

The effect of Different Sources of Phosphorus Fertilizer on Morphophysiological and Agronomical Traits of Soybean (*Glycine max* cv. Parsa)

Saeb Jalalpour¹, Alireza Yadavi^{2*}, Mohsen Mohvaghghi Dhanavi², Hooshang Faraji³

Received: 07 February 2023 Accepted: 01 June 2023

1- MSc Student, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj Iran.

2-. Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran.

3- Assoc Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, University of Yasouj, Iran.

*Corresponding Author Email: Yadavi@yu.ac.ir

Abstract

Background and Objective: Excessive reliance on the use of chemical fertilizers to produce agricultural products today has led to major environmental problems. Therefore, in order to reduce the soil pollution and the cost of producing chemical fertilizers, it is necessary to use bio-fertilizers. This research was done to aim of determining the appropriate amount of phosphorus chemical fertilizer in combination with bio-fertilizers for soybean.

Material and Methods: The experiment was conducted as a factorial base of a randomized complete block design with 3 replications. The first factor included the application of phosphorus chemical fertilizer (zero, 60, 120 and 180 kg/ha triple superphosphate) and the second factor included the application of phosphorus bio-fertilizer (control, Behroshd bio-fertilizer, mycorrhiza and Behroshd bio-fertilizer + mycorrhiza)

Results: The increase of phosphorus chemical fertilizer from zero to 180 kg/ha increased chlorophyll index (17%), plant height (8.5%) percentage of absorbed light (1.6%), biological yield (24%) and yield components of soybean significantly. The use of biological fertilizers also caused a significant increase in the mentioned traits. The interaction effect of chemical and biological phosphorus fertilizers was significant on the leaf area index and soybean yield, so that at each level of chemical fertilizer use, the highest of these traits was related to the application of Behroshd bio-fertilizer + mycorrhizal.

Conclusion: Increasing of phosphorus chemical fertilizer, reduce the bio-fertilizers application efficiency in soybeans yield improving. Therefore, in order to achieve sustainable soybean production, the combination of biological fertilizers and lower amounts of chemical fertilizers should be used.

Keywords: Behroshd Bio-Fertilizer, Mycorrhiza, Number of Seeds in Pod, Oil Percentage, Plant Height

تأثیر منابع مختلف کود فسفره بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیک و زراعی سویا (*Glycine max*) رقم پارسا

صائب جلال پور^۱، علیرضا یدوی^{۲*}، محسن موحدی دهنوی^۲، هوشنگ فرجی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۱/۱۸ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۳/۱۱

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۲- استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه یاسوج

۳- دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه یاسوج

*مسئول مکاتبه: E-mail: Yadavi@yu.ac.ir

چکیده

مقدمه و اهداف: وابستگی بیش از حد به مصرف کودهای شیمیایی جهت تولید محصولات کشاورزی امروزه منجر به مشکلات عمده زیست محیطی شده است. لذا جهت کاهش آلودگی خاک و هزینه تولید کودهای شیمیایی استفاده از کودهای زیستی ضروری می باشد. این تحقیق با هدف تعیین مقدار مناسب کود شیمیایی فسفره در ترکیب با کودهای زیستی سویا انجام گرفت.

مواد و روش: آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل کاربرد کود شیمیایی فسفره (صفر، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل) و فاکتور دوم شامل کاربرد کود زیستی فسفره (شاهد، کود زیستی فسفات به رشد، قارچ مایکوریزا، کود زیستی فسفات به رشد + قارچ مایکوریزا بود.

یافته ها: افزایش کود شیمیایی فسفره از صفر تا ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار باعث افزایش معنی دار شاخص کلروفیل (۱۷ درصد) ارتفاع بوته (۸/۵ درصد)، میزان نور جذب شده (۱/۶ درصد)، عملکرد بیولوژیک (۲۴ درصد) و اجزای عملکرد سویا شد. کودهای زیستی نیز افزایش معنی داری در صفات مذکور ایجاد نمود. برهمکنش کودهای شیمیایی و زیستی فسفره نیز بر شاخص سطح برگ و عملکرد دانه سویا معنی دار گردید و در هر سطح از مصرف کود شیمیایی بیشترین مقدار این صفات مربوط به کاربرد کود زیستی فسفات به رشد + قارچ مایکوریزا بود.

نتیجه گیری: با افزایش مصرف کود شیمیایی فسفره از کارایی کاربرد کودهای زیستی در بهبود عملکرد دانه سویا کاسته شد. لذا می توان اظهار داشت در راستای دستیابی به تولید پایدار سویا بایستی از ترکیب کودهای زیستی و مقادیر پایین تر کود شیمیایی فسفره بهره برد.

واژه های کلیدی: ارتفاع بوته، تعداد دانه در غلاف، درصد روغن، کود زیستی فسفات به رشد، مایکوریزا

مقدمه

می شود. پس از غلات منبع مهم تأمین انرژی مورد نیاز انسان دانه های روغنی می باشد. سویا (*Glycine max* L.) گیاهی دانه روغنی، یکساله و دولپه از تیره

با توجه به روند افزایشی جمعیت جهان، نیاز به مواد غذایی همانند دانه های روغنی بیشتر احساس

لگومینوزه بوده که از ۳۶ درصد روغن، ۱۸ درصد پروتئین و ۲۰ درصد کربوهیدرات برخوردار می‌باشد. مقادیر زیادی از فسفر موجود در کودهای شیمیایی بعد از ورود به خاک نامحلول شده، در خاک‌های آهکی به تری کلسیم فسفات و در خاک‌های اسیدی به فسفات آهن و آلومینیوم تبدیل و از دسترس گیاه خارج می‌شود. رسوب فسفر در خاک و متعاقب آن کاهش دسترسی گیاه به فسفر، کشاورزان را واداشته که به منظور تولید فسفر مورد نیاز گیاه از کودهای شیمیایی فسفره به مقدار زیاد استفاده نمایند. مسئله مسمومیت فسفر یا بالا رفتن بیش از حد غلظت فسفر در بافت‌های گیاهی که باعث به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در گیاه می‌شود، توجه به موضوع کالبراسیون فسفر و استفاده از سایر اشکال فسفر در خاک را به ما تأکید می‌کند (احسانی‌نژاد و همکاران ۲۰۱۵). مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در کشاورزی صنعتی در چند دهه اخیر مشکلات زیست محیطی زیادی را ایجاد کرده و آلودگی منابع آب و خاک، کاهش کیفیت محصولات غذایی و بر هم خوردن تعادل زیستی در محیط خاک را در پی داشته است (وجدانی آرام و همکاران ۲۰۱۸). کشاورزی پایدار بر پایه مصرف کودهای زیستی با هدف حذف یا کاهش چشمگیر در مصرف نهاده‌های شیمیایی، یک راه‌حل مطلوب جهت غلبه بر این مشکلات به شمار می‌آید (دهستانی اردکانی و همکاران ۲۰۱۷). کودهای زیستی در حقیقت میکروارگانیسم‌های مفیدی هستند که در تغذیه گیاهان نقش همزیستی داشته و به تثبیت و جذب بهتر عناصر کمک می‌کنند. قارچ میکوریزا نقش مهمی در بهبود تغذیه و رشد گیاهان دارند. این قارچ‌ها با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی بخصوص عناصر کم تحرک مانند فسفر، روی و مس را افزایش داده و باعث بهبود رشد گیاه می‌گردد (بومسما و وین، ۲۰۰۸). باکتری‌های ریزوسفری محرک رشد گیاه، باکتری‌های مفید و غیرهمزیستی هستند که قادرند با یک یا چند مکانیسم خاص به طور مستقیم یا غیرمستقیم رشد گیاه را افزایش دهند. این باکتری‌ها رشد گیاه را به طور مستقیم به دلیل توانایی آن‌ها در تأمین عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ...) و یا تولید هورمون

گیاهی (اکسین، جیبرلین، سیتوکینین و ...) تحت تأثیر قرار می‌دهند، همچنین با کاهش اثرات عوامل بیماری‌زا، تولید آنزیم‌های هیدرولتیک و تولید سیدروفور به صورت غیرمستقیم بر رشد گیاهان موثر می‌باشند (بشارتی ۲۰۲۲). از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاهان، باکتری سودوموناس می‌باشد که موجب انحلال فسفات می‌گردد. باکتری‌های حل‌کننده فسفات قادرند شرایط را برای افزایش راندمان استفاده از کود فراهم سازند. سازوکار اصلی این باکتری‌ها، تولید اسیدهای آلی به واسطه اکسایش ناقص قندهاست، که این عمل باعث افزایش حلالیت فسفر محیط می‌شود. این باکتری‌ها همچنین سبب کاهش تثبیت فسفر در خاک می‌شوند که این امر موجب افزایش فسفر معدنی قابل دسترس گیاه می‌شود (ساریخانی و همکاران ۲۰۱۴). نتایج تحقیقات کوچکی و همکاران (۲۰۱۵) نشان داد کاربرد کود زیستی باکتری حل‌کننده فسفات روی کلزا افزایش معنی‌داری بر درصد روغن کلزا داشت. نتایج بررسی رضاپور کویشاهی و همکاران (۲۰۱۵) در لوبیا نشان داد که اثر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفره بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف و وزن هزار دانه معنی‌دار بود. نتایج آزمایش ماتیسو و کابو (۲۰۱۵) روی گیاه سویا نشان دهنده افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه با کاربرد کود شیمیایی فسفره بود. ابوطالبیان و اللهی (۲۰۱۶) مشاهده کردند که مصرف کودهای زیستی مایکوریزا و فسفات بارور ۲ سبب افزایش معنی‌دار در شاخص سطح برگ گیاه نخود گردید و کاربرد تلفیقی این دو کود زیستی باعث بهبود ۴۴/۱۳ درصدی این صفت نسبت به شاهد شد. عالی‌پور و همکاران (۲۰۱۶) در مطالعه روی باقلا اعلام داشتند که کود شیمیایی فسفره ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین را به طور معنی‌داری افزایش داد. نتایج تحقیقات تنهایی و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که کاربرد کودهای زیستی فسفات بارور ۲ و قارچ مایکوریزا عملکرد زیستی لوبیا قرمز رانسبت به تیمار شاهد ۲۱/۷ درصد افزایش داد. ماهانتا و همکاران (۲۰۱۸) اعلام کردند در کشت مخلوط سویا و گندم کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفره تأثیر افزایشی معنی‌داری بر عملکرد دانه سویا نسبت به شاهد داشت. نتایج آزمایش درستکار و پیرزاد (۲۰۱۸) روی سویا نشان دهنده معنی‌دار بودن اثر قارچ

مایکوریزا بر پروتئین دانه بود. در مطالعه ایزدی‌دربندی و همکاران (۲۰۱۹) روی نخود نتایج نشان داد که اثر کود زیستی فسفره بر صفت ارتفاع اولین غلاف معنی‌دار بود. در آزمایشی روی گیاه کنجد گزارش شد که کاربرد کودهای زیستی و شیمیایی فسفره سبب افزایش معنی‌دار شاخص سبزی‌نگی گردید (تولوکو و دن بابا، ۲۰۱۹). رحیمی و همکاران (۲۰۲۰) گزارش دادند که کاربرد قارچ مایکوریزا در گیاه کتان روغنی تأثیر معنی‌داری بر تعداد ساقه فرعی در گیاه داشت. در آزمایش انجام شده روی گیاه سویا نتایج نشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه داشت و سبب بهبود عملکرد دانه نسبت به شاهد گردید (شتیوی و همکاران ۲۰۲۱). با توجه به اهمیت گیاه سویا به عنوان دانه روغنی مهم در کشور و در راستای دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار این تحقیق با هدف تعیین مقدار مناسب کود شیمیایی فسفره در ترکیب با کودهای زیستی باکتریایی و مایکوریزایی، خصوصیات کمی و کیفی سویا را مورد ارزیابی قرار داده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال ۱۳۹۹ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه یاسوج واقع در دشت‌روم اجرا گردید. تیمارهای کود شیمیایی فسفره در ۴ سطح شامل کاربرد صفر (شاهد)، ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل به عنوان فاکتور اول و تیمار کود زیستی نیز در ۴ سطح: شاهد (عدم مصرف کود زیستی)، کاربرد کود زیستی فسفات‌ه به‌رشد، کاربرد قارچ مایکوریزا و کود زیستی فسفات‌ه به‌رشد + قارچ مایکوریزا بود. کود زیستی فسفات‌ه به‌رشد از شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت‌گرا واقع در کرج و قارچ مایکوریزا آربوسکولار حاوی هیف‌ها، وزیکول‌ها و آربوسکول‌های قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* (حاوی حدود ۳۳۳ اسپور در هر گرم نمونه کود مایکوریزا که توسط لام هموسیستمتر تعیین شد) از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک شهرستان اسدآباد همدان تهیه شد. کود شیمیایی متناسب هر تیمار به صورت نواری در طرفین بالای پشته به‌گونه‌ای که در زیر بذر قرار گیرد درون شیار قرار داده شد.

کود زیستی فسفات‌ه به‌رشد (حاوی باکتریهای سودوموناس با تراکم سلولی $10^7 \times 2$) به صورت بذر مال استفاده شد. بدین منظور کود زیستی فسفات‌ه به‌رشد را درون یک آبپاش ریخته و سپس روی بذرهای اسپری کرده و بذرهای با مایع اسپری شده به خوبی مخلوط شد و در زیر سایه قرار داده شدند تا خشک شوند (شجاعیان کیش و همکاران ۲۰۱۸). قارچ مایکوریزا نیز به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار (طبق دستورالعمل شرکت تولید کننده) به صورت نواری در تماس با بذر و زیر آن قرار داده شد و سپس عملیات کاشت انجام گرفت. جهت اجرای آزمایش، عملیات آماده‌سازی زمین و بستر خاک در اردیبهشت ماه به وسیله گاواهن و دیسک مکانیزه انجام گرفت. در زمان آماده‌سازی زمین جهت از بین بردن علف‌های هرز از علف‌کش پیش‌کاشتی ترفلان (۲/۵ لیتر در هکتار) استفاده گردید. کوددهی طبق آزمون خاک (جدول ۱) و در نظر گرفتن نیاز گیاه صورت گرفت. ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه از منبع اوره در دو مرحله داده شد. مرحله اول در زمان ۶ برگی و مرحله دوم قبل از گل‌دهی به صورت سرک به زمین داده شد و ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه از منبع سولفات پتاسیم قبل از کشت به خاک اضافه گردید. سپس کرت‌بندی و ایجاد پشته‌ها انجام گرفت. طبق نقشه اجرایی طرح، هر کرت آزمایش از ۴ پشته به طول ۴ متر و فاصله ردیف نیم‌متر تشکیل شد. فاصله بین کرت‌ها نیم‌متر و فاصله بین بوته‌ها روی ردیف پنج سانتی‌متر بود، همچنین عمق کاشت بذر ۲-۳ سانتی‌متر بود. رقم بذر سویا انتخابی مورد استفاده رقم پارسا بود که از ارقام زودرس می‌باشد. کاشت در تاریخ ۲۱ خرداد ۱۳۹۹ انجام گرفت. اولین آبیاری بلافاصله پس از کاشت صورت گرفت و تا زمان خروج گیاهچه از خاک هر ۳ روز یک بار آبیاری انجام گرفت و پس از آن هر ۷ روز یک بار آبیاری شد. عمل آبیاری تا قبل از رسیدگی کامل انجام گرفت و در طول دوره رشد و نمو عملیات وجین علف‌های هرز با دست انجام شد. در مرحله شروع غلاف دهی شاخص سطح برگ با انتخاب تصادفی ۴ بوته از هر کرت اندازه‌گیری شد، همچنین در این مرحله رشدی سویا، با اندازه

گیری نور در بالای کانوپی و سطح خاک (زیر کانوپی) توسط دستگاه لوکس متر (TES-1339R) ساخت

تایوان) ، از طریق رابطه (۱) میزان نور جذب شده کانوپی محاسبه گردید.

رابطه (۱): $[(L_1 - L_2) / L_1] \times 100 = \text{درصد نور جذب شده}$

$L_1 = \text{میزان نور در بالای کانوپی}$ $L_2 = \text{میزان نور در سطح خاک}$

در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته در هر کرت صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، تعداد شاخه جانبی در بوته، ارتفاع اولین غلاف اندازه گیری گردید در پایان فصل رشد با زرد شدن برگ ها و قهوه ای شدن غلاف ها، برداشت در تاریخ ۸ آبان ۱۳۹۹ شروع شد. برداشت از ۲ ردیف میانی و با حذف دو خط کاشت حاشیه هر کرت و نیم متر از ابتدا و انتهای هر کرت، از سطحی معادل ۲/۵ مترمربع صورت گرفت و بوته ها به صورت کفبر از سطح خاک جمع آوری شدند و عملکرد دانه و بیولوژیک اندازه گیری شد. اجزای عملکرد نیز با انتخاب تصادفی ۱۰ بوته از سطح برداشت شده اندازه گیری شدند. با استفاده از دستگاه کجلدال نیتروژن دانه اندازه گیری و با ضرب در ۶/۲۵ درصد پروتدین دانه اندازه گیری شد. درصد روغن دانه نیز با استفاده از روش سوکسله

و استفاده از حلال پترولیوم اتر اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری شاخص کلروفیل در مرحله شروع غلاف دهی از هر کرت به صورت تصادفی ۱۰ بوته انتخاب و از جوان ترین برگ های انتهایی آن ها با دستگاه کلروفیل متر دستی (مدل CCM-200 ساخت انگلستان) عدد SPAD قرائت شد و سپس میانگین آن ها برای صفت شاخص کلروفیل محاسبه شد. تجزیه و تحلیل داده ها با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام گرفت. مقایسه میانگین اثرات اصلی تیمارها براساس آزمون LSD در سطح احتمال یک درصد انجام گرفت. برای صفاتی که اثر متقابل تیمارها معنی دار گردید تجزیه واریانس برش دهی صورت گرفت و مقایسات میانگین نیز از طریق روش LS Means انجام گرفت.

جدول ۱: خواص فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه

بافت خاک	pH	هدایت الکتریکی (dS.m^{-1})	کربن آلی (%)	نیتروژن کل (%)	فسفر قابل جذب	پتاسیم قابل جذب	آهن قابل جذب	روی قابل جذب
mg.kg^{-1}								
رسی لومی	۷/۹	۰/۶	۰/۹	۰/۰۹	۷	۹۹	۱۰/۴	۰/۶

نتایج و بحث

شاخص کلروفیل

نتایج نشان داد که شاخص کلروفیل بوته تحت تأثیر کود شیمیایی فسفره در سطح احتمال یک درصد معنی دار شد، اما تلقیح با کود زیستی فسفره و برهمکنش کود زیستی و کود شیمیایی فسفره بر شاخص کلروفیل تفاوت معنی داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی فسفره نشان داد که بیشترین میزان ضریب اسپد در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل حاصل شد

که تفاوت معنی داری با تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی سوپرفسفات تریپل نداشت و کمترین میزان ضریب اسپد در سطح شاهد به دست آمد. کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفره باعث افزایش ۱۴/۶۹ درصدی شاخص اسپد نسبت به تیمار شاهد گردید (جدول ۴). به نظر می رسد مصرف کود شیمیایی فسفره از طریق افزایش دسترسی گیاه به فسفر، بهبود رشد ریشه گیاه را به دنبال داشته که به نوبه خود افزایش جذب نیتروژن در گیاه را باعث شده و به علت نقش اساسی نیتروژن در ساختمان

رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل، بدیهی است که با افزایش میزان نیتروژن گیاه نیز شاخص کلروفیل در گیاه بهبود یابد. در آزمایشی که کاظم علیلو و همکاران (۲۰۱۷) روی آفتابگردان انجام دادند نتایج نشان داد که کود شیمیایی فسفره تأثیر معنی‌دار افزایش بر شاخص کلروفیل داشت. آن‌ها بیان داشتند که این نتایج با توجه به نقش فسفر در فتوسنتز و افزایش فعالیت آنزیم نیترات رداکتاز قابل توجه هستند. سوریانتینی و راهمیان (۲۰۲۱) اعلام کردند که کاربرد کودهای شیمیایی فسفره و نیتروژن باعث افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل برگ در سویا شد. اثر کودهای زیستی بر شاخص کلروفیل گیاه از نظر آماری تفاوت معنی‌داری نداشت و در همین رابطه حسن‌پور و همکاران (۲۰۲۰) گزارش کردند که تلقیح کود زیستی فسفات بارور ۲ تأثیر معنی‌داری بر کلروفیل برگ نخود زراعی (*Cicer arietinum* L.) نداشت.

ارتفاع بوته

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) ارتفاع بوته تحت تأثیر معنی‌دار کود شیمیایی فسفره و تلقیح کودهای زیستی فسفره قرار گرفت اما برهمکنش این دو عامل بر ارتفاع بوته تفاوت معنی‌داری ایجاد نکرد (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح مصرف کود شیمیایی فسفره نشان داد بالاترین ارتفاع بوته در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل حاصل

شد و کمترین ارتفاع بوته در تیمار شاهد به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت (جدول ۴). فسفر سبب افزایش شاخص کلروفیل گیاه شده که موجب افزایش فتوسنتز گردیده و تولید مواد فتوسنتزی افزایش یافته و در نهایت باعث افزایش رشد گیاه و ارتفاع بوته می‌شود. مانیاجی و توماس (۲۰۱۸) افزایش ارتفاع بوته گیاه ارزن انگشتی (*Eleusine coracana*) با کاربرد کود شیمیایی فسفره را گزارش کردند. مقایسه میانگین ارتفاع بوته در سطوح مختلف کود زیستی نشان داد که بالاترین ارتفاع بوته در تیمار کود زیستی فسفات به‌رشد + مایکوریزا و کمترین میزان ارتفاع بوته در تیمار کود زیستی فسفات به‌رشد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نداشت (جدول ۴). کاربرد کود های زیستی فسفره نظیر قارچ مایکوریزا از طریق تولید هورمون‌های رشد و بهبود سطح دسترسی ریشه به خاک، افزایش جذب آب و عناصر غذایی را برای گیاه را به دنبال خواهد داشت که رشد گیاه را بهبود بخشیده و ارتفاع بوته را افزایش می‌دهد. اسپاگنولتی و لاوادی (۲۰۱۵) نیز اظهار داشتند که کاربرد گونه *Rhizophagus intraradices* قارچ مایکوریزا اربسکولار در خاک آلوده به آرسنیک از طریق کاهش اثرات منفی این آلودگی بر گیاه سویا افزایش ارتفاع بوته آن را باعث می‌گردد.

جدول ۲- نتایج تجزیه واریانس صفات مورفوفیزیولوژیک سویا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی فسفره

منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص کلروفیل	ارتفاع بوته	شاخص سطح برگ	درصد نور جذب شده	تعداد شاخه جانبی	ارتفاع اولین غلاف
تکرار	۲	۱۴/۳۷ ^{ns}	۹۳/۶۵ ^{ns}	۲/۳۸**	۱/۴۱ ^{ns}	۴۵/۹**	۱/۵۷ ^{ns}
کود شیمیایی فسفره	۳	۸۸/۷۶**	۱۶۱/۸۵**	۵/۵۶**	۵/۴۶*	۶۴/۲۹**	۶/۵*
کود زیستی فسفره	۳	۳۱/۳۷ ^{ns}	۹۹/۸۹*	۲/۲۲**	۴/۸۵*	۱۳/۶**	۲/۳۵ ^{ns}
کود شیمیایی فسفره × کود زیستی فسفره	۹	۵/۶۱ ^{ns}	۲۵/۸۱ ^{ns}	۰/۲۶**	۱/۲۱ ^{ns}	۰/۷۵ ^{ns}	۰/۲۶ ^{ns}
خطا	۳۰	۱۳/۰۷	۳۱/۰۸	۰/۰۸	۱/۶۳	۰/۶۸	۱/۶۶
ضریب تغییرات (%)		۸/۹	۵/۸۳	۷/۶۵	۱/۳۳	۳/۱۷	۱۱/۵۳

** و * به ترتیب نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و ns عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۳- تجزیه واریانس عملکرد، اجزاء عملکرد و صفات کیفی سویا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی فسفره

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات						
		تعداد غلاف در بوته	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	شاخص برداشت	درصد روغن دانه
تکرار	۲	۱/۱ ^{NS}	۰/۰۰۶ ^{NS}	۳/۲۳*	۲۶۴۳۳ ^{NS}	۸۴۲۱۳ ^{NS}	۸/۶۷ ^{NS}	۰/۴۲ ^{NS}
کود شیمیایی فسفره	۳	۶۱/۳۹**	۰/۳۸**	۲/۵۴*	۹۶۰۱۸۴**	۲۵۴۲۰۸۱**	۸۱/۳۱**	۳/۴۸ ^{NS}
کود زیستی فسفره	۳	۶۱/۷۸**	۰/۱۳*	۷/۹۷**	۳۳۹۲۶۲**	۱۴۴۶۹۱۸**	۳۶/۴ ^{NS}	۳/۱۹ ^{NS}
کود شیمیایی فسفره X کود زیستی	۹	۱۳/۰۹**	۰/۰۲ ^{NS}	۰/۹۷ ^{NS}	۴۲۱۱۷*	۷۰۴۰۱ ^{NS}	۲۴/۷۲ ^{NS}	۲/۹۲ ^{NS}
خطا	۳۰	۳/۸۹	۰/۰۳	۰/۰۶	۱۴۸۲۸	۲۹۹۱۷۱	۱۴/۱۸	۲
ضریب تغییرات (%)		۹/۷۴	۸/۴۷	۷/۲۲	۷/۰۳	۹/۹۸	۱۱/۹۱	۷/۲۱

** و * به ترتیب نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و NS عدم وجود اختلاف معنی‌دار است.

جدول ۴- جدول مقایسه میانگین اثرات اصلی سطوح کود شیمیایی و زیستی فسفره برای کمی و کیفی سویا

عامل‌های آزمایش	سطوح عامل	شاخص کلروفیل	ارتفاع بوته (cm)	نور جذب شده (%)	تعداد شاخه جانبی	ارتفاع اولین غلاف (cm)	تعداد دانه در غلاف	وزن صد دانه (g)	عملکرد بیولوژیک (kg.ha ⁻¹)	شاخص برداشت (%)	روغن دانه (%)	پروتئین دانه (%)
کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل (کیلوگرم در هکتار)	صفر	۳۷/۰۵ ^c	۹۲/۲۵ ^b	۹۵/۳۳ ^b	۲۳/۷۰ ^d	۱۲/۲۰ ^a	۲/۷۰ ^c	۱۰/۴۹ ^b	۴۹۴۶/۴۸ ^b	۲۷/۸۲ ^b	۱۹/۱۱ ^a	۳۱/۲۶ ^b
	۶۰	۴۰/۰۹ ^b	۹۲/۹۱ ^b	۹۵/۸۹ ^{ab}	۲۴/۶۰ ^c	۱۱/۲۳ ^{ab}	۲/۳۶ ^{ab}	۱۰/۴۴ ^b	۵۱۳۳/۵۲ ^b	۳۲/۵ ^a	۱۹/۳۲ ^a	۳۴/۶۷ ^b
	۱۲۰	۴۱/۷۷ ^{ab}	۹۶/۷۵ ^{ab}	۹۶/۳۸ ^{ab}	۲۶/۷۲ ^b	۱۰/۶۸ ^b	۲/۳۶ ^{ab}	۱۰/۶۹ ^b	۵۷۰۳/۵۲ ^a	۳/۳۱ ^a	۱۹/۷۲ ^a	۳۹/۶۷ ^a
	۱۸۰	۴۳/۴۳ ^a	۱۰۰/۱۵ ^a	۹۶/۹۱ ^a	۲۸/۸۸ ^a	۱۰/۶۰ ^b	۲/۵۱ ^a	۱۱/۴۴ ^a	۶۱۳۶/۴۱ ^a	۳۳/۷۹ ^a	۲۰/۳۳ ^a	۳۹/۸۳ ^a
کود زیستی فسفره مایکوریزا	شاهد	۹۵/۳۸ ^b	۹۳/۷۱ ^{bc}	۹۵/۳۸ ^b	۲۴/۶۸ ^c	۱۱/۶۹ ^a	۲/۱۷ ^b	۹/۶۹ ^c	۵۱۴۸/۹۸ ^c	۲۹/۱ ^a	۱۹/۰۵ ^a	۳۳/۹۱ ^b
	فسفات به‌رشد	۹۵/۸۴ ^{ab}	۹۲/۵۰ ^c	۹۵/۸۴ ^{ab}	۲۵/۷۳ ^b	۱۱/۲۱ ^a	۲/۳۰ ^{ab}	۱۰/۷۰ ^b	۵۲۲۲/۳۴ ^b	۳۲/۹۳ ^a	۱۹/۶۷ ^a	۳۵/۹۹ ^{ab}
	مایکوریزا	۹۶/۴۸ ^a	۹۷/۲۲ ^{ab}	۹۶/۴۸ ^a	۲۷/۲۴ ^b	۱۰/۱۸ ^a	۲/۳۹ ^a	۱۱/۰۵ ^{ab}	۵۶۹۵/۰۸ ^a	۳۱/۷۲ ^a	۱۹/۴۶ ^a	۳۶/۳۰ ^{ab}
	فسفات به‌رشد + مایکوریزا	۹۶/۸۰ ^a	۹۸/۶۳ ^a	۹۶/۸۰ ^a	۲۷/۲۴ ^a	۱۰/۶ ^a	۲/۳۹ ^a	۱۱/۶۳ ^a	۵۸۵۳/۵۲ ^a	۳۲/۶۴ ^a	۲۰/۲۹ ^a	۳۸/۹۴ ^a

میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک برای هر یک از عامل‌های آزمایش در هر ستون، فاقد تفاوت معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ براساس آزمون LSD می‌باشند.

جدول ۵- تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح مختلف کود زیستی در هر سطح کود شیمیایی فسفره برای شاخص سطح برگ، تعداد غلاف در بوته و عملکرد دانه

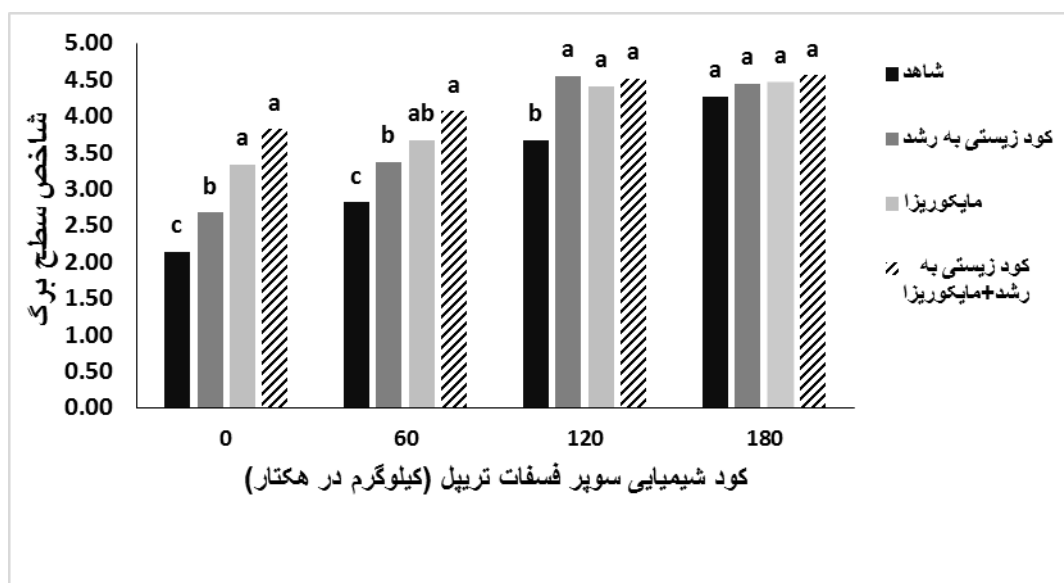
کود شیمیایی سوپر فسفات تریپل	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	تعداد غلاف در بوته	میانگین مربعات	عملکرد دانه
صفر	۳	۱/۶۲**	۷۷/۹۲**	۲۴۲۶۸۱**	
۶۰ کیلوگرم در هکتار	۳	۰/۸۲**	۱۷/۷۶**	۱۵۷۳۲۴**	
۱۲۰ کیلوگرم در هکتار	۳	۰/۵۱**	۴/۸۳ ^{NS}	۶۳۷۴۱**	
۱۸۰ کیلوگرم در هکتار	۳	۰/۰۴ ^{NS}	۰/۵۳ ^{NS}	۱۸۶۶/۴۴ ^{NS}	

** و * به ترتیب نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۱ درصد و ۵ درصد و NS نشانگر عدم وجود اختلاف معنی‌دار

شاخص سطح برگ

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که اثر کودهای شیمیایی و زیستی فسفره و برهمکنش آن‌ها بر شاخص سطح برگ سویا معنی‌دار شد (جدول ۲). بر اساس جدول تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح کود زیستی در هر سطح کود شیمیایی مشاهده می‌شود که تنها در سطح کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل، بین سطوح مختلف کود زیستی از نظر شاخص سطح برگ اختلاف معنی‌داری وجود ندارد ولی در سطوح دیگر کاربرد کود شیمیایی فسفره، کاربرد کود زیستی توانسته اختلاف معنی‌داری در این صفت داشته باشد (جدول ۵). مقایسه میانگین برهمکنش کود زیستی و کود شیمیایی فسفره نشان داد که در سطح شاهد و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل کود شیمیایی، بیشترین میزان شاخص سطح برگ در تیمار فسفات به‌رشد + مایکوریزا به‌دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار مایکوریزا نداشت. در سطح ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات تریپل نیز بیشترین میزان سطح برگ در تیمار کود زیستی فسفات به‌رشد مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار فسفات به‌رشد + مایکوریزا و تیمار مایکوریزا نداشت (شکل ۱). فسفر باعث بهبود تقسیم سلولی و افزایش تعداد و اندازه سطح برگ خواهد شد که تولید مواد فتوسنتزی بیشتری را به همراه خواهد داشت (بشارتی ۲۰۲۲). به

نظر می‌رسد کودهای زیستی نیز با سنتز هورمون‌های رشد و همچنین بهبود جذب آب و عناصر غذایی به‌خصوص فسفر در گیاه و با دسترسی بیشتر به این عناصر (ساریخانی و همکاران ۲۰۱۴) شاخص سطح برگ سویا را افزایش داد که در نهایت سبب بهبود فتوسنتز و افزایش عملکرد می‌گردد یوسفی‌پور و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که اثر تلفیق کود زیستی فسفات بارور ۲ و کود شیمیایی فسفره بر شاخص سطح برگ جو معنی‌دار شد. آنان معتقد بودند که دلیل این امر می‌تواند افزایش سطح برگ، بهبود فتوسنتز و بالا رفتن سرعت افزایش ظرفیت فتوسنتز در گیاه باشد. نتایج آزمایش برهام و همکاران (۲۰۱۷) در گندم نشان داد کاربرد کودهای شیمیایی NPK و باکتری حل‌کننده فسفات اثربخشی مطلوبی بر سطح برگ گندم نسبت به شاهد داشت. در تحقیقات ناکون و همکاران (۲۰۲۰) نتایج نشان از معنی‌دار بودن اثر متقابل کود زیستی باکتری حل‌کننده فسفر و قارچ مایکوریزا بر شاخص سطح برگ گیاه سیب‌زمینی ترشی (*Helianthus tuberosus* L.) داشت. بیشترین شاخص سطح برگ با کاربرد توأم قارچ مایکوریزا و باکتری حل‌کننده فسفات به دست آمد.



شکل ۱- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح مختلف کود شیمیایی و زیستی فسفره بر شاخص سطح برگ سویا

درصد جذب نور

اثر کود شیمیایی و زیستی فسفره بر درصد نور جذب شده معنی‌دار گردید ولی برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نبود (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی فسفره نشان داد که بیشترین درصد نور جذب شده مربوط به تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل حاصل شد که تفاوت معنی‌داری با سایر تیمارهای کودی نداشت و کمترین درصد جذب نور نیز در تیمار شاهد مشاهده شد. مصرف کود شیمیایی فسفره سبب افزایش شاخص سطح برگ گیاه شده که سبب جذب بیشتر نور توسط گیاه و نهایتاً باعث افزایش عملکرد سویا می‌گردد. نتایج مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نشان داد که تیمار فسفات به‌رشد + مایکوریزا بالاترین درصد جذب نور را داشت و تفاوتی با تیمارهای کود زیستی فسفات به‌رشد و تیمار قارچ مایکوریزا نداشت (جدول ۴). به نظر می‌رسد با کاربرد کودهای زیستی افزایش دسترسی به عناصر غذایی بخصوص فسفر، موجب افزایش رشد رویشی و در نتیجه افزایش سطح برگ و توسعه بیشتر کانوپی شده که سبب افزایش کارایی گیاه در استفاده از انرژی نورانی و سنتز بیشتر مواد فتوسنتزی می‌شود.

وجدانی‌آرام و همکاران (۲۰۱۸) گزارش کردند کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفره در گندم (*Triticum aestivum* L.) سبب افزایش جذب نور توسط گیاه گردید. آن‌ها این افزایش جذب نور را به افزایش شاخص سطح برگ گیاه نسبت دادند.

تعداد شاخه جانبی

تعداد شاخه جانبی تحت تأثیر مصرف کود شیمیایی و تلقیح کود زیستی تغییرات معنی‌داری را نشان داد ولی تحت تأثیر برهمکنش این تیمارها قرار نگرفت (جدول ۲). مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی نشان داد که بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل به‌دست آمد که توانست این صفت را نسبت به تیمار شاهد ۲۱/۸ درصد افزایش دهد. افزایش تعداد شاخه‌های جانبی می‌تواند ناشی از افزایش ارتفاع گیاه باشد که نهایتاً سبب افزایش عملکرد می‌گردد. مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نشان داد بیشترین تعداد شاخه جانبی در تیمار کود زیستی به رشد + مایکوریزا حاصل شد و کمترین تعداد شاخه جانبی در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول ۴). کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و

قارچهای میکوریزا با فراهمی عناصر غذایی، رشد رویشی گیاه را افزایش داده و از طریق افزایش سطح فتوسنتزی گیاه (شاخص سطح برگ)، می‌تواند میزان آسمیلات‌های اختصاص یافته به جوانه‌های جانبی را افزایش داده و این فرآیند موجب افزایش هورمون‌های رشد و تحریک رشد جوانه‌های جانبی را باعث شده و تولید شاخه‌های جانبی را افزایش می‌دهد. نصرالله‌زاده‌اصل و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که کود زیستی با افزایش دادن فسفر آزاد خاک رشد گیاه را تقویت کرده و مواد فتوسنتزی بیشتری در گیاه تولید شده و در اثر آن رشد جوانه‌های رویشی تحریک شده و تعداد شاخه در بوته افزایش یافته است. مجید و همکاران (۲۰۲۰) بیان کردند که کاربرد دی‌آمونیم فسفات همراه با باکتریهای محرک رشد رایزوسفری توانست اثر مثبتی بر تعداد شاخه جانبی در پنبه (*Gossypium herbaceom*) داشته باشد. همچنی در این راستا گزارش شده که کاربرد کود شیمیایی فسفره به همراه باکتری‌های حل‌کننده فسفات اثر معنی‌دار افزایشی بر تعداد شاخه جانبی گیاه ماش (*Vigna radiata* L.) به همراه داشته است (سینگ و همکاران ۲۰۱۸).

ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود شیمیایی بر صفت ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین معنی‌دار بود اما کود زیستی تلقیح شده و برهمکنش کود شیمیایی و کود زیستی بر صفت مورد نظر معنی‌دار نگردید (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی نشان داد بالاترین ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین در شاهد به‌دست آمد که تفاوت معنی‌داری با مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت و پایین‌ترین ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین در تیمار مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل حاصل شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت (جدول ۴). به‌طورکلی، هرچقدر ارتفاع اولین غلاف از سطح زمین پایین‌تر باشد

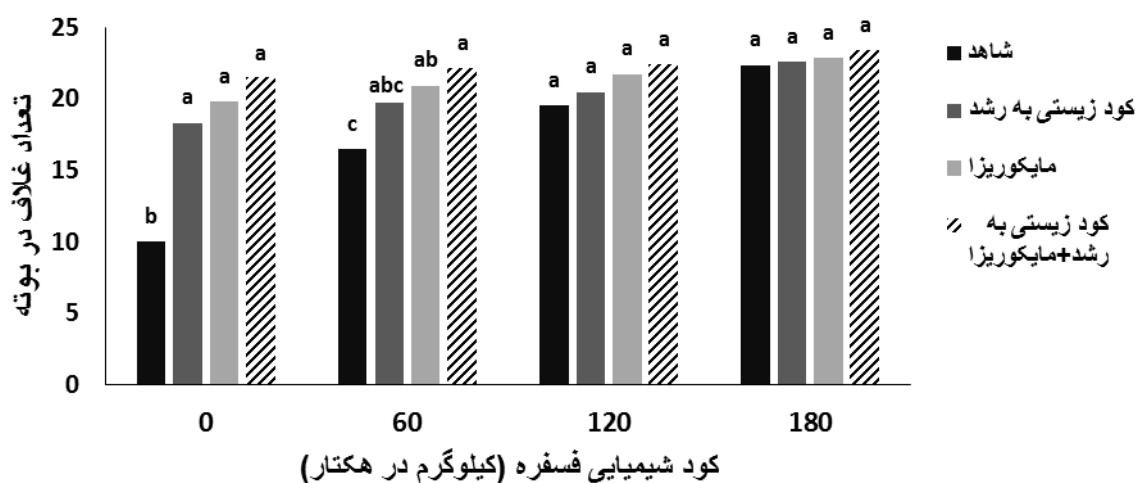
پتانسیل عملکرد بالاتری را از بوته‌ها می‌توان انتظار داشت؛ زیرا غلاف‌ها در طول بیشتری از ساقه تشکیل می‌شوند. این نتایج نشان می‌دهد که با افزایش مصرف فسفر غلاف‌بندی سویا افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش تعداد غلاف در بوته و در نهایت عملکرد می‌شود. یساری (۲۰۱۳) گزارش داد که کاربرد کود شیمیایی فسفره اثر معنی‌داری بر ارتفاع اولین غلاف در سویا داشت. اثرات سطوح اصلی فسفر نشان داد که پایین‌ترین ارتفاع اولین غلاف در بیشترین سطح مصرف فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) با ۷/۴۳ سانتی‌متر به‌دست آمد و بالاترین ارتفاع غلاف در تیمار مصرف فسفر ۵۰ کیلوگرم در هکتار به میزان ۷/۸۵ سانتی‌متر به‌دست آمد.

تعداد غلاف در بوته

تأثیر سطوح اصلی کود شیمیایی و کود زیستی و برهمکنش این دو فاکتور بر تعداد غلاف در بوته معنی‌دار گردید (جدول ۳). طبق جدول تجزیه واریانس برش‌دهی اثر سطوح مختلف کود زیستی در هر سطح کود شیمیایی فسفره مشاهده شد که در سطح شاهد و کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل بین سطوح مختلف کود زیستی از نظر تعداد غلاف در بوته اختلاف معنی‌داری وجود دارد ولی در سطوح ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفره بین سطوح مختلف کود زیستی اختلاف معنی‌داری وجود ندارد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که با افزایش کود شیمیایی فسفره، تعداد غلاف در بوته روند صعودی به خود گرفته و همچنین در سطوح کاربرد صفر و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل بیشترین تعداد غلاف در بوته به ترتیب (۲۱/۴۵) و (۲۲/۱۲) در تیمار کود زیستی فسفات به‌رشد + میکوریزا مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای میکوریزا و کود زیستی فسفات به‌رشد نداشت و کمترین تعداد غلاف در بوته در سطوح صفر و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل (به ترتیب ۱۰ و ۱۶/۴) از تیمار شاهد کود زیستی مشاهده شد. همچنین در سطوح کاربرد ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار کود

گیاه حاصل گشت. نایر و همکاران (۲۰۲۱) در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) نشان دادند که بیشترین تعداد غلاف در بوته از تیمار تلقیح با ریزوبیوم و باکتریهای محرک رشد و ۴۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی P_2O_5 (میزان متوسط کود مصرفی) به دست آمد.

شیمیایی بین تیمارهای کاربرد کود زیستی از نظر تعداد غلاف در بوته تفاوت معنی داری وجود نداشت (شکل ۲). از آنجا که فسفر بیشترین تأثیر را بر گل‌دهی سویا دارد و رابطه بین تعداد غلاف‌های تولید کننده بذر با تعداد گل‌هایی که به غلاف تبدیل می‌شود ثابت شده است، بنابراین در تیمار فسفات به رشد + قارچ میکوریزا و حداکثر کاربرد فسفر مصرفی حداکثر تعداد غلاف در



شکل ۲- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح مختلف کود شیمیایی و زیستی فسفره بر تعداد غلاف در بوته سویا

تعداد دانه در غلاف

جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر کود شیمیایی و کود زیستی بر تعداد دانه در غلاف معنی‌دار شد اما برهمکنش آن‌ها بر صفت مورد نظر معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل به دست آمد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت و کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار شاهد حاصل شد (جدول ۴). از آنجایی که عناصر غذایی همچون نیتروژن و فسفر در فعالیت‌های فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان نقش مهمی ایفا می‌کنند دسترسی بهتر و بیشتر گیاهان به این عناصر سبب بهبود رشد، افزایش فتوسنتز و تولیدات مواد فتوسنتزی گشته و می‌تواند از این طریق موجب بهبود اجزای عملکرد گردد. مقایسه میانگین سطوح کود

زیستی نشان داد که بیشترین تعداد دانه در غلاف در تیمار تلفیقی کود زیستی فسفات به رشد + مایکوریزا و نیز تیمار مایکوریزا مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار باکتری حل‌کننده فسفات نداشتند و کمترین تعداد دانه در غلاف در تیمار شاهد به دست آمد (جدول ۴). به نظر می‌رسد قارچ مایکوریزا باعث توسعه ریشه در خاک و کود زیستی فسفات به رشد با انحلال فسفات، امکان دریافت فسفر را به میزان بیشتری برای گیاه فراهم کرده و به‌خصوص در مرحله گل‌دهی سبب افزایش تولید گل‌های بارور و نهایتاً افزایش تعداد دانه در غلاف سویا می‌شود. صادقی و ابوطالبیان (۲۰۱۹) با بررسی تأثیر کودهای شیمیایی نیتروژن و فسفر روی سویا نتیجه گرفتند که کاربرد کود شیمیایی فسفره اثر معنی‌دار افزایشی بر اجزای عملکرد گیاه داشت. مصرف نواری کود فسفره تعداد دانه در غلاف را نسبت به شاهد ۲۴ درصد افزایش داد. پرامانیک و برا (۲۰۱۳)

نشان دادند که کاربرد کودهای زیستی فسفره در زراعت آفتابگردان (*Helianthus annuus* L.) می‌تواند از طریق بهبود تغذیه سایر عناصر بر افزایش تعداد دانه پر در طبق اثرگذار باشد.

وزن صد دانه

جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر سطوح کود شیمیایی و زیستی فسفره بر وزن صد دانه سویا معنی‌دار شد اما برهمکنش آن‌ها معنی‌دار نگردید (جدول ۳). مقایسه داده‌های سطوح کود شیمیایی فسفره نشان داد که بیشترین وزن صد دانه (۱۱/۴۴ گرم) در تیمار مصرف ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل مشاهده شد که نسبت به سطح صفر افزایش ۹ درصدی در این صفت ایجاد کرد و کمترین میزان در تیمار مصرف ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل حاصل شد که تفاوت معنی‌داری از نظر آماری با تیمار مصرف صفر و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت (جدول ۴). وزن دانه از جمله صفات مهم و تأثیرگذار بر عملکرد محسوب می‌گردد. با افزایش دسترسی گیاه به فسفر، گیاه می‌تواند از طریق افزایش رشد رویشی و تولید مواد فتوسنتزی مقدار بیشتری از کربوهیدرات‌ها را به سمت دانه‌ها ارسال نماید و باعث افزایش وزن هزاردانه گردد. مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نیز نشان داد بیشترین وزن صد دانه در تیمار تلفیقی زیستی فسفات به رشد + مایکوریزا مشاهده گردید که تفاوتی با تیمار مایکوریزا نداشت و کمترین میزان وزن صد دانه در تیمار شاهد مشاهده شد (جدول ۴). به نظر می‌رسد که کاربرد کودهای زیستی، با توسعه دادن سطح ریشه در خاک باعث افزایش جذب عناصر غذایی شده و از طریق افزایش شاخص سطح برگ و ارتفاع، جذب نور کانوپی را افزایش داده که در نتیجه میزان فتوسنتز در گیاه افزایش می‌یابد و در زمانی که گیاه به دوران رسیدگی نزدیک می‌شود مواد حاصل از فتوسنتز را به اندام‌های زایشی منتقل می‌کند و از این‌رو موجب افزایش وزن هزار دانه می‌گردد. سعیدی و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند اثر کود زیستی باعث افزایش معنی‌دار وزن هزار دانه کتان گردید که دلیل اصلی اثر مثبت پیش‌تیمار بذر

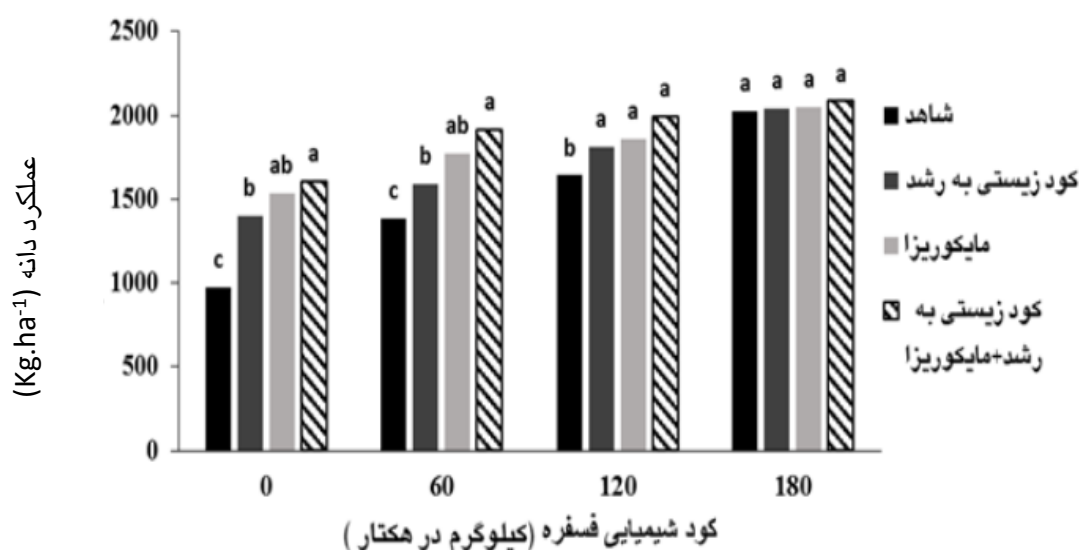
با کودهای زیستی بر وزن هزار دانه، دسترسی بهتر بذور به آب و عناصر غذایی می‌باشد. نتایج تحقیقات آبرا (۲۰۱۸) در گیاه سویا نشان داد که کاربرد کود شیمیایی فسفره بر وزن ۱۰۰ دانه تأثیر معنی‌دار افزایشی داشت.

عملکرد دانه

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثرات ساده و برهمکنش کودهای شیمیایی و زیستی فسفره بر عملکرد دانه معنی‌دار گردید (جدول ۳). تجزیه واریانس برش‌دهی اثر کود زیستی در هر سطح کود شیمیایی فسفره نشان داد که تنها در سطح کود شیمیایی ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار اختلاف معنی‌دار بین سطوح کود زیستی از لحاظ عملکرد دانه وجود ندارد (جدول ۵). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از روند صعودی تغییرات عملکرد با افزایش کود شیمیایی فسفره می‌باشد و همچنین در سطوح مصرف صفر، ۶۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل، کاربرد کود زیستی فسفات به رشد + مایکوریزا نسبت به عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) عملکرد دانه را به ترتیب ۶۵، ۲۷ و ۱۸٪ افزایش داد (شکل ۳). بالاترین میزان عملکرد دانه (۲۰۸۵ کیلوگرم در هکتار) در سطح ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل به همراه کاربرد کود زیستی فسفات به رشد + مایکوریزا و کمترین عملکرد دانه (۹۷۱ کیلوگرم در هکتار) نیز در سطح صفر کود شیمیایی و عدم کاربرد کود زیستی (شاهد) حاصل شد. این نتایج نشان‌دهنده این موضوع می‌باشد که با افزایش مصرف کودهای شیمیایی فسفره، اثر بخشی مصرف کودهای زیستی در بهبود عملکرد دانه کاهش می‌یابد. در کل افزایش عملکرد دانه با توجه به نقش فسفر در ذخیره و انتقال انرژی، فتوسنتز، تنفس سلولی، انتقال کربوهیدرات و همچنین توسعه سیستم ریشه قابل توجه است. کاربرد کود زیستی به رشد که شامل باکتری‌های جنس سودوموناس بوده به همراه قارچ مایکوریزا و همچنین کاربرد کود شیمیایی فسفره در حد متعادل، از طریق بهبود دسترسی به فسفر، باعث بهبود رشد سویا شده، افزایش ارتفاع، شاخص سطح

فسفره گزارش گردید (شیری جناقرد و همکاران ۲۰۱۳). اریف و همکاران (۲۰۱۸) در مطالعه‌ای روی گیاه پنبه گزارش دادند که استفاده از کودهای شیمیایی و زیستی فسفره باعث افزایش عملکرد دانه گردید. آن‌ها اظهار داشتند که باکتری‌های حل‌کننده فسفات، فسفر غیرقابل دسترس را حل کرده و بنابراین محتویات فسفر بیشتری در اختیار گیاه قرار می‌دهند و عملکرد دانه نسبت به شاهد افزایش می‌یابد.

برگ و بهبود جذب نور را به دنبال داشته که همه این موارد افزایش توان فتوسنتزی گیاه، توسعه اجزای عملکرد و در نهایت افزایش عملکرد را باعث شده است. جهان و همکاران (۲۰۱۳) اعلام کردند که استفاده از کودهای بیولوژیکی بیوفسفر (مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده فسفات) و بیوسولفور (مجموعه‌ای از باکتری‌های حل‌کننده سولفات) در گیاه کنجد موجب افزایش معنی‌دار عملکرد دانه شد. افزایش معنی‌دار عملکرد دانه سویا با کاربرد کود شیمیایی و زیستی



شکل ۳- مقایسه میانگین ترکیبات تیماری سطوح مختلف کود شیمیایی و زیستی فسفره بر عملکرد دانه سویا

عملکرد بیولوژیک

نتایج حاکی از تاثیر معنی دار کاربرد کودهای شیمیایی و زیستی فسفره و عدم تاثیر معنی دار برهمکنش آن‌ها بر عملکرد بیولوژیک گیاه بود (جدول ۳). مقایسه میانگین نشان داد که بالاترین سطح کود شیمیایی توانست ۲۴ درصد عملکرد بیولوژیک را نسبت به تیمار صفر کود شیمیایی فسفره افزایش دهد. بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل حاصل شد که از نظر آماری تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت. مصرف کود شیمیایی فسفره سبب افزایش شاخص‌های رشد از جمله ارتفاع بوته و شاخص سطح برگ گردید که باعث فتوسنتز بیشتری در گیاه شده و در نتیجه سبب افزایش عملکرد

بیولوژیک گیاه شد. مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نیز نشان داد که بیشترین عملکرد بیولوژیک در تیمار کاربرد کود زیستی فسفات به رشد + مایکوریزا مشاهده شد که تفاوتی با تیمار مایکوریزا نداشت و کمترین میزان در تیمار شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). باکتری‌های سودوموناس موجود در کود زیستی فسفات به رشد با تولید آنزیم فسفاتاز باعث آزاد شدن فسفر از کانی‌های خاک شده و قارچ مایکوریزا نیز با افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب بهبود رشد و افزایش فتوسنتز و با تولید کربوهیدرات بیشتر باعث افزایش عملکرد بیولوژیک می‌شوند. شیری جناقرد و همکاران (۲۰۱۸) بیان کردند که عملکرد بیولوژیک سویا به طور معنی‌داری تحت‌تأثیر اثر کودهای نیتروژنه و فسفره قرار گرفت. آن‌ها نتیجه گرفتند که شاخص سطح

برگ مطلوب موجب افزایش فتوسنتز بیشتر شده و در نتیجه می‌تواند عملکرد بیولوژیک بیشتری تولید کند. ابوطالبیان و مالمیر (۲۰۱۷) از افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک گیاه سویا با استفاده از کود زیستی قارچ میکوریزا گزارش کردند. سینگ و همکاران (۲۰۱۸) نشان دادند که کاربرد کود شیمیایی فسفره باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بیولوژیک نخود در کشت مخلوط نخود و خردل گردید.

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر سطوح کود شیمیایی فسفره بر میزان شاخص برداشت معنی‌دار گردید اما اثر کود زیستی و برهمکنش کود شیمیایی و کود زیستی بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). مقایسه میانگین سطوح کود شیمیایی نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱۲۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل اشد و کمترین میزان در تیمار صفر به‌دست آمد (جدول ۴). افزایش شاخص برداشت می‌تواند به دلیل افزایش سطح فتوسنتز کننده (شاخص سطح برگ) و افزایش انتقال مجدد آسمیلات‌ها در طی دوره پر شدن دانه، افزایش اجزای عملکرد و در نهایت افزایش عملکرد دانه باشد. کوچکی و همکاران (۲۰۱۵) در گیاه کلزا نشان دادند که تأثیر کودهای زیستی بر شاخص برداشت گیاه معنی‌دار نبود. آن‌ها بیان داشتند که از آنجا که این شاخص بیان‌کننده نسبت توزیع مواد فتوسنتزی بین عملکرد دانه و عملکرد کل ماده خشک می‌باشد، لذا تغییرات این دو پارامتر تأثیر عمده‌ای بر شاخص برداشت دارند. نتایج بررسی انگت و همکاران (۲۰۲۲) نشان داد که کاربرد کود شیمیایی فسفره باعث افزایش شاخص برداشت گیاه سویا نسبت به شاهد گردید.

درصد روغن

اثر سطوح کود شیمیایی و زیستی و برهمکنش آنها بر درصد روغن دانه معنی‌دار نشد (جدول ۳).

درصد روغن از جمله صفات کیفی در گیاه می‌باشد که تا حد زیادی متأثر از ژنتیک گیاه می‌باشد و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد. در همین رابطه میرزاشاهی و همکاران (۲۰۲۰) نشان دادند که مصرف کود شیمیایی فسفره نتوانست اثر معنی‌داری بر درصد روغن گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) داشته باشد. آن‌ها توجیه این علت را به ژنتیک گیاه نسبت دادند.

درصد پروتئین

اثر سطوح کود زیستی و شیمیایی فسفره بر درصد پروتئین دانه معنی‌دار گردید اما برهمکنش آن‌ها بر این صفت معنی‌دار نشد (جدول ۳). بیشترین درصد پروتئین دانه با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل حاصل شد که اختلاف معنی‌داری با کاربرد ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار سوپر فسفات‌تریپل نداشت و کمترین درصد پروتئین دانه در تیمار شاهد حاصل گردید که از لحاظ آماری تفاوت معنی‌داری با کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار سوپرفسفات‌تریپل نداشت. نتایج مقایسه میانگین سطوح کود زیستی نیز نشان داد کاربرد تلفیقی کود زیستی فسفات به رشد + میکوریزا بیشترین درصد پروتئین دانه را داشت که تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کود زیستی فسفات به رشد و تیمار قارچ میکوریزا نداشت (جدول ۴). قاسم بگو و همکاران (۲۰۲۱) نشان دادند که دلیل افزایش پروتئین دانه با کاربرد کودهای زیستی را می‌توان به جذب سریع‌تر نیتروژن و افزایش غلظت نیتروژن در اندام هوایی و در نتیجه انتقال بیشتر به دانه می‌باشد.

نتیجه گیری:

نتایج این آزمایش نشان داد که تلقیح بذور سویا با کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات و قارچ میکوریزا در کنار مصرف کودهای شیمیایی فسفره از طریق افزایش ارتفاع بوته، شاخص سطح برگ و جذب نور بیشتر موجب بهبود فتوسنتز در گیاه گردیده و افزایش در عملکرد و اجزای عملکرد سویا را به دنبال داشت. این نتایج همچنین حاکی از این بود که

تولید سویا شده و با افزایش توسعه کشاورزی پایدار، استفاده بهینه از زمین‌های کشاورزی را ممکن می‌سازد.

سپاسگزاری

نویسندگان بدینوسیله از دانشگاه یاسوج به جهت فراهم سازی بستر لازم جهت اجرای این تحقیق سپاسگزاری می‌نمایند.

کارایی کودهای زیستی در بهبود عملکرد دانه سویا با افزایش مصرف کودهای شیمیایی فسفره کاهش می‌یابد. لذا می‌توان اظهار داشت که کاربرد تلفیقی این گونه کودهای زیستی و مصرف بهینه کود شیمیایی فسفره با حفظ خصوصیات بیولوژی خاک می‌تواند موجب بهبود

منابع مورد استفاده

- Abbasdokht H, Salmanzadeh S and Gholami A. 2015. The comparison of qualitative and quantitative of soybean (*Glycine max* L.) affected by double inoculation with Barvar-2 and *Rhizobium japonicum* bacteria at hydro- osmo priming condition. Iranian Journal of Field Crop Sciences. 46(4): 569-581. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/IJFCS.2015.56807>
- Abera A. 2018. Effect of different phosphorus rates to soybean (*Glycine max* (L.) merril) varieties in yayo district ilobabor zone, southwestern Ethiopia. International Journal of Development Research. 8(9): 22907-22918.
- Aboutalebian, MA and Elahi M. 2016. Evaluation of changes in some physiological indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) affected by on-farm seed priming and bio-fertilizers at different phosphorus levels. Journal of Crop Production and Processing. 6(20): 25-39. (In Persian). <https://doi.org/10.18869/acadpub.jcpp.6.20.25>
- Aboutalebian MA and Malmir M. 2017. Soybean yield and yield components affected by the mycorrhiza and bradyrhizobium at different rates of starter nitrogen fertilizer. Semina: Ciencias Agrarias. 38(4): 2409-2418. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2017v38n4Supl1p2409>
- Ahmadi K, Ebadzadeh, HR, Hatami F, Mohammadnia Afrozi S, Esfandiaripour A and Abbas Taleghani R. 2021. Statistics of agricultural crops. Economic Deputy of the Ministry of Jihad, Agriculture, Planning Center for Communication and Information Technology. Volume 1. Page 97. (In Persian).
- Alipour S, Moradi Rekat MR, Siadat A, Mousavi H and Karmala Chab A. 2015. Effect of planting date and phosphorus fertilizer surface on the morphological characteristics and yield of faba bean (*Vicia faba* L.). Iranian Journal of Pulses Reseach. 7(2): 45-58. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/IJPR.V7I2.43382>
- Arif M, Ahmed W, Ul-Haq T, Jamshid U, Imran M and Ahmed Sh. 2018. Effect of rock phosphate based compost and biofertilizer on uptake of nutrients, nutrient use efficiency and yield of cotton. Soil and Environment. 37(2): 129-135. <https://doi.org/10.25252/SE/18/61580>
- Besharati H. 2022. Plant growth-promoting bacteria and their application in agriculture. Journal of Soil Biology. 10(2): 135-163. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/SBJ.2022.342121.191>
- Beyranvand H, Farnia A, Nakhjavan Sh and Shaban M. 2013. Response of yield and yield components of maize (*Zea mays* L.) to different biofertilizers. International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 1(9): 1068-1077.
- Borham A, Belal E, Metwaly M and El-Gremy Sh. 2017. Phosphate solubilization by enterobacter cloacae and its impact on growth and yield of wheat plants. Journal of Sustainable Agricultural Sciences. 43(2): 89-103. <https://doi.org/10.21608/JSAS.2017.1035.1004>
- Boomsma CR and Vyn TJ. 2008. Maize drought tolerance: potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. Field Crops Research. 108: 14-31. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.03.002>
- Dahestani-Ardakani M, Mohasedat Z and Kamali K. 2017. Study the effects of mycorrhizal fungus on vegetative growth and nutrient uptake in three apple cultivars ('Red delicious', Golden delicious and

- Starking'). Journal of Plant Ecophysiology. 8(30): 192-204. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.20085958.1396.9.30.17.1>
- Dorostkar N and Pirzad A. 2017. Effect of mycorrhizae species on the quantitative and qualitative characteristics of soybean (*Glycine max* L.) under different irrigation systems. Journal of Crop Ecophysiology. 12(1): 57-74. (In Persian).
- Ehsaninejad A, Abbaspour A, Asghari HR and Samadlou HR. 2014. The effect of phosphate solubilizing fungus (*Aspergillus niger*) on soil phosphorus solubility and growth characteristics of corn plants. Master's thesis in the field of agriculture, Department of Water and Soil, Shahrood University of Technology. 108 pages. (In Persian).
- Ghasem Beglou M, Sedghi M, Seyed Sharifi R and Farzaneh S. 2021. The effect of biofertilizers on grain yield and yield components of pea (*Pisum sativum* L.) under different levels of irrigation. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 31(3): 169-180. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.43011.2583>
- Izadi Darbandi A, Nabati J, Nezami A and Esqueian A. 2018. Effect of biological fertilizers and different weed control methods on improvement of growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Journal of Soil Biology. 7(2): 195-210. (In Persian). <https://doi.org/10.22092/SBJ.2019.122083.136>
- Jahan M, Aryaei M, Amiri MB and Ehyaei HR. 2013. The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on quantitative and qualitative characteristics of *Sesamum indicum* L. with application of cover crops of *Lathyrus* sp. and Persian clover (*Trifolium resopinatum* L.). Journal of Agroecology. 5(1): 1-15. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/JAG.V5I1.21253>
- Kazemalilou S, Najafi N, Reyhanitabar A and Ghaffari M. 2017. Effects of integrated application of phosphorus fertilizer and sewage sludge on leaf chlorophyll index and some growth characteristics of sunflower under water deficit conditions. Journal of Soil Management and Sustainable Production. 7(4): 1-18. (In Persian). <https://doi.org/10.22069/EJSMS.2018.12197.1693>
- Keyani AR, Kamali MA and Abbasi F. 2022. Investigation of soybean irrigation water productivity in farms of golestan province. Iranian Journal of Irrigation and Drainage. 1(16): 69-82. (In Persian). <https://doi.org/20.1001.1.20087942.1401.16.1.6.3>
- Kouchaki AR, Rouhi A and Noorbakhsh F. 2015. The effect of biological fertilizers on yield, yield components and seed oil contents of three cultivars of canola (*Brassica napus* L.). Journal of Agroecology. 7(2): 168-178. (In Persian). <https://doi.org/10.22067/JAG.V7I2.50226>
- Mahanta D, Rai RK, Dhar S, Varghese E, Raja A and Purakayasth TJ. 2018. Modification of root properties with phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhiza to reduce rock phosphate application in soybean-wheat cropping system. Ecological Engineering. 111: 31-43. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2017.11.008>
- Majid M, Ali M, Shahzad Kh, Ahmad F, Ikram RM, Ishtiaq M, Alaraidh IA, Al-hashemi A, Ali HM, Zarei T, Datta R, Fahad Sh, El-Sabagh A, Hussain GS, Salem MZM, Rahman MH and Danish S. 2020. Mitigation of Osmotic Stress in Cotton for the Improvement in Growth and Yield through Inoculation of Rhizobacteria and Phosphate Solubilizing Bacteria Coated Diammonium Phosphate. Sustainability. 12(24): 1-14. <https://doi.org/10.3390/su122410456>
- Maniaji B and Matinde TW. 2018. Effect of phosphorus fertilizer levels and plant density on growth and yield of finger millet in kuria west sub-county. World Journal of Pharmacy and Pharmaceutical Sciences. 8(2): 97-115.
- Matusso JMM and Cabo FGD. 2015. Response of soybean (*Glycine max* (L.) Merrill) to phosphorus fertilizer rates in ferralsols. Academic research journal of agricultural science and research. 3(10): 281-288. <https://doi.org/10.14662/ARJASR2015.057>
- Mirzashahi K, Moaieri M and Noorgholipour F. 2020. Yield of safflower (*Carthamus tinctorius* L.) cultivars in response to phosphorus application and its efficiency indices. Iranian Journal of Field Crops Research. 18(4): 477-488. (In Persian). [10.22067/JCESC.2021.37185.0](https://doi.org/10.22067/JCESC.2021.37185.0)

- Nacocon S, Jogloy S, Riddech N, Mongkolthanaruk W, Kuyoer TW and Boonlue S. 2020. Interaction between phosphate solubilizing bacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on growth promotion and tuber Inulin content of *Helianthus tuberosus* L. Scientific Reports. 10. 1-10. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-61846-x>
- Nair R, Pandey SK and Jyothsna J. 2021. Growth and yield of fenugreek (*Trigonella foenum graecum* L.) in response to different levels of phosphorus and biofertilizer (rhizobium and PSB) under kymore plateau and satpura hill agro-climatic zone of Madhya Pradesh. The Pharma Innovation Journal. 10(1): 419-422. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.20437.55523>
- Saeedi M, Naserieh B, Khormivafa M, Sharifi R and Khoshkhoi S. 2021. The effect of different methods of seed pretreatment on agronomic characteristics of flaxseed under post flowering drought stress in Kermanshah region. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 31(3): 227-247. (In Persian). <https://doi.org/10.22034/SAPS.2021.39483.2479>
- Nasrullahzadeh Asl A, Jalili F and Valizadegan A. 2014. The impact of nitrogen (nitroxin) and phosphorus (fertile phosphate 2) biofertilizers on the yield and percentage of sesame oil. Journal of Research in Crop Sciences. 6(24): 97-112. (In Persian).
- Nget R, Aguilar EA, Cruz PCS, Reano CE, Sanchez PB, Reyes MR and Prasad PVV. 2022. Responses of soybean genotypes to different nitrogen and phosphorus source: impacts on yield components, seed yield and seed protein. Journal of Plants. 11. 1-17. <https://doi.org/10.3390/plants11030298>
- Pramanik K and Bera AK. 2013. Effect of biofertilizers and phytohormone on growth, productivity and quality of sunflower (*Helianthus annuus* L.). Journal of Crop and Weed. 9(2): 122-127.
- Rahimi N, Jalilian J, Pirzad AR and Gholinejad A. 2020. Evaluation of grain and oil yield changes of linseed (*Linum usitatissimum* L.) as affected by bio-fertilizers and supplementary irrigation. Journal of Plant Ecophysiology. 12(41): 41-52. (In Persian).
- Rezapour Koishahi T, Ansari MH and Mostafavi Rad M. 2014. Effects of some phosphorus solubilizing bacteria strains on yield and agronomic traits in local bean of Guilan under different phosphate fertilizer rates. Journal of Crops Improvement 17(3): 801-814. (In Persian). <https://doi.org/10.22059/jci.2015.54387>
- Sadeghi F and Aboutalebian MA. 2019. Response of seed and oil yields and phosphorus agronomic efficiency of soybean to simultaneous placement of nitrogen with phosphorus under drought stress. Journal of Crop Production and Processing. 9(3): 191-204. (In Persian). <https://doi.org/10.47176/jcpp.9.3.26305>
- Sarikhani MR, Malboobi MA and Ebrahimi M. 2014. Phosphate solubilizing bacteria: Isolation of Bacteria and Phosphate Solubilizing Genes, Mechanism and Genetics of Phosphate Solubilization. Agricultural Biotechnology Journal. 6(1): 77-110. (In Persian).
- Sheteiwy MS, Fathi DIA, Xiong YC, Brestic M, Skalicky M, Hamood YA, Ulhassan Z, Shaghaleh H, Abdelgawad H, Farooq M, Sharma A and El-sawah MA. 2021. Physiological and biochemical responses of soybean plants inoculated with arbuscular mycorrhizal fungi and bradyrhizobium under drought stress. BMC Plant Biology. 21. 1-21. <https://doi.org/10.1186/s12870-021-02949-z>.
- Shiri Janagard M, Raei Y, Gasemi-Golezani K and Aliasgarzad N. 2013. Soybean response to biological and chemical fertilizers. International Journal of Agriculture and Crop Sciences. 5(3): 261-266.
- Shiri Janagard M, Kamrani M, Hokm Alipour S and Raei Y. 2018. Improving soybean (*glycine max* L.) growth and yield by integrated mineral and biofertilizers management. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 28(1): 19-35. (In Persian).
- Shojaian Kish F, Yadavi AR, Salehi A and Movahedi Dehnavi M. 2018. Assessment of agronomical traits and photosynthesis pigments of linseed (*Linum usitatissimum* L. cv. Norman) under irrigation cut-off condition and application of mycorrhiza fungi and phosphate bio fertilizer in Yasouj. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 29(4): 65-81. (In Persian).

- Singh R, Singh P, Singh V and Yadav RA. 2018. Effect of phosphorus and PSB on growth parameters, yield, quality and economics of summer greengram (*Vigna radiata* L.). International Journal of Chemical Studies. 6(4): 2798-2803. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.32764.26240>
- Singh S, Thenua OVS and Singh V. 2018. Effect of phosphorus and Sulphur fertilization on yield and quality of mustard and chickpea in intercropping system under different soil moisture regimes. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry. 7(2): 1520-1524.
- Spagnoletti F. and Lavado R. S. 2015. The arbuscular mycorrhiza rhizophagus intraradices reduces the negative effects of arsenic on soybean plants. Agronomy, 5(2), 188-199. <https://doi.org/10.3390/agronomy5020188>
- Suryantini and Rahmiana AA. 2021. Effectiveness of plant growth promoting microorganism as biofertilizer for soybeans under oil palm plantations on tidal land. IOP conf. series: Earth and Environmental Science. 743: 1-10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/743/1/012022>
- Tanhaei R, Yadavi AR, Movahedi Dehnavi M and Salehi A. 2017. Effects of mycorrhizal fungi and biofertilizer on yield and yield components of red bean (*Phaseolus vulgaris* L.) in drought stress conditions. Journal of Agricultural Science and Sustainable Production. 28(3): 277-291. (In Persian).
- Tulukcu E and Dan baba KT. 2019. The effect of microbial fertilization and phosphorus doses on the chlorophyll content of sesame (*Sesamum indicum* L). European journal of Science and Technology. (16): 374-381. <https://doi.org/10.31590/ejosat.544457>
- Vojdani Aram S, Ahmadvand G and Hajinia S. 2018. The effect of biological and chemical phosphorus fertilizers on radiation use efficiency, P concentration and yield of wheat cultivar (Pishgam). Journal of Crop Ecophysiology. 12(2): 171-190. (In Persian).
- Yasari A. 2013. Evaluation of the effects of phosphate solubilizing bacteria as biofertilizers and the mineral phosphorous on growth and yield of the Tellar cultivar of soybean (*Glycine max* Merrill) in the north of Iran. Journal of Applied Research of Plant Ecophysiology. 1(1): 1-18. (In Persian). <http://arpe.gonbad.ac.ir/article-1-25-en.html>
- Yousefipour M, Lak Sh and Payandeh Kh. 2020. Evaluation of the combined effect of biological and chemical phosphorous fertilizers and micronutrient on seed and protein yield of barley (*Hordeum vulgare* L.). Journal of Crop Ecophysiology, 13(1):103-120. (In Persian). <https://doi.org/10.30495/jcep.2019.664840>