

بهبود شاخص‌های رشد و عملکرد سویا (*Glycine max L.*) با مدیریت تلفیقی کودهای زیستی و شیمیایی

منوچهر شیرینی جناقرد^{۱*}، مرتضی کامرانی^۱، سعید حکم‌علی‌پور^۲، یعقوب راعی^۳

تاریخ دریافت: ۹۶/۱/۲۹ تاریخ پذیرش: ۹۶/۱۱/۲۴

۱-استادیار دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، دانشگاه محقق اردبیلی

۲-استادیار گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور تهران

۳-استاد گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز

*مسئول مکاتبه: E-mail: Shiri.m@uma.ac.ir

چکیده

به منظور ارزیابی شاخص‌های رشد، عملکرد و مقدار نیتروژن و فسفر اندام هوایی سویا تحت تأثیر کودهای شیمیایی و زیستی، آزمایشی در سال ۱۳۹۴ به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان انجام گرفت. فاکتور اول، کود زیستی بایوسوی حاوی سویه-های مختلف باکتری *Bradyrhizobium japonicum* شامل تلقیح بذور و عدم تلقیح آنها و فاکتور دوم کود شیمیایی شامل عدم کاربرد کود (صفر٪)، ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره + ۶۶ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیم فسفات (۳۳٪)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره + ۱۳۲ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیم فسفات (۶۶٪)، ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیم فسفات (۱۰۰٪) بود. نتایج نشان داد که کمترین مقدار شاخص سطح برگ (۲/۱۷)، تجمع ماده خشک کل (۳۷۴/۱۷ گرم در متر مربع)، سرعت رشد محصول (۸/۶ گرم در متر مربع در روز)، عملکرد دانه (۳۷۳۸/۳ کیلوگرم در هکتار) و شاخص کلروفیل برگ (۲۰/۸۳) برای ترکیب تیماری عدم تلقیح و عدم کاربرد کود شیمیایی ثبت شد و بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ (۵/۴۶)، تجمع ماده خشک کل (۷۸۴/۵ گرم در متر مربع)، سرعت رشد محصول (۲۱ گرم در متر مربع در روز)، عملکرد دانه (۷۶۰۲/۸ کیلوگرم در هکتار)، شاخص کلروفیل برگ (۳۸/۱۶) از ترکیب تیماری تلقیح با بایوسوی و ۳۳ درصد کودهای شیمیایی به دست آمد. تیمار تلقیح با بایوسوی نسبت به عدم تلقیح برتری معنی‌داری از نظر درصد نیتروژن اندام‌های هوایی و نسبت نیتروژن به فسفر نشان داد. بنابراین با تلقیح بذرهای سویا با کود زیستی بایوسوی می‌توان علاوه بر افزایش رشد، نمو و عملکرد گیاه، از مصرف کودهای شیمیایی، هزینه تولید و خطرات زیست محیطی کاست.

واژه‌های کلیدی: سویا، شاخص‌های رشد، عملکرد، کود زیستی، کود شیمیایی

Improving Soybean (*Glycine max L.*) Growth and Yield by Integrated Mineral and Bio-Fertilizers Management

Manochehr Shiri Janagard^{1*}, Morteza Kamrani¹, Saeed Hokmalipour², Yaegoob Raei³

Received: April 18, 2017 Accepted: February 13, 2018

1-Assist. Prof., Moghan College of Agriculture and Natural Resources, University of Mohaghegh Ardabili, Ardabil, Iran.

2- Assist. Prof., Dept. of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.

3- Prof. of Plant Ecophysiology, Faculty of Agriculture, Tabriz University, Iran.

*Corresponding Author: E-mail: Shiri.m@uma.ac.ir

Abstract

In order to investigate growth indices, yield, and nitrogen and phosphorous content in soybean under bio- and chemical fertilizer application, a factorial experiment based on a randomized complete block design with three replications was carried out on the research farm of the Moghan College of Agriculture & Natural Resources during 2015. The first factor, Biosoy Bio-fertilizer containing different strains of *Bradyrhizobium japonicum* bacteria, included inoculation of seed and non-inoculation; and the second factor, chemical fertilizer, included non-application of fertilizers (0%), 50 kg.ha⁻¹ urea + 66 kg.ha⁻¹ diammonium phosphate (33%), 100 kg.ha⁻¹ urea + 132 kg.ha⁻¹ diammonium phosphate (66%), and 150 kg.ha⁻¹ urea + 200 kg.ha⁻¹ diammonium phosphate (100%). The results showed that the lowest leaf area index (2.17), total dry matter accumulation (374.17 g.m⁻²), crop growth rate (8.6 g.m⁻².d⁻¹), grain yield (3738.3 kg.ha⁻¹), and leaf chlorophyll index (20.83) values were observed from the combined treatment of non-inoculation and non-application of fertilizer. The highest values of leaf area index (5.46), total dry matter accumulation (784.5 g.m⁻²), crop growth rate (21 g.m⁻².d⁻¹), grain yield (7602.8 kg.ha⁻¹), and leaf chlorophyll index (38.16) were recorded from the combined treatment of inoculation by Biosoy and 33% of chemical fertilizer. Inoculation treatments significantly showed higher nitrogen content and nitrogen to phosphorus ratio than non-inoculated ones. All-told, soybean inoculation with Biosoy bio-fertilizer containing *Bradyrhizobium japonicum* bacteria not only increases soybean growth, development and yield, but also, reduces chemical fertilizers usage, production costs, and environmental risks.

Keywords: Bio-Fertilizer, Chemical Fertilizers, Growth Indices, Soybean, Yield

مقدمه

شرایط محیطی (لباسچی و همکاران ۲۰۰۴)، ارزیابی نحوه رشد آنها و اندازه گیری اجزای عملکرد (رحیمی ۲۰۱۱) دارای اهمیت زیادی است، به طوری که بررسی این شاخص ها می تواند در بیان تفاوت های عملکردی گیاهان

عملکرد گیاهان زراعی در طول فصل رشد تحت تأثیر عوامل متعددی قرار می گیرد. تجزیه و تحلیل شاخص های رشد از نظر تفسیر چگونگی واکنش گونه های گیاهی به

داشتند که گیاهان نخود حاصل از عدم تلقیح بذر، بیشترین شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد گیاه و سرعت رشد نسبی را با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته، بیشترین شاخص‌های رشد را در تلقیح بذر با ریزوبیوم به اضافه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن تولید کردند. علی و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که گیاهان نخود تلقیح یافته با ریزوبیوم، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک بیشتری تولید کردند. البیراک و همکاران (۲۰۰۶) افزایش در تجمع ماده خشک، تعداد بذر در نیام و عملکرد بذر را در اثر کاربرد ریزوبیوم در لوبیای معمولی گزارش کردند. استقان و همکاران (۲۰۱۰) گزارش کردند که تلقیح بذرهای سویا با *Bradyrhizobium japonicum* منجر به افزایش معنی‌دار تعداد و سطح برگ سویا شد. مالک و همکاران (۲۰۰۶) دریافتند که تلقیح بذر سویا با *Bradyrhizobium japonicum* موجب افزایش معنی‌دار شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک کل، تعداد بذر در نیام و عملکرد بذر شد. نتایج مشابهی نیز توسط ژانگ و همکاران (۲۰۰۲) با کاربرد *Bradyrhizobium japonicum* در سویا گزارش شد.

استفاده توام کود اوره و دی‌آمونیم فسفات، به علت تامین بیش از حد نیتروژن، می‌تواند اثر منفی بر رابطه همزیستی سویا با ریزوبیوم و رشد و عملکرد داشته باشد. بنابراین، هدف از این تحقیق احتمال کاهش مصرف کود شیمیایی با حفظ یا افزایش رشد و عملکرد به کمک کود زیستی بایوسوی در یک نظام زراعی مبتنی بر مدیریت تلفیقی کود شیمیایی و زیستی بود.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی مغان، به صورت فاکتوریل، در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی، در سه تکرار در سال ۱۳۹۴ انجام گرفت. مقدار بارندگی و دما در جدول ۱ و

مفید باشد (گاردنر و همکاران ۱۹۸۵). در این میان تأمین عناصر غذایی گیاه از جمله نیتروژن و فسفر یکی از مهمترین راهکارها جهت افزایش شاخص‌های رشد می‌باشد (صادق‌زاده حمایتی و همکاران ۲۰۰۶). بر این اساس شمس و همکاران (۲۰۱۲) مشاهده نمودند که افزایش مصرف کودهای حاوی نیتروژن و فسفر بر شاخص‌های رشد آویشن افزود و بیشترین مقدار این شاخص‌ها از کاربرد تلفیقی ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن و ۱۳۰ کیلوگرم فسفر حاصل شد. حاتمی و همکاران (۲۰۰۹) اثر استعمال کود نیتروژن‌دار در افزایش شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول و عملکرد دانه سویا را در مقایسه با تیمار شاهد گزارش نمودند. پلنت و همکاران (۲۰۰۰) به تأثیر مثبت کاربرد فسفر در افزایش ارتفاع گیاه، شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک ذرت اشاره کردند که بنابر اعتقاد رودریگوئز و همکاران (۱۹۹۸) می‌تواند به دلیل تسریع ظهور و توسعه برگ بوده باشد. از آنجایی که کمبود فسفر در ذرت از طریق کاهش زیست توده اندام هوایی موجب کاهش سرعت نسبی گیاه گردید (پلنت و همکاران ۲۰۰۰)، به نظر می‌رسد گیاهانی که در شرایط تغذیه‌ای مطلوب‌تری قرار دارند، از سرعت رشد نسبی بیشتری در اواخر فصل رشد برخوردار می‌شوند و کاهش در منحنی رشد این تیمارها به صورت ملایم‌تری اتفاق می‌افتد (ساجدی و اردکانی ۲۰۰۹).

خندان بجن‌دی و همکاران (۲۰۱۰) دریافتند که تلقیح بذر نخود با *Rhizobium cicer* تجمع ماده خشک، سرعت رشد نسبی، سرعت رشد گیاه و عملکرد دانه را در مقایسه با شاهد افزایش داد. کاربرد کود زیستی ریزوبیوم به طور معنی‌داری سرعت رشد گیاه سویا و سرعت رشد نسبی را در مقایسه با سایر تیمارهای کودی افزایش داد (حاسانا و همکاران ۲۰۱۴). این نشان دهنده نقش ریزوبیوم در تثبیت نیتروژن به منظور حمایت از رشد و نمو اندام‌هایی مثل شاخه فرعی، سطح برگ و زیست توده گیاه است. نامور و همکاران (۲۰۱۱) اظهار

آبیاری انجام گردید. علف‌های هرز به صورت منظم و جین دستی شد.

اندازه‌گیری شاخص کلروفیل برگ با استفاده از کلروفیل‌متر (SPAD-502, Japan) به صورت غیر تخریبی صورت گرفت. نیتروژن و فسفر اندام هوایی به ترتیب به روش کجدال و اسپکتروفوتومتری (هولتزهائتر ۲۰۰۶) تعیین گردید. تعیین شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه آنالیز کانوپی (Sun Scan (Delta-T) SS1, Devices Ltd)، بعد از رسیدن ارتفاع بوته‌ها به حد کافی، با فاصله زمانی تقریباً ۱۱ روز در پنج نوبت در طول ماه-های مرداد و شهریور صورت گرفت. برای برآزش رگرسیونی شاخص سطح برگ در برابر زمان از فرمول ۱ استفاده شد که در آن $f(x)$ شاخص سطح برگ برآورد شده، a حداکثر شاخص سطح برگ، b شیب خط در نقطه x_0 و x_0 زمان رسیدن گیاه به حداکثر شاخص سطح برگ است (حسینی و همکاران ۲۰۱۱). جهت ارزیابی تغییرات ماده خشک سویا در زمان معادله ۲ که یک معادله سیگموئیدی است بهترین برآزش را با داده‌های حاصل نشان داد. با مشتق گرفتن از آن، معادله سرعت رشد محصول (معادله ۳) به دست آمد (باقری و همکاران ۲۰۱۲). در معادلات ۲ و ۳، ضریب a حداکثر تجمع ماده خشک، b شیب افزایش ماده خشک بوده و x_0 زمانی است که تغییرات وزن خشک گیاه بیشترین مقدار را دارد که همان نقطه عطف منحنی است. سرعت رشد نسبی سویا با استفاده از فرمول ۴ برآورد گردید. آنالیز داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از نرم افزار آماری SAS و رسم شکل‌ها با نرم افزار Excel انجام گرفت.

خصوصیات خاک مزرعه در جدول ۲ ارائه شده است. درسیستم زراعی مرسوم منطقه مقدار کاربرد کود شیمیایی اوره و دی‌آمونیم فسفات برای سویا رقم زان به ترتیب ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار است. بنابراین همین مقادیر کود نیتروژنی و فسفوری به عنوان ۱۰۰ درصد کود شیمیایی مدنظر قرار گرفت. فاکتور اول، کود زیستی، با دو سطح شامل عدم تلقیح و تلقیح بذور با بایوسوی و فاکتور دوم، کود شیمیایی، با چهار سطح شامل عدم مصرف کودهای شیمیایی (صفر %)، ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره + ۶۶ کیلوگرم در هکتار دی-آمونیم فسفات (۳۳ %)، ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره + ۱۳۲ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیم فسفات (۶۶ %)، و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره + ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار دی-آمونیم فسفات (۱۰۰ %) بودند. کود زیستی بایوسوی که حاوی ۱۰۸ باکتری *Bradyrhizobium. japonicum* در هر گرم مایه تلقیح بود، از شرکت فن‌آوری زیستی طبیعت‌گرا تهیه و بر اساس توصیه‌های روی بسته با بذور سویا تلقیح شد. هر کرت شامل چهار ردیف کاشت با فاصله ۵۰ سانتی‌متر از همدیگر و به طول ۵ متر بود که بذرها در دو طرف پشته با فواصل ۸ سانتی‌متر روی ردیف‌ها و با تراکم ۵۰ بوته در متر مربع، در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری خاک، در تاریخ ۱۸ خرداد ماه سال زراعی ۱۳۹۴ به عنوان کشت دوم کاشته شدند. فاصله بین کرتها ۱/۵ متر بود. تیمارهای مختلف کود شیمیایی در یک نوبت و همزمان با کشت و به صورت نواری، با فاصله تقریباً ۵ سانتی متری در کنار و پایین‌تر از محل قرار گیری بذرها اعمال گردید. برای جلوگیری از مرگ و میر احتمالی باکتری‌ها، بلافاصله بعد از کاشت و کوددهی،

$$f(x)=a*\exp(-0.5*((x-x_0)/b)^2) \quad [۱]$$

$$TDM=a/(1+\exp(-(x-x_0)/b)) \quad [۲]$$

$$CGR=TDM/b*(1-(TDM/a)) \quad [۳]$$

$$RGR=CGR/TDM \quad [۴]$$

جدول ۱- مقدار بارندگی و دمای متوسط ماهانه در طول فصل رشد سویا

| ماه‌های سال | خرداد | تیر | مرداد | شهریور | مهر |
|--------------------|-------|------|-------|--------|------|
| دما (سلسیوس) | ۱۷/۲ | ۲۸/۶ | ۲۸/۲ | ۲۳/۸ | ۱۷/۷ |
| بارندگی (میلی‌متر) | ۶/۱ | ۷/۹ | ۰ | ۹/۶ | ۵۲/۱ |

جدول ۲- برخی از خصوصیات خاک محل آزمایش (صفر تا ۳۰ سانتی‌متر)

| کربنات | هدایت | پتاسیم قابل | فسفر قابل | نیترژن | بافت |
|-----------|-----------------|-------------|-------------|--------|----------|
| کلسیم (%) | الکتریکی (ds/m) | دسترس (ppm) | دسترس (ppm) | کل (%) | لومی رسی |
| ۱۵/۰۸ | ۱/۸۹ | ۶۲۷ | ۱۰/۵ | ۰/۰۹ | |

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

در تمام ترکیبات تیماری، شاخص سطح برگ در مراحل اولیه رشد به کندی افزایش یافت و از ۷۵ روز پس از کشت به بعد، بین ترکیبات تیماری روند متمایزتری پیدا شد و بعد از رسیدن به مقدار حداکثر در محدوده زمانی ۱۰۴/۶۸ تا ۱۰۵/۹۴ روز بعد از کشت، کاهش یافت (شکل ۱). در آخر فصل ریزش برگ‌ها به ویژه برگ‌های پایینی منجر به کاهش شاخص سطح برگ گردید. هرچه حداکثر شاخص سطح برگ بیشتر بود به همان اندازه شدت کاهش آن نیز بیشتر شد زیرا گیاهانی با شاخص سطح برگ بیشتر اقدام به تولید مخزن‌های بیشتری برای جذب مواد فتوسنتزی کردند و در آخر فصل یعنی مرحله پر شدن دانه نیاز این مخزن‌ها از فتوسنتز جاری به‌طور کامل تامین نشده و عناصر به خصوص نیتروژن از برگ‌ها صادر و منجر به ریزش شدید برگ‌ها و کاهش شاخص سطح برگ گردید. روند مشابهی به‌وسیله ملک و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است. در حالت عدم تلقیح (جدول ۳ و شکل ۱-الف)، حداکثر شاخص سطح برگ با افزایش مقادیر کودهای شیمیایی بیشتر شد به طوری که عدم کاربرد کودها با ۲/۱۷، کمترین و کاربرد ۱۰۰ درصد کودها با ۳/۳۲، بیشترین شاخص سطح برگ را تولید

کردند. افزایش شاخص سطح برگ در اثر کاربرد کودهای حاوی نیتروژن به وسیله محققان مختلف گزارش شد (حاتمی و همکاران ۲۰۰۹؛ نسیم و همکاران ۲۰۱۲). کودهای نیتروژن‌دار با افزایش سطح برگ و دوام آن، فتوسنتز و عملکرد را افزایش می‌دهند (احمد و همکاران ۲۰۰۹). کاهش گسترش سطح برگ (فردین و همکاران ۱۹۸۹)، کاهش سرعت فتوسنتز به ازای هر واحد سطح برگ (آشوک ۲۰۰۲) و در نتیجه کاهش رشد گیاه و عملکرد آن (ساویر و همکاران ۲۰۰۰) در اثر کمبود فسفر گزارش گردید.

در گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته، حداکثر شاخص سطح برگ در سطح ۳۳٪ کودهای شیمیایی یعنی کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به اضافه ۶۶ کیلوگرم در هکتار دی آمونیوم فسفات به دست آمد و به دنبال آن کاربرد ۶۶٪، صفر٪ و ۱۰۰٪ قرار گرفتند. همچنین گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته نسبت به گیاهان حاصل از بذور بدون تلقیح حداکثر شاخص سطح برگ بیشتری در تمام سطوح کودهای شیمیایی تولید کردند. حتی تیمار صفر درصد کود شیمیایی در تلقیح با بیوسوی حداکثر شاخص سطح برگ بیشتری از کاربرد ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی و عدم تلقیح داشت (جدول ۳ و شکل ۱-الف). در تحقیقی استفاده از *Rhizobium*

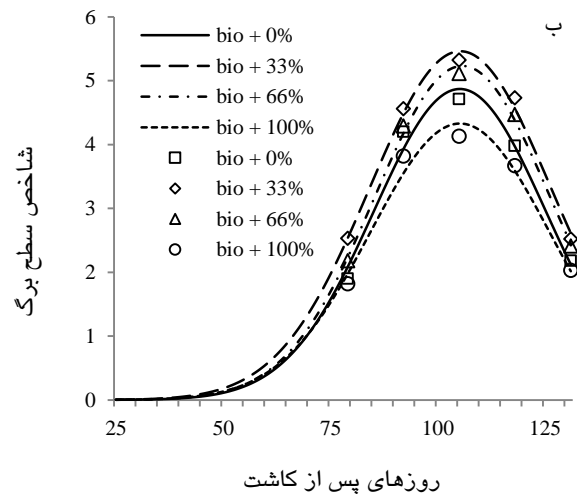
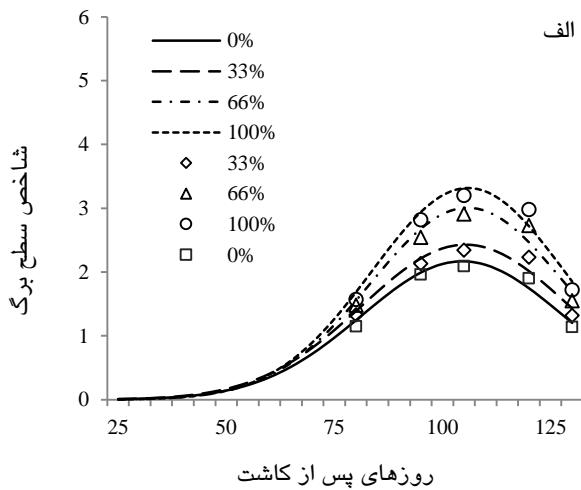
(۲۰۱۶) نیز گزارش کردند که شاخص سطح برگ خرفه در ترکیبی از ۵۰ درصد کود اوره + نیتروکسین بیشتر بود.

نسبت به سایر ترکیبات میکروبی سطح برگ را به طور معنی‌داری افزایش داد (رای و والسالاکومار ۲۰۱۰). دار و بالی (۲۰۰۷) افزایش شاخص سطح برگ با استفاده از *Azospirillum* را گزارش کردند. قمری و همکاران

جدول ۳- ضرایب معادله، ضریب تبیین و درجه آزادی رگرسیون برای ترکیبات تیماری مختلف

| DF | R ² | X ₀ | b | a | ترکیبات تیماری |
|----|----------------|----------------|-------|------|----------------------|
| ۲ | ۰/۹۷ | ۱۰۴/۶۸ | ۲۳/۳۶ | ۲/۱۷ | ۰ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۷ | ۱۰۵/۳۴ | ۲۳/۹۷ | ۲/۴۳ | ۳۳ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۸ | ۱۰۵/۸۴ | ۲۲/۴۹ | ۳/۰۱ | ۶۶ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۸ | ۱۰۵/۹۴ | ۲۲/۲۹ | ۳/۳۲ | ۱۰۰ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۷ | ۱۰۵/۱۴ | ۲۰/۰۵ | ۴/۸۷ | ۰ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۹ | ۱۰۵/۸۹ | ۲۰/۵۲ | ۵/۴۶ | ۳۳ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۹ | ۱۰۵/۷۴ | ۲۰/۴۸ | ۵/۲۳ | ۶۶ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۶ | ۱۰۵/۱۷ | ۲۰/۸۹ | ۴/۳۳ | ۱۰۰ درصد کود شیمیایی |

حرف a, b و X₀ به ترتیب حداکثر شاخص سطح برگ، شیب خط و زمان رسیدن گیاه به حداکثر شاخص سطح برگ معادله رگرسیونی است.



شکل ۱- شاخص سطح برگ سویا تحت مدیریت تلفیقی صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفوری در شرایط عدم تلقیح (الف) و تلقیح (ب) با کود زیستی بایوسوی

یافت، در محدوده زمانی ۷۳/۲۱ تا ۷۴/۲۳ روز پس از کشت، بسته به نوع تیمار، حداکثر سرعت تجمع ماده خشک حاصل گردید و به تدریج از ۱۰۰ تا ۱۵۰ روز پس

تجمع ماده خشک

در تمام ترکیبات تیماری، در مراحل اولیه رشد، ماده خشک تا ۵۰ الی ۶۰ روز پس از کشت به کندی افزایش

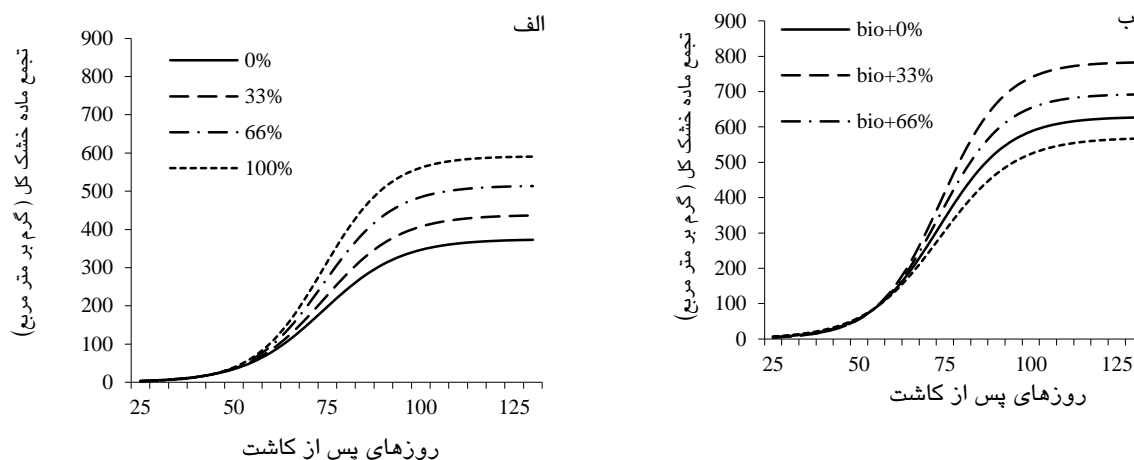
از کاشت وضعیت ثابت پیدا کرد (جدول ۴ و شکل ۲) که با یافته‌های قاسمی گل‌دانی و همکاران (۲۰۰۹) تطابق دارد. در گیاهان حاصل از عدم تلقیح بذور، حداکثر تجمع ماده خشک با افزایش درصد کودهای شیمیایی بیشتر شد، به‌طوری‌که عدم کاربرد کودها با ۳۷۴/۱۷ گرم در متر مربع کمترین و سطح ۱۰۰ درصد کودها با ۵۹۱/۴۱ گرم در متر مربع بیشترین تجمع ماده خشک را نشان دادند. در گیاهان حاصل از تلقیح بذور با بایوسوی، حداکثر تجمع ماده خشک در سطح ۳۳٪ کودهای شیمیایی یعنی کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره به اضافه ۶۶ کیلوگرم در هکتار دی‌آمونیم فسفات مشاهده شد و به دنبال آن سطوح ۶۶٪، صفر٪ و ۱۰۰٪ قرار گرفتند. همچنین گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته در مقایسه با گیاهان حاصل از عدم تلقیح بذور تجمع ماده خشک بیشتری در سطوح صفر٪، ۳۳٪ و ۶۶٪ کودهای شیمیایی داشتند؛ ولی در سطح ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی، گیاهان تلقیح نیافته حداکثر تجمع ماده خشک بیشتری نشان دادند. در تیمار صفر درصد کود شیمیایی \times تلقیح با بایوسوی تجمع ماده خشک بیشتری نسبت به کاربرد ۱۰۰٪

کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن و فسفر در حالت عدم تلقیح حاصل گردید (جدول ۴ و اشکال ۲- الف و ب). گزارش شده است که کاربرد نیتروژن معدنی میزان تجمع ماده خشک سویا را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داد (حاتمی و همکاران ۲۰۰۹). بر اساس یافته‌های نسیم و همکاران (۲۰۱۲)، سرعت تولید ماده خشک کل بر اثر مصرف کود افزایش یافت. بهبود ماده خشک کل بر اثر افزایش مقادیر نیتروژن به افزایش سرعت رشد گیاه زراعی و در نتیجه تولید بیشتر مواد فتوسنتزی و ازدیاد شاخص سطح برگ نسبت داده شد (دورداس و سیولاس ۲۰۰۹). افزایش تجمع ماده خشک در اثر کاربرد کودهای زیستی تثبیت کننده نیتروژن در نخود (خندان بجندی و همکاران ۲۰۱۰، نامور و همکاران ۲۰۱۱) و سویا (استفان و همکاران ۲۰۱۰، ژانگ و همکاران ۲۰۰۲) گزارش گردید. قمری و همکاران (۲۰۱۶) کاربرد تلفیقی ۵۰ درصد کود اوره و نیتروکسین را در بهبود ماده خشک خرفه و بالنگوی شهری مؤثر دانستند. نامور و همکاران (۲۰۱۱) و مکی‌زاده و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابهی را گزارش کردند.

جدول ۴- ضرایب معادله، ضریب تبیین و درجه آزادی رگرسیون برای ترکیبات تیماری مختلف

| DF | R ² | X ₀ | b | a | ترکیبات تیماری |
|----|----------------|----------------|-------|--------|----------------------|
| ۲ | ۰/۹۸ | ۷۳/۴۳ | ۱۰/۴۱ | ۳۷۴/۱۷ | ۰ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۷ | ۷۴/۲۳ | ۹/۹۸ | ۴۳۸/۸۰ | ۳۳ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۹ | ۷۳/۹۰ | ۹/۴۱ | ۵۱۵/۲۲ | ۶۶ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۷ | ۷۳/۸۳ | ۹/۹۸ | ۵۹۱/۴۱ | ۱۰۰ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۵ | ۷۳/۲۱ | ۱۰/۱۵ | ۶۲۹/۰۷ | ۰ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۸ | ۷۳/۹۰ | ۹/۲۵ | ۷۸۴/۰۰ | ۳۳ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۸ | ۷۳/۳۰ | ۹/۵۷ | ۶۹۳/۸۵ | ۶۶ درصد کود شیمیایی |
| ۲ | ۰/۹۴ | ۷۳/۴۰ | ۱۰/۹۷ | ۵۷۰/۱۰ | ۱۰۰ درصد کود شیمیایی |

حرف a، b و X₀ به ترتیب حداکثر تجمع ماده خشک کل، حداکثر سرعت افزایش ماده خشک یا نقطه عطف منحنی و زمان حداکثر سرعت رشد معادله رگرسیونی است.

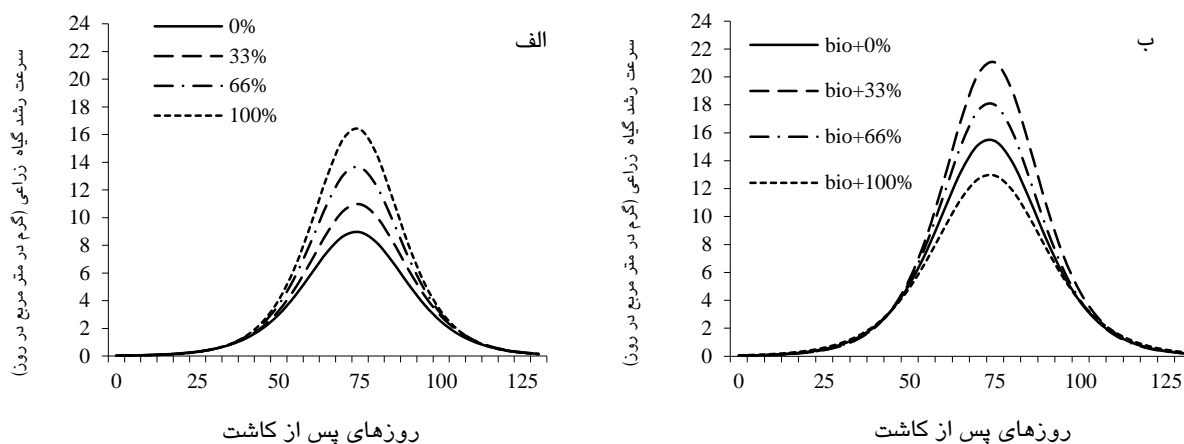


شکل ۲- تجمع ماده خشک سویا تحت مدیریت تلفیقی صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفوری در شرایط عدم تلقیح (الف) و تلقیح (ب) با کود زیستی بایوسوی

سرعت رشد محصول

در حالت تلقیح و نیز عدم تلقیح با بایوسوی، سرعت رشد محصول در تمام سطوح کود شیمیایی تا محدوده زمانی ۴۰ تا ۴۵ روز بعد از کاشت از روند کندی برخوردار بود ولی بعد آن به طور خطی افزایش یافت تا این که تقریباً در روز ۷۳ و یا ۷۴ به حداکثر میزان خود رسید و سپس روند کاهشی پیدا کرد. در گیاهان حاصل از عدم تلقیح بذور، با افزایش مقادیر کودهای شیمیایی سرعت رشد محصول نیز افزایش یافت؛ به طوری که عدم کاربرد کودهای شیمیایی با تولید ۸/۶ گرم در متر مربع در روز، کمترین و سطح ۱۰۰ درصد کودها با ۱۶/۳ گرم در متر مربع در روز بیشترین سرعت رشد محصول را نشان دادند. در گیاهان حاصل از بذور تلقیح شده با کود زیستی بایوسوی، سطح ۳۳٪ کودهای شیمیایی بیشترین سرعت رشد محصول را داشت و به دنبال آن به ترتیب سطوح کودی ۶۶٪، صفر٪ و ۱۰۰٪ قرار گرفتند. گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته با بایوسوی در مقایسه با گیاهان حاصل از عدم تلقیح بذور از سرعت رشد محصول بیشتری در سطوح صفر٪، ۳۳٪ و ۶۶٪ کودهای شیمیایی برخوردار بودند ولی در سطح ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی، گیاهان تلقیح نیافته سرعت

رشد محصول بیشتری داشتند. سرعت رشد محصول در حالت تلقیح با بایوسوی به هنگام عدم کاربرد کودهای شیمیایی بیشتر از حالت عدم تلقیح به هنگام کاربرد صفر، ۳۳ و ۶۶ درصد کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن و فسفر بود (اشکال ۳-الف و ب). افزایش سرعت رشد محصول با کاربرد کود نیتروژن دار به وسیله حاتمی و همکاران (۲۰۰۹) و کاربرد ترکیبی کودهای فسفر و نیتروژن به وسیله شمس و همکاران (۲۰۱۲) گزارش شده است. افزایش سرعت رشد محصول بیشتر با استفاده از باکتری‌های تثبیت کننده نیتروژن همزیست در نخود (خندان بجنندی و همکاران ۲۰۱۰، نامور و همکاران ۲۰۱۱) و سویا (استفان و همکاران ۲۰۱۰) گزارش گردید. نامور و همکاران (۲۰۱۱) عنوان کردند که در گیاه نخود، بوته‌های حاصل از عدم تلقیح بذر، بیشترین سرعت رشد را با کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار اوره و گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته، بیشترین سرعت رشد محصول را در تلقیح بذر با ریزوبیوم به اضافه کاربرد ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نشان دادند. افزایش سرعت رشد محصول به هنگام کشت مخلوط خرفه و بالنگوی شهری در ۵۰ درصد کودهای اوره و نیتروکسین بوسیله قمری و همکاران (۲۰۱۶) نیز گزارش شد.

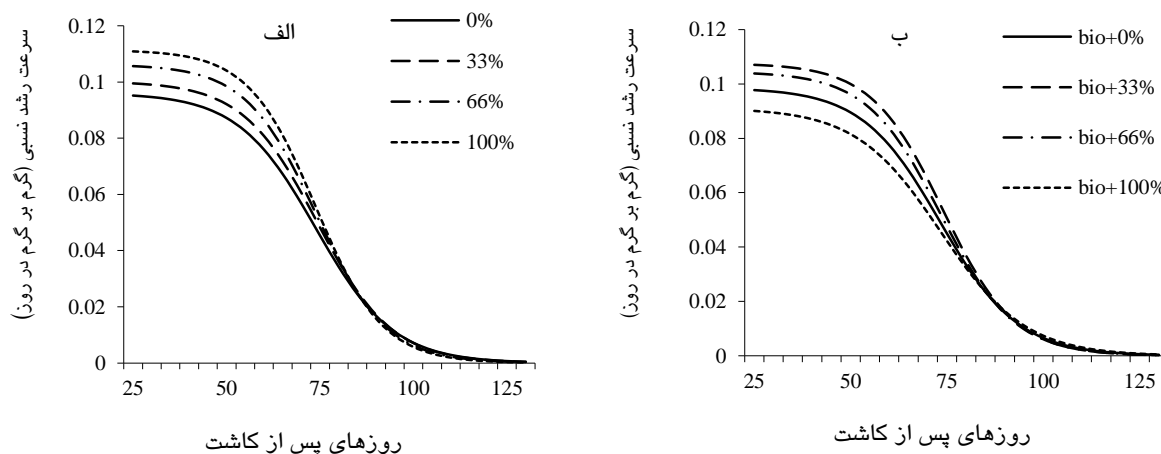


شکل ۳- سرعت رشد گیاه سویا تحت مدیریت تلفیقی صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفوری در شرایط عدم تلقیح (الف) و تلقیح (ب) با کود زیستی بایوسوی

درصد کود قرار گرفتند ولی بعد از آن سرعت رشد نسبی بین سطوح مختلف کودی تقریباً یکسان گردید. در گیاهان حاصل از بذور تلقیح یافته با باکتری، به ترتیب سطوح ۳۳ و ۱۰۰ درصد، بیشترین و کمترین سرعت رشد نسبی را نشان دادند. (اشکال ۴- الف و ب). اسلام و همکاران (۲۰۰۶) نیز اثر باکتری ریزوبیوم را بر سرعت رشد نسبی مثبت و معنی‌دار گزارش کردند و جفری و همکاران (۲۰۰۵) دلیل این کاهش را علاوه بر کاهش شاخص سطح برگ، افزایش درصد بافت‌های چوبی و مرده نسبت به بافت‌های فعال و زنده عنوان کردند.

سرعت رشد نسبی

سرعت رشد نسبی گیاه در اوایل دوره رشد تقریباً بدون تغییر باقی ماند ولی از حدود ۴۰ روز بعد از کاشت روند نزولی یافت و این روند تا آخر فصل ادامه پیدا کرد. کاهش سرعت رشد نسبی در اواخر فصل رشد مربوط به رقابت شدید و ریزش برگ‌های پایین‌تر بود. در حالت عدم تلقیح، بیشترین سرعت رشد نسبی در ابتدای فصل و تا حدود ۷۵ روز بعد از کشت به کاربرد ۱۰۰ درصد کود تعلق داشت و به دنبال آن کاربرد ۶۶، ۳۳ و صفر



شکل ۴- سرعت رشد نسبی سویا تحت مدیریت تلفیقی صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفوری در شرایط عدم تلقیح (الف) و تلقیح (ب) با کود زیستی بایوسوی

عملکرد زیستی در هکتار

عملکرد زیستی به طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر متقابل کودهای شیمیایی و زیستی قرار گرفت (جدول ۵). عدم کاربرد کودهای شیمیایی در حالت عدم تلقیح، کمترین عملکرد زیستی و کاربرد ۳۳ درصد کودهای شیمیایی در حالت تلقیح با بایوسوی بیشترین عملکرد زیستی را تولید کرد. سطوح صفر، ۳۳ و ۶۶ درصد کودهای شیمیایی در حالت تلقیح بذرها با بایوسوی عملکرد زیستی بیشتری در مقایسه با حالت عدم تلقیح داشتند ولی در سطح ۱۰۰ درصد کود شیمیایی تفاوت بین تلقیح و عدم تلقیح معنی‌دار نبود. به عبارت دیگر

کارایی باکتریهای همزیست در بیشترین مقدار کودهای شیمیایی کاهش یافته است (جدول ۶). رای و والسالاکومار (۲۰۱۰) گزارش کردند که استفاده از *Rhizobium* زیست توده کل ماش را به‌طور معنی‌دار و مثبتی افزایش داد. ال‌کوکا و همکاران (۲۰۰۸) نیز دریافتند که تلقیح گیاه نخود با تثبیت‌کننده نیتروژن به‌طور معنی‌داری زیست توده کل را در مقایسه با تیمار شاهد افزایش داده و این افزایش برابر یا بیشتر از تیمارهای کودی نیتروژن، فسفر و یا تلفیق آنها بود. طاهر و همکاران (۲۰۰۹) بیان کردند که بیشترین مقدار زیست توده کل، در تیمار تلقیح با *Rhizobium* + ۲۵ کیلوگرم نیتروژن + ۹۰ کیلوگرم در هکتار فسفر به دست آمد.

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس اثر کودهای زیستی و شیمیایی بر برخی از متغیرهای سویا

| میانگین مربعات | | | | | | | | |
|---------------------|------------|---------------|---------------|-------------|------------------|-----------------------|--------------------|----------------------|
| منابع تغییر | درجه آزادی | عملکرد زیستی | عملکرد دانه | شاخص برداشت | شاخص کلروفیل برگ | مقدار نیتروژن در بوته | مقدار فسفر در بوته | نسبت نیتروژن به فسفر |
| تکرار | ۲ | ۲۰۶۴۰۵/۰۹ | ۲۸۲۱۲۹/۱۱ | ۰/۰۱۸۲ | ۵۲/۳۹ | ۰/۱۰۶ | ۱۷۶۸/۶۵ | ۴/۱۴ |
| کود زیستی (A) | ۱ | ۲۴۸۹۰۷۱۴/۴*** | ۶۸۴۵۹۸۶/۹۸*** | ۰/۰۰۴۲ | ۸۷۰/۰۱*** | ۲/۵۱۵*** | ۱۹۸۱/۹۸ | ۱۲۴/۹۴*** |
| کود شیمیایی (B) | ۳ | ۷۵۸۳۳۵/۰۸* | ۱۶۹۰۱۶/۹۵ | ۰/۰۰۰۷ | ۱۲/۱۷ | ۰/۰۲۴ | ۱۸۸/۴۰ | ۰/۸۸ |
| A × B | ۳ | ۳۰۳۹۵۵۱/۵۵*** | ۴۵۵۷۷۱/۷۳* | ۰/۰۰۳ | ۵۶*** | ۰/۰۳۶ | ۱۱/۵۰ | ۱/۵۸ |
| اشتباه آزمایشی | ۱۴ | ۱۷۳۷۴۴/۱ | ۸۷۱۴۹/۳۳ | ۰/۰۰۱۶ | ۶ | ۰/۰۳۲ | ۶۲۸/۱۸ | ۱/۲۰ |
| ضریب تغییرات (درصد) | | ۷/۴۷ | ۱۱/۳۹ | ۸/۸۵ | ۸/۱۱ | ۷/۹۶ | ۱/۶۹ | ۷/۱۷ |

*** و * به ترتیب بیانگر غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال یک و پنج درصد می باشد.

جدول ۶- مقایسه میانگین برخی پارامترهای رشد سویا در سطوح مختلف کودهای شیمیایی و زیستی

| شاخص کلروفیل برگ | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) | عملکرد زیستی (کیلوگرم در هکتار) | ترکیبات تیماری | |
|------------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------|-------|
| ۲۰/۸۳c | ۱۵۹۱/۷e | ۳۷۳۸/۳e | صفر درصد کود شیمیایی | عدم |
| ۲۱/۰۳c | ۱۸۶۸/۳de | ۴۰۷۵/۸de | ۳۳ درصد کود شیمیایی | تلقیح |
| ۲۴/۴۶c | ۲۳۱۵/۸dc | ۴۷۶۳/۳cd | ۶۶ درصد کود شیمیایی | |
| ۳۰/۴۳b | ۲۴۵۳/۳bcd | ۵۶۶۴/۲bc | ۱۰۰ درصد کود شیمیایی | |
| ۳۶/۶۳a | ۳۰۹۲/۵ab | ۶۳۷۴/۳b | صفر درصد کود شیمیایی | تلقیح |
| ۳۸/۱۶a | ۳۴۲۶/۷a | ۷۶۰۲/۸a | ۳۳ درصد کود شیمیایی | |
| ۳۶/۱۳a | ۳۰۹۳/۳ab | ۶۵۶۶/۷b | ۶۶ درصد کود شیمیایی | |
| ۳۴/۰۰ab | ۲۸۸۹/۴abc | ۵۸۴۴/۹b | ۱۰۰ درصد کود شیمیایی | |
| ۴/۲۹ | ۷۱۷/۵۳ | ۱۰۱۳/۱ | LSD %5 | |

صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد، درصد کودهای اوره و دی‌آمونیم فسفات در هکتار است. ستون‌های دارای حرف مشترک بر اساس آزمون مقایسه میانگین‌ها فاقد اختلاف آماری معنی‌دار می‌باشند.

عملکرد دانه در هکتار

اثر متقابل کودهای شیمیایی و زیستی بر عملکرد دانه در هکتار معنی‌دار شد (جدول ۵). عدم کاربرد کودهای شیمیایی در حالت عدم تلقیح، کمترین عملکرد دانه و کاربرد صفر، ۳۳، ۶۶ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی در حالت تلقیح با بایوسوی به‌طور تقریباً یکسان بیشترین عملکرد دانه در هکتار را تولید کردند. سطوح صفر، ۳۳ و ۶۶ درصد کودهای شیمیایی در حالت تلقیح بذرها با بایوسوی عملکرد دانه بیشتری در مقایسه با حالت عدم تلقیح داشتند، ولی در سطح ۱۰۰ درصد، تفاوت بین تلقیح و عدم تلقیح معنی‌دار نبود. در حالت تلقیح با بایوسوی، کاربرد ۶۶ و ۱۰۰ درصد کودهای شیمیایی نسبت به کاربرد ۳۳ درصد آن عملکرد دانه را به‌طور غیرمعنی‌داری کاهش داد (جدول ۶). بات و همکاران (۲۰۱۰) عنوان کردند که تلقیح بذور با *Rhizobium* بر عملکرد دانه لویبا نسبت به شاهد افزود.

کمترین و سطح ۳۳ درصد، بیشترین شاخص کلروفیل برگ را تولید کردند هر چند که از لحاظ آماری تفاوت سطوح صفر، ۳۳ و ۶۶ درصد معنی‌دار نبود. سطوح صفر، ۳۳ و ۶۶ درصد کودهای شیمیایی در حالت تلقیح بذرها با بایوسوی شاخص کلروفیل بیشتری در مقایسه با حالت عدم تلقیح داشتند؛ ولی در سطح ۱۰۰ درصد تفاوت بین تلقیح و عدم تلقیح معنی‌دار نبود (جدول ۶). رای و والسالاکومار (۲۰۱۰) گزارش کردند که تلقیح بذر با *Rhizobium*، میزان کلروفیل برگ ماش را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. میشر و همکاران (۲۰۱۱) نیز افزایش میزان کلروفیل برگ عدس را با کاربرد *R. leguminosarum-PR1* نشان دادند که از نقش مثبت باکتری تثبیت‌کننده در افزایش میزان نیتروژن گیاه و به تبع آن سنتز بیشتر کلروفیل حکایت دارد (سلیمان و ربانی ۲۰۰۳، سلیمان و حسین ۲۰۰۶)

درصد نیتروژن اندام‌های هوایی

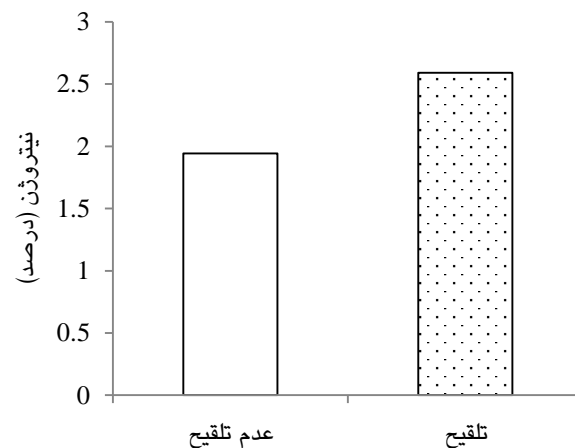
درصد نیتروژن اندام‌های هوایی تحت تاثیر اثر اصلی فاکتور تلقیح قرار گرفت (جدول ۵). تلقیح بذرها با باکتری تثبیت‌کننده نیتروژن به‌طور معنی‌داری درصد نیتروژن بیشتری (۲/۵۹) در مقایسه با عدم تلقیح (۱/۹۴) داشت

شاخص کلروفیل برگ

شاخص کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر اثر متقابل کودهای شیمیایی و زیستی قرار گرفت (جدول ۵). در حالت عدم تلقیح، سطح صفر کودهای شیمیایی

کود زیستی نشان از تامین کارآمد نیتروژن گیاه با کمک *B. japonicum* است. در یک مطالعه، بوته‌های ماش تلقیح شده با انواع نژادهای *Rhizobium* به طور معنی‌داری بالاترین درصد نیتروژن را نسبت به تیمار شاهد تولید کردند (دلیک و همکاران ۲۰۰۹). در پژوهشی دیگر، تلقیح با باکتری تثبیت کننده نیتروژن به طور معنی‌داری بر درصد نیتروژن بذور نخود در مقایسه با تیمار شاهد افزود و این افزایش برابر یا بیشتر از تیمارهای کودی بود (ال‌کوکا و همکاران ۲۰۰۸).

(شکل ۵). کود شیمیایی نیتروژن بر مقدار نیتروژن اندام هوایی تاثیر معنی‌دار نداشت. احتمالاً به این علت است که چون تمام کود اوره در زمان کاشت و در یک نوبت استفاده شد، در اثر آبیاری مداوم به علت گرمای زیاد منطقه مغان مقدار بیشتری از کود در اثر آبشویی از دسترس خارج شده است. مقداری هم جذب و در تولید ماده خشک به‌کار رفته است. افزایش ماده خشک می‌تواند باعث کاهش غلظت عنصر در گیاه از طریق "اثر رقت" شود. به عبارتی عنصر جذب شده ولی بین ماده خشک بیشتری تقسیم شده است. به هر حال معنی‌دار شدن اثر

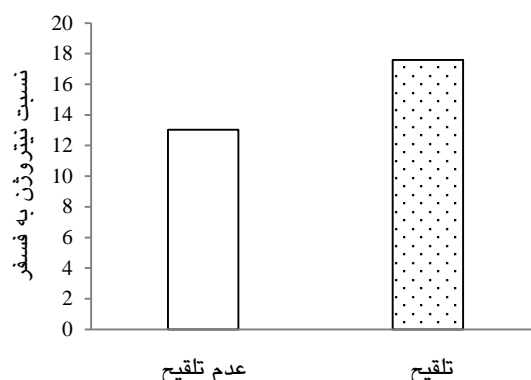


شکل ۵- درصد نیتروژن اندام‌های هوایی در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با بایوسوی

نیتروژن به فسفر کمتر از ۱۴ باشد، محدودیت نیتروژن و اگر بیشتر از ۱۶ باشد، محدودیت فسفر باعث کاهش تولید می‌گردد. بنابراین به نظر می‌رسد که در گیاهان تلقیح یافته، که نیتروژن مولکولی توسط باکتری‌های *Bradyrhizobium japonicum* تثبیت و در اختیار گیاه قرار گرفته است، فسفر و در گیاهان تلقیح نیافته نیتروژن عامل محدودیت بوده است. در نتیجه گیاهان تلقیح یافته احتمالاً به کاربرد کود فسفر واکنش مثبت نشان می‌دهند. غلظت کم فسفر اندام هوایی در تحقیق حاضر به علت عواملی مثل کربنات کلسیم زیاد، قلیایی بودن خاک و ماده آلی کم خاک، که در آزمون خاک هم مشخص است، و یا

نسبت نیتروژن به فسفر

فاکتور کود زیستی نسبت نیتروژن به فسفر را به‌طور معنی‌داری تحت تاثیر قرار داد (جدول ۵). این نسبت در گیاهان حاصل از تلقیح بذور با کود زیستی بایوسوی ۱۷/۶ به دست آمد که به‌طور معنی‌داری بیشتر از حالت عدم تلقیح (۱۳/۰۴) بود (شکل ۶). نسبت نیتروژن به فسفر در زیست توده گیاهی یک ابزار ساده و کم هزینه برای ارزیابی محدودیت‌های بهره‌وری تولید مرتبط با قابلیت دسترسی به نیتروژن و فسفر است (گوسول ۲۰۰۴). کوئرسلمن و مؤلمن (۱۹۹۶) اظهار داشتند که اگر نسبت



شکل ۶- نسبت نیتروژن به فسفر اندام‌های هوایی در شرایط تلقیح و عدم تلقیح با بایوسوی

خشک نیز به بیشترین مقدار خود می‌رسد (خان و خلیل ۲۰۱۰) و موجب تولید بیشتر عملکرد اقتصادی می‌گردد (اوح و هماران ۲۰۰۷). زیاد شدن شاخص سطح برگ، با افزایش جذب نور و در نتیجه ازدیاد ظرفیت فتوسنتزی گیاه، باعث افزایش عملکرد اقتصادی آن می‌گردد (نوری اظهر و احسان زاده ۲۰۰۷، ساجدی و اردکانی ۲۰۰۹).

نتیجه‌گیری کلی

تلقیح بذرهای سویا با باکتری‌های *Bradyrhizobium japonicum* به همراه استفاده از مقادیر کم کودهای شیمیایی حاوی نیتروژن و فسفر، با تولید سطح برگ بیشتر و حفظ آن در طول دوره رشد، میزان تشعشع بیشتری را برای سنتز اسیمیلات به کار می‌گیرد. در نتیجه نه تنها رشد و عملکرد بیشتری تولید می‌شود، بلکه در مصرف کود شیمیایی نیز در مقایسه با سیستم‌های رایج منطقه صرفه جویی می‌گردد. مسأله-ای که بی شک منجر به کاهش هزینه تولید، افزایش کارایی استفاده از کودها و کاهش خطرات زیست محیطی نیز می‌شود.

اثر رقت می‌تواند باشد. همچنین با توجه به اینکه ریشه-های سویا در مرحله جوانی بهتر فسفر را جذب می‌کنند، دادن کود فسفر در زمان کاشت شاید دیر هنگام باشد.

همبستگی بین صفات

همبستگی بین صفات در جدول ۷ ارائه شده است. درصد نیتروژن با عملکرد بیولوژیکی، عملکرد اقتصادی، شاخص کلروفیل، شاخص سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول همبستگی مثبت معنی‌دار و با مقدار فسفر رابطه منفی معنی‌دار داشت. دلیل این رابطه منفی آن است که گیاهان دارای درصد نیتروژن بیشتر، ماده خشک بیشتری تولید کردند و غلظت فسفر در آنها کاهش یافت (وایت و هاموند ۲۰۰۸). غلظت فسفر با شاخص سطح برگ نیز رابطه منفی معنی‌دار نشان داد و این حاکی از آن است که گیاهان با درصد نیتروژن بیشتر، از فسفر به شکل کارآمدتری استفاده کردند. شاخص سطح برگ، ماده خشک کل و سرعت رشد محصول با عملکرد دانه رابطه مثبت معنی‌دار داشتند. گیاه با شاخص سطح برگ مطلوب می‌تواند عملکرد بیولوژیکی و دانه بیشتری تولید کند (موندال و همکاران ۲۰۰۷). اگر شاخص سطح برگ در کوتاه‌ترین زمان ممکن به حداکثر برسد، تجمع ماده

جدول ۷- ضریب همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده در آزمایش

| عملکرد زیستی (BY) | عملکرد دانه (GYP) | شاخص برداشت (HI) | درصد نیتروژن (NP) | غلظت فسفر (PC) | شاخص کلروفیل (CHL) | شاخص سطح برگ (LAI) | ماده خشک کل (TDM) | سرعت رشد محصول (CGR) | سرعت رشد نسبی (RGR) | نسبت نیتروژن به فسفر (N:P) |
|----------------------------|-------------------|------------------|-------------------|----------------|--------------------|--------------------|-------------------|----------------------|---------------------|----------------------------|
| عملکرد زیستی (BY) | ۱/۰۰۰ | | | | | | | | | |
| عملکرد دانه (GYP) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۷۸** | | | | | | | | |
| شاخص برداشت (HI) | ۱/۰۰۰ | -۰/۲۷۹ | ۱/۰۰۰ | | | | | | | |
| درصد نیتروژن (NP) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۲۲** | -۰/۳۸۷ | ۱/۰۰۰ | | | | | | |
| غلظت فسفر (PC) | ۱/۰۰۰ | -۰/۵۷۲ | -۰/۶۳۸ | -۰/۴۲۰ | ۱/۰۰۰ | | | | | |
| شاخص کلروفیل (CHL) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۶۸** | -۰/۳۷۲ | -۰/۹۴۷** | -۰/۶۷۴ | ۱/۰۰۰ | | | | |
| شاخص سطح برگ (LAI) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۶۵** | -۰/۴۱۸ | -۰/۹۷۰** | -۰/۷۱۹* | ۱/۰۰۰ | | | | |
| ماده خشک کل (TDM) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۸۷** | -۰/۲۴۷ | -۰/۸۷۸** | -۰/۴۷۷ | -۰/۹۲۷** | ۱/۰۰۰ | | | |
| سرعت رشد محصول (CGR) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۲۹** | -۰/۸۷۷** | -۰/۷۶۱* | -۰/۳۱۱ | -۰/۸۵۰** | -۰/۸۵۰** | ۱/۰۰۰ | | |
| سرعت رشد نسبی (RGR) | ۱/۰۰۰ | -۰/۰۹۰ | -۰/۱۹۴ | -۰/۳۱۹ | -۰/۲۰۲ | -۰/۲۲۰ | -۰/۱۵۵ | -۰/۱۵۵ | ۱/۰۰۰ | |
| نسبت نیتروژن به فسفر (N:P) | ۱/۰۰۰ | -۰/۹۱۷** | -۰/۹۳۶** | -۰/۳۹۳ | -۰/۷۷۱* | -۰/۹۴۵** | -۰/۹۷۰** | -۰/۸۷۰** | -۰/۳۱۶ | ۱/۰۰۰ |

منابع مورد استفاده

- Ahmad S, Ahmad R, Ashraf MY, Ashraf M and Waraich EA, 2009. Sunflower (*Helianthus annuus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stages. Pakistan Journal of Botany, 41: 647-654.
- Albayrak S, Sevimay CS and Tongel O, 2006. Effect of inoculation with *Rhizobium* on seed yield and yield components of common vetch (*Vicia sativa* L.). Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 30: 31-37.
- Ali H, Khan MA and Randhawa ShA, 2004. Interactive effect of seed inoculation and phosphorus application on growth and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.). International Journal of Agriculture and Biology, 6(1): 110-112.
- Ashok VS, 2002. Genotypic variation in soybean for native phosphorus acquisition and use efficiency in vertisols. Msc. Thesis. University of Agricultural Sciences, Dharwad, Karnataka, India.
- Bagheri M, Zaefarian F, Akbarpour V, Asadi GA and Bicharanlou B. 2012. Assessment of growth indices of soybean, vegetative sweet basil and borage in intercropping different ratios. Journal of Plant Production, 19(3): 1-25. (In Persian).

- Bhat MI, Rashid A, Rasool F, Mahdi SS, Haq SA and Bhat RA, 2010. Effect of *rhizobium* and VA-mycorrhizae on green gram under temperate conditions. *Research Journal of Agricultural Sciences*, 1: 113-116.
- Dar NA and Bali AS, 2007. Influence of bio-fertilizers and nitrogen levels on transplanted rice (*Oryza sativa* L.) under temperate agro-climatic conditions of Jammu and Kashmir. *Journal of Research SKUAST-J*, 6: 67-72.
- Delić D, Stajković O, Kuzmanović Đ, Rasulić N, Knežević-Vukčević J and Miličić B, 2009. The effects of rhizobial inoculation on growth and yield of *Vigna mungo* L. in Serbian soils. *Biotechnology in Animal Husbandry*, 25: 1197-1202.
- Dordas CA and Sioulas C, 2009. Dry matter and nitrogen accumulation, partitioning, and retranslocation in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) as affected by nitrogen fertilization. *Field Crops Research*, 110: 35-43.
- Elkoca E, Kantar F and Sahin F, 2008. Influence of nitrogen fixing and phosphorus solubilizing bacteria on the nodulation, plant growth, and yield of chickpea. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 157-171.
- Fredeen AL, Rao IM and Terry N, 1989. Influence of phosphorus nutrition on growth and carbon partitioning in *Glycine max*. *Plant Physiology*, 89: 225-230.
- Gardner FP, Pearce RB and Mitchell RL, 1985. *Physiology of Crop Plants*. Iowa State University Press, Ames, Iowa.
- Ghamari H, Shafagh J, Sabaghpour H and Dabbagh Mohammadi Nasab A. 2016. Effects of Biological and Chemical Fertilizers on Some Growth Indexes of Purslane (*Portulaca Oleracea* L.) and Dragon's Head (*Lallemantia iberica* Fisch. & C.A. Mey.) in Mono and Intercropping. *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 25(4): 25-45. (In Persian).
- Ghassemi-Golezani K, Ghanepoor S and Mohammadi-Nasab AD, 2009. Effect of water limitation on growth and grain filling of faba bean cultivars. *Journal of Food, Agriculture and Environment*, 7: 442-447.
- Gusewell S, 2004. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance. *New Phytologist*, 164: 243-266.
- Hasanah Y, Chairun N, Hapsoh T and Hanum H, 2014. Growth analysis of soybean varieties at dry land with application of nitrogen sources. *International Journal of Scientific and Technology Research*, 3(6): 123-126.
- Hatami H, Ayneband M, Azizi AS and khodabandeh M. 2009. Effect of nitrogen fertilizer on growth and yield of soybean in North Khorasan. *Electronic Journal of Crop Production*, 2(2): 25-42. (In Persian).
- Holtzhauer, M. 2006. *Basic Methods for the Biochemical Lab*. First English Edition. Springer. Pp. 251
- Hosseini P, Rahimian Mashhadi H and Alizadeh H. 2011. Competition of Red Root Pigweed (*Amaranthus retroflexus*) with Two Soybean (*Glycine max*) Cultivars under Sole and Intercropping Systems 2- Light Absorption, Soybean Growth Indices. *Iranian Journal of Weed Science*, 7(2): 25-35. (In Persian).
- Islam MK, Islam SMA, Harun-or-Rashid M, Faruque Hossain AMG and Alom MM, 2006. Effect of biofertilizer and plant growth regulators on growth of summer mungbean. *International Journal of Botany*, 2: 36-41.
- Jeffrey T, Edwards C, Purcell E and Earl D, 2005. Light interception and yield potential of short season maize (*Zea mays* L) hybrids in the Midsouth. *Agronomy Journal*, 97: 225-234.
- Khan A and Khalil A, 2010. Effect of leaf area on dry matter production in aerated mungbean seed. *International Journal of Plant Physiology and Biochemistry*, 2: 52-61.
- Khandan Bejandi T, Seyed Sharifi R, Sedghi M, Asgari Zakaria R, Namvar A and Jafari Moghaddam M. 2010. Effect of plant density, rhizobia and microelements on yield and some of morph physiological characteristics of pea. *Electronic Journal of Crop Production*, 3(1): 139-157. (In Persian).

- Koerselman W and Meuleman AFM, 1996. The vegetation N: P ratio: a new tool to detect the nature of nutrient limitation. *Journal of Applied Ecology*, 33: 1441–1450.
- Lebaschy MH and Sharifi Ashour Abadi E. 2004. Application of physiological growth indices for suitable harvesting of *Hypericum perforatum*. *Pajouhesh and Sazandegi Journal*, 65: 65-75. (In Persian).
- Makkizadeh M, Nasrollahzadeh S, Zehtab Salmasi S, Chaichi MR and Khavazi k. 2012. The Effect of Organic, Biologic and Chemical Fertilizers on Quantitative and Qualitative Characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). *Journal of Sustainable Agriculture and Production Science*, 22(1): 1-12. (In Persian).
- Malek MM, Galeshi S, Zeinali A, Ajamnorazi H and Malek M. 2012. Investigation of leaf area index, dry matter and crop growth rate on the yield and yield components of soybean cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(4): 1-17. (In Persian).
- Malik MA, Cheema MA and Khan HZ, 2006. Growth and yield response of soybean (*Glycine max* L.) to seed inoculation and varying phosphorus levels. *Journal of Agricultural Research*, 44(1): 47-53.
- Mishra PK, Bisht SC, Ruwari P, Joshi GK, Singh G, Bisht JK and Bhatt JC, 2011. Bioassociative effect of cold tolerant *Pseudomonas* spp. and *Rhizobium leguminosarum*-PR1 on iron acquisition, nutrient uptake and growth of lentil (*Lens culinaris* L.). *European Journal of Soil Biology*, 47: 35-43.
- Mondal MMA, Howlader MHK, Akter MB and Dutta RK, 2007. Evaluation of five advanced lentil mutants in relation to morpho-hysiological characters and yield. *Bangladesh Journal of Crop Science*, 18: 367-372.
- Namvar A, Seyed Sharifi R and Khandan T, 2011. Growth analysis and yield of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in relation to organic and inorganic nitrogen fertilization. *Ekologija*, 57(3): 97–108.
- Nasim W, Ahmad A, Hamad HM, Hassana Javed Chaudhary HJ and Munis MFH, 2012. Effect of nitrogen on growth and yield of sunflower under semi-arid condition of Pakistan. *Pakistan Journal of Botany*, 44(2): 639-648.
- Nori Azhar J and Ehsanzadeh P. 2007. Evaluation of Interrelationship of Growth Indices and Grain Yield of Five Maize Hybrids under Two Irrigation Regimes in Isfahan. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources*, 11(41): 261-273 . (In Persian)
- Oh EI, Uwagoh R, Jyo S, Saitoh K and Kuroda T, 2007. Effect of rising temperature on flowering, pod set, dry matter production and seed yield in soybean. *Japanese Journal of Crop Science*, 76(3): 433-444.
- Plenet D, Mollier A and Pellerin S, 2000. Growth analysis of maize field crops under phosphorus deficiency. II. Radiation-use efficiency, biomass accumulation and yield components. *Plant and Soil*, 224: 259–272.
- Rahimi A. 2011. The effects of salt stress on some growth traits in three medicine species of *Plantago ovate*, *P. psyllium* and *P. major*. *Processing of Horticultural Products*. 2(4): 27-40. (In Persian).
- Ray JG and Valsalakumar N, 2010. Arbuscular Mycorrhizal Fungi and *Piriformospora indica* individually and in combination with Rhizobium on green gram. *Journal of Plant Nutrition*, 33: 285–298.
- Rodriguez D, Zubillaga MM, Ploschuk EL, Keltjens WG, Goudriaan J and Lavado RS, 1998. Leaf area expansion and assimilate production in sunflower (*Helianthus annuus* L.) growing under low phosphorus conditions. *Plant and Soil*, 202: 133–147.
- Sadeghzade-Hemayati S, Taleghani D, Saednia V, Khodadadi S, Nikpanah H and Dehghanshoar M. 2006. The effects of nitrogen and phosphorous application on physiological parameters of sugar beet seed bearing plants in Ardabil. *Journal of Sugarbeet*. 22(1): 75-90. (In Persian).
- Sajedi N and Ardakani MR. 2009. Effect of different levels of nitrogen, iron and zinc on physiological indices and forage yield of maize (*Zea mays* L.) in Markazi province. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 6(1): 99-110. (In Persian).

- Sawyer JE, Creswell J and Tidman MJ, 2000. Phosphorus basics. Integrated Crop Management News, In Iowa State University, Ames, Iowa.
- Shams A, Akbari GA, Lebaschi MH, Akbari GA and Zeinali H, 2012. Growth index of *Thymus daensis* as influenced by nitrogen and chemical phosphorus in dry land. *Annual of Biological Research*, 3(6): 2854-2858.
- Solaiman ARM and Hossain D, 2006. Effectiveness of *Bradyrhizobium japonicum* strains on soybean at field condition. *Bulletin of the Institute of Tropical Agriculture, Kyushu University*. 29: 11-20.
- Solaiman ARM and Rabbani MG, 2003. Performance of pea (*Pisum sativum*) as affected by Rhizobium inoculant, N, P and Mo application. *Bangladesh Journal of Soil Science*, 27-29: 13-22.
- Stefan M, Dunca S, Olteanu Z, Oprica L, Ungureanu E, Hritcu L, Mihasan M and Cojocaru D, 2010. Soybean (*Glycine max* L.) inoculation with *Bacillus pumilus* RS3 promotes plant growth and increases seed protein yield: Relevance for environmentally-friendly agricultural applications. *Carpathian Journal of Earth and Environmental Science*, 5(1): 131-138.
- Tahir MM, Abbasi MK, Rahim N, Khaliq A and Kazmi MH, 2009. Effect of *rhizobium* inoculation and NP fertilization on growth, yield and nodulation of soybean (*Glycine max* L.) in the sub-humid hilly region of Rawalakot Azad Jammu and Kashmir, Pakistan. *African Journal of Biotechnology*, 8: 6191-6200.
- White PJ and Hammond J, 2008. The ecophysiology of plant-phosphorus interactions. Springer, Netherlands.
- Zhang H, Charles TC, Driscoll B, Prithviraj T and Smith DL, 2002. Low temperature-tolerant *Bradyrhizobium japonicum* strains allowing improved soybean yield in short-season. *Agronomy Journal*, 94: 870-875.