدت در زمین‌های کشاورزی منجر به تخریب ویژگی‌های فیزیکی خوب خاک و حتی شیمیایی خاک نیز می‌شود. از سوی دیگر کاربرد کودهای غیرزیستی در سطح زیاد و به‌طور بلندمدت برای دستیابی به حداکثر عملکرد باعث بروز مشکلاتی از قبیل آلودگی‌های زیست‌محیطی، کاهش کیفیت محصول، شیوع علف‌های هرز و انتشار آفات و بیماری‌ها می‌شود (Liu & Lal, 2015). از جمله راهکارهای رفع مشکل کاربرد نهاده‌های شیمیایی، استفاده از اصول کشاورزی پایدار در بوم‌نظام‌های زراعی می‌باشد. امروزه رویکرد جهانی در تولید گیاهان به سمت و سوی کشاورزی پایدار و بکارگیری روش‌های مدیریتی پایدار و ارگانیک

می‌باشد. کودهای زیستی موجب افزایش ظرفیت نگهداری آب و همچنین بهبود ویژگی‌های زیست‌شناختی خاک می‌شوند (Heidari et al., 2014). این کودها معمولاً با اسیدی نمودن محلول خاک و یا ترشح بعضی آنزیم‌ها، باعث رهاسازی عناصر از ترکیب‌های پیچیده کانی و آلی موجود در خاک شده و آن را در دسترس گیاه قرار می‌دهند (Pandey & Patra, 2015). کودهای زیستی به دلیل در دسترس قراردادن عناصر غذایی ضروری و سایر مزایا همانند قابل دسترس و کم‌هزینه بودن آنها، باعث بهبود کیفیت و سلامت خاک و همچنین افزایش عملکرد گیاه و ثبات در پایداری بوم‌نظام می‌شود (Gupta et al., 2012; Perramon et al., 2016). بنابراین، عوارض جانبی مصرف کودهای شیمیایی و مشکل حاصلخیزی خاک با استفاده از مایه تلقیح زیستی قابل رفع خواهد بود (Demissie et al., 2013). کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس از جمله کودهای زیستی دارای باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن از جمله ازتوباکتر و آزوسپیریلوم هستند که در تولید محصولات مختلف بکار می‌روند. نتایج پژوهش‌های Shokrani و همکاران (۲۰۱۲) در مورد تأثیر کود زیستی بر رشد و عملکرد گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) نشان می‌دهد که کود زیستی نیتروکسین بر وزن ساقه و قطر کاپیتول تأثیر معنی‌داری داشت. در تحقیق دیگری Ghilavizadeh و همکاران (۲۰۱۳) در گیاه زینان (*Carum copticum* Heirn) نشان دادند که بیشترین عملکرد بیولوژیک، عملکرد بذر، محتوای اسانس و عملکرد اسانس در تیمار تلقیح بذر+ محلول‌پاشی روی گیاه در مرحله طویل شدن ساقه حاصل شد. همچنین Mohammadpour Vashvaei و همکاران (۲۰۱۵) نیز در تحقیقی بر روی آویشن (*Thymus vulgaris* L.) مشاهده کردند که مصرف نیتروکسین موجب افزایش میزان اسانس و درصد تیمول آن شد.

یکی از اصول مهم در برنامه‌ریزی تولید گیاهان دارویی به‌منظور دستیابی به عملکرد بالا و کیفیت مواد مؤثره مطلوب، مدیریت سیستم‌های مختلف تغذیه‌ای گیاه است. عناصر غذایی کم‌مصرف برای رشد طبیعی گیاهان ضروری بوده و در واکنش‌های زیست‌شیمیایی درون گیاه دخالت

را در مقایسه با تیمار شاهد به طور معنی داری افزایش داد (Mansoori *et al.*, 2014).

با توجه به اهمیت گیاهان دارویی در درمان آلام بشر و به منظور برآوردن نیاز شرکت‌های دارویی به مواد مؤثره این گیاهان، لزوم حفاظت از منابع طبیعی و تولید محصولات دارویی سالم در یک سیستم عاری از نهاده‌های شیمیایی، ضروری به نظر می‌رسد. از این رو هدف از اجرای این پژوهش بررسی اثر کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس و همچنین سولفات روی بر بعضی ویژگی‌های مورفولوژیکی، عملکرد و محتوای اسانس گیاه دارویی مرزه بود.

### مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در مزرعه تحقیقات کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه با ارتفاع ۱۵۳۰ متر از سطح دریا، طول ۴۶ درجه و ۱۶ دقیقه شرقی و عرض جغرافیایی ۳۷ درجه و ۲۴ دقیقه شمالی اجرا شد. بافت خاک زمین آزمایش لومی تا لومی شنی بود و سایر ویژگی‌های خاک در جدول ۱ ارائه شده است.

دارند. با تکمیل مصرف عناصر غذایی کم‌مصرف از طریق محلول‌پاشی می‌توان وضعیت رشد گیاه را بهبود بخشید. تغذیه برگ‌ریزی برای کاهش تثبیت کودهای شیمیایی در خاک و در نتیجه کاهش خطرات زیست محیطی از جمله کاهش آلودگی خاک و آب می‌باشد و موجب می‌شود عناصر غذایی به صورت کنترل‌شده در اختیار گیاه قرار گیرد (Kannan, 2010). عناصر غذایی کم‌مصرف شرایط عمومی گیاه را بهبود می‌بخشد و به عنوان کاتالیزور در واکنش‌های بیوشیمیایی که در گیاهان انجام می‌شوند، شناخته شده‌اند (Patil *et al.*, 2008). عنصر روی برای فعالیت آنزیم‌هایی مانند کربنیک‌آنهیدراز، دهیدروژناز، پروتئیناز، ایزومراز، ترانس فسفریلاز و RNA و محتوای ریبوزومی در سلول‌های گیاهی و همچنین در تشکیل کربوهیدرات‌ها و ساختمان پروتئین‌های DNA پلیمراز نقش اساسی دارد (Lacerda *et al.*, 2018). در مورد تأثیر عناصر ریزمغذی بر کمیت و کیفیت اسانس گیاهان دارویی، Said-Al Ahl و Abeer (۲۰۱۰) در پژوهشی مشاهده کردند که محلول‌پاشی با سولفات روی موجب افزایش اسانس و رشد گیاه دارویی ریحان نسبت به تیمار شاهد گردید. همچنین در گیاه دارویی نعنای محلول‌پاشی روی به میزان سه در هزار بازده اسانس

جدول ۱- ویژگی‌های خاک زمین محل اجرای آزمایش

عمق خاک	EC (dS/m)	pH	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر	پتاسیم	آهن	روی
						میلی‌گرم بر کیلوگرم		
۰-۳۰	۰/۶۹	۷/۴۳	۰/۲۹	۰/۰۲	۳۰/۷۸	۵۰۷	۳/۲۴	۰/۷۹

بارندگی سالیانه ۳۳۰ میلی‌متر می‌باشد. تیمارهای آزمایش شامل دو فاکتور کود زیستی در سه سطح: ۱- عدم تلقیح بذرها (شاهد)، ۲- تلقیح با نیتروکسین و ۳- بذر مال با سوپرنیتروپلاس و فاکتور کاربرد سولفات روی در سه سطح: ۱- عدم محلول‌پاشی، ۲- محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۲/۵ در هزار و ۳- محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در

آب و هوای شهرستان مراغه به طور کلی معتدل سرد و نسبتاً مرطوب بوده و تحت تأثیر بادهای شمالی و سرد و بادهای مرطوب دریای سیاه، مدیترانه و اقیانوس اطلس قرار گرفته است. بیشینه دمای این شهرستان در تابستان‌ها حدود ۳۵ درجه سانتی‌گراد بالای صفر و کمینه آن در زمستان حدود ۲۰ درجه سانتی‌گراد زیر صفر می‌باشد. همچنین دارای میانگین

شدند. در این آزمایش از هیچ‌گونه کود شیمیایی و یا غیرشیمیایی دیگری در خاک استفاده نشد. برای سهولت در کاشت بذرها ریز این گیاه دارویی، بذرها با نسبت یک به پنج با ماسه بادی مخلوط گردید. پس از انجام کشت به منظور چسبیدن بذرها به ذرات خاک، به وسیله غلطک سبکی هم زده شد. عملیات داشت مانند آبیاری، مبارزه با علف‌های هرز و غیره به صورت منظم در طول فصل رشد در صورت نیاز انجام شد. علف‌های هرز به روش وجین با دست کنترل شدند. محلول‌پاشی سولفات روی در مرحله رشد رویشی در دو نوبت با فاصله ۱۴ روز از یکدیگر در کرت‌های مربوطه انجام شد و پس از گذشت یک هفته اولین نشانه‌های شروع گلدهی در بوته‌ها مشاهده شد. برداشت پس از ۵۰٪ گلدهی گیاهان در ۲۰ مرداد ماه انجام شد. صفات مورفولوژیکی ارتفاع بوته، تعداد ساقه‌های فرعی، قطر ساقه، وزن خشک سرشاخه گلدار، وزن تر و خشک تک‌بوته، عملکرد بیولوژیک، درصد اسانس و عملکرد اسانس مورد ارزیابی قرار گرفتند. تعداد ۷ بوته در هر کرت برای اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی مشخص گردید و برداشت بوته‌ها برای برآورد عملکرد ماده خشک از سطحی برابر یک مترمربع انجام و بعد بوته‌های برداشت شده در سایه خشک شدند و پس از توزین به عنوان عملکرد بیولوژیک ثبت شد. نمونه‌های خشک شده تا زمان استخراج اسانس در محل مناسب (خشک و خنک) نگهداری شدند. برای استخراج اسانس مقدار ۵۰ گرم از ماده خشک آسیاب شده در هر واحد آزمایشی درون بالن یک لیتری ریخته و مقدار ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه شد و به مدت ۳ ساعت با استفاده از روش تقطیر با آب به وسیله دستگاه کلونجر (Clevenger) اسانس‌گیری انجام گردید. پس از استخراج اسانس و رطوبت‌زدایی آن با سولفات سدیم خشک، مقدار (وزن) آن با استفاده از ترازوی دقیق مشخص و درصد و عملکرد اسانس با استفاده از فرمول‌های زیر محاسبه گردید.

هزار بود. کودهای زیستی مورد استفاده از شرکت فناوری زیستی مهر آسیا تهیه شد. نیتروکسین شامل دو باکتری آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن *Azotobacter* و *Azospirillum* می‌باشد. این دو باکتری علاوه بر قابلیت تثبیت نیتروژن، با تولید هورمون محرک رشد اکسین و تولید ترکیب‌های ضد قارچی سبب بهبود رشد گیاه و افزایش دسترسی به منابع غذایی شده و از این طریق در افزایش عملکرد نقش دارند. سوپرنیتروپلاس نیز دارای مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و باکتری‌های محرک رشد (PGPR) شامل *Basillus* و *Pseudomonas fluorescens* *Azospirillum subtilis* می‌باشد. عوامل زنده مفید موجود در کود سوپرنیتروپلاس با اثر محرک رشد و تشدیدکننده بر یکدیگر موجب افزایش تولید انواع هورمون‌ها، انواع سیدروفورها، انواع آنتی‌بیوتیک‌ها، مواد بازدارنده رشد عوامل بیماری‌زا و سیانید هیدروژن گردیده و با توسعه ریشه و حفاظت آن از آسیب عوامل بیماری‌زای قارچی خاک و نماتدها موجب افزایش چشمگیر میزان محصول در هکتار می‌گردد (Tavakoli & Jalali, 2016). به منظور آماده‌سازی زمین برای کاشت، در فروردین ماه ۱۳۹۲ شخم نیمه‌عمیق توسط گاواهن برگردان‌دار بر روی زمین زده شد و بعد برای نرم کردن خاک دو نوبت دیسک عمود برهم زده شد. پس از شخم و آماده‌سازی زمین، کرت‌هایی با ابعاد ۳×۲ متر ایجاد شد. فاصله بین بلوک‌ها یک متر و فاصله بین کرت‌های آزمایشی در هر بلوک ۰/۵ متر در نظر گرفته شد. در داخل هر کرت ۶ ردیف به فاصله ۳۰ سانتی‌متر از همدیگر در نظر گرفته شد و بذرها با فاصله ۸ سانتی‌متر روی ردیف و عمق ۱-۰/۵ سانتی‌متر و به صورت هیرم‌کاری کاشته شدند. کاشت در ۱۵ اردیبهشت‌ماه انجام گردید. بذرهاي مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. قبل از کاشت، بذرهاي مربوط به کرت‌های کودهای زیستی، با دو کود زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس تلقیح

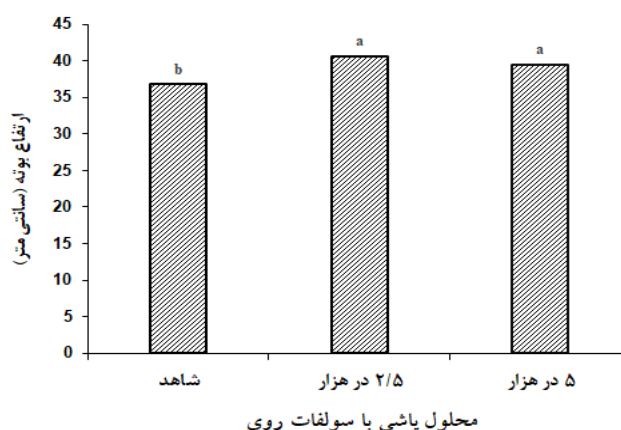
$$۱۰۰ \times (\text{وزن خشک بوته } ۵۰ \text{ گرم}) / \text{وزن اسانس استخراج شده (گرم)} = \text{درصد اسانس}$$

$$\text{عملکرد بوته در مترمربع} \times \text{درصد اسانس} = \text{عملکرد اسانس در مترمربع}$$

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورد ارزیابی مرزه در تیمارهای کودهای زیستی و محلول پاشی با سولفات روی

میانگین مربعات										
منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع بوته	تعداد ساقه‌های فرعی	قطر ساقه	وزن سرشاخه گلدار	وزن تر تک بوته	وزن خشک تک بوته	عملکرد بیولوژیک	درصد اسانس	عملکرد اسانس
تکرار	۲	۴/۳۳ns	۱/۲۱ns	۰/۹۷ns	۱۲۵۶/۶ns	۲۲۷/۶ns	۵۱/۷ns	۲۳۹۱۴۴/۴ns	۰/۰۵۶*	۲۲۷/۶ns
تلقیح (A)	۲	۱۸/۵۵ns	۱۳/۳**	۲/۸۹**	۱۳۳۵۰/۶*	۹۳۰/۶**	۲۰۰/۱**	۲۶۲۶۶۳۳/۳*	۰/۰۸۷**	۱۲۲۴/۲**
محلول پاشی (B)	۲	۳۴/۸*	۹/۶۳*	۳/۶۳**	۱۶۸۰۸/۴*	۸۴۴/۹**	۱۸۲/۰**	۳۸۳۲۳۴۴/۴**	۰/۱۹۶**	۲۴۲۵/۴**
A×B	۴	۹/۷۳ns	۳/۰۱ns	*۰/۹۲	۹۷۰/۳ns	۱۲۶۶ns	۶۵/۴ns	۳۶۴۵۹۴/۴ns	۰/۰۳۸*	۴۹/۵ns
خطا	۱۶	۶/۷۸	۲/۱۰	۰/۳۰۲	۳۳۷۲/۵	۲۰۰۶/۵	۲۸/۸	۴۷۲۰۷۷/۸	۰/۰۱۳	۱۳۴/۳
ضریب تغییرات (%)	-	۶/۶۸	۶/۵۳	۶/۹۲	۲۰/۱۹	۱۴/۹	۱۵/۸۸	۱۲/۹۳	۸/۲۲	۱۵/۸۷

ns. \* و \*\*: به ترتیب غیرمعنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪.



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های ارتفاع بوته مرزه در غلظت‌های مختلف محلول پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

### تجزیه و تحلیل داده‌ها

داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار آماری MSTAT-C تجزیه واریانس شد. مقایسه میانگین‌های صفات با استفاده از آزمون چند دامنه‌ای دانکن و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد.

### نتایج

#### ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر محلول پاشی با سولفات روی بر ارتفاع بوته در سطح احتمال ۵٪ معنی‌دار شد ولی اثر تلقیح با کود زیستی و برهم‌کنش آن با محلول پاشی بر آن معنی‌دار نشد (جدول ۲). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، محلول پاشی با هر دو غلظت ۲/۵ و ۵ در هزار به ترتیب ارتفاع بوته را ۱۰/۴ و ۷/۳ درصد افزایش دادند (شکل ۱).

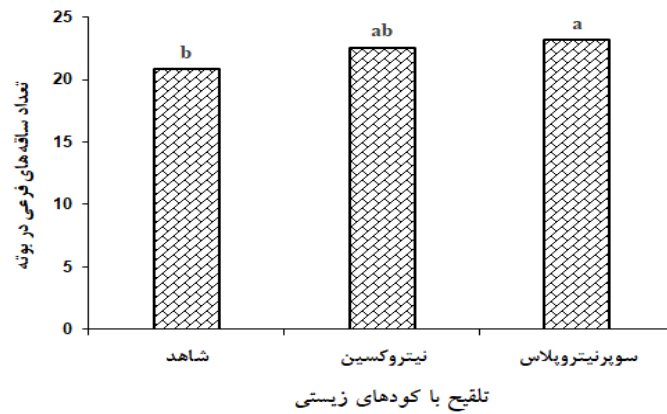
#### تعداد ساقه‌های فرعی

براساس نتایج تجزیه واریانس اثر تلقیح با کودهای زیستی در سطح احتمال ۱٪ و اثر محلول پاشی با سولفات روی در سطح احتمال ۵٪ بر تعداد ساقه‌های فرعی معنی‌دار شدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها

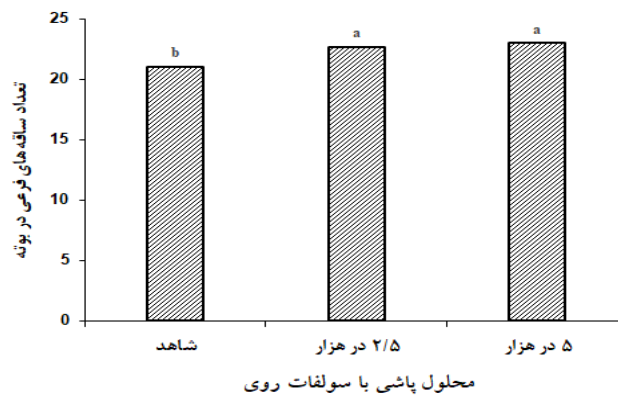
حکایت از آن دارد که بیشترین تعداد ساقه‌های فرعی (۲۳/۲ عدد) با بذر مال کود زیستی سوپرنیتروپلاس بدون تفاوت معنی‌دار با تلقیح توسط نیتروکسین بدست آمد که نسبت به شاهد ۱۰٪ افزایش نشان داد (شکل ۲). با محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۵ در هزار نیز بیشترین تعداد ساقه فرعی (۲۲/۹ عدد) بدون اختلاف معنی‌داری با محلول پاشی با غلظت ۲/۵ در هزار بدست آمد که نسبت به شاهد ۸/۴٪ افزایش نشان داد (شکل ۳).

#### قطر ساقه اصلی

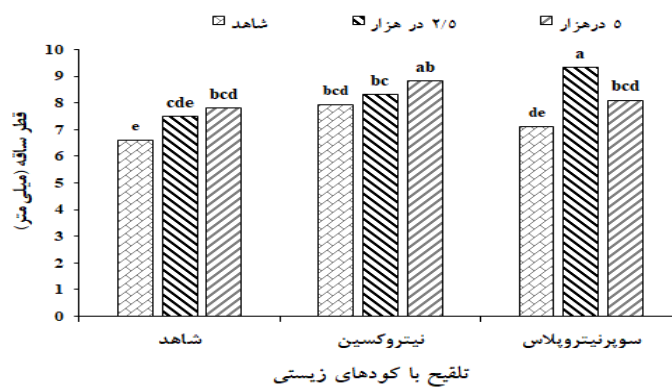
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح با کود زیستی و محلول پاشی با سولفات روی در سطح احتمال ۱٪ و برهم‌کنش آنها در سطح احتمال ۵٪ بر قطر ساقه اصلی مرزه معنی‌دار شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیشترین قطر ساقه به ترتیب و بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر در تیمارهای تلقیح کود زیستی سوپرنیتروپلاس + محلول پاشی با غلظت ۲/۵ در هزار سولفات روی (۹/۳۲ میلی‌متر) و تلقیح کود زیستی نیتروکسین + محلول پاشی با غلظت ۵ در هزار سولفات روی (۸/۸۲ میلی‌متر) بدست آمد که به طور میانگین ۳۷/۴٪ نسبت به شاهد افزایش نشان دادند (شکل ۴).



شکل ۲- مقایسه میانگین های تعداد ساقه های فرعی مرزه در سطوح مختلف تلقیح با کودهای زیستی حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.



شکل ۳- مقایسه میانگین های تعداد ساقه های فرعی مرزه در سطوح مختلف محلول پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.

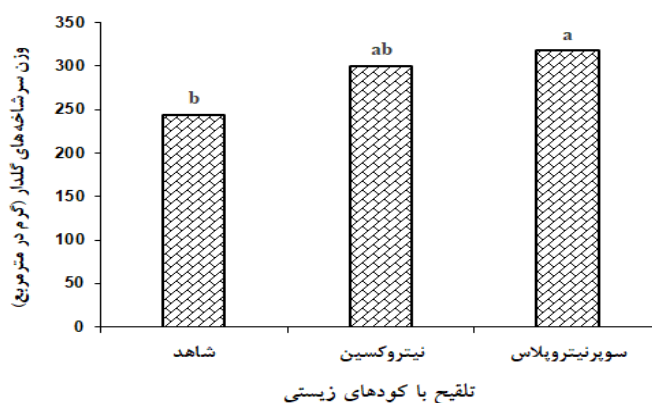


شکل ۴- مقایسه میانگین های برهم کنش تلقیح با کود زیستی و محلول پاشی سولفات روی با غلظت های مختلف بر قطر ساقه حروف غیرمشابه نشان دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه ای دانکن می باشد.

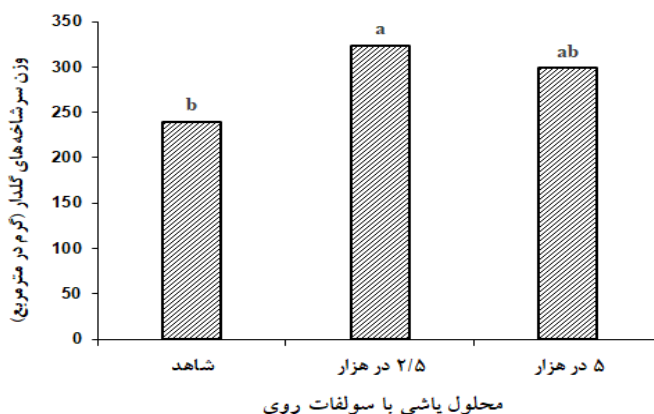
## وزن سرشاخه گلدار

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح با کودهای زیستی و اثر محلول پاشی با سولفات روی در سطح احتمال ۵٪ بر وزن سرشاخه گلدار معنی دار شدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها حکایت از آن داشت که بیشترین وزن سرشاخه گلدار با تلقیح توسط سوپرنیتروپلاس بدست آمد که نسبت به شاهد ۳۰/۲٪

افزایش نشان داد ولی در مقایسه با تیمار تلقیح با نیتروکسین این افزایش معنی دار نبود (شکل ۵). مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان می‌دهد که بیشترین وزن سرشاخه گلدار مرزه (۳۲۳/۹ گرم در مترمربع) در تیمار محلول پاشی سولفات روی با غلظت ۲/۵ در هزار و کمترین وزن سرشاخه گلدار مربوط به تیمار شاهد (۲۳۹/۸ گرم در مترمربع) بود (شکل ۶).



شکل ۵- تأثیر مقایسه میانگین‌های وزن سرشاخه گلدار مرزه در سطوح مختلف تلقیح با کودهای زیستی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



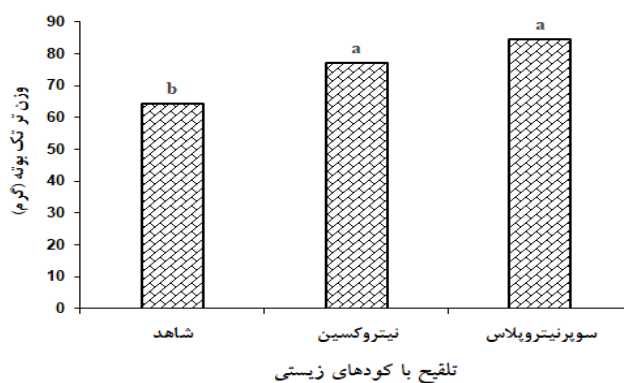
شکل ۶- مقایسه میانگین‌های وزن سرشاخه گلدار مرزه در سطوح مختلف محلول پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



## وزن تر و خشک تک‌بوته

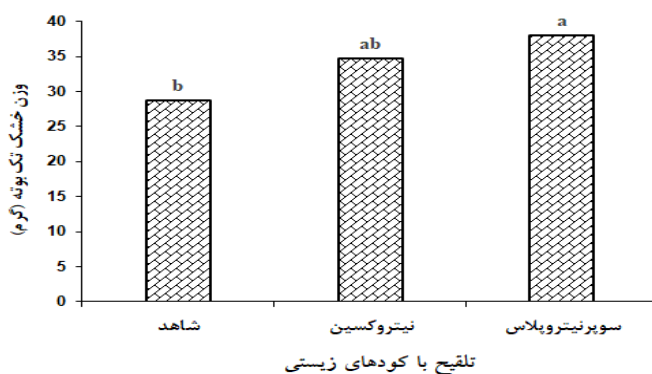
نتایج تجزیه واریانس موجود در جدول ۲ نشان می‌دهد که وزن تر و خشک تک‌بوته مرزه به‌طور معنی‌دار تحت تأثیر تلقیح با کودهای زیستی مورد استفاده و محلول‌پاشی گیاهان با سولفات روی قرار گرفت. براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، تلقیح با کودهای زیستی سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین سبب افزایش وزن تر گیاه نسبت به شاهد شد، به‌طوری که این افزایش‌ها به ترتیب برابر  $19/7$  و  $31/2$  درصد بود. با این حال اختلاف معنی‌داری بین دو نوع کود

زیستی مشاهده نشد (شکل ۷). به‌طوری که بیشترین وزن خشک تک‌بوته نیز با تیمار تلقیح سوپرنیتروپلاس بدون تفاوت معنی‌داری با تلقیح نیتروکسین بدست آمد که  $20/8\%$  نسبت به شاهد افزایش نشان داد (شکل ۸). در رابطه با محلول‌پاشی سولفات روی نیز کاربرد هر دو غلظت‌های  $2/5$  و  $5$  در هزار آن سبب افزایش معنی‌داری بر وزن تر و خشک تک‌بوته شد، به‌نحوی که وزن تر و خشک تک‌بوته را به ترتیب  $31/1$  و  $30/4$  درصد نسبت به شاهد افزایش دادند (شکل‌های ۹ و ۱۰).



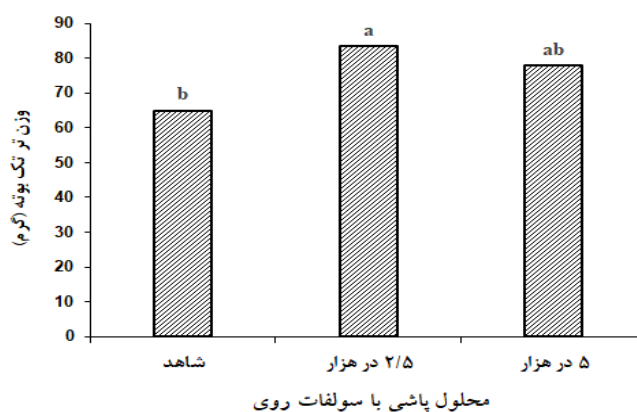
شکل ۷- مقایسه میانگین‌های وزن تر مرزه در سطوح مختلف تلقیح با کودهای زیستی

حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

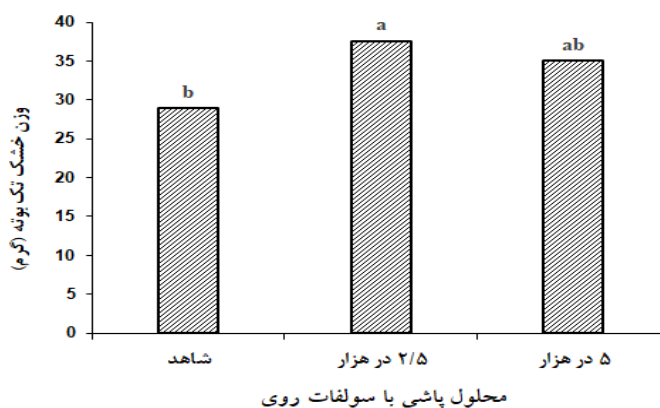


شکل ۸- مقایسه میانگین‌های وزن خشک تک بوته مرزه در سطوح مختلف تلقیح با کودهای زیستی

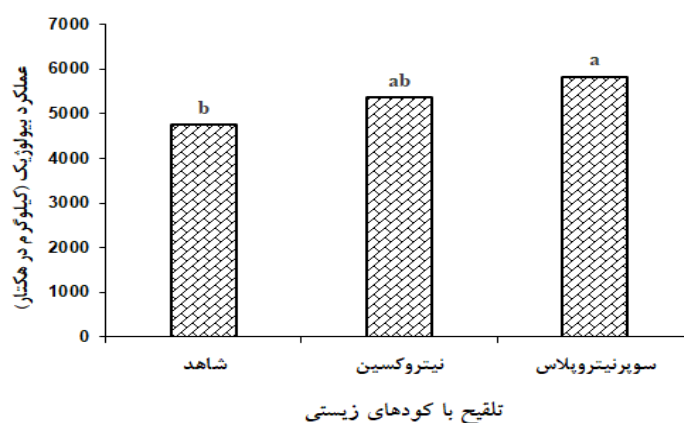
حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۹- مقایسه میانگین‌های وزن تر مرزه در سطوح مختلف محلول پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۱۰- مقایسه میانگین‌های وزن خشک مرزه در سطوح مختلف محلول پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

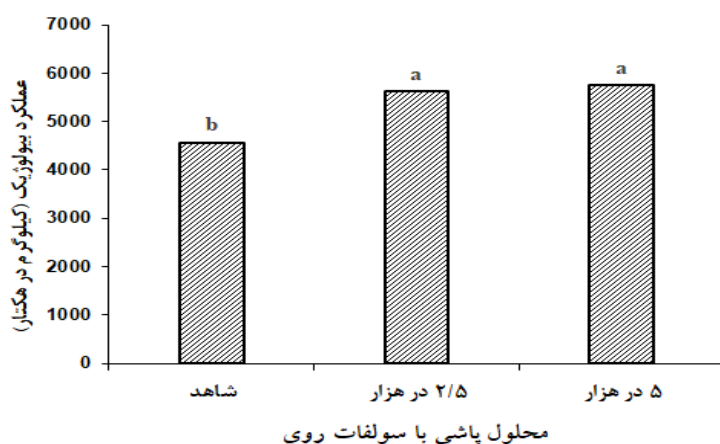


شکل ۱۱- مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک گیاه مرزه در سطوح مختلف تلقیح با کودهای زیستی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

## عملکرد بیولوژیک

شاهد ۲۲/۶٪ افزایش نشان داد (شکل ۱۱). براساس نتایج مقایسه میانگین‌ها، محلول‌پاشی با غلظت‌های مختلف ۵ در هزار و ۲/۵ در هزار به ترتیب منجر به افزایش ۲۶ و ۲۳/۳ درصد عملکرد بیولوژیک مرزه نسبت به شاهد شد، با این حال اختلاف معنی‌داری بین این دو غلظت مشاهده نشد (شکل ۱۲).

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح با کودهای زیستی در سطح احتمال ۵٪ و اثر محلول‌پاشی سولفات روی در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد بیولوژیک معنی‌دار شدند (جدول ۲). بیشترین عملکرد بیولوژیک (۵۷۵۳ کیلوگرم در هکتار) با تلقیح سوپرنیتروپلاس بدست آمد که نسبت به



شکل ۱۲- مقایسه میانگین‌های عملکرد بیولوژیک گیاه مرزه در سطوح مختلف محلول‌پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

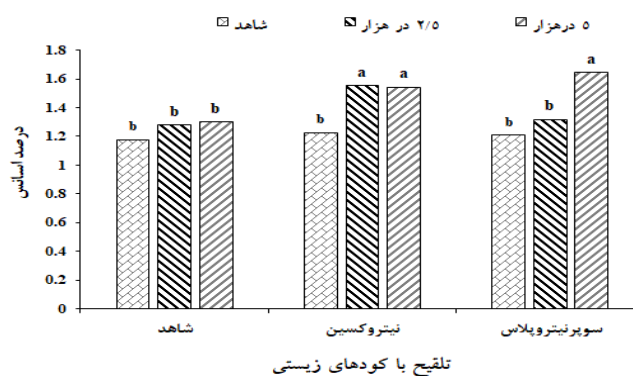
## درصد اسانس

کودهای زیستی و محلول‌پاشی با سولفات روی در سطح احتمال ۱٪ بر عملکرد اسانس معنی‌دار شدند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها نشان داد که تلقیح با هر دو نوع کود زیستی سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین سبب افزایش عملکرد اسانس گیاه مرزه شد و این افزایش‌ها به ترتیب ۳۶/۳ و ۳۰/۷ درصد بیشتر از شاهد بود. با این حال اختلاف معنی‌داری بین تلقیح با این دو نوع کود زیستی مشاهده نشد (شکل ۱۴). نتایج مقایسه میانگین‌ها همچنین نشان داد که عملکرد اسانس در غلظت ۵ در هزار (۸۶/۴۷ کیلوگرم در هکتار) و ۲/۵ در هزار (۷۷/۸۲ کیلوگرم در هکتار) دارای بیشترین مقدار بود و بین این دو غلظت اختلاف معنی‌دار مشاهده نشد (شکل ۱۵).

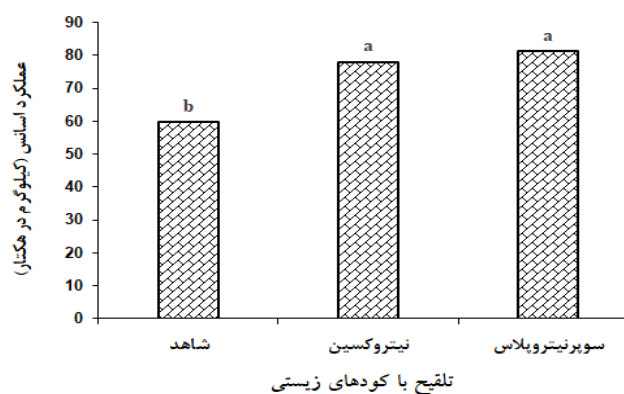
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح با کود زیستی و محلول‌پاشی با سولفات روی بر درصد اسانس مرزه در سطح احتمال ۱٪ و برهم‌کنش تلقیح و محلول‌پاشی در سطح احتمال ۵٪ بر آن معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین‌ها بیانگر این است که بیشترین مقدار اسانس (۱/۶۴٪) در تیمار محلول‌پاشی سولفات روی ۵ در هزار + تلقیح با سوپرنیتروپلاس (۱/۶۴٪) و محلول‌پاشی ۲/۵ و ۵ در هزار روی + تلقیح با نیتروکسین (به‌طور میانگین ۱/۵۵٪) حاصل شد و کمترین آن متعلق به عدم تلقیح بود (شکل ۱۳).

## عملکرد اسانس

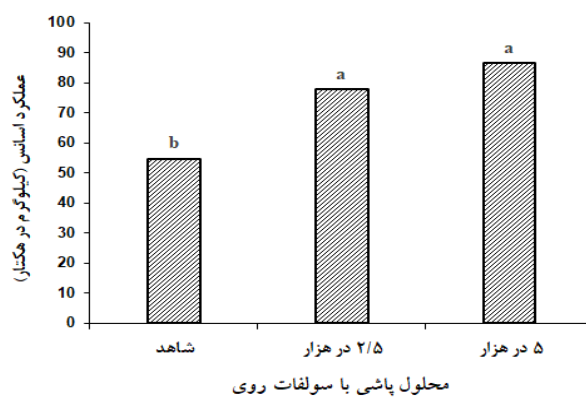
نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر تلقیح با



شکل ۱۳- مقایسه میانگین‌های برهم‌کنش تلقیح با کود زیستی و محلول‌پاشی سولفات روی با غلظت‌های مختلف بر درصد اسانس مرزه حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۱۴- مقایسه میانگین‌های عملکرد اسانس مرزه در سطوح مختلف تلقیح با کودهای زیستی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.



شکل ۱۵- مقایسه میانگین‌های عملکرد اسانس مرزه در سطوح مختلف محلول‌پاشی با سولفات روی حروف غیرمشابه نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن می‌باشد.

## بحث

نتایج این پژوهش نشان داد که تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی تأثیر معنی‌داری بر افزایش ارتفاع بوته مرزه داشت. از آنجایی که عنصر روی از اجزای تشکیل‌دهنده آنزیم‌های کربونیک آنهیدراز و دهیدروژناز می‌باشد، با شرکت در ساخت اکسین، در فرایند طول شدن سلول‌ها نقش ایفاء می‌کند (Hatwar *et al.*, 2003)، در نتیجه محلول‌پاشی آن بر روی افزایش ارتفاع بوته مرزه تأثیر مثبت داشته است. Malekoti و Tehrani (۱۹۹۹) نیز گزارش کردند که کمبود روی به علت تأثیر سوء بر بیوسنتز اکسین می‌تواند باعث کاهش ارتفاع ساقه و عملکرد گیاه شود. همسو با این نتایج، Khan و همکاران (۲۰۱۹) در گندم، Salehin و Rahman (۲۰۱۲) در لوبیا و Kohnaward و همکاران (۲۰۱۲) در گلرنگ افزایش ارتفاع بوته را با محلول‌پاشی روی گزارش نمودند. تعداد ساقه فرعی و قطر ساقه با بذر مال کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس افزایش پیدا کرد. در این مورد کود زیستی سوپرنیتروپلاس عملکرد بهتری داشت. بنابراین به نظر می‌رسد کود زیستی سوپرنیتروپلاس با دارا بودن باکتری‌های محرک رشد و مواد بازدارنده رشد عوامل بیماری‌زا، کارایی بهتری نسبت به نیتروکسین داشته است.

نتایج تحقیقات مختلف نشان می‌دهد که ریزجانداران خاک‌زی موجود در کودهای زیستی (آزوسپیریوم و ازتوباکتر) به‌طور غیرمستقیم با توسعه سیستم ریشه‌ای و افزایش سطح جذب یون‌ها، افزایش جذب عناصر غذایی و به‌طور مستقیم از طریق تولید و ترشح هورمون اکسین و تحریک رشد گیاه، باعث افزایش سطح فتوسنتزی برگ‌ها شده و در نتیجه مواد پرورده بیشتری در ساقه ذخیره شده که این امر می‌تواند منجر به تولید ساقه‌های فرعی بیشتر و افزایش قطر ساقه گردد (Tarang *et al.*, 2013). در این رابطه، Kheiry و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند که کاربرد کود زیستی نیتروکسین باعث افزایش تعداد ساقه‌های فرعی در گیاه دارویی نعناع فلفلی شد. همچنین در تحقیق دیگری

Parchianloo و همکاران (۲۰۱۷) در بررسی کودهای زیستی بر صفات مورفولوژیک و فیتوشیمیایی عروسک پشت‌پرده گزارش کردند که بیشترین تعداد ساقه فرعی با کاربرد کود زیستی نیتروکسین بدست آمد. تعداد ساقه‌های فرعی و قطر ساقه مرزه با محلول‌پاشی سولفات روی افزایش نشان داد. مطابق با نتایج این پژوهش، Rostami و همکاران (۲۰۱۷) نیز بر روی گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) بیشترین تعداد ساقه فرعی را با محلول‌پاشی سولفات روی را گزارش کردند. در تحقیق دیگری Akhtar و همکاران (۲۰۰۹) گزارش کردند که محلول‌پاشی روی باعث افزایش تعداد ساقه فرعی در گیاه دارویی نعناع شد.

نتایج همچنین حکایت از آن دارد که افزایش قطر ساقه مرزه در گیاهانی که تحت تیمار کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس قرار داشتند و سولفات روی بر روی آنها محلول‌پاشی شد، بیشتر بود و این نشان‌دهنده اثرهای هم‌افزایی دو تیمار مختلف سولفات روی و کود زیستی بر قطر ساقه بود. مطابق با نتایج این تحقیق، El-Badawy و Mehasen (۲۰۱۱) نیز افزایش قطر ساقه ذرت را با کاربرد روی گزارش نمودند. Kheiry و همکاران (۲۰۱۸) نیز افزایش قطر ساقه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) را با کاربرد کود زیستی سوپرنیتروپلاس گزارش نمودند. از آنجایی که عنصر روی به‌عنوان فعال‌کننده و کوفاکتور در آنزیم‌هایی از جمله کربنیک آنهیدرازها، دهیدروژنازها، آلکالین فسفاتازها، فسفولیازها و RNA پلیمرازها که در فتوسنتز گیاه و ساخت پروتئین‌ها، قندها، نوکلئیک اسیدها و چربی‌ها و بیوسنتز اکسین به‌عنوان یک هورمون محرک رشد (Figueiredo *et al.*, 2012) نقش دارد، می‌تواند موجب افزایش تعداد ساقه فرعی و قطر ساقه در گیاه شود. البته کاربرد کودهای بیولوژیک با سنتز و ترشح مواد و هورمون‌های محرک و تنظیم‌کننده رشد مانند اکسین‌ها، اسیدهای آمینه، انواع آنتی‌بیوتیک‌ها، سیانید هیدروژن و غیره، موجب افزایش سرعت تقسیم سلولی و افزایش قطر

(نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس) باعث افزایش رشد و عملکرد خشک گیاه دارویی بابونه آلمانی شد. همچنین Rahimi و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند که عملکرد بیولوژیک ریحان در اثر کاربرد نیتروکسین (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) به طور معنی داری افزایش یافت. تأثیر مثبت کاربرد روی بر عملکرد بیولوژیک را می توان به نقش روی در بیوسنتز اسیدآمینه تریتوفان، مشارکت در ساختار آنزیم های فعال در متابولیسم کربن مانند کربونیک آنهیدراز، ریبولوز ۱ و ۵- بیس فسفات و فروکتوز ۱ و ۶- دی فسفات، افزایش سنتز کلروفیل و به طبع آن افزایش فتوسنتز و در نتیجه بهبود رشد و عملکرد گیاه نسبت داد (Akay, 2011; Hafeez et al., 2013). براساس نتایج، کاربرد توأم کودهای زیستی و سولفات روی تأثیر بیشتری در افزایش درصد اسانس مرزه نسبت به کاربرد جداگانه آنها داشته است و این نشان دهنده اثرهای هم افزایی این دو تیمار بر درصد اسانس می باشد. کودهای زیستی باکتریایی دارای ریزجانداران تثبیت کننده نیتروژن با در اختیار قرار دادن نیتروژن به گیاهان، ATP و NADPH بیشتری توسط گیاه تولید شده، در نتیجه انرژی بیشتری برای تولید واحدهای سازنده ترکیب های ترپنوئیدی (ایزوپرنوئیدها) که در تشکیل اسانس نقش دارند، مهیا شده (Karthikeyan et al., 2008) و از این طریق می توانند به افزایش درصد اسانس در گیاه کمک کنند. از سوی دیگر کاربرد کودهای زیستی با نقش مثبتی که بر سایر ریزجانداران مفید در خاک می گذارند، امکان دسترسی بهتر به عناصر غذایی پرمصرف و کم مصرف را توسط گیاه فراهم نموده، در نتیجه در بهبود میزان اسانس مؤثر واقع می شوند (Singh et al., 2011). در این مورد نیز گزارش شده است که کاربرد نیتروکسین باعث افزایش درصد اسانس در گیاه دارویی بادرشبو شده است (Rahimzadeh et al., 2013). در گزارش دیگری Zamani و همکاران (۲۰۱۹) اعلام کردند که کاربرد کودهای زیستی موجب افزایش درصد اسانس در گیاه دارویی رازیانه شد.

CO<sub>2</sub> و گلوکز پیش ماده های ساخت مونوترپن ها و ساکاریدها به عنوان منبع تولید انرژی برای ساخت ترپنوئیدها

قسمت های مختلف گیاه به ویژه ساقه می گردد (Tilak et al., 2005).

براساس نتایج، وزن تر و خشک تک بوته و همچنین وزن سرشاخه های گلدار مرزه با کاربرد کودهای زیستی سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین افزایش داشتند. از این رو به نظر می رسد که باکتری های القاء کننده رشد (ازتوباکتر و آزوسپیریوم) موجود در کودهای زیستی مورد استفاده از طریق تثبیت نیتروژن و تولید هورمون های تنظیم کننده رشد گیاه، زمینه رشد بهینه گیاه و افزایش تولید مواد پرورده را فراهم نموده و از این طریق منجر به افزایش وزن سرشاخه گلدار، وزن تر و خشک گیاه شده اند (Miri & Darzi, 2017; Salvucci et al., 2010). سایر پژوهشگران مانند Tohidi Nejad و Rastegari (۲۰۱۹) نیز با بررسی تأثیر کودهای زیستی بر وزن خشک تک بوته بابونه نشان دادند که تلقیح با کودهای زیستی نیتروکسین و فسفات بارور ۲ در افزایش رشد، عملکرد و وزن خشک تک بوته گیاه دارویی بابونه آلمانی (*Matricaria chamomilla* L.) تأثیر مثبت و معنی داری داشت. در تحقیق دیگری بر روی گیاه دارویی بادرشبی گزارش شده است که بیشترین وزن خشک بوته با کاربرد کودهای زیستی (تلقیح با بذر) بدست آمد (Miri & Darzi, 2017). عنصر روی نیز به دلیل نقش مثبتی که در افزایش بیوسنتز اکسین، افزایش فتوسنتز گیاه از طریق افزایش غلظت کلروفیل، متابولیسم RNA، مقدار ریبوزوم در سلول های گیاهی، تولید کربوهیدرات ها و ساختار آنزیم های مختلف دارد (Hatwar et al., 2003)، کاربرد آن می تواند منجر به افزایش وزن بخش های مختلف گیاه از جمله سرشاخه های گلدار و وزن تک بوته گردد. در نعنای فلفلی نیز گزارش شده است که محلول پاشی گیاهان با سولفات روی باعث افزایش وزن تک بوته شده است (Mansoori, 2014). البته افزایش وزن خشک تک بوته ناشی از تأثیر مثبت کاربرد کودهای زیستی می تواند دلیل افزایش عملکرد بیولوژیک مرزه در واحد سطح باشد. در این مورد نتایج پژوهش Dehghani Mashkani و همکاران (۲۰۱۱) حکایت از آن دارد که کاربرد کودهای زیستی مختلف

نمودند که کاربرد باکتری‌های *Thiobacillus*، *Pseudomonas* و *Azotobacter* منجر به افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس زیره سبز شد. از سوی دیگر، محلول‌پاشی گیاه شمعدانی (*Pelargonium graveolens*) با سولفات روی (در غلظت‌های صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد اسانس گردید (Ayad *et al.*, 2010). همچنین Panahyan Kivi (۲۰۱۹) با ارزیابی کاربرد محلول‌پاشی سولفات روی بر رشد و عملکرد گشنیز گزارش نمود که با افزایش مصرف سولفات روی (غلظت ۶ در هزار) به دلیل فراهمی این عنصر رشد و عملکرد اسانس به‌طور معنی‌داری افزایش یافت.

با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار دو غلظت محلول‌پاشی ۲/۵ و ۵ در هزار سولفات روی در صفات مورد ارزیابی این پژوهش، می‌توان گفت کاربرد غلظت ۲/۵ در هزار سولفات روی علاوه بر بهبود خصوصیات رشد مرزه از لحاظ اقتصادی نیز مقرون به صرفه‌تر می‌باشد. در نهایت از نتایج این پژوهش چنین استنباط می‌شود که کاربرد کودهای زیستی همانند سوپرنیتروپلاس و نیتروکسین در گیاه دارویی مرزه به دلیل افزایش دسترسی گیاه به نیتروژن و سایر عناصر غذایی و تحریک رشد گیاه باعث افزایش صفات رشدی، درصد و عملکرد اسانس می‌شود. محلول‌پاشی با سولفات روی نیز به دلیل نقش مهمی که این عنصر در ساختار آنزیم‌های تنظیم‌کننده رشد گیاه، تولید اسیدآمینه تریپتوفان، فتوسنتز و بهبود وضعیت رشدی گیاه دارد، می‌تواند باعث بهبود رشد گیاه و افزایش تولید محصول قابل فروش در آن شود.

### منابع مورد استفاده

- Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R. and Nasiri Mahallati, M., 2015. Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). *Journal of Horticulture Science*, 29(4): 486-500.

هستند. تثبیت دی‌اکسیدکربن، متابولیت‌های اولیه و متابولیسم ساکارز ارتباط نزدیکی با تجمع اسانس دارد، بنابراین نقش روی در ساخت و انباشت اسانس بسیار مهم و مؤثر به‌نظر می‌رسد (Derakhshani *et al.*, 2011). از این رو به‌نظر می‌رسد کاربرد کودهای زیستی با تأمین نیتروژن و سایر عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و کاربرد سولفات روی با تحریک فعالیت فتوسنتزی، افزایش متابولیسم ساکاریدها و افزایش تقسیم سلولی، به‌صورت هم‌افزایی منجر به افزایش درصد اسانس مرزه می‌شوند، در نتیجه کاربرد توأم آنها نسبت به کاربرد جداگانه آنها نتیجه بهتری داشته است. نتایج بدست آمده بر روی گیاه دارویی انیسون (*Pimpinella anisum* L. نیز بیانگر این مطلب است که بیشترین درصد اسانس با استفاده از محلول‌پاشی سولفات روی بدست آمد (Eblagh *et al.*, 2014). در این مورد Pirzad و Barin (۲۰۱۸) نیز گزارش کردند که محلول‌پاشی انیسون با سولفات روی موجب افزایش درصد اسانس شد. در تحقیق دیگری محلول‌پاشی گیاه ریحان با سولفات روی باعث افزایش معنی‌دار درصد اسانس گردید (Said-Al Ahl & Abeer, 2010). از آنجایی که عملکرد اسانس برآیندی از درصد اسانس و عملکرد ماده خشک در مرزه می‌باشد، از این رو هرگونه افزایش در این دو پارامتر در نهایت به افزایش عملکرد اسانس منجر می‌شود. کاربرد کودهای زیستی نیتروکسین و سوپرنیتروپلاس و سولفات روی منجر به افزایش تولید اسانس و بهبود عملکرد بیولوژیک در مرزه گردید، در نتیجه به‌طبع عملکرد اسانس نیز افزایش پیدا کرد. همسو با این نتایج، Aghhavani Shajari و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که بیشترین عملکرد اسانس گیاه گشنیز با کاربرد کود زیستی نیتروکسین بدست آمد. در همین رابطه Karimzadeh Asl و Hatam (۲۰۱۹) گزارش کردند که بیشترین عملکرد اسانس در گیاه دارویی بادرشبو با کاربرد کود زیستی نیتروپلاس بدست آمد. در بررسی دیگری بر روی ریحان، بیشترین عملکرد اسانس با کاربرد کود نیتروکسین بدست آمد (Tahami *et al.*, 2017). در تحقیق دیگری Rezaei-Chiyaneh و همکاران (۲۰۱۴) مشاهده

- (*Carum copticum*). Middle-East Journal of Scientific Research, 14(11): 1508-1512.
- Gupta, M., Kiran, S., Gulati, A., Singh, B. and Tewari, R., 2012. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria able to enhance the growth and aloin-a biosynthesis of *Aloe barbadensis* Miller. Microbiological Research, 167(6): 358-363.
  - Hafeez, B., Khanif, Y.M. and Saleem, M., 2013. Role of zinc in plant nutrition-a review. American Journal of Experimental Agriculture, 3(2): 374-391.
  - Hatwar, G.P., Gondane, S.M. and Urkade, S.M., 2003. Effect of micronutrients on growth and yield of chilli. Soils and Crops, 13(1): 123-125.
  - Heidari, Z., Besharati, H. and Maleki Farahani, S., 2014. Effect of some chemical fertilizer and biofertilizer on quantitative and qualitative characteristics of saffron. Saffron Agronomy and Technology, 2(3): 187-189.
  - Kannan, S., 2010. Foliar fertilization for sustainable crop production. Genetic Engineering, Biofertilisation, Soil Quality and Organic Farming, 23(4): 371-402.
  - Karimzadeh Asl, K. and Hatami, M., 2019. Application of zeolite and bacterial fertilizers modulates physiological performance and essential oil production in dragonhead under different irrigation regimes. Acta Physiologiae Plantarum, 41(1): 1-20.
  - Karthikeyan, B., Jaleel, C.A., Lakshmanan, G.A. and Deiveekasundaram, M., 2008. Studies on rhizosphere microbial diversity of some commercially important medicinal plants. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, 62(1): 143-145.
  - Khan, A., Hayat, Z., Khan, A.A., Ahmad, J., Waseem Abbas, M., Ahmad, F. and Ahmad, K., 2019. Effect of foliar application of zinc and boron on growth and yield components of wheat. Agriculture Research and Technology, 21(1): 1-6.
  - Kheiry, A., Babakhan, R. and Razavi. 2018. Effects of nitroxine and thiobacillus biofertilizers on morphological and phytochemical properties of *Mentha pipertita* L. Journal of Plant Ecophysiology, 10(33): 34-42.
  - Kohnaward, P., Jalilian, J. and Pirzad, A., 2012. Effect of foliar application of micro-nutrients on some agronomic characteristics of the safflower under conventional and ecological cropping systems. Journal of Agronomy Sciences, 3(6): 15-25.
  - Lacerda, J.S., Martinez, H.E., Pedrosa, A.W., Clemente, J.M., Santos, R.H., Oliveira, G.L. and Jifon, J.L., 2018. Importance of zinc for arabica coffee and its effects on the chemical composition of
  - Akay, A., 2011. Effect of zinc fertilizer applications on yield and element contents of some registered chickpeas varieties. African Journal of Biotechnology, 10(60): 12890-12896.
  - Akhtar, N., Sarker, A.M., Akhter, H. and Nada, M.K., 2009. Effect of planting time and micronutrient as zinc chloride on the growth, yield and oil content of *Mentha piperita*. Bangladesh Journal of Science and Industrial Research, 44(1): 125-130.
  - Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla, M.S.A., 2010. Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments, lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal of Agricultural Sciences, 6(5): 601-608.
  - Dehghani Mashkani, M.R., Naghdi Badi, H., Darzi, M.T., Mehrafarin, A., Rezazadeh, S.H. and Kadkhoda, Z., 2011. The effect of biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of shirazian babooneh (*Matricaria recutita* L.). Journal of Medicinal Plants, 2(38): 35-48.
  - Demissie, S., Muleta, D. and Berecha, G., 2013. Effect of phosphate solubilizing bacteria on seed germination and seedling growth of faba bean (*Vicia faba* L.). International Journal of Agricultural Research, 8(3): 123-136.
  - Derakhshani, Z., Hassani, A., Sadaghiani, M.H.R., Hassanpouraghdam, M.B., Khalifani, B.H. and Dalkani, M., 2011. Effect of zinc application on growth and some biochemical characteristics of costmary (*Chrysanthemum balsamita* L.). Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42(20): 2493-2503.
  - Eblagh, N., Fateh, E., Farzane, M. and Osfuri, M., 2014. Effect of cattle manure application, phosphate solubilizing bacteria and different phosphorous levels on yield and essence components of *Trachyspermum ammi* L. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production, 23(4): 1-15.
  - El-Badawy, M.E.M. and Mehasen, S.A.S., 2011. Multivariate analysis for yield and its components in maize under zinc and nitrogen fertilization levels. Australian Journal of basic and Bpplied Sciences, 5(12): 3008-3015.
  - Figueiredo, D.D., Barros, P.M., Cordeiro, A.M., Serra, T.S., Lourenço, T., Chander, S. and Saibo, N.J., 2012. Seven zinc-finger transcription factors are novel regulators of the stress responsive gene *osdre1b*. Journal of experimental botany, 63(10): 3643-3656.
  - Ghilavizadeh, A., Darzi, M.T. and Haj Seyed Hadi, M., 2013. Effects of biofertilizer and plant density on essential oil content and yield traits of Ajowan



- Perramon, B., Bosch-Serra, A.D., Domingo, F. and Boixadera, J., 2016. Organic and mineral fertilization management improvements to a double-annual cropping system under humid Mediterranean conditions. *European Journal of Agronomy*, 76: 28-40.
- Pirzad, A. and Barin, M., 2018. Iron and zinc interaction on leaf nutrients and the essential oil of *Pimpinella anisum* L. *Plant Physiology*, 8(4): 2507-2515.
- Rahimi, A., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H. and Khalighi-Sigaroodi, F., 2013. Effects of bio-stimulators and bio-fertilizers on morphological traits of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Annals of Biological Research*, 4(5): 146-151.
- Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G., Eivazi, A. and Hoseini, S., 2013. Effect of biofertilizers on macro and micro nutrients uptake and essential oil content in *Dracocephalum moldavica* L. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 11(1): 179-190.
- Rezaei-Chiyaneh, I., Tajbakhsh, M. and Fotohi Chiyaneh, S., 2014. Yield and yield components of fenugreek (*Trigonella foenum-graecum* L.) in strip intercropping with ajowan (*Carum copticum* L.) influenced by bio and chemical fertilizer. *Journal of Agriculture Science and Sustainable Production*, 24(4): 1-15.
- Rostami, B., Asilan, K.S., Yousefzadeh, S. and Mansorifar, S., 2017. Effect of foliar application of iron and zinc sulfate on quantitative traits and essential oil yield of coriander (*Coriandrum sativum* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 48(2): 517-525.
- Said-Al Ahl, H.A.H. and Abeer, A.M., 2010. Effect of zinc and / or iron foliar application on growth and essential oil of sweet basil (*Ocimum basilicum* L.) under salt stress. *Applied Sciences Journal*, 3(1): 97-111.
- Salehin, F. and Rahman, S., 2012. Effects of zinc and nitrogen fertilizer and their application method on yield and yield components of *Phaseolus vulgaris* L. *Agricultural Sciences*, 3(01): 9-13.
- Salvucci, M.E., Barta, C., Byers, J.A. and Canarini, A., 2010. Photosynthesis and assimilate partitioning between carbohydrates and isoprenoid products in vegetatively active and dormant guayule: physiological and environmental constraints on rubber accumulation in a semiarid shrub. *Physiologia Plantarum*, 140(4): 368-379.
- Serrano, C., Matos, O., Teixeira, B., Ramos, C., Neng, N., Nogueira, J. and Marques, A., 2011. Antioxidant and antimicrobial activity of *Satureja montana* L. raw grain and beverage quality. *Crop Science*, 58(3): 1360-1370.
- Liu, R. and Lal, R., 2015. Potentials of engineered nanoparticles as fertilizers for increasing agronomic productions. *Science of the Total Environment*, 514: 131-139.
- Malekoti, M.J. and Tehrani, M.M., 1999. *Micronutrients Role in Increasing Yield and Quality of Agricultural Products*. Tarbiat Modarres University Press, Tehran, 398p.
- Mansoori, I., 2014. Evaluation of row spacing and microelements spraying on yield and some morphological traits of peppermint (*Mentha piperita* L.). *Journal of Crops Improvement*, 16(1): 43-54.
- Miri, H. and Darzi, M.T., 2017. Effects of manure and phosphate solubilizing biofertilizer on growth, yield and essential oil quality of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in Firouzkuh region. *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49(2): 35-45.
- Mohammadpour Vashvaei, R., Galavi, M., Ramroudi, M. and Fakheri, B.A., 2015. Effects of drought stress and biofertilizers inoculation on growth, essential oil yield and constituents of thyme (*Thymus vulgaris* L.). *Journal of Agroecology*, 7(2): 237-253.
- Panahyan Kivi, M., 2019. Effects of zinc sulfate foliar spray on yield, yield components and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research*, 35(2): 309-322.
- Pandey, V. and Patra, D., 2015. Crop productivity, aroma profile and antioxidant activity in *Pelargonium graveolens* L'hér. Under integrated supply of various organic and chemical fertilizers. *Industrial Crops and Products*, 67: 257-263.
- Parchianloo, S., Kheiri, A., Arghavani, M. and Amiri M.S., 2017. The Effects of nitroxin and biosulfur biofertilizers on morphological and phytochemical traits of winter cherry (*Physalis alkekengi*). *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(4): 39-49.
- Patil, B.C., Hosamani, R.M., Ajjappalavara, P.S., Naik, B.H., Smitha, R.P. and Ukkund, K.C., 2008. Effect of foliar application of micronutrients on growth and yield components of Tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Karnataka Journal of Agricultural Sciences*, 21(3): 428-430.
- Pellegrini, M., Ricci, A., Serio, A., Chaves-López, C., Mazzarrino, G., D'Amato, S. and Paparella, A., 2018. Characterization of essential oils obtained from abruzzo autochthonous plants: Antioxidant and antimicrobial activities assessment for food application. *Foods*, 7(2): 1-14.

- International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5(7): 683-687.
- Tavakoli, M. and Jalali, A.H., 2016. Effect of different biofertilizers and nitrogen fertilizer levels on yield and yield components of wheat. Journal of Crop Production and Processing, 6(21): 33-45.
  - Tepe, B. and Cilkiz, M., 2016. A pharmacological and phytochemical overview on *Satureja*. Pharmaceutical Biology, 54(3): 375-412.
  - Tilak, K.V.B.R., Ranganayaki, N., Pal, K.K., De, R., Saxena, A.K., Nautiyal, C.S. and Johri, B.N., 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. Current Science, 89(1): 136-150.
  - Tohidi Nejad, E. and Rastegari, F., 2019. Effects of biological and organic fertilizers on morphological parameters and chamazulene yield of German chamomile (*Matricaria chamomilla* L.) under drought stress condition. Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants Research, 34(6): 949-962.
  - Zamani, F., Amirmia, R., Rezaei-chiyaneh, E. and Rahimi, A., 2019. The effect of bacterial biofertilizers and mycorrhizal fungi on seed yield and chemical composition of essential oil of three fennel landrace. Journal of Crops Improvement, 20(4): 831-848.
  - extracts. Journal of the Science of Food and Agriculture, 91(9): 1554-1560.
  - Shokrani, F., Pirzad, A., Zardoshti, M.R. and Darvishzadeh, R., 2012. Effect of biological nitrogen on the yield of dried flower and essential oil of *Calendula officinalis* L. under end season water deficit condition. International Research Journal of Applied and Basic Science, 3(1): 24-34.
  - Singh, J.S., Pandey, V.C. and Singh, D.P., 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. Agriculture, Ecosystems & Environment, 140(3-4): 339-353.
  - Singh, R., Shushni, M.A. and Belkheir, A., 2015. Antibacterial and antioxidant activities of *Mentha piperita* L. Arabian Journal of Chemistry, 8(3): 322-328.
  - Tahami, M.K., Jahan, M., Khalilzadeh, H. and Mehdizadeh, M., 2017. Plant growth promoting rhizobacteria in an ecological cropping system: a study on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil production. Industrial Crops & Products, 107(15): 97-104.
  - Tarang, E., Ramroudi, M., Galavi, M., Dahmardeh, M. and Mohajeri, F., 2013. Evaluation grain yield and quality of corn (Maxima Cv) in responses to Nitroxin biofertilizer and chemical fertilizers.

## Effects of biofertilizers and zinc sulfate on some morphological and yield characteristics of *Satureja hortensis* L.

Y. Nasiri<sup>1\*</sup>, F. Shekari<sup>2</sup> and M. Asadi<sup>3</sup>

1\*- Corresponding author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran, E-mail: ysf\_nasiri@yahoo.com

2- Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

3 Ph.D. student, Crop Ecology, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

Received: December 2019

Revised: May 2020

Accepted: June 2020

### Abstract

To study the effect of biofertilizers and zinc sulfate on some morphological and yield characteristics of summer savory (*Satureja hortensis* L.), an experiment was conducted as a factorial in a randomized complete block design with three replications in the research farm of the Faculty of Agriculture, Maragheh University in 2013. Treatments included biofertilizers (1: no inoculation (control), seeds inoculated with 2: Nitroxin and 3: Super Nitro Plus) and foliar spray of plants with zinc sulfate (the concentration of 0, 2.5 and 5 per thousand). The results showed that the effect of biofertilizers and zinc sulfate on the number of branches per plant, flowering shoots dry weight per plant, wet and dry weight of aerial parts at 50% flowering stage, biological yield and essential oil yield was significant. The highest values of these traits were obtained in Super Nitro Plus and Nitroxin inoculation treatments, respectively. Plant height was also increased by applying zinc sulfate at concentrations of 2.5 and 5 per thousand compared to the control. Stem diameter reached to the maximum value under Super Nitro Plus + zinc sulfate foliar spray at a concentration of 2.5 per thousand and Nitroxin + zinc sulfate foliar spray at a concentration of 5 per thousand treatments. The treatments of zinc sulfate at a concentration of 5 per thousand + Super Nitro Plus and zinc sulfate at a concentrations of 2.5 and 5 per thousand + Nitroxin with the highest percentage of essential oil, increased the amount of summer savory essential oil by 34.5% compared to the control. In summary, the results of this study showed that Super Nitro Plus, Nitroxin, and zinc sulfate can be used to promote plant growth and increase the essential oil of summer savory.

**Keywords:** *Satureja hortensis* L., nitroxin, super nitro plus, zinc, yield, essential oils.