نشریه حفاظت منابع آب و خاک، سال یازدهم، شماره یک، پاییز ۱۴۰۰
10.30495/WSRCJ.2021.18543
ISSN 2251-7480

ارزیابی اثرات برخی کودهای زیستی بر جذب عناصر غذایی و عملکرد اسانس در گیاه زرین گیاه (*Dracocephalum kotschyi Boiss*) در رژیم‌های رطوبتی خاک

رامین چم[۱]، سید علی ابطحی[۲*]، مجتبی جعفری نیا[۳] و جعفر یثربی[۴]

۱) دانشجوی دکتری، گروه خاکشناسی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
۲) استاد، گروه خاکشناسی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
۳) استادیار، گروه زیست شناسی، واحد مرودشت، دانشگاه آزاد اسلامی، مرودشت، ایران.
۴) استادیار، گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز، شیراز، ایران.
* ایمیل نویسنده مسئول: seyedaliabtahi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۹/۱۷ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۰۲/۱۸

چکیده:
زرین گیاه (*Dracocephalum kotschyi*) از مهم‌ترین گیاهان دارویی خانواده نعناعیان (*Lamiaceae*) است که به علت شرایط نامساعد محیطی در حال انقراض است. بنابراین، به منظور بررسی اثرات دو عامل تنش کم آبیاری در سه سطح (آبیاری تا تکمیل ۸۰،۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و کود زیستی در چهار سطح (نیتروکسین، سوپر نیتروپلاس، بیوفسفر و عدم مصرف کود زیستی) تحقیقی به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۲۰ گلدان حاوی یک نشاء) در گلخانه به صورت آزمایش گلدانی حاوی محیط کشت کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱ به اجرا درآمد. بیشترین مقدار جذب نیتروژن ریشه (۲/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیتروژن برگ (۵/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار آبیاری معمول (تیمار آبیاری تا تکمیل ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و مصرف کود زیستی سوپر نیتروپلاس مشاهده گردید. با افزایش شدت خشکی کاهش معنی‌داری در غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزم ریشه و برگ مشاهده گردید که مصرف کودهای زیستی به ویژه سوپر نیترو پلاس موجب افزایش معنی‌دار این عناصر نسبت به تیمار عدم مصرف کود زیستی (شاهد) گردید. درصد اسانس تحت تنش ملایم در مقایسه با شاهد ۵۳/۷۷ درصد افزایش نشان داد، در حالی که با تشدید تنش خشکی درصد اسانس ۴۹/۹۴ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داشت. نتایج این تحقیق حاکی از این بود که بیشترین اثر افزایشی بر درصد تولید (۱/۲۸ درصد) و عملکرد اسانس (۰/۳۲ گرم بر گیاه) زرین گیاه مربوط به تلقیح با کود زیستی سوپر نیتروپلاس و تنش خشکی ملایم بود در حالی که کشت گیاهان زرین گیاه تحت شرایط آبیاری معمول و عدم مصرف کود زیستی منجر به کمترین تولید و عملکرد اسانس در زرین گیاه گردید.

کلید واژه‌ها: باکتری‌های محرک رشد گیاه؛ ترکیبات فرار؛ تغذیه گیاه؛ تنش خشکی؛ گیاهان دارویی

مقدمه

زرین گیاه یا بادرنجبویه دنایی گیاهی چند ساله، با نام علمی (*Dracocephalum kotschyi Boiss*) و از تیره نعناییان است (رچینگر، ۱۹۸۲ و قهرمان، ۱۳۶۲). این گونه گیاهی تنها انحصاری ایران است که در رشته کوه‌های البرز و زاگرس در مناطق صخره‌ای و مرتفع با ارتفاع ۱۶۰۰ تا ۳۵۰۰ متر از سطح دریا و میزان متوسط بارش سالیانه حدود ۴۰۰ تا ۶۰۰ میلی‌متر یافت می‌شود

(اسعدی و خشنود یزدی، ۱۳۸۹ و فتاحی و همکاران، ۱۳۹۲). زرین گیاه در طب سنتی ایران برای درمان اختلالات معده، در کاهش تب، درد مفاصل و روماتیسم و به عنوان ضد التهاب و التیام دهنده زخم استفاده می‌شود. این گیاه در تقو یت سیستم ایمنی نیز نقش مهمی دارد (آزادبخت، ۱۳۷۸). مطالعات فارماکولوژیکی برخی از خواص دارویی این گیاه را از جمله تاثیرات ضد هیپرلیپیدمی، ایمن سازی، ضد انعقاد، و سیتوتوکسیک، به اثبات رسانده اند. زرین گیاه همچنین منبع مهمی از روغن‌های فرار و ترپنوئیدهای تریپانوسیلیک هست (سجادی و همکاران، ۱۹۹۸ و امیرقفران و همکاران، ۲۰۰۰ و سبحانی و همکاران، ۲۰۰۲ و گلشانی و همکاران، ۲۰۰۴ و جهانیانی و همکاران، ۲۰۰۵). تنش کم آبی یکی از مهم ترین عوامل محدود کننده رشد در گیاهان است که به طور تقریبی ۲۵ درصد زمین‌های جهان را محدود می‌کند و عملکرد محصول را به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک کاهش می‌دهد. فشار ناشی از افزایش جمعیت و خشکی های پی در پی آینده به همراه رقابت بین کشاورزی و صنعت بر سر منابع آب، کشاورزی ایران را بیش از پیش دچار چالش خواهد نمود بنابراین اندیشیدن تدبیر برای القاء مقاوت گیاه می تواند راهکاری مناسب برای افزایش تولیدات کشاورزی با وجود منابع آبی محدود به حساب آید (کافی و همکاران، ۲۰۰۹ و کریمی و همکاران، ۲۰۰۶ و خان و همکاران، ۲۰۱۰). اسانس‌ها به طور کلی از مهم‌ترین مواد موثره موجود در گیاهان دارویی هستند که می‌توانند تحت تاثیر فرایندهای اصلی متابولیسم گیاه تحت شرایط تنش خشکی قرار گیرند (امید بیگی ۱۳۸۴). علیرغم مواجهه بخش بزرگی از مناطق موجود در ایران با محدودیت جدی منابع آبی، تحقیقات انجام شده بر روی گیاهان دارویی در شرایط تنش خشکی بسیار محدود است (خراسانی نژاد و همکاران، ۱۳۹۴). نقش دفاعی متابولیت-های ثانویه با تنظیم فشار اسمزی در سلول‌ها در مقابله با تنش (خشکی) در همه گیاهان دارویی به اثبات رسیده است (دلاتور- هررا و همکاران، ۲۰۱۰). با این وجود، عملکرد تاثیر خشکی بر رشد، عملکرد و متابولیت‌های ثانویه در همه گیاهان دارویی یکسان نیست. گزارش‌های متعدد نشان دهنده افزایش چشم‌گیر متابولیت‌های ثانویه تحت شرایط تنش هست (حسنی و همکاران، ۲۰۰۴ و خالید، ۲۰۰۶ و پتروپلوس و همکاران، ۲۰۰۸). باکتری-های موجود در خاک زیاد هستند ولی برخی از آنها دارای اهمیت بیشتری برای گیاهان هستند. باکتری‌های محرک رشد به علت نقش مهمی که در چرخه عناصر دارند مورد توجه واقع هستند. و مهم‌ترین آنها به شرح زیر هستند (امتیازی، ۱۳۸۶ و جهان و نصیری محلاتی، ۱۳۹۱). با افزایش مصرف گیاهان دارویی، حفظ این گیاهان در طبیعت و جلوگیری از انقراض آنها یکی از مهم‌ترین نکاتی است که باید مورد توجه قرار گیرد، چون برداشت متداوم این گیاهان در طبیعت باعث نابودی ذخایر ژنتیکی این گونه‌ها خواهد گردید (فخر طباطبایی، ۱۳۷۴ و امیدبیگی، ۱۳۸۴). یکی از راه‌های حفظ این ذخایر ژنتیکی ارزشمند، کشت انبوه آنها می باشد که لازم است ضمن حفظ استعدادهای اصیل ژنتیکی آنها، با بهینه‌سازی مراقبت‌های کشت و کار و عوامل اکولوژیکی موثر و سازگار با طبیعت میزان عملکرد و مواد موثره آنها افزایش یابد (فخر طباطبایی، ۱۳۷۴). در خصوص واکنش گیاهان دارویی به کودهای بیولوژیک اطلاعات کافی موجود نیست، با این حال حتی در صورتی‌که عملکرد این گیاهان با کودهای بیولوژیک پایین‌تر از کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده‌های بیولوژیک برای تولید فراورده‌های دارویی سالم توصیه می‌گردد (جهان و نصیری محلاتی، ۱۳۹۱). مطالعه در خصوص باکتری‌هایی که در خاک اطراف ریشه گیاهان دارویی تجمع دارند به خاطر تاثیری که بر رشد و تولید اسانس و بهبود کیفیت تولیدات آنها دارند از اهمیت بسیار زیادی برخوردار است (بافانا و لوهیا، ۲۰۱۳).

از آنجا که هدف جهانی در تولید گیاهان دارویی به سمت بهبود کیفیت، کمیت ماده موثره است، به نظر می‌رسد که تغذیه سالم این گیاهان از طریق کاربرد کودهای زیستی دارای تطابق بیشتری با اهداف تولید گیاهان دارویی داشته باشد. از طرف دیگر استفاده از کودهای زیستی به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی و افزایش عملکرد گیاهان یک مسئله مهم برای حرکت به سمت کشاورزی پایدار خواهد بود که تحت تنش آب میتواند از اهمیت مضاعفی برخوردار باشد. بنابراین، هدف این پژوهش بررسی تاثیر کاربرد کودهای زیستی بر میزان جذب عناصر غذایی از خاک و همچنین عملکرد اسانس زرین گیاه در شرایط تنش کمبود آب است.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۸ در استان فارس (شهرستان شیراز، بخش ارژن) در گلخانه خان زنیان ۳۰ کیلومتری جنوب غربی شیراز با تاثیر کودهای زیستی بر میزان جذب عناصر غذایی و عملکرد اسانس نشاء زرین گیاه تحت تاثیر رژیم‌های کم آبی اجرا گردید. اثرات دو عامل تنش کم آبیاری (در سه سطح) و کود زیستی (در چهار سطح) به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۳ تکرار (هر تکرار شامل ۲۰ گلدان حاوی یک نشاء) در گلخانه به صورت آزمایش گلدانی حاوی محیط کشت کوکوپیت و پرلیت به نسبت ۱:۱ مورد بررسی قرار گرفت. نشاءهای حاصل از بذور جوانه زده ابتدا به گلدان‌های حاوی کوکوپیت و پرلایت به نسبت ۱:۱ انتقال پیدا کردند و برای رشد و استقرار کافی به مدت ۳۰ روز با محلول هوگلند به فاصله هر ۳ روز آبیاری گردیدند و پس از طی ۳۰ روز دیگر ابتدا نشاءهای ۶۰ روزه به شرح زیر با کودهای زیستی تلقیح شدند و به مدت ۴۵ روز در معرض تنش خشکی قرار گرفتند. تلقیح، نشاءهای جوانه زده ۶۰ روزه که از هر تیمار بدست آمده‌اند، دوباره توسط همان باکتری‌ها تلقیح گردیدند. به این ترتیب که، ریشه‌های نشاءها به مدت ۳۰ دقیقه در ۲۰ میلی لیتر از سوسپانسیون باکتری‌ها با غلظت $۱۰^{۸}$ (CFU/ml) غوطه ور شدند و سپس در داخل گلدان-های حاوی پیت ماس و پرلیت به نسبت ۱:۱ انتقال یافتند. این نهال‌ها به مدت ۴۵ روز بر اساس تحقیق شیرانی بیدآبادی و شریفی (۲۰۲۰) در زرین گیاه، با توجه به اعمال تیمار تنش آبی شامل آبیاری تا تکمیل ۸۰ (شاهد)، ۶۰ (خشکی متوسط) و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای (خشکی شدید)، توسط محلول هوگلند آبیاری شدند. آبیاری گلدان‌ها با استفاده از محلول غذایی هوگلند با اعمال رژیم‌های آبیاری شامل آبیاری تا تکمیل ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت زراعی و تیمارهای کودهای زیستی شامل: الف- کودهای زیستی نیتروکسین (حاوی باکتری-های تثبیت کننده نیتروژن از جنس (*Azotobacter chorococum*) و (*Azospirillum lipoferoum*) و باکتری حل کننده فسفات از جنس (*Pseudomonas sp*) با $۱۰^{۸}$ سلول زنده در هر میلی‌لیتر) ب- کود زیستی سوپر نیتروپلاس (شامل مجموعه‌ای از گونه‌های مختلف باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، باکتری‌های کنترل کننده عوامل بیماری‌زای خاکزی (*Bacillus subtilis*) و باکتری-های محرک رشد شامل (*Azospirillum spp*) و (*Pseudomonas fluorescens*) با $۱۰^{۸}$ سلول زنده در هر میلی‌لیتر)، ج- بیوفسفر (شامل دو نوع باکتری حل کننده فسفر از گونه‌های (*Bacillus lentus*) و(*Pseudomonas putida*) با $۱۰^{۸}$ سلول زنده در هر میلی‌لیتر) و ۴- عدم تلقیح با کود زیستی به عنوان شاهد استفاده گردید. در این آزمایش تیمارهایی که شامل آبیاری تا تکمیل ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای و بدون کود زیستی بودند به عنوان تیمار شاهد در نظر گرفته شدند.

برای اعمال تنش خشکی و مقدار آب داده شده برای هر تیمار از روش وزنی مطابق (داوری نژاد و همکاران، ۱۳۹۴) (با استفاده از ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم) استفاده گردید، به این صورت که: ابتدا نمونه محیط

کاشت شامل پرلیت و کوکوپیت، جهت تعیین نقطه پژمردگی دایم (PWP) به آزمایشگاه انتقال یافت و توسط دستگاه صفحات فشاری (با تنظیم فشار بر روی ۱۵ بار) مقدار نقطه پژمردگی دایم(PWP) ، اندازه گیری گردید. سپس جهت تعیین ظرفیت زراعی(FC) ، پس از ثبت وزن گلدان حاوی پرلیت و پیت ماس خشک، ابتدا آب به صورت تدریجی به گلدان حاوی کوکوپیت و پرلایت خشک اضافه گردید، سپس اجازه داده شد تا آب ثقلی از گلدان‌ها خارج گردد.

وزن خاک مورد استفاده ۱۰ کیلوگرم بود که پس از به دست آمدن مقادیر رطوبت وزنی خاک در F.C و PWP که در این تحقیق به ترتیب ۰/۲۹ و ۰/۰۸۱ بود، به منظور تعیین مقدار آب داده شده به هرکدام از تیمارهای آزمایشی، به صورت زیر عمل گردید:

وزن خاک × (Wf.c – Wp.wp)

(۰/۲۹ – ۰/۰۸۱) × (۱۰ kg) = ۲/۰۹ kg

بنابر این میزان آب قابل دسترس در حالت ۱۰۰ درصد ظرفیت مزرعه برابر ۲/۰۹ کیلوگرم معادل ۲/۰۹ لیتر به دست آمد. که در نهایت حجم مورد نیاز آب آبیاری برای هر یک از تیمارهای ۸۰، ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعع به ترتیب ۱/۶۷، ۱/۲۵ و ۰/۸۴ لیتر به دست آمد. توزین گلدان¬ها نیز هر دو روز یکبار انجام شد. با توجه به این که کشت نشاءها به صورت بدون خاک انجام گردید، پس از شروع آزمایش، اعمال تیمار تنش آبی، با جایگزین کردن آب معمولی توسط محلول هوگلند صورت گرفت. در این تحقیق هیچ نوع کود شیمیایی، علف‌کش، آفت‌کش و یا قارچ‌کش استفاده نشد. در انتهای ۴۵ روز میزان عناصر جذب شده توسط گیاه در تیمارهای مختلف اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری عناصر کلسیم، منیزیم، پتاسیم، آهن، روی و منگنز از هر نمونه ساقه و ریشه، حدود نیم‌گرم در داخل ظروف خاصی ریخته و سپس مقدار ۳۰ میلی لیتر اسید نیتریک ۴ نرمال به نمونه‌ها افزوده می‌شود و به مدت ۲ ساعت در حمام آب گرم با دمای ۸۰ درجه سلسیوس قرار گرفت تا عصاره‌گیری به طور مناسب انجام گیرد. مواد هضم شده به کمک کاغذ صافی واتمن ۴۲ (ضد خاکستر) صاف شده و سپس ظروف حاوی ساقه‌ها و ریشه‌ها به حجم ۵۰ میلی‌لیتر رسید. در این مرحله، میزان عناصر غذایی در هر نمونه به طور جداگانه توسط دستگاه طیف سنج جذب اتمی اندازه-گیری گردید (یوآن و همکاران، ۲۰۱۶) . میزان فسفر با استفاده از محلول هضم شده فوق و روش وانادات مولیبدات اندازه‌گیری گردید. در نهایت جذب کمپلکس زرد رنگ تشکیل شده به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر بر اساس بلک (۱۹۸۲) قرائت گردید. برای اندازه‌گیری نیتروژن نمونه‌های گیاهی، پس از آسیاب کردن آنها از الک ۲ میلی متری، ۲۰۰ گرم از هر نمونه جدا گردید و به روش هضم در لوله‌های مخصوص با اسید سولفوریک، اسید سالسیلیک، آب اکسیژنه و سلنیم هضم گردید و به روش تیتراسیون پس از تقطیر با استفاده از دستگاه کلدال (*Auto 1030 Analyser Techator Kejeldal*) غلظت نیتروژن کل در نمونه‌های گیاهی اندازه‌گیری گردید. میزان و بازده اسانس بر اساس روش توصیف شده فرناندز و همکاران (۲۰۱۳) اندازه‌گیری گردید. برای تعیین درصد اسانس پس از نمونه‌برداری و انتقال به آزمایشگاه اسانس-گیری، به روش تقطیر با آب با استفاده از دستگاه کلونجر میزان اسانس موجود در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد و به صورت درصد (v/w ٪) بیان گردید. حدود ۲۵ گرم از بخش هوایی خشک گیاه کاملاً خرد شد و در بالن ۱۰۰۰ میلی لیتری ریخته و به آن میزان ۶۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر اضافه گردید (آب بایستی تا دو سوم حجم بالن را اشغال کند). سپس بالن به دستگاه کلونجر متصل گردید. با حرارت دادن بالن، بخار آب تولید شده همراه با اسانسی که از اندام گیاه تبخیر می‌گردد از بالن خارج گردید و در قسمت مبرد کلونجر سرد شد و به مایع تبدیل شد که

همراه با آب، یک مخلوط دو فازی تشکیل داد و فاز بالایی شامل اسانس بود. در پایان اسانس‌گیری، فاز آبی از طریق شیری که در بخش انتهایی کلونجر تعبیه شده جدا گردید و فاز روغنی نیز درون شیشه مخصوص ریخته شد. عملکرد اسانس از حاصل ضرب میزان اسانس گیاهان در وزن خشک مربوطه محاسبه و بر اساس گرم در بوته ($g\ plant^{-1}$) بیان گردید.

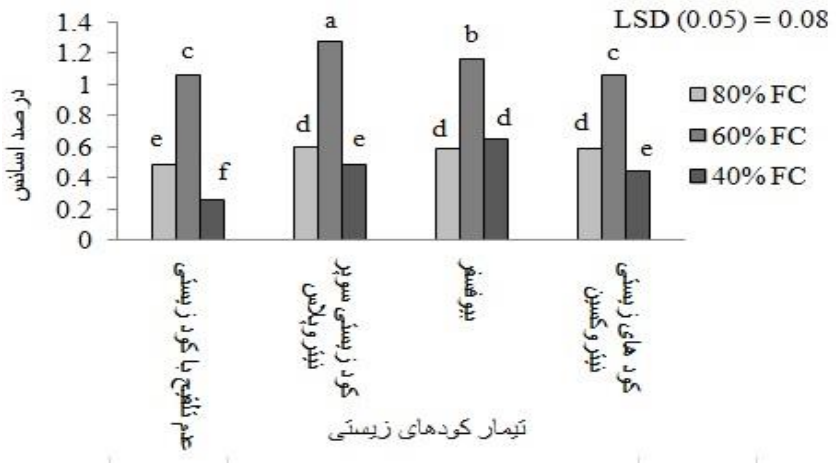
تجزیه واریانس داده‌های مربوط به کلیه صفات به کمک نرم افزارهای SAS 9.2 و MSTAT-C انجام گرفت و مقایسه میانگین بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد برآورد گردید. برای رسم نمودارها و انجام محاسبات جبری نیز از نرم افزار اکسل (نسخه ۲۰۱۳) استفاده شد.

نتایج و بحث

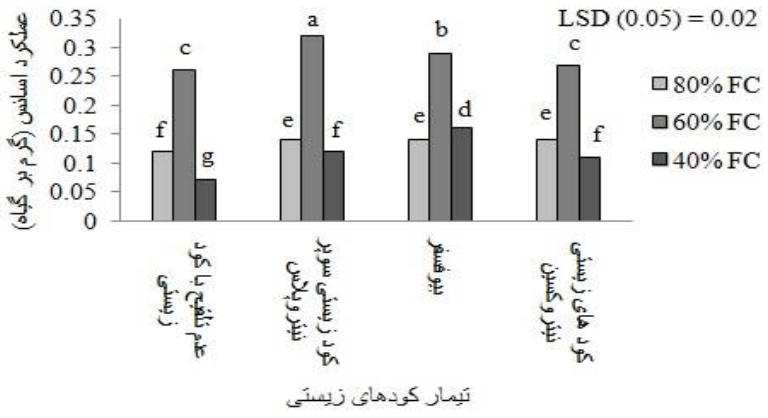
حجم آب آبیاری در این آزمایش در تیمار ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه ۱/۶۷ لیتر، در تیمار ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه ۱/۲۵ و در تیمار ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه ۰/۸ لیتر به دست آمد. درصد اسانس در گیاه زرین گیاه تحت تنش معمولی و شدید اثر برهمکنش تنش کم آبی و کود زیستی نشان داد که بیشترین درصد (۱/۲۸) و عملکرد (۰/۳۲ گرم بر گیاه) اسانس از تیمار آبیاری تا تکمیل ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای (خشکی متوسط) با کاربرد کود زیستی سوپر نیترو پلاس و کمترین آن از تیمار آبیاری معمولی با عدم مصرف کود زیستی به دست آمد (شکل ۱).

کودهای زیستی بر درصد اسانس گیاه زرین گیاه. گروه‌بندی‌های انجام شده در ستون‌های شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد و حروف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در میانگین‌ها است.

تحت شرایط تنش تولید اسانس در گیاهان دارویی افزایش می‌یابد، در این صورت با افزایش اسانس‌ها از از اکسیداسیون سلول‌ها نیز جلوگیری می‌گردد (خاتمی و همکاران، ۱۳۹۷). درصد اسانس تحت تنش ملایم در مقایسه با شاهد ۵۳/۷۷ درصد افزایش نشان داد، در حالی که با تشدید تنش خشکی درصد اسانس ۴۹/۹۴ درصد در مقایسه با شاهد کاهش داشت (شکل ۱). در این تحقیق علیرغم کاهش سطح برگ در زرین گیاه تحت تاثیر تنش خشکی، درصد اسانس افزایش معنی‌داری داشت که این افزایش را می‌توان به زیادتر شدن تعداد غده‌های مترشحه روی برگ‌ها نسبت داد (رامرودی و همکاران، ۲۰۱۷). رامرودی و همکاران (۲۰۱۷) نیز به ارتباط معکوس بین



شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم‌های آبیاری



شکل ۲. مقایسه میانگین اثرات متقابل رژیم‌های آبیاری

سطح برگ و میزان تولید اسانس در گیاه دارویی بادرشبو تحت تاثیر تنش خشکی اشاره کرده‌اند که با نتایج این مطالعه همسو است. تجمع مواد آلی توسط باکتری‌ها در خاک باعث افزایش توسعه ریشه و دسترسی بیش تر به عناصر غذایی می‌گردد، به‌طوری‌که این شرایط سبب افزایش عملکرد اسانس در گیاهان دارویی می‌گردد (خاتمی و همکاران، ۱۳۹۷). نتایج تحقیق حاضر همچنین نشان داد که استفاده از کود زیستی بیوفسفر پس از کود زیستی سوپرنیتروپلاس در گیاهان رشد یافته تحت تاثیر تنش ملایم خشکی (تیمار آبیاری تا تکمیل ۶۰ درصد ظرفیت مزرعه ای) بالاترین درصد اسانس و عملکرد اسانس را دارا بودند (شکل‌های ۱ و ۲). کاربرد کودهای زیستی سوپر نیتروپلاس و بیوفسفر، از طریق کمک به جذب بیشتر فسفر و نیتروژن که از اجزاء تشکیل دهنده اسانس‌ها هستند، سبب افزایش درصد و عملکرد اسانس در گیاه می‌گردند (مفاخری و همکاران، ۱۳۹۶).

کودهای زیستی بر عملکرد اسانس گیاه زرین گیاه. گروه‌بندی‌های انجام شده در ستون‌های شکل بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد می‌باشد و حروف متفاوت نشان دهنده اختلاف معنی‌دار در میانگین‌ها است.

فعالیت باکتری‌های محرک رشد موجود در اطراف ریشه گیاهان باعث بالا بردن قابلیت تحریک کنندگی عناصر در گیاه می‌گردند و از این طریق درصد اسانس را افزایش می‌دهند (درزی و حاج سید هادی، ۲۰۱۶). نتایج حاصل از مطالعات انجام گرفته توسط اصغری و همکاران (۲۰۱۶) در به لیمو و دهدشتی‌زاده و آرویی (۲۰۰۹) روی فلفل نیز با یافته‌های این تحقیق در خصوص تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد بر افزایش اسانس همسو است. همچنین عبدالجلیل و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیقی بر روی گیاه پروانش گزارش کردند که حضور باکتری‌های محرک رشد سبب افزایش بیوماس و میزان اسانس در گیاه رشد یافته تحت شرایط تنش کم آبی گردید که نتایج تحقیق حاضر را بیشتر تایید می‌کند. گزارش‌های محققان (کرمی و همکاران، ۱۳۹۰) در خصوص اثر مثبت کودهای زیستی بر عملکرد اسانس گیاه گاوزبان تحت تنش کمبود آب نیز با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی (تیمار آبیاری تا تکمیل ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) درصد اسانس و عملکرد اسانس در گیاه به طور معنی‌داری کاهش نشان داد (شکل‌های ۱ و ۲). در تنش‌های بسیار شدید، گیاه مواد حاصل از فتوسنتز را بیشتر صرف تولید ترکیبات تنظیم کننده اسمزی مانند پرولین و ترکیبات قندی می‌کند تا بتواند پتانسیل آب سلول خود را کاهش دهد. این ترکیبات برای گیاه هزینه‌بر است و گیاه این هزینه را با

کاهش عملکرد اسانس جبران می‌کند (مونس، ۱۹۹۳). در یک تحقیق روی زیره سبز (ربه یی و همکاران، ۲۰۱۲) مشخص شد که گیاهان تحت تنش متوسط نسبت به تیمار بدون تنش (شاهد) و تنش شدید از درصد اسانس بیشتری برخوردار بودند که با نتایج این تحقیق مطابقت دارد. در مطالعه حاضر، عملکرد اسانس روند مشابهی با درصد اسانس داشت که با یافته‌های رضایی چیانه و همکاران (۱۳۹۴) در مورد گیاه زنیان همسو است. با توجه به اینکه عملکرد اسانس تابعی از درصد اسانس است، می‌توان با اعمال تنش خشکی با شدت مناسب عملکرد اسانس را به طور معنی‌داری افزایش داد. بیشترین مقدار جذب نیتروژن ریشه (۲/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیتروژن برگ (۵/۵۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار آبیاری معمول (تیمار آبیاری تا تکمیل ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و مصرف کود زیستی سوپر نیتروپلاس مشاهده گردید (جدول ۱). این افزایش جذب نیتروژن در ریشه و برگ در سوپر نیتروپلاس تفاوت معنی‌داری با کود زیستی نیتروکسین نداشت (جدول ۱). باکتری‌های محرک رشد گیاهی موجود در کودهای زیستی علاوه بر تثبیت نیتروژن در محیط ریشه گیاه، با ساخت و ترشح مقداری مواد بیولوژیکی فعال مانند انواع ویتامین‌ها و هورمون‌های گیاهی سبب رشد بیشتر ریشه و در نهایت افزایش جذب آب و عناصر غذایی می‌گردند که با بهبود رشد و عملکرد گیاه همراه است. از طرفی انتقال نیتروژن از ریشه به اندام هوایی تحت کنترل هورمون‌های گیاهی است و به وسیله سایتوکنین تسریع می‌گردد (فلورس و همکاران، ۲۰۰۵). گزارش شده است که سایتوکنین در اثر فعالیت برخی از باکتری‌های محرک رشد افزایش می‌یابد (فلورس و همکاران، ۲۰۰۵). نتایج تحقیق حاضر نشان داد که با افزایش شدت تنش خشکی، میزان جذب نیتروژن ریشه و برگ کاهش معنی‌داری نشان داد، به‌طوری‌که کم‌ترین میزان نیتروژن ریشه (۰/۵۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و نیتروژن برگ (۱/۴۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری تا تکمیل ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و عدم مصرف کود زیستی مشاهده شد (جدول ۱).

تحت شرایط تنش خشکی متوسط و شدید (آبیاری تا تکمیل ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) با مصرف کودهای زیستی سوپر نیتروپلاس و نیتروکسین، میزان نیتروژن ریشه و برگ زرین گیاه نسبت به تیمار عدم مصرف کود زیستی افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱). رحیم زاده و همکاران، (۱۳۹۲) در یک گزارش همسو بیان کردند که استفاده از کودهای زیستی نیتروکسین در بادرشبو منجر به جذب بیشتر نیتروژن گردید که نتایج تحقیق حاضر را بیشتر تایید می‌کند. باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن، نیتروژن قابل جذب گیاه را افزایش می‌دهد که نتیجه آن افزایش غلظت نیتروژن در گیاه است (راویا و همکاران، ۲۰۰۶). گزارش‌های دیگر نیز حاکی از تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد در کود-های زیستی بود که باعث افزایش جذب نیتروژن و سایر عناصر پر مصرف در گیاه گردید (عبدالعزیز و همکاران، ۲۰۰۷) که با نتایج این مطالعه مطابقت داشت.

بیشترین مقدار جذب فسفر ریشه (۰/۳۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و فسفر برگ (۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار آبیاری معمول (تیمار آبیاری تا تکمیل ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه ای) و مصرف کود زیستی بیوفسفر مشاهده گردید (جدول ۱). با افزایش شدت تنش خشکی، میزان جذب فسفر ریشه و برگ کاهش معنی‌داری نشان داد، به-طوری‌که کم‌ترین میزان فسفر ریشه (۰/۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و فسفر برگ (۰/۰۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار تنش خشکی شدید (آبیاری تا تکمیل ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) و عدم مصرف کود زیستی مشاهده شد (جدول ۱). تحت شرایط تنش خشکی متوسط و شدید (آبیاری تا تکمیل ۶۰ و ۴۰ درصد ظرفیت مزرعه مزرعه-ای) با مصرف کودهای زیستی بیوفسفر، میزان فسفر ریشه

و برگ زرین گیاه نسبت به تیمار عدم مصرف کود زیستی افزایش معنی‌داری را نشان داد (جدول ۱).

افزایش غلظت فسفر در تیمارهای باکتریایی و قارچی را می‌توان به تولید اسیدهای معدنی (اسید کربنیک و اسید سولفوریک)، اسیدهای آلی (اگزالیک، سیتریک و لاکتیک) و تولید آنزیم‌های فسفاتاز و در نتیجه انحلال فسفات‌های آلی و معدنی نسبت داد (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۹۲). (لیو و همکاران، ۲۰۰۷) گزارش کردند که میزان فسفر گیاه شیرین بیان در تیمار با باکتری‌های محرک رشد گیاهی در اثر همزیستی با مایکروارگانیسم‌های مفید افزایش یافت. کاهش جزیی اسیدیته خاک، به ویژه در خاک‌های آهکی، توسط باکتری‌های محرک رشد اطراف ریشه باعث حلالیت بیشتر فسفر و تسهیل در جذب آن توسط گیاه می گردد (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

جدول ۱. مقایسه میانگین‌های مربوط به تاثیر کودهای زیستی بر جذب غذایی در رزین گیاه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

رژیم آبیاری	تیمار کود زیستی	عناصر پر مصرف موجود در برگ (مقادیر بر حسب درصد وزنی) نیتروژن	فسفر	پتاسیم	کلسیم	منیزیم
	عدم تلقیح با کود زیستی	۴/۱۳ b	۰/۰۷ e	۰/۶۸ c	۰/۰۹ abc	۰/۱۵ d
80	کود زیستی سوپر ویتروویلاس	۵/۵۷ a	۰/۰۹ cd	۰/۹۰ a	۰/۱۳ ab	۰/۵۳ a
	بیوفسفر	۴/۱۳ b	۰/۲ a	۰/۶۸ c	۰/۱۱ abc	۰/۳۱ c
	کودهای زیستی ویتروکسین	۵/۲۸ a	۰/۰۹ cd	۰/۷۷ b	۰/۰۴ bc	۰/۳۲ c
	عدم تلقیح با کود زیستی	۲/۲۵ d	۰/۰۵ f	۰/۳۶ ef	۰/۰۹ abc	۰/۰۹ ef
60	کود زیستی سوپر ویتروویلاس	۴/۰۳ b	۰/۰۸ de	۰/۶۷ c	۰/۰۷ abc	۰/۳۹ b
	بیوفسفر	۲/۳۷ d	۰/۱۲ b	۰/۴۰ e	۰/۰۸ abc	۰/۱۳ de
	کودهای زیستی ویتروکسین	۳/۸۹ b	۰/۰۷ e	۰/۵۰ d	۰/۰۱ c	۰/۳۱ c
	عدم تلقیح با کود زیستی	۱/۴۳ e	۰/۰۲ g	۰/۰۹ h	۰/۰۶ abc	۰/۰۴ f
40	کود زیستی سوپر ویتروویلاس	۳/۱۱ c	۰/۰۵ f	۰/۳۳ f	۰/۱۶ a	۰/۰۶ f
	بیوفسفر	۱/۳۷ e	۰/۱ c	۰/۲۰ g	۰/۰۵ abc	۰/۰۸ ef
	کودهای زیستی ویتروکسین	۳/۰۱ c	۰/۰۴ f	۰/۲۳ g	۰/۰۴ bc	۰/۰۴ f
	LSD (۰.۰۵)	۰/۲۹	۰/۰۱	۰/۰۵	۰/۱۲	۰/۰۵
		عناصر پر مصرف موجود در ریشه (مقادیر بر حسب درصد وزنی)				
	عدم تلقیح با کود زیستی	۱/۱۲ bc	۰/۱۸ d	۰/۲۶ b	۰/۰۴ b	۰/۰۶ c
۸۰	کود زیستی سوپر ویتروویلاس	۲/۰۲ a	۰/۲۵ c	۰/۳۹ a	۰/۰۶ ab	۰/۱۱ a
	بیوفسفر	۱/۱۵ bc	۰/۳۶ a	۰/۲۹ b	۰/۰۶ ab	۰/۰۹ b
	کودهای زیستی ویتروکسین	۱/۹۲ a	۰/۱۹ d	۰/۳۶ a	۰/۰۴ b	۰/۱ ab
	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۸۴ d	۰/۱۲ gh	۰/۱۲ d	۰/۰۵ b	۰/۰۲ e
60	کود زیستی سوپر ویتروویلاس	۱/۳۲ b	۰/۱۷ de	۰/۲۹ b	۰/۱۵ a	۰/۱ ab
	بیوفسفر	۰/۹۸ cd	۰/۳۰ b	۰/۱۹ c	۰/۰۴ b	۰/۰۴ d
	کودهای زیستی ویتروکسین	۱/۱۵ bc	۰/۱۵ ef	۰/۲۱ c	۰/۰۱ b	۰/۰۹ b
	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۵۴ e	۰/۱۰ h	۰/۰۶ e	۰/۰۴ b	۰/۰۰۳ f
40	کود زیستی سوپر ویتروویلاس	۱/۰۱ cd	۰/۱۳ fg	۰/۱۱ d	۰/۰۲ b	۰/۰۳ de
	بیوفسفر	۰/۵۴ e	۰/۱۹ d	۰/۰۹ de	۰/۰۳ b	۰/۰۴ d
	کودهای زیستی ویتروکسین	۰/۹۴ cd	۰/۱۱ gh	۰/۰۹ de	۰/۰۲ b	۰/۰۳ de
	LSD (۰.۰۵)	۰/۲۴	۰/۰۲	۰/۰۴	۰/۰۹	۰/۰۲

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنیداری ندارند.

جدول۲. مقایسه میانگین‌های مربوط به تاثیر کودهای زیستی بر جذب عناصر غذایی در رزین گیاه تحت رژیم‌های مختلف آبیاری

رژیم آبیاری	تیمار کود زیستی	عناصر کم مصرف موجود در برگ (مقادیر بر حسب درصد وزنی)	
		آهن	منگنز
80	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۰۰۵ b	۰/۰۰۲ c
	کود زیستی سوپر ریتروپلاس	۰/۰۰۶ a	۰/۰۰۴ a
	بیوفسفر	۰/۰۰۵ b	۰/۰۰۲ c
	کودهای زیستی ریتروکسین	۰/۰۰۵ b	۰/۰۰۳ b
60	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۰۰۲ e	۰/۰۰۱ d
	کود زیستی سوپر ریتروپلاس	۰/۰۰۴ c	۰/۰۰۲ c
	بیوفسفر	۰/۰۰۲ e	۰/۰۰۱ d
	کودهای زیستی ریتروکسین	۰/۰۰۳ d	۰/۰۰۲ c
40	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۰۰۱ f	۰/۰۰۱ d
	کود زیستی سوپر ریتروپلاس	۰/۰۰۳ d	۰/۰۰۲ c
	بیوفسفر	۰/۰۰۱ f	۰/۰۰۱ d
	کودهای زیستی ریتروکسین	۰/۰۰۲ e	۰/۰۰۲ c
	LSD (0.05)	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵
	عناصر کم مصرف موجود در ریشه (مقادیر بر حسب درصد وزنی)		
80	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۱ a
	کود زیستی سوپر ریتروپلاس	۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۱ a
	بیوفسفر	۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۱ a
	کودهای زیستی ریتروکسین	۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۱ a
60	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۰۰۰۵ ab	۰/۰۰۰۵ ab
	کود زیستی سوپر ریتروپلاس	۰/۰۰۱ a	۰/۰۰۱ a
	بیوفسفر	۰/۰۰۰۵ ab	۰/۰۰۱ a
	کودهای زیستی ریتروکسین	۰/۰۰۰۵ ab	۰/۰۰۱ a
40	عدم تلقیح با کود زیستی	۰/۰۰۰۳ b	۰/۰۰۰۲ b
	کود زیستی سوپر ریتروپلاس	۰/۰۰۰۵ ab	۰/۰۰۰۵ ab
	بیوفسفر	۰/۰۰۰۳ b	۰/۰۰۰۴ b
	کودهای زیستی ریتروکسین	۰/۰۰۰۳ b	۰/۰۰۰۵ ab
	LSD ۰.۰۵	۰/۰۰۰۵	۰/۰۰۰۵

در هر ستون میانگینهای دارای حروف مشترک در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD تفاوت معنیداری ندارند.

با توجه به این که حرکت فسفر در خاک به صورت انتشار است، اختلاف گرادیان در غلظت فسفر در ناحیه اطراف ریشه حرکت فسفر را به سطح ریشه افزایش می-دهد (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از کودهای شیمیایی به ویژه در خاک‌های قلیایی موجب نثبیت و غیر قابل استفاده شدن فسفر در گیاه می‌گردد که منجر به تلفات فسفر و همچنین آلودگی خاک می‌شود. بنابراین استفاده از کودهای زیستی از طریق رهاسازی مدام فسفر، باعث تسهیل در جذب فسفر توسط گیاه می‌گردد (رحیم زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

محفوظ و شرف الدین (۲۰۰۷) در تحقیق روی رازیانه گزارش کردند که بیشترین درصد فسفر در تیمار مصرف کودهای زیستی صورت گرفت که نتایج تحقیق حاضر را بیشتر تایید می‌کند. بیشترین میزان پتاسیم برگ و ریشه (۰/۹ و ۰/۳۹ میلی گرم بر کیلوگرم)، کلسیم برگ و ریشه (۰/۱۳ و ۰/۰۶ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و منیزم برگ و ریشه (۰/۵۳ و ۰/۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) از تیمار کود

زیستی سوپر نیتروپلاس بر گیاهان رشد یافته تحت شرایط آبیاری معمول به دست آمد (جدول ۱).

تحت شرایط خشکی شدید (تیمار آبیاری تا تکمیل ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه ای) و عدم مصرف کود زیستی میزان این سه عنصر نسبت به سایر تیمارها کمتر بود. با افزایش شدت خشکی کاهش معنی‌داری در غلظت پتاسیم، کلسیم و منیزم ریشه و برگ مشاهده گردید که مصرف کودهای زیستی به ویژه سوپر نیتروپلاس موجب افزایش معنی‌دار این عناصر نسبت به تیمار عدم مصرف کود زیستی گردید (جدول ۱).

عنصر غذایی پتاسیم، تنها به صورت محلولی و تبادلی قابل استفاده گیاه است. بنابراین، جهت فراهم آوردن پتاسیم مورد نیاز گیاه، این عنصر بایستی از فرم‌های تثبیت شده و معدنی به صورت تبادلی و محلول تبدیل گردد (هابی و همکاران، ۱۹۹۰). ریز جانداران موجود در اطراف ریشه شامل باکتری‌های محرک رشد گیاه سیلیکات‌ها را تجزیه و عناصری از قبیل پتاسیم، فسفر، آهن، روی و سیلیسیم را آزاد می‌کنند (شادی و همکاران، ۱۹۸۴). بر این اساس نتایج حاصل از این تحقیق نشان می دهد که باکتری‌های محرک رشد موجود در کودهای زیستی از طریق تجزیه سیلیکات‌ها و انحلال کانی‌ها سبب آزادسازی پتاسیم و در نتیجه افزایش میزان پتاسیم در گیاه و اندام هوایی آن می‌گردند. افزایش جذب منیزیم و کلسیم را نیز می‌توان به نقش باکتری‌های محرک رشد به توسعه بیشتر ریشه‌ها و متعاقب آن جذب بهتر این عناصر توسط گیاه نسبت داد. نتایج این مطالعه در خصوص تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاه بر افزایش میزان کلسیم و منیزیم با یافته‌های (یائو و همکاران، ۲۰۱۰) همسو است، به‌طوری‌که این محققین گزارش کردند تلقیح بذر پنبه با باکتری‌های محرک رشد منجر به افزایش جذب کلسیم و منیزم گردید. (محمود زاده و همکاران، ۱۳۹۴) نیز گزارش کردند که مصرف باکتری‌های محرک رشد اطراف ریشه گیاهان سبب افزایش جذب عناصر غذایی پتاسیم، کلسیم و منیزیم گردید که نتایج تحقیق حاضر را بیشتر تایید می‌کند. جذب بیشتر پتاسیم در تیمار کودهای زیستی را می‌توان به رشد و گسترش بیشتر ریشه نسبت داد (شاهویی، ۱۳۸۵). باکتری‌های محرک رشد گیاه قادرند نیروی محرکه لازم برای جذب یون‌ها را فراهم آورند، از طرفی این باکتری‌های محرک رشد با فعالیت خود باعث نرم تر شدن سلول‌های اپیدرم پوست ریشه می‌شوند و با ایجاد یک حالت اسفنجی در بافت ریشه، باعث تسهیل در جذب املاح می‌گردند (داس و همکاران، ۲۰۰۸). نتایج این تحقیق با یافته‌های (داس و همکاران، ۲۰۰۸) روی گیاه دارویی استویا مطابقت داشت. آنها گزارش کردند که تلقیح گیاه با باکتری‌های محرک رشد، میزان تجمع عناصر معدنی، به ویژه پتاسیم را توسط گیاه افزایش داد. درحالی‌که تفاوت معنی‌داری بین کودهای زیستی و تیمار عدم مصرف کود زیستی از لحاظ غلظت آهن ریشه وجود نداشت، بیشترین غلظت آهن برگ به گیاهان زرین گیاه تیمار شده با کود زیستی نیتروپلاس تحت شرایط آبیاری معمول تعلق داشت (جدول ۲). به‌هرحال با افزایش یافتن شدت تنش خشکی میزان آهن برگ و ریشه کاهش معنی-داری نشان داد و استفاده از کودهای زیستی به ویژه نیتروکسین و سوپر نیتروپلاس تحت هر دو شرایط خشکی متوسط و شدید باعث افزایش معنی‌دار آهن برگ و ریشه گردید (جدول ۲). نتایج این تحقیق به طور جالبی نشان داد که مصرف کودهای بیوفسفر که میزان فسفر قابل جذب گیاه را افزایش می‌دهد کمتر از سایر کودهای زیستی موجب افزایش آهن جذب شده توسط گیاه گردید (جداول ۱ و ۲). یکی از دلایل کاهش توانایی گیاه در استفاده از آهن خاک، به غلظت بالای برخی از عناصر غذایی از قبیل فسفر نسبت داده می‌شود (لاولی، ۱۹۹۶) بنابراین توانایی کمتر کودهای زیستی بیوفسفر را در افزایش دادن آهن قابل جذب توسط گیاه نسبت به سایر کودهای زیستی ممکن است به دلیل افزایش دادن غلظت فسفر قابل جذب ریشه باشد. (اسری و همکاران، ۲۰۰۸)

در مطالعه بر روی درخت انار، گزارش کردند که تلقیح این گیاه با باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن (کود زیستی نیتروکسین) سبب افزایش جذب آهن توسط گیاه گردید که با نتایج بدست آمده از این تحقیق مطابقت دارد. باکتری‌های موجود در کود زیستی نیتروکسین با تولید هیدروژن سیانید که با آهن پیوند می‌یابد و یک کمپلکس پایدار تولید می‌کند زمینه را برای تحرک بیشتر آهن فراهم می‌کند (زامبر و همکاران، ۱۹۸۴). (بوسکوت و وارما، ۲۰۰۵) گزارش کردند که کاهش جذب آهن در کاربرد کودهای زیستی بیوفسفر نسبت به کودهای زیستی نیتروکسین به دلیل اثر رقابتی فسفر با آهن است که نتایج این تحقیق را در خصوص اثر ضعیف تر کودهای زیستی بیوفسفر بر جذب آهن در مقایسه با سایر کودهای زیستی بیشتر تایید می‌کند. مصرف کود زیستی نیتروپلاس در گیاهان زرین گیاه کشت شده تحت رژیم آبیاری معمول (تیمار آبیاری تا تکمیل ۸۰ درصد ظرفیت مزرعه‌ای) منجر به بیشترین غلظت منیزیم برگ گردید (جدول ۲). در-حالی‌که با اعمال تیمارهای خشکی متوسط و شدید مصرف کودهای زیستی مورد مطالعه تاثیر چندانی بر میزان منگنز برگ نداشت. میزان منگنز ریشه نیز تحت هیچ یک از شرایط آبیاری معمول و رژیم‌های کم آبی منجب به تغییرات معنی‌داری نگردید (جدول ۲). گزارش-های (حسنی و همکاران، ۱۳۹۴) در خصوص تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاهی در افزایش جذب عناصر غذایی پر مصرف و همچنین ریزمغذی‌هایی از قبیل آهن و منگنز توسط گیاه سیب زمینی، نتایج تحقیق حاضر را در مورد زرین گیاه بیشتر تایید می‌کند. نتایج تحقیق‌های قبلی نیز تاثیر مثبت باکتری‌های محرک رشد گیاهی را بر افزایش جذب منگنز توسط گیاهان تایید می‌کند (ریچاردسون، ۲۰۰۱ و خان و همکاران، ۲۰۰۶) که با یافته‌های این مطالعه مطابقت دارد.

نتیجه گیری

در مجموع نتایج آزمایش نشان داد که کاربرد کودهای بیولوژیک نقش مفید و موثری در بهبود تولید اسانس و توانایی جذب عناصر غذایی در زرین گیاه تحت تنش‌های خشکی دارد. نتایج این تحقیق حاکی از این بود که بیشترین اثر افزایشی بر درصد و عملکرد اسانس زرین گیاه مربوط به تلقیح با کود زیستی سوپر نیتروپلاس و تنش خشکی ملایم بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که تاثیرات مثبت کودهای زیستی به ویژه کود زیستی سوپر نیترو پلاس و بیوفسفر در افزایش میزان اسانس زرین گیاه را می‌توان به افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، آهن و منگنز دانست. در نهایت پیشنهاد می‌گردد که این آزمایش در سطوح مختلفی از هر یک از کودهای بیولوژیک بررسی گردد تا میزان اثر بخشی این کودها در افزایش عملکرد اسانس در هر یک از سطوح تنش خشکی مشخص گردد. همچنین پیشنهاد می‌شود مکانیزم‌های دخیل در بهبود رشد زرین گیاه توسط کودهای زیستی از جمله روند جذب عناصر غذایی توسط ریشه و برگ بررسی شوند.

منابع مورد استفاده

آزادبخت، م .، ۱۳۷۸ . رده بندی گیاهان دارویی . نشر طبیب، ۴۰۰ صفحه.

امتیازی، گ. ۱۳۸۶. میکروبیولوژی خاک. انتشارات مانی، اصفهان. ۱۸۴ ص.

امید بیگی، ر. ۱۳۸۴. رهیافتهای تولید و فرآوری گیاهان دارویی. جلد اول، انتشارات فکر روز، ۲۱۵صفحه.

اسعدی، ع.م.، خشنود یزدی ا. ۱۳۸۹. بررسی خصوصیات بوم شناختی *Dracocephalum kotschy* Boiss. در مراتع شهرستان بجنورد. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶(۳): ۴۰۶– ۴۱۴.

جهان، م.، نصیری محلاتی، م. ۱۳۹۱. حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک (رهیافتی آگرواکولوژیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۲۵۰ ص.

داوری نژاد، غ.ح.، شیربانی، س.، زارعی، م. ۱۳۹۴. اثر رژیم‌های کم آبیاری روی برخی از خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی چهار رقم انجیر. نشریه علوم باغبانی. ۲۹(۴): ۵۰۱- ۵۱۷.

رحیم زاده، س.، سهرابی، ی.، حیدری، غ.ر.، عیوضی، ع.ر.، حسینی، س.م.ط. ۱۳۹۲. تاثیر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عناصر پر مصرف، کم مصرف و درصد اسانس در گیاه دارویی بادرشبو (*Dracocephalum moldavica* L.). نشریه پژوهشهای زراعی ایران ۱۱(۱): ۱۷۹-۱۹۰.

حسنی، ف.، اصغر زاده، اردکانی، م.ر.، حمیدی، آ. ۱۳۹۴. بررسی تاثیر تلقیح ریز غده سیب زمینی با باکتری‌های محرک رشد بر عملکرد و مقدار جذب عناصر غذایی. ۱۷(۴): ۹۱۱-۹۲۴.

خاتمی، م.، رمرودی، م.، گلوی، م. ۱۳۹۷. اثر کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفره بر عملکرد گل، درصد اسانس و تنظیم کننده‌های اسمزی در گیاه دارویی بابونه در واکنش به تنش کم آبی. نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی. ۲۵(۴): ۱۱۹- ۱۳۲.

خراسانی نژاد، س.، سلطانلو، ح.، رمضان پور، س.س.، هادیان، ج.، آتشی، ص. ۱۳۹۴. اثر تنش خشکی روی برخی از خصوصیات مورفولوژیکی، کمیت و کیفیت اسانس در اسطوخودوس. به زراعی کشاورزی ۱۷(۴): ۹۷۹- ۹۸۸.

فتاحی، م.، ناظری، و.، سفیدکن، ف.، زمانی، ذ. ۱۳۹۲. بررسی آت اکولوژی بادرنجبویه دنایی (شناختی *Dracocephalum kotschy* Boiss) در ایران. تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۹(۲): ۳۲۵- ۳۴۲.

فخر طباطبایی، م. ۱۳۷۴. طبیعت زنده: برخورد سیستمی. شرکت سهامی انتشار، تهران. ۳۸۴ ص.

مفاخری، س.، حلاج، ر.، امینیان دهکردی، ر. ۱۳۹۶. بررسی اثر تیمارهای تغذیه ای بر برخی خصوصیات مورفولوژیکی فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی شناختی*Dracocephalum kotschy* Boiss. اکوفیتوشیمی گیاهان دارویی ۲۰(۵): ۲۰- ۳۳.

قهرمان، ا.، ۱۳۶۲ فلور ایران . مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع.

کرمی، ا.، سپهری، ع.، حمزه ئی، ج.، سلیمی، ق. ۱۳۹۰. تاثیر کودهای زیستی فسفر و نیتروژن بر صفات کمی و کیفی گیاه دارویی گاوزبان تحت تنش کمبود آب. فناوری تولیدات گیاهی ۱۱(۱): ۳۷-۵۰.

Abdelaziz, M., Pokluda, R., Abdelwahab, M. 2007. Influence of compost, microorganisms and NPK fertilizer upon growth, chemical composition and essential oil production of Rosmarinus officinalis L. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici cluy- Napoca. 35:86-90.

Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Gopi, R., Somasundaram, R., Panneerselvam, R. 2007. *Pseudomonas fluorescens* enhances biomass yield and ajmalicine production in Catharanthus roseus under water deficit stress. Colloids and Surfaces B: Biointerfaces 60: 7– 11.

Amirghofran, Z.; Azadbakht, M.; Karimi, M.H. 2000. Evaluation of the Immunomodulatory Effects of Five Herbal Plants. Journal of Ethnopharmacology 72: 167–172.

Aseri, G.K., Jain, N., Panwar, J., Rao, A.V., Meghwal, P.R. 2008. Biofertilizers improve plant growth, fruit yield, nutrition, metabolism and rhizosphere enzyme activities of Pomegranate (*Punica granatum* L.) in Indian Thar Desert. Scientia Horticulturae. 117: 130-135.

Asghari, M., Yousefirad, M., Masoumi-Zavarian, A. 2016. Effect of organic fertilizers, compost and vermicompost, on quantitative and qualitative traits in *Lippia citriodora*. Medicinal Plant Journal, 2(58): 63-71.

Bafana, A., Lohiya, R. 2013. Diversity and metabolic potential of culturable root-associated bacteria from Origanum vulgare in sub-Himalayan region. World J Microbiol Biotechnol 29:63–74.

Black, C.A. 1982. Method of soil analysis. Vol. 2, Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy, Madison, USA.

Buscot, F., Varma, A. 2005. Microorganisms in soils: Roles in genesis and functions. Springer, pp: 426.

Darzi, M.T., Haj Seyd Hadi, M.R. 2016. Effects of organic and biofertilizers on some quantitative and qualitative characters of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 32 (6): 1060-1072.

Das, K., Dang, R., Shivananda, V. 2008. Influence of biofertilizers on the availability of nutrients (N, P and K) in soil in relation to growth and yield of Stevia rebaudiana grown in South India. International Journal of Applied Research in Natural Products. 1: 20-24.

Dehdashtizade, B., Arouei, H. 2009. Study of different levels of vermicompost, phosphorous mineral elements on producing of plantlets and yield of peper. Hort Science, 40(3): 49-58.

Delatorre-herrera, J., Delfino, I., Salinas, C., Silva, H., Cardemil, L. 2010. Irrigation restriction effects on water use efficiency and osmotic adjustment in Aloe Vera plants (*Aloe barbadensis* Miller). Agric. Water Manag. 97: 1564– 1570.

Fernandes, V.F., de Almeida L.B., Feijo, E.V.S., Silva, D.C., Oliveira, R.A., Mielke M.S., Costa, L.C.B. 2013. Light intensity on growth, leaf micromorphology and essential oil production of Ocimum gratissimum. Brazilian Journal of Pharmacognosy 23(3): 419- 424.

Flores, E., Frias, J.M., Herrero, A. 2005. Photosynthetic nitrate assimilation in cyanobacteria. Photosynth. Res. 83: 117-133.

Golshani, S., Karamkhani, F., monsef esfehani, H.R. and Abdollahi, M. 2004. Antinociptive effects of the essential oil of *Dracocephalum kotschyi* in the mouse writhing test. Journal of Pharmaceutical Sciences, 7(1): 76-79.

Haby, V.A., Russelle, M.D., Skogley, E.O. 1990. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. PP. 181-227. In: Mickelson, S.H. (Ed.), Soil Testing and Plant Analysis, Madison, WI, USA.

Jahanian, F., Ebrahimi, S.A., Rahbar Roshandel, N., Mahmoudian, M. 2005. Xanthomicrol is the main cytotoxic component of *Dracocephalum kotschyii* and a potential anti-cancer agent. Phytochemistry 66(13): 1581- 1592.

Kafi, M., Borzooei, A., Salehi, M., Kamandi, A., Masumi, A., Nabati, J. 2009. Physiology of Environmental Stresses in Plants. Jahad of University of Mashhad University Press. 502 pages.

Karimi, Gh., Ghorbanli, M., Heydari Sharif Abad, H., Osareh, M. 2006. Survey for resistance to salinity in pasture species (*Atriplex vertucifera* M. B). Journal of Research and Building. 3(73). 42- 48.

Khan, A.S., Ul-Allah, S. Sadique, S. 2010. Genetic variability and correlation among seedling traits of Wheat (*Triticum sativum*) under water stress. International Journal of Agriculture and Biology 12(2): 247-250.

Khan, M.S., Zaidi, A., Wani, P.A. 2006. Role of phosphate solubilizing microorganisms in sustainable agriculture: A review. Agronomy. 26: 1-15.

Khalid, K.A. 2006. Influence of water stress on growth, essential oil and chemical composition of herbs (Ocimum sp.). International Agrophysics 20: 289-296.

Lovely, D.R. 1996. Microbial reduction of iron, manganes and other metals. Advances in Agronomy. 54:175-231.

Liu, J., WU, L., Wei, S.H. Xiao, X., Su, C., Jiang, P., Song, Z., Wang, T., Yu, Z. 2007.Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the growth, nutrient uptake and glycyrrhizin production of licorice (*Glycyrrhiza uralensis* Fisch). Plant. Growth. Regul. 52: 29-39.

Mahfouz, S. A., Sharaf-Eldin, M. A. 2007. Effect of mineral vs. biofertilizer on growth, yield, and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.). International Agrophysics. 21: 361-366.

Munns, R. 1993. Physiological process limiting plant growth in saline soil: some dogmass and hypotheses. Plant Cell and Environment.16: 15-24.

Petropoulos, S.A., Daferera, D., Polissiou, M.G., Passam, H.C. 2008. The effect of water deficit stress on the growth, yield and composition of essential oils of parsley. Scientia Horticulturae 15(4): 393-397.

Ramroudi, M., Chezgim, M., Galavi, M. 2017. Effect of methanol spraying on quantitative traits and osmatic adjustments in moldavian (*Dracocephlum moldavica* L.) under low irrigation conditions3. Iran. J. Field Crop Sci. 48: 1. 149-158.

Rawia, A., Eid, S., Abo-sedera, A., Attia, M. 2006. Influence of nitrogen fixing bacteria incorporation with organic and/or inorganic nitrogen fertilizers on growth, flower yield and chemical composition of Celosia argentea. World Journal of Agricultural Sciences. 2: 450-458.

Rebey, B.I., Jabri-Karoui, I., Hamrouni-Sellami, I., Bourgou, S., Limam, F. Marzouk, B. 2012. Effect of drought on the biochemical composition and antioxidant activities of cumin (*Cuminum cyminum* L.) seeds. Industrial Crops and Products. 36: 238-245.

Rechinger, KH. 1982. Labiatae In: Flora Iranica, 150, Verlagsanstat, Austria: Akademische Druch-u.

Richardson, A.E., Barea, J.M., McNeill, A.M., Prigent-Combaret, C. 2009 Acquisition of phosphorus and nitrogen in the rhizosphere and plant growth promotion by microorganisms. Plant Soil 321:305–339.

Sajjadi, S.E.; Atar, A.M.; Yektaian, A. 1998. Antihyperlipidemic Effect of Hydroalcoholic Extract, and Polyphenolic Fraction from *Dracocephalum kotschyi* Boiss. Pharmaceutica Acta Helvetiae 73: 167–170.

Shady, M.A., Ibrahim, I., Afify, A.H. 1984. Mobilization of elements and their effects on certain plant growth characteristics as influenced by some silicate bacteria. Egyptian J. Bot. 27(1-7): 17-30.

Shirani Bidabadi, S., Sharifi, P. 2020. Strigolactone and methyl jasmonate –induced antioxidant defense and the composition alterations of different active compounds in *Dracocephalum kitschy* Boiss under drought stress. Journal of Plant Growth Regulation. https://doi.org/10.1007/s00344-020-10157-6

Sobhani, A.M.; Ebrahimi, S.A.; Mahmoudian, M. 2002. An *in Vitro* Evaluation of Human DNA Topoisomerase Iinhibition by Peganum harmala L. Seeds Extract and Its A-Carboline Alkaloids. Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences 5: 19–23.

Yao, L., Wu, Z., Zheng, Y., Kaleem, I., Li, C. 2010. Growth promotion and protection against salt stress by Pseudomonas putida Rs-198 on cotton. Eur. J. Soil Biol. 46: 49-54.

Yuan, H., Liqiang, Z., Qiusheng, K., Fei, C., Mengliang, N., Junjun, X., Nawaz, M.A., Zhilong, B. 2016. Comprehensive mineral nutrition analysis of watermelon grafted onto two different rootstocks. Horticultural Plant Journal. 2(2): 105- 113.

Zamber, M.A., Konde, B.K., Sonar, K.R. 1984. Effect of Azotobacter chroococcum and Azosprillum brasilense inoculation under graded levels of nitrogen on growth and yield of wheat. Plant and Soil. 79: 61-67.

ISSN 2251-7480

Evaluation of the Effects of Some Biofertilizers on Nutrient Uptake and Essential Oil Yield in the Golden Plant (Dracocephalum Kotschyi Boiss) Under Different Soil Moisture Regimes

Ramin cham[1], Seyed Ali Abtahi[2*], Mojtaba Jafarinia[3] and Jafar Yasrebi[4]

1) Ph.D Student, Department of Soil Science, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
2) Professor, Department of Soil Science, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
3) Assistant Professor, Department of Biology, Marvdasht Branch, Islamic Azad University, Marvdasht, Iran.
4) Assistant Professor, Department of Soil Science, School of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran.
*Corresponding author email: seyedaliabtahi@yahoo.com

Received: 07-12-2020 Accepted: 08-05-2021

Abstract

Dracocephalum kotschyi is one of the most important medicinal plants of the family Lamiaceae which is endangered due to unfavorable environmental conditions. Therefore, in order to investigate the effect of biofertilizers at four levels (nitroxin, super nitroplus, biophosphorus and non-use of biofertilizer) on essential oil yield and nutrient uptake of D. kotschyi seedlings under drought stress at three levels (irrigation to completion 80, 60 and 40% of field capacity) a completely randomized design in 3 replication (each replication includes 25 pots containing one seedling) was performed in the greenhouse as a pot experiment containing cocopeat and perlite culture medium in a ratio of 1: 1. The highest amount of root nitrogen uptake (2.2 mg kg-1) and leaf nitrogen (57.5 mg kg-1) was observed in conventional irrigation treatment (irrigation treatment up to 80% of field capacity) and application of super nitroplus biofertilizer. With increasing the severity of drought, a significant decrease in the concentration of potassium, calcium and magnesium of roots and leaves was observed that the use of biofertilizers, especially Super Nitro Plus, caused a significant increase in these nutrients compared to no biofertilizer treatment (control). The percentage of essential oil under mild stress increased by 77.53% compared to the control, while with the intensification of drought stress, the percentage of essential oil decreased by 94.49% compared to the control. The results of this study showed that the most increasing effect on essential oil percentage (1.28%) and essential oil yield (0.32 g plant-1) of D. kotschyi was related to inoculation with Super Nitroplus biofertilizer and mild drought stress, while cultivation of D. kotschyi under normal irrigation conditions and no biofertilizer resulted in the lowest production and yield of essential oil.

Keywords: Drought stress, Medicinal plants, Plant growth-promoting bacteria, Plant nutrition, Volatile compounds

Vol. 11, No. 1, Autumn 2021

10.30495/WSRCJ.2021.18543