

بررسی کاربرد کود بیولوژیک فسفر در کاهش نیاز به کود شیمیایی در گیاه دارویی زوفا (*Hyssopus officinalis* L.)

نبی اله نعمتی*، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا
عباس پازکی، استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا
غلامرضا نادری بروجردی، عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اراک
سینا طاهرآبادی، دانشجوی کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد ورامین - پیشوا

چکیده

در این آزمایش به منظور ارزیابی باکتری های حل کننده فسفات به عنوان کودهای بیولوژیکی و فسفر شیمیایی از منبع سوپرفسفات تریپل به عنوان کود شیمیایی انجام شد. اثر دو عامل منابع فسفر (باکتری های حل کننده فسفر، فسفر شیمیایی) و گیاه دارویی زوفا با استفاده از یک آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک های کامل تصادفی با سه تکرار در استان مرکزی شهر اراک، ارزیابی شد. اثر دو عامل اصلی و اثرات متقابل آنها بر روی بعضی صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول سرشاخه گلدار، تعداد سرشاخه گلدار، درصد اسانس، عملکرد اسانس تاثیر معنی دار داشته باشد. البته معنی دار نبودن تاثیر باکتری های آزادکننده فسفر در برخی صفات مانند درصد اسانس مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که کاربرد باکتری های حل کننده فسفات به نحو معنی داری صفات مطالعه شده را تحت تاثیر قرار داده و باعث افزایش پارامترهای اجزاء عملکرد گردید و عملکرد اسانس در ۹۰ کیلوگرم کود فسفاته در تیمارهای حاوی باکتری های حل کننده فسفات، نسبت به تیمارهای شیمیایی و شاهد به طور معنی داری برتری داشت. با کاربرد باکتری آزادکننده فسفر در مصرف کودهای شیمیایی فسفاته از منبع سوپر فسفات تریپل را به میزان حداقل ۵۰٪ صرف جویی نمود.

واژه های کلیدی: باکتری های آزاد کننده فسفر، فسفر، زوفا، عملکرد، درصد اسانس، گیاه دارویی

* نویسنده مسئول: E-mail: nnemati98@yahoo.com

مقدمه

به موازات افزایش روز افزون جمعیت بر روی کره زمین، نیاز به دارو و غذا بویژه محصولات کشاورزی افزایش می یابد. افزایش تولیدات کشاورزی جهت رفع نیاز غذایی بشر از طریق افزایش سطح زیر کشت و افزایش تولید در واحد سطح امکان پذیر است (۳).

برای نیل به خودکفایی در تولید محصولات کشاورزی لازم است، میزان عملکرد در واحد سطح بیشتر از میزان فعلی افزایش یابد. مصرف صحیح و متناسب انواع کودها (شیمیایی، حیوانی، کمپوست گیاهی یا کود سبز و غیره) مهمترین و اساسی ترین راه حفظ و اصلاح شرایط حاصلخیزی خاک و افزایش میزان عملکرد محصولات کشاورزی است (۸). بر اساس گزارش های بدست آمده از آزمایش های آزمون خاک در سطح کشور مقادیر زیادی فسفر در خاک سطح الارض اکثر نقاط کشور دیده شده است، این موضوع حاکی از مصرف بی رویه کودهای شیمیایی فسفاته بوده که از جمله عواقب سوء آن می توان به کاهش عملکرد ناشی از نسبت بالای فسفر به روی، فسفر به آهن، تجمع بر، مولیبدن و کادمیم در بافت های گیاهی و ایجاد مسمومیت، افزایش هزینه ها و هدر رفت سرمایه و در نهایت آلودگی محیط زیست اشاره کرد (۷). فسفر از جمله عناصر کلیدی در گیاه به شمار می رود که وظایف مهمی را در گیاه به عهده دارد. این عنصر در نقل و انتقالات انرژی در فرایندهای متابولیکی گیاه، تقسیم سلولی، ساختمان فسفولیپیدهای دیواره سلولی، توسعه قسمت های زایشی گیاه و رشد و تکامل ریشه ها نقش دارد (۱۴).

در حال حاضر کودهای بیولوژیک به عنوان گزینه ای جایگزین برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده اند (۲۳). باکتری های حل کننده فسفات گروهی از میکروارگانیسم ها را در بر می گیرند که قادرند فسفر نامحلول در خاک را به فرم محلول قابل دسترس گیاه تبدیل کنند. از مهمترین جنس های این خانواده می توان به *Bacillus* و *Pseudomonas* اشاره کرد (۲۲).

میکروارگانیسم های حل کننده فسفات بخشی از فرایند انتقال فسفر و جزء جدا ناپذیر چرخه فسفر هستند، بخصوص باکتری هایی که بر آزاد سازی فسفر از منابع آلی و معدنی، طی فرایندهای محلول سازی و معدنی شدن فسفر مؤثر هستند (۱۸). مهمترین باکتری های آزاد کننده فسفات از جنس های سودوموناس و باسیلوسو از قارچ ها، جنس های اسپرژیلوس و پنی سیلیوم می باشند. این میکروارگانیسم ها با اکسیداسیون ناقص قندها و مواد پلی ساکاریدی که توسط ریشه گیاه ترشح می شوند، اسیدهای آلی مانند اسیدگلوکونیک، اسیدگزالیک و اسید سیتریک تولید می نمایند. این اسیدهای آلی موجب کاهش واکنش خاک در محدوده ریزوسفر شده و مانع غیر فعال شدن فسفر می شوند.

مطالعه مزرعه ای اثربخشی کودمیکروبی فسفاته، حاوی میکروارگانیسم های حل کننده فسفات در کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره در زراعت پنبه نشان داد، بین محصول و ش تیمارهای مختلف

کودی با تیمار شاهد، تفاوت کاملاً معنی داری وجود دارد که می توان در اثر استفاده از کود میکروبی فسفاتة مقادیر چشمگیری از مصرف کودهای شیمیایی فسفاتة را کاست (۷).

در مطالعه ای کاربرد باکتری آزادکننده فسفر و کود فسفر باعث افزایش جذب فسفر و عملکرد دانه ذرت گردید (۴). تحقیقات موفقیت آمیز زیادی طی دهه ۹۰ بر روی باکتری های حل کننده فسفات در تایوان صورت گرفت. گیاهان زراعی از قبیل بادام زمینی، انواع گیاهان زیتنی و سبزیجات به طور معنی داری پس از تلقیح باکتری، عملکرد بیشتری تولید کردند. همچنین آزمایشات نشان داد، استفاده از باکتری ها نه تنها باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصولات شد، بلکه مصرف کودهای شیمیایی و آلی را به نصف تا یک سوم کاهش داد (۱۵ و ۲۰).

تلقیح بذور نخود با باکتری حل کننده فسفات و ریزوبیوم باعث افزایش اجزای عملکرد و عملکرد نخود گردید و در آزمایشی اثرات میکروارگانیسیم های حل کننده فسفات بر روی گندم در مالی مورد بررسی قرار گرفت و مشاهده شد، از ترکیب باکتری حل کننده فسفر و قارچ های اسپرژیلوس و پنی سیلوم به همراه فسفات معدنی بیشترین تراکم فسفر و عملکرد گیاه به دست آمد (۱۲-۱۷).

در یک بررسی ۱۱۱ گونه باکتری از محیط ریشه گیاه کلزا استخراج شد، از این تعداد گونه باکتری ۹ گونه توانایی آزاد سازی فسفر داشتند. این باکتری ها باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد و وزن غلاف های کلزا شدند (۱۶). در آزمایشی که در مرکز تحقیقات کشاورزی دهلی نو هندوستان انجام شد، تأثیر تلقیح ترکیبی از آزوسپیریلوم و باکتری های حل کننده فسفات (سودوموناس و باسیلوس) به همراه کود شیمیایی نیتروژن و خاک فسفات بر عملکرد و محتوی مواد غذایی سورگوم بررسی شد. نتایج نشان داد، عملکرد دانه، عملکرد ماده خشک و محتوی نیتروژن و فسفر با ترکیب ارگانیسیم ها نسبت به کاربرد هر یک از ارگانیسیم ها به تنهایی افزایش یافت (۱۰).

محققین افزایش جذب فسفر را توسط بذور تلقیح شده با باکتری های محلول کننده فسفات در گیاه سورگوم نشان دارند که باعث انتقال فسفات فعال از غشاء پلاسمایی ریشه شده که در نهایت به بهبود تغذیه عنصر فسفر توسط این گیاه گردید. استفاده از این باکتری ها برای بهبود جذب عنصر فسفر و کاهش مصرف کودهای شیمیایی بر روی محصولات هم چون کاهو در کشور کانادا، گندم، سیب زمینی، ذرت، چغندر قند و نیشکر در هندوستان شده که همگی بر اثرات مفید این گروه از باکتری ها اذعان داشته اند.

گیاه دارویی زوفا با نام علمی (*Hyssopus officinalis*) گیاهی خشبی چند ساله می باشد. منشاء این گیاه آسیای صغیر گزارش شده و از دریای خزر تا دریای سیاه و همچنین در مناطق شنی مدیترانه می روید. این گیاه دارای ریشه مستقیم با انشعاب های فراوان می باشد، ساقه در این گیاه چهار گوش و مستقیم و ارتفاع آن بین ۵۰ الی ۷۰ سانتی متر است. برگ های زوفا به طول ۲ الی ۴ سانتی متر و به عرض ۰/۵ الی ۱ سانتی متر که در طول ساقه به صورت متقابل قرار می گیرند گل های زرفا در ۴ رنگ سفید-

صورتی- آبی و مخلوط مقدار اسانس موجود در پیکر رویشی زوفا متفاوت بوده و بین ۰/۳ تا ۰/۱٪ می باشد و بیشترین میزان اسانس در گیاه زوفا در سرشاخه های گلدار آن وجود دارد. مهمترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس را «پینوکامفن» به میزان ۰/۵٪ تشکیل می دهد، از ترکیبات مهم دیگر اسانس می توان «آلفا و بتا پینن»، «کامفن» و الکل های سزکوئی را نام برد (۱، ۲ و ۶).

مواد و روش ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی با سه تکرار در زمینی به مساحت ۲۰۰۰ متر در استان مرکزی شهر اراک با مختصات، عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۵ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه و ارتفاع ۱۷۸۷ متر از سطح دریا انجام گرفته است.

بعد از عملیات آماده سازی زمین کشت بذور در داخل کرت ها انجام شد. البته در تیمارهای بیولوژیک بذور قبل از کاشت با روش توصیه شده آغشته گردید. عمق کاشت بذور بر روی پشته ها ۱ الی ۲ سانتی-متر در نظر گرفته شد. فاصله بوته ها از هم بر روی ردیف های ۴۰ سانتی متر و فاصله ردیف های کاشت از یکدیگر ۵۰ سانتی متر بوده که در هر کرت پنج ردیف کشت شد. تیمارهای این آزمایش شامل دو عامل کود شیمیایی و کود بیولوژیک به قرار زیر بود.

الف. کود شیمیایی: با در نظر گرفتن آزمایش خاک و توصیه کودی آزمایشگاه میزان فسفر (P_2O_5) در پنج سطح تعیین گردید که عبارت است از: صفر (شاهد)، ۹۰، ۱۱۵، ۱۶۵، ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار

ب. کود بیولوژیک: این تیمار نیز در دو سطح به کار برده می شود که عبارتست از:

۱- (PS1) مصرف کود میکروبی حل کننده فسفات

۲- (PS0) عدم مصرف

لازم به توضیح است که کودهای نیتروژن و پتاسیمبر اساس توصیه کودی آزمایشگاه خاک به همه کرت ها به صورت یکسان داده شد. نمونه برداری بدین صورت انجام گرفت از هر کرت دو ردیف کناری به علت اثرات حاشیه ای حذف و تنها از سه ردیف میانی نمونه برداری صورت گرفت. اثر دو عامل اصلی و اثرات متقابل آنها بر روی بعضی صفاتی مانند ارتفاع بوته، طول سرشاخه گلدار، تعداد سرشاخه گلدار، ماده تر اندام هوایی، ماده خشک اندام هوایی، عملکرد بذر، تعداد سرشاخه گلدار در بوته، درصد اسانس، عملکرد اسانس بررسی گردید.

تجزیه آماری داده های آزمایشی مبتنی بر آزمایش فاکتوریل در قالب بلوک کامل تصادفی و مقایسه میانگین ها توسط آزمون چند دامنه ای دانکن و تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS انجام و کلیه گراف ها، اعم از نمودارهای ستونی و منحنی های آنالیز رشد با استفاده از نرم افزار Excel رسم گردید.

جدول ۲: مشخصات فیزیکی و شیمیایی نمونه خاک مزرعه آزمایشی

عمق (cm)	کربن آلی (%)	PH	EC (dS/m ²)	فسفر (mg/kg)	نترات (mg/kg)
۰-۳۰	۰/۶۱	۸	۰/۶	۱۱/۴	۱۱/۴

نتایج و بحث

بررسی صفت ارتفاع بوته در گیاه زوفا

بررسی جدول (۱) نشان می دهد که بین بلوک ها و همچنین اثرات متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته و نیز عامل کود زیستی حل کننده فسفات در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی دار مشاهده شد.

تیمار P140PS1 با میانگین ۵۸/۵ سانتی متر بیشترین ارتفاع و تیمار POPS0 با ۴۱/۴۲ سانتی متر کمترین میانگین ارتفاع را داشتند. نتایج نشان داد کاربرد تلفیقی کود زیستی حل کننده فسفات به همراه کود فسفاته باعث افزایش ارتفاع بوته نسبت به کاربرد کود فسفاته به تنهایی شده است. اما این افزایش در سطوح مختلف کود فسفاته یکسان عمل نموده و موجب گردیده که اثر متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلافشان در سطح ۰/۰۵ معنی دار گردد. همچنین به لحاظ آماری اختلاف معنی دار بین کاربرد ۱۶۵، ۱۴۰ و ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته خالص به همراه کود زیستی حل کننده فسفات در صفت ارتفاع بوته وجود ندارد و این نشان می دهد که کاربرد کود فسفاته تا ۱۱۵ کیلوگرم به همراه کود زیستی حل کننده فسفات باعث افزایش ارتفاع بوته شده اما کاربرد بیشتر آن در گیاه بصورت لوکس ذخیره شده است. بنابراین برای حفظ پایداری اکوسیستم زراعی و خاک و از لحاظ اقتصادی بهتر است که از کود فسفاته به میزان ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) به همراه کود زیستی حل کننده فسفات استفاده گردد. نتایج حاصله با تحقیقات دیگر محققین دیگر مطابقت می کند از جمله در مطالعه زو و همکاران (۲۰۰۵) با تلقیح باکتری افزایش ارتفاع بوته ذرت مشاهده شد. رادیش و آنتون و همکاران (۲۰۰۴) نیز افزایش ارتفاع گیاه نخود را بر اثر مصرف باکتری گزارش کردند. در یک بررسی ۱۱۱ گونه باکتری از محیط ریشه کلزا استخراج شد، از این تعداد گونه باکتری ۹ گونه توانایی آزاد سازی فسفر را داشتند. این باکتری ها باعث افزایش ارتفاع بوته و تعداد و وزن غلاف های کلزا شدند (۱۷).

بررسی صفت طول سرشاخه گلدار در گیاه زوفا

بررسی جدول (۱) نشان می دهد که بین بلوک ها اختلاف معنی دار در سطح ۰/۰۵ وجود دارد. بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته و نیز عامل کود زیستی حل کننده فسفات و همچنین اثرات متقابل بین عامل

مقادیر مختلف کود فسفات با عامل کود زیستی حل کننده فسفات در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی دار مشاهده شد. یعنی عوامل یاد شده از لحاظ آماری در افزایش یا کاهش طول سرشاخه گلدار تاثیر داشته اند. تیمار P140PS1 با میانگین ۲۳/۰۰ سانتی متر بیشترین طول سرشاخه گلدار و تیمار POPS0 با ۱۸/۳۳ سانتی متر کمترین میانگین طول سرشاخه گلدار را داشته اند.

جدول ۱: تجزیه واریانس

منبع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات			
		ارتفاع بوته	طول سرشاخه گلدار	تعداد سرشاخه گلدار	درصد اسانس عملکرد اسانس
بلوک	۲	۶/۰۸*	۰/۶۷۵*	۰/۰۵۸ ns	۰/۰۱۰۳ ns
تیمار	۹	۳۴/۴۲**	۴/۶۴**	۷/۷۲**	۰/۰۱۱۳*
کود فسفات P	۴	۵۰/۱۲**	۷/۲۱**	۴/۶۲**	۰/۰۱۷*
حل کننده فسفات PS	۱	۱۳۸/۶۷**	۷/۲۵**	۳۴/۶۷**	۰/۰۰۵۳ ns
اثرات متقابل P,PS	۴	۳/۹*	۱/۴۱۴**	۴/۰۸۵**	۰/۰۰۷ ns
اشتباه آزمایشی	۱۸	۱/۰۹	۰/۱۵۲	۰/۲۴۱	۰/۰۰۵۱
ضریب تغییرات (%)		۶/۸۳	۵/۹۸	۱۴/۱۸	۱۳/۳۰

ns و *، ** به ترتیب اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۰/۱، ۰/۰۵ و غیر معنی دار

نتایج نشان می دهد کاربرد تلفیقی کود زیستی حل کننده فسفات همراه کود فسفات تقریباً باعث افزایش طول سرشاخه گلدار نسبت به کاربرد کود فسفات به تنهایی شده است. اما این افزایش در سطوح مختلف کود فسفات یکسان عمل ننموده و موجب گردیده که اثر متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفات با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلافشان در سطح ۰/۰۱ معنی دار گردد. همچنین به لحاظ آماری اختلاف معنی دار بین کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات خالص به همراه کود زیستی حل کننده فسفات در صفت طول سرشاخه گلدار با بقیه تیمارها وجود دارد و این نشان می دهد که کاربرد کود فسفات تا ۱۴۰ کیلوگرم به همراه کود زیستی حل کننده فسفات باعث افزایش طول سرشاخه گلدار شده اما کاربرد بیشتر آن در گیاه بصورت لوکس ذخیره شده است و نیز در ادامه میانگین طول سرشاخه گلدار کاهش نشان می دهد (قانون بازده نزولی میچرلیخ (۱۹۰۹) و قانون درصدهای بحرانی میسی (۱۹۳۶)). بنابراین برای حفظ پایداری اکوسیستم زراعی و خاک و از لحاظ اقتصادی بهتر است که از کود فسفات به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) همراه کود زیستی حل کننده فسفات برای تولید طول سرشاخه گلدار استفاده گردد. در صورتی که بدون استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات بهترین نتیجه را کاربرد ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفات خالص داشت بنابراین کاربرد کود زیستی حل کننده فسفات باعث کاهش مصرف کود فسفات در این صفت شده است.

بررسی صفت تعداد سرشاخه گلدار در گیاه زوفا

بررسی جدول (۱) نشان می دهد که بین بلوک ها اختلاف معنی دار ندارد. بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته و نیز عامل کود زیستی حل کننده فسفات و همچنین اثرات متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات در سطح ۰/۰۱ اختلاف معنی دار مشاهده شد.

تیمار P140PS1 با میانگین ۱۴/۴۲ بیشترین تعداد سرشاخه گلدار و تیمار POPS0 با ۸/۴۲ کمترین میانگین تعداد سرشاخه گلدار را داشته اند. در سطح ۱٪ اختلاف معنی دار بین میانگین تیمار ها مشاهده می شود. نتایج نشان می دهد کاربرد تلفیقی کود زیستی حل کننده فسفات به همراه کود فسفاته باعث افزایش تعداد سرشاخه گلدار نسبت به کاربرد کود فسفاته به تنهایی شده است. اما این افزایش در سطوح مختلف کود فسفاته یکسان عمل ننموده و موجب گردیده که اثر متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلافشان معنی دار گردد.

همچنین به لحاظ آماری اختلاف معنی دار بین کاربرد ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته خالص به همراه کود زیستی حل کننده فسفات در صفت تعداد سرشاخه گلدار با بقیه تیمار ها وجود دارد و این نشان می دهد که کاربرد کود فسفاته تا ۱۴۰ کیلوگرم به همراه کود زیستی حل کننده فسفات باعث افزایش تعداد سرشاخه گلدار شده اما کاربرد بیشتر آن در گیاه بصورت لوکس ذخیره شده است و نیز در ادامه میانگین تعداد سرشاخه گلدار کاهش نشان می دهد.

بنابراین برای حفظ پایداری اکوسیستم زراعی و خاک و از لحاظ اقتصادی بهتر است که از کود فسفاته به میزان ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) به همراه کود زیستی حل کننده فسفات برای تولید تعداد سرشاخه گلدار استفاده گردد. در صورتی که بدون استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات بهترین نتیجه را کاربرد ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته خالص داشت. بنابراین کاربرد کود زیستی حل کننده فسفات باعث کاهش مصرف کود فسفاته در این صفت شده است.

نتایج حاصله با تحقیقات دیگر محققین دیگر مطابقت می کند. درزی (۵) به منظور بررسی اثر کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه، آزمایشی به صورت فاکتوریل با استفاده از فاکتورهای تلقیح مایکوریزایی (تلقیح و عدم تلقیح)، کود فسفات زیستی (صفر، ۳۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار) و ورمی کمپوست (صفر، ۵ و ۱۰ تن در هکتار) به اجرا در آمد. همچنین مقایسه ای نیز بین این تیمارها با یک تیمار شاهد کود شیمیایی (NPK به میزان ۹۰، ۶۰ و ۹۰ کیلوگرم در هکتار) انجام گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین تعداد گلاذین در بوته در تلقیح با مایکوریزا حاصل شد کود فسفات زیستی و نیز دارای تاثیر معنی داری بر روی ارتفاع بوته داشت، به طوری که از نظر تعداد گلاذین در بوته تیمار کود زیستی حاوی تلقیح با مایکوریزا، سطح سوم کود فسفات زیستی و سطح سوم ورمی کمپوست (۴۰/۲۰ گلاذین) برتری محسوسی نسبت به تیمار شاهد (۳۱/۷ گلاذین) داشت.

بررسی صفت درصد اسانس در گیاه زوفا

بررسی جدول (۱) نشان می دهد که بین بلوک ها و عامل کود زیستی حل کننده فسفات همچنین اثرات متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلاف معنی دار وجود ندارد. بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته و نیز در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار مشاهده شد.

تیمار P90PS1 با میانگین ۰/۷۷٪ بیشترین درصد اسانس و تیمار POPS0 با ۰/۵۳٪ کمترین میانگین درصد اسانس را داشته اند. در سطح ۰/۵٪ اختلاف معنی دار بین میانگین تیمارها مشاهده می شود. نتایج نشان می دهد کاربرد تلفیقی کود زیستی حل کننده فسفات به همراه کود فسفاته باعث افزایش درصد اسانس نسبت به کاربرد کود فسفاته به تنهایی شده است. این افزایش در سطوح مختلف کود فسفاته یکسان عمل نموده و لذا اثر متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلاف معنی دار ندارند. در مقایسه میانگین بین کاربرد ۹۰، ۱۱۵، ۱۴۰ و ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته خالص به همراه کود زیستی حل کننده فسفات در صفت درصد اسانس اختلاف معنی دار وجود ندارد و این نشان می دهد که کاربرد کود فسفاته تا ۹۰ کیلوگرم به همراه کود زیستی حل کننده فسفات باعث افزایش درصد اسانس شده اما کاربرد بیشتر آن در گیاه به صورت لوکس ذخیره شده است و نیز در ادامه میانگین درصد اسانس کاهش نشان می دهد.

بنابراین برای حفظ پایداری اکوسیستم زراعی و خاک و از لحاظ اقتصادی بهتر است که از کود فسفاته به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) به همراه کود زیستی حل کننده فسفات برای تولید درصد اسانس استفاده گردد. در صورتیکه بدون استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات بهترین نتیجه را کاربرد ۱۱۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته خالص داشته و هنگام استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات با کود فسفاته بهترین درصد اسانس را ۹۰ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) داشته است. بنابراین کاربرد کود زیستی حل کننده فسفات باعث کاهش مصرف کود فسفاته در این صفت شده است.

فراهانی و همکاران (۱۳۸۷) کاربرد کود بیولوژیک به همراه سوپر فسفات تریپل را در شرایط تنش کم آبی در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) را بررسی نمودند، اثر میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک، عملکرد سرشاخه گلدار، عملکرد اسانس، عملکرد ریشه در سطح ۱٪ و بر طول ریشه در سطح ۰/۵٪ معنی دار بود و بر قطر ریشه و درصد اسانس معنی دار نبود.

بررسی صفت عملکرد اسانس در گیاه زوفا

بررسی جدول (۱) نشان می دهد که بین بلوک ها و همچنین اثرات متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلاف معنی دار وجود ندارد. بین عامل مقادیر مختلف کود فسفاته در سطح ۰/۰۱ و نیز عامل کود زیستی حل کننده فسفات در سطح ۰/۰۵ اختلاف معنی دار

مشاهده شد. تیمار P90PS1 با میانگین ۳/۵۰۵ کیلوگرم درهکتار بیشترین عملکرد اسانس و تیمار P0PS0 با ۱/۸۰۵ کیلوگرم درهکتار کمترین میانگین عملکرد اسانس را داشته اند.

نتایج نشان می دهد کاربرد تلفیقی کود زیستی حل کننده فسفات به همراه کود فسفات باعث افزایش عملکرد اسانس نسبت به کاربرد کود فسفات به تنهایی شده است. این افزایش در سطوح مختلف کود فسفات یکسان عمل نموده و لذا اثر متقابل بین عامل مقادیر مختلف کود فسفات با عامل کود زیستی حل کننده فسفات اختلاف معنی دار ندارد. بین کاربرد ۹۰، ۱۱۵، ۱۴۰ و ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفات خالص به همراه کود زیستی حل کننده فسفات در صفت عملکرد اسانس اختلاف معنی دار وجود ندارد و این نشان می دهد که کاربرد کود فسفات تا ۹۰ کیلوگرم به همراه کود زیستی حل کننده فسفات باعث افزایش عملکرد اسانس شده اما کاربرد بیشتر آن در گیاه بصورت لوکس ذخیره شده است و نیز در ادامه میانگین عملکرد اسانس کاهش نشان می دهد. بنابراین برای حفظ پایداری اکوسیستم زراعی و خاک و از لحاظ اقتصادی بهتر است که از کود فسفات به میزان ۹۰ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) به همراه کود زیستی حل کننده فسفات برای تولید عملکرد اسانس استفاده گردد. در صورتیکه بدون استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات بهترین نتیجه را کاربرد ۱۶۵ کیلوگرم در هکتار کود فسفات خالص داشته و هنگام استفاده از کود زیستی حل کننده فسفات با کود فسفات بهترین عملکرد اسانس را ۹۰ کیلوگرم در هکتار (کود خالص) داشته است. بنابراین کاربرد کود زیستی حل کننده فسفات باعث کاهش مصرف کود فسفات در این صفت شده است.

تحقیقات موفقیت آمیز زیادی طی دهه ۹۰ بر روی باکتری های حل کننده فسفات در تایوان صورت گرفت. گیاهان زراعی از قبیل بادام زمینی، انواع گیاهان زینتی و سبزیجات به طور معنی داری پس از تلقیح باکتری، عملکرد بیشتری تولید کردند. همچنین آزمایشات نشان داد، استفاده از باکتری ها نه تنها باعث افزایش عملکرد و کیفیت محصولات شد، بلکه مصرف کودهای شیمیایی و آلی را به نصف تا یک سوم کاهش داد.

گزارش لیتی و همکاران (۲۰۰۶) نیز حاکی از اثر مثبت کود آلی ازتوباکتر در افزایش میزان اسانس در گیاه رزماری می باشد. همزیستی این باکتری ها با سورگوم توانسته است در جذب مواد معدنی موثر واقع شود، افزایش جذب مواد معدنی موجب افزایش در ماده خشک گیاه شده و در نهایت عملکرد را تحت تاثیر قرار می دهد (۱۰). در یک نتیجه گیری کلی می توان گفت کاربرد باکتری آزاد کننده فسفر توانست بر صفات ارتفاع بوته، طول سرشاخه گلدار، تعداد سرشاخه گلدار، عملکرد دانه در هکتار، عملکرد اسانس تاثیر معنی داری داشته باشد و البته معنی دار نبودن تاثیر باکتری های آزاد کننده فسفر در بعضی صفات مانند درصد اسانس، خود نشان دهنده کارایی بالای این باکتری ها و توانایی رقابت با منابع

شیمیایی فسفر می باشد. با کاربرد باکتری آزاد کننده فسفر، مصرف کودهای شیمیایی فسفات را به میزان قابل توجهی کاهش می یابد.

جدول ۳: مقایسه میانگین اثرات اصلی و اثرات متقابل فاکتورهای آزمایشی

کد	کود شیمیایی فسفات	کود بیولوژیک فسفر	مقایسه میانگین صفات			
			ارتفاع بوته	طول سرشاخه	تعداد سرشاخه	درصد عملکرد اسانس
P0	۰	-	۴۸/۶c	۱۹/۲c	۹/۸c	۰/۵۸c
P90	۹۰	-	۵۳b	۲۰/۸b	۱۱/۳b	۰/۷۱a
P115	۱۱۵	-	۵۵a	۲۱/۴a	۱۱/۵ab	۰/۶۸ab
P140	۱۴۰	-	۵۵/۲a	۲۱/۹a	۱۲a	۰/۶۳abc
P165	۱۶۵	-	۵۵/۵a	۲۱/۸a	۱۱/۷ab	۰/۶۲c
PS0	۰	-	۵۱/۳b	۲۰/۵b	۱۰/۲b	۰/۶۳a
PS1	۰	+	۵۵/۶a	۲۱/۵a	۱۲/۳a	۰/۶۶a
P0PS0	۰	-	۴۷/۴e	۱۸/۳f	۸/۴f	۰/۵۳c
P0PS1	۰	+	۴۹/۸d	۲۰/۱e	۱۱/۱e	۰/۶۳abc
P90PS0	۹۰	-	۵۱/۳cd	۲۰/۸de	۱۰/۸d	۰/۶۷abc
P90PS1	۹۰	+	۵۴/۸b	۲۰/۹d	۱۱/۹bc	۰/۷۷a
P115PS0	۱۱۵	-	۵۳bc	۲۱/۱cd	۱۱d	۰/۷ab
P115PS1	۱۱۵	+	۵۷a	۲۱/۸bc	۱۲/۱b	۰/۶۷abc
P140PS0	۱۴۰	-	۵۱/۹c	۲۰/۸de	۹/۶e	۰/۶۳abc
P140PS1	۱۴۰	+	۵۸/۵a	۲۳a	۱۴/۴a	۰/۶۳abc
P165PS0	۱۶۵	-	۵۲/۹bc	۲۱/۸bc	۱۱/۲cd	۰/۶۳abc
P165PS1	۱۶۵	+	۵۸a	۲۱/۸b	۱۲/۲b	۰/۶bc

اعداد هر ستون که دارای یک حرف مشترک هستند، بر اساس آزمون دانکن در سطح ۰.۰۵٪ فاقد اختلاف می باشند

همان طور که در بررسی تیمارها و صفات مشاهده شده در اکثر موارد باکتری آزاد کننده فسفر توانسته بود، به صورت کامل نیاز گیاه به فسفر را تامین و تاحدی افزایش عملکرد نیز ایجاد نماید و بهترین نتایج در اثر تلفیق کود زیستی فسفات با ۹۰ تا ۱۴۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفات به دست آمد.

منابع

- ۱- امید بیگی، ر. ۱۳۷۹. تولید و فراوری گیاهان دارویی. جلد سوم. انتشارات آستان قدس رضوی، ۳۹۷.
- ۲- برنامه راهبردی گیاهان دارویی. موسسه جنگلها و مراتع کشور. ۱۳۸۷. فاطمه سفیدکن. دکتر ابراهیم شریفی عاشور آبادی، دکتر محمدحسین لباسچی، دکتر مهدی میرزا، مهندس علی ابراهیمی، دکتر کامکار جایمند، مهندس مهرداد نجف پور نوایی، مهندس زهرا باهر نیک، مهندس فاطمه عسگری، مهندس اکبر نجفی آشتیانی، مهندس بهلول عباس زاده

- ۳- خدابنده، ن. ۱۳۷۹. زراعت غلات. انتشارات دانشگاه تهران ۵۳۷ ص
- ۴- تبریزی، ل. ۱۳۸۳. اثر تنش رطوبتی و کود دامی بر خصوصیات کمی و کیفی اسفرزه (*Plantago psyllium*) و پسیلیوم (*Plantago ovata*) پایان نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.
- ۵- درزی، م. ت.، قلاوند، ا.، رجالی، ف. و ف. سفیدکن. ۱۳۸۵. بررسی کاربرد کودهای زیستی بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare Mill*) تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۷۶-۲۹۲.
- ۶- زمان، س. ۱۳۷۶. گیاهان دارویی روشهای کاشت و برداشت انتشارات ققنوس، ۳۶۷ صفحه، چاپ سوم
- ۷- سیلیسپور، م. و ع. بانسانی. ۱۳۷۸. امکان سنجی استفاده از کود میکروبی فسفات در زراعت پنبه با هدف کاهش مصرف کودهای شیمیایی فسفره. خلاصه مقالات ششمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران ۴۶۹ ص
- ۸- ملکوتی، م. ج. و ریاضی همدانی، ع. ۱۳۷۰. کودها و حاصلخیزی خاک. مرکز نشر دانشگاهی تهران
- 9-Abdel-fattah, G. M., F. F. Migaher and A. H. Ibrahim. 2002. Interactive effects of endomycorrhizal fungus *Glomus etunicatum* and phosphorus fertilization on growth and metabolic activities of broad bean plants under drought stress conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 5:835-841.
- 10-Algawadi A.R. and A.C.Gaur, 1992. Inoculation of *Azospirillum brasilense* and phosphate-solubilizing bacteria on yield of sorghum (*sorghum bicolor L-Moench*) in dry land. *Trop Agric*, 69:347-.
- 11-Al-Karaki, G. N., Al-Raddad, A. and dark, R. B. 1998. Water stress and mycorrhizal isolates effects on growth and nutrient acquisition of wheat. *Journal of Plant Nutrition*. 21:891-902.
- 12-Antoun, H. 2005. Field and greenhouse trials performed with Phosphate solubilizing bacteria and fungi. Department of soil and agrifood engineering, faculty of agriculture and food Science, Canada. 8 page.
- 13-Antoun, H., C. J. Beauchamp., N. Goussard., R. Chabot. and R. Lalnde. 1998. Potential of rhizobium and bradyrhizobium species as plant growth promoting rhizobacteria on non-legumes: Effect on radishes (*Raphanus sativus L.*). *Plant and soil*, 204(1): 57-67.
- 14-Bennett, W. F. 1996. plant nutrient utilization and diagnostic. *Plant symptoms*. Pp1-7
- 15- Chen, Y. P., P. D. Rekha., A. B. Arun., F. T. Shen., W. A. Laia. And C. C. Young. 2006. Phosphate solubilizing bacteria from subtropical soil and their tricalcium phosphate solubilizing abilities. *Applied soil ecology*. 34(1):33-41.
- 16- D freitas, J. R., M. R. Banerjee. and J. J. Germida. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus L.*). *Biology and fertility of soils*. 24(4):358.
- 17-Gupta- CR, singh- PN, singhh- vk 1991. Effect of planting date on yield components of potato. *J*. 13:541
- 18- Holford, I.C.R. and Mattingly, G.E.c. (1975). "phosphate sorption by Jurassic oolitic limestones" *Geoderma*, 13:257-264.
- 19- Leithy, S., T.A. El-Meseiry and E.F. Abdallah. 2006. Effect of biofertilizers, cell stabilizer and irrigation regime on Rosemary herbage oil yield and quality. *Journal of Applied Research*. 2: 773-779.
- 20- Olivera, M., C. Iribane and C. Liuck. 2002. Effect of phosphorus on nodulation and N₂ fixation by bean (*Phaseolus vulgaris*) proceedings of the 15 th International Meeting on Microbial phosphate solubilization. Salamanca university, 16-19 July. Salamanca, Spain.
- 21- Rosas. S.M. Rovera, J. Andres and N. correa. 2002. Effect of phosphorus solubilizing bacteria on the rhizobia legume symbiosis proceedings of the 15 th International Meeting on microbial phosphate solubilization Salamanca university, 16-19 July, Salamanca, Spain 103
- 22-Tilak, K.V.B.R., N. Ranganayaki, K.K. Pal, R. De, A. K. Saxena, C. Shekhar Nautiyal, Shilpi Mittal, A. K. Tripathi and B. N. Johri. 2005. Diversity of plant growth and soil health supporting bacteria. *Current Science*. 89:136-150.
- 23-Wu, S.C., Z.H. Caob, Z.G. Lib, K.C. Cheunga and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixers, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125: 155-166.

