Archive of SID

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد یازدهم، شماره سوم، پاییز ۹۷
۹۵-۱۱٤
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/ejcp.2019.14853.2113

بررسی برهمکنش تلقیح کودهای بیولوژیک و نیتروژن بر رشد و عملکرد سویا تحت شرایط کنترل و عدم کنترل علف‌هرز

***بهرام پارسا[۱]، حمید عباسدخت[۲]، احمد غلامی[۲] و ابوالفضل فرجی[۳]**

[۱]دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود، [۲]دانشیار گروه زراعت، دانشگاه صنعتی شاهرود،
[۳]دانشیار مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی استان کلستان

تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۱۲/۱۹؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/٦/۳

چکیده

سابقه و هدف: تلقیح گیاهان زراعی با قارچ مایکوریزا و باکتری‌های محرک رشد به‌دلیل فوائد زیاد (از جمله افزایش سطح ریشه و تثبیت نیتروژن) باعث افزایش رشد می‌شوند. همچنین، نیتروژن به‌دلیل نقش اساسی که در رشد و نمو گیاه زراعی دارد به‌طور مستقیم باعث افزایش عملکرد دانه در گیاهان زراعی می‌شود. از طرف دیگر، افزایش رقابت بین گیاه زراعی و علف هرز و کاهش دسترسی گیاه زراعی به منابع باعث کاهش عملکرد دانه می‌شود. بنابراین، این آزمایش با هدف بررسی برهمکنش تلقیح قارچ مایکوریزا، ریزوبیوم و کاربرد کود نیتروژنه بر خصوصیات سویا در شرایط وجین و عدم وجین علف هرز انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش در سال ۱۳۹۵ در شهرستان علی‌آباد کتول انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل: ۱- مبارزه با علف‌های هرز در دو سطح کنترل کامل علف‌های هرز و عدم کنترل، ۲- کاربرد کود بیولوژیک در چهار سطح عدم مصرف (شاهد)، تلقیح بذرها با باکتری *Bradyrhizobium japonicum*، تلقیح بذرها با قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* و تلقیح همزمان با مایکوریزا و ریزوبیوم و ۳- کاربرد کود نیتروژن (خالص) از منبع کود اوره در سه سطح صفر (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار بود.

یافته‌ها: نتایج این آزمایش نشان داد اثر کود بیولوژیک و اثر متقابل علف‌هرز و کود شیمیایی بر حداکثر شاخص سطح برگ سویا معنی‌دار بود. بدین صورت که با افزایش مقدار کود نیتروژن در حالت وجین و عدم وجین علف‌های هرز حداکثر شاخص سطح برگ افزایش پیدا کرد، اما این افزایش در هنگام وجین علف‌های هرز بیشتر بود. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد، اثر کود بیولوژیک، کود نیتروژنه و وجین علف‌های هرز بر اجزای عملکرد و عملکرد دانه سویا معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با افزایش کاربرد کود نیتروژنه، تلقیح با کود بیولوژیک و وجین علف‌های هرز تعداد غلاف در بوته، وزن صد دانه و تعداد دانه در بوته افزایش پیدا کرد. بر اساس نتایج این آزمایش بیشترین تعداد غلاف در بوته سویا (٦۷/۲۹ عدد غلاف در بوته) در هنگام وجین علف‌های هرز، استفاده از قارچ مایکوریزا و مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌دست آمد. عملکرد دانه با وجین علف‌های هرز ۲۲/۲ درصد افزایش پیدا کرد و با کاربرد ۵۰

*مسئول مکاتبه:

www.SID.ir

Archive of SID

کیلوگرم نیتروژن خالص، ۱۶/۳ درصد به عملکرد دانه نسبت به حالت شاهد اضافه شد. تلقیح با قارچ مایکوریزا و ریزوبیوم نیز به‌ترتیب باعث افزایش ۸/۶ و ۱۳/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به حالت شاهد شدند.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج این آزمایش در تیمار کاربرد کود بیولوژیک، تلقیح همزمان مایکوریزا و ریزوبیوم و تلقیح با ریزوبیوم به تنهایی و در تیمار کود شیمیایی، مصرف ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بیشترین عملکرد دانه را داشتند. همچنین در هر دو شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز تلقیح همزمان با مایکوریزا و ریزوبیوم سبب افزایش مقدار ماده خشک نهایی سویا شد. بنابراین می‌توان بیان کرد بهبود شرایط رشد برای گیاه سویا (وجین علف هرز و کاربرد کود نیتروژن و بیولوژیک) باعث می‌شود سطح برگ و تجمع ماده خشک در طی فصل رشد افزایش یابد. این افزایش در سطح برگ و تجمع ماده خشک باعث افزایش در اجزای عملکرد سویا شده و در نهایت عملکرد دانه را افزایش داد. البته با توجه به هزینه‌های انجام شده و قیمت تمام شده کودهای بیولوژیک، استفاده از ریزوبیوم نسبت به مایکوریزا مقرون به صرفه‌تر می‌باشد و پیشنهاد می‌شود که تحقیقات در مورد راه حلی برای پوشش دار کردن بذرها با کودهای بیولوژیک به خصوص ریزوبیوم‌ها انجام شود.

واژه‌های کلیدی: سویا، وجین، کود اوره، اجزای عملکرد دانه، سطح برگ

مقدمه

تثبیت مولکولی نیتروژن هوا توسط ریزوبیوم‌ها در ریشه گیاهان خانواده بقولات[1] فوائد متعددی از قبیل صرفه‌جویی در مصرف نیتروژن، کمک به کشاورزی پایدار، جلوگیری از آلودگی منابع آب و غذا به نیترات‌ها، باقی‌ماندن مقداری نیتروژن در خاک برای استفاده در زراعت بعدی و غیره را دارا می‌باشند که آن‌ها را از سایر گیاهان غیرلگوم متمایز می‌سازد (۱۶). استفاده از کود اوره در اول فصل رشد همزمان با تلقیح سویا با باکتری ریزوبیوم می‌تواند نسبت به حالت تلقیح تنها با باکتری ریزوبیوم عملکرد بیولوژیک و دانه سویا را افزایش دهد. در کنار باکتری‌های محرک رشد، قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار[2] نیز در خاک وجود دارند که رایج‌ترین نوع همزیستی مسالمت‌آمیز بین میکروارگانیسم‌های خاکزی و گیاهان است و تقریباً ۸۰ درصد گونه‌های گیاهی با آن‌ها همزیست هستند. تلقیح همزمان باکتری‌های محرک رشد گیاه با قارچ‌های مایکوریزا روش مناسبی برای افزایش کارآیی گیاه در استفاده از منابع می‌باشد (۱۵).

محققان گزارش کرده‌اند که شاخص سطح برگ (LAI) یکی از مهم‌ترین صفت‌های گیاه زراعی می‌باشد که رشد و عملکرد ماده خشک را تحت تأثیر قرار می‌دهد. شاخص سطح برگ تعیین‌کننده میزان نفوذ نور به داخل پوشش گیاهی و کف کانوپی است. تلقیح گیاه با مایکوریزا باعث افزایش سطح برگ و وزن خشک اندام هوایی در گیاهان زراعی می‌شود (۱۰). رجب‌زاده مطلق (۲۰۱۱) افزایش وزن خشک اندام هوایی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و شاخص سطح برگ را در اثر تلقیح بذر لوبیا قرمز با مایکوریزا گزارش کرد (۲۵). قارچ‌های مایکوریزا به‌دلیل افزایش جذب عناصر غذایی و آب، کاهش اثرات مخرب تنش‌های محیطی، افزایش مقاومت گیاه نسبت به پاتوژن‌ها، تسهیل گره‌زایی در ریشه توسط ریزوبیوم در گیاهان لگوم و غیره باعث

1- Fabaceae
2- Arbuscular mycorrhizal

www.SID.ir

Archive of SID

افزایش شاخص‌های رشدی و عملکرد گیاهان زراعی می‌شود، محققان بیان کرده‌اند تلقیح همزمان قارچ مایکوریزا و ریزوبیوم به‌دلیل اثرات مثبت هرکدام باعث اثر هم‌افزایی در افزایش عملکرد گیاهان زراعی می‌شود و این امر بیان کننده آنست که تلقیح همزمان قارچ مایکوریزا و ریزوبیوم (باکتری‌های محرک رشد) با عث افزایش بیشتر در عملکرد گیاهان زراعی می‌شود (٤ و ٣١). زارعی و همکاران (٢٠١٢) در تحقیقی اثر کودهای بیولوژیک را بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا مورد بررسی قرار دادند. ایشان بیان کردند تلقیح بوته‌های سویا با کودهای بیولوژیک باعث افزایش در مقدار وزن خشک کل گیاه سویا می‌شود که افزایش در وزن خشک کل در نهایت عملکرد دانه سویا را افزایش می‌دهد (٣٨). زیمرا و همکاران (٢٠١٦) در تحقیقی اثر سویه‌های مختلف ریزوبیوم را بر رقم‌های مختلف سویا مورد بررسی قرار دادند. ایشان بیان کردند واریته‌های مختلف سویا واکنش متفاوتی به کود زیستی ریزوبیوم دارند، به عبارت دیگر ایشان بیان کردند در تمام واریته‌های سویای مورد آزمایش با تلقیح ریزوبیوم عملکرد دانه افزایش پیدا کرد، اما در برخی از رقم‌های سویا برخی از سویه‌های ریزوبیوم باعث افزایش بیشتر در عملکرد دانه سویا شدند (٣٩).

رقابت با علف‌های هرز یکی از عوامل مؤثر بر شاخص سطح برگ و تجمع ماده خشک گیاهان زراعی می‌باشد که در نهایت عملکرد گیاهان زراعی را کاهش می‌دهد. در شرایطی که گیاه زراعی با علف‌هرز در رقابت است، هر چند سطح برگ کل جامعه گیاهی در واحد سطح افزایش می‌یابد، ولی به‌دلیل کاهش سطح برگ تک بوته در اثر تداخل و رقابت درون گونه‌ای، شاخص سطح برگ گیاه زراعی در مزارع آلوده به علف‌هرز به سرعت کاهش می‌یابد. رقابت سویا با علف‌های هرز موجب کاهش شاخص سطح برگ سویا شده و ضمن کاهش تولید مواد فتوسنتزی افت عملکرد را سبب می‌شود (٨). میلکسون و رنر (١٩٩٧) بیان کرده‌اند که هرچه سطح برگ گیاه زراعی بیشتر باشد، میزان تشعشع دریافتی توسط علف هرز کاهش می‌یابد و بدین ترتیب، این صفت بر قابلیت رقابت گیاه زراعی با علف هرز می‌افزاید و در نهایت می‌تواند عملکرد گیاه زراعی را افزایش دهد (٢١). با توجه به این‌که تلقیح سویا با قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم و همچنین استفاده از کود نیتروژن در اول فصل رشد (استارتر) باعث افزایش سطح برگ و تجمع ماده خشک می‌شود، این آزمایش به منظور بررسی تغییرات سطح برگ، تجمع ماده خشک، عملکرد دانه و اجزای عملکرد دانه در گیاه سویا تحت تلقیح ریزوبیوم، مایکوریزا و استفاده از کود نیتروژنه در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز انجام شد. به‌عبارت دیگر هدف این آزمایش تعیین مقدار مناسب کود نیتروژن در مراحل اولیه رشد سویا و استفاده از کودهای بیولوژیک به عنوان جایگزین و یا مکمل کودهای شیمیای در طول فصل رشد در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز و بررسی تغییرات عملکرد و اجزای عملکرد دانه سویا به تیمارهای اعمال شده می باشد.

مواد و روش‌ها: این آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در ٣ تکرار، طی سال ١٣٩٥ در قطعه زمینی واقع در شهر علی‌آباد کتول انجام شد. خاک محل آزمایش دارای بافت رسی سیلتی با ٠/١٤ درصد نیتروژن کل، ١٢/٦ قسمت در میلیون فسفر و ٢٨٠ قسمت در میلیون پتاسیم بود و به‌جز کود اوره (بر اساس تیمار کودی) هیچ کودی به کرت‌های آزمایشی داده نشد. تیمارهای آزمایش شامل: ١- مبارزه با علف‌های هرز در دو سطح کنترل کامل علف‌های هرز و عدم کنترل، ٢- کاربرد کود

www.SID.ir

Archive of SID

بیولوژیک در هنگام کشت در چهار سطح عدم مصرف (شاهد)، تلقیح بذرها با باکتری *Bradyrhizobium japonicum*، تلقیح بذرها با قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* و تلقیح همزمان با مایکوریزا و ریزوبیوم و ۳- کاربرد کود نیتروژن (خالص) از منبع کود اوره در سه سطح صفر (شاهد)، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار طی دو مرحله، ۱/۲ هنگام کاشت و ۱/۲ در مرحله سه برگی بود. مایه تلقیح باکتری بدین صورت مورد استفاده قرار گرفت که قبل از کشت، متناسب با سطح کشت مقدار مشخصی از بذرها با محلول ۱۰ درصد آب شکر آغشته گردید و در مرحله بعد مقدار تعیین شده از مایه تلقیح باکتری (٤۰۰ گرم ماده تلقیح برای ٦۰ کیلوگرم بذر) در سایه به بذرها اضافه و مخلوط شد. بعد از خشک شدن نسبی، بذرها سریعاً کشت شدند. مایه تلقیح مایکوریزا شامل خاک، بقایای ریشه‌ای و اندام‌های قارچی بود. استفاده از مایه تلقیح بدین صورت انجام شد که قبل از کشت، در کرت‌های مربوط به تیمار قارچی مقداری مایه تلقیح درون ردیف‌های کشت (۳٦۰ گرم در هر ردیف کشت) ریخته شد. سپس روی این مایه تلقیح، مقداری خاک و بذرها روی آن قرار داده شد و در انتها بذرها با خاک پوشانده شدند. هر کرت (ماده آزمایشی) شامل ٦ خط کاشت و به طول تقریبی ٦ متر بود. فاصله خطوط از یکدیگر ۵۰ سانتی‌متر و فاصله روی خطوط ۱۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. کنترل علف‌های هرز به‌صورت منظم و دستی و در طی چند مرحله انجام شد.

به‌منظور اندازه گیری صفات تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در بوته، وزن ۱۰۰ دانه و عملکرد بیولوژیک تعداد ۱۰ بوته در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک برداشت و صفات موردنظر محاسبه گردید و در مرحله رسیدگی برداشت با حذف خطوط حاشیه، عملکرد دانه از سطحی معادل دو متر مربع برآورد گردید.

به‌منظور بررسی روند تغییرات سطح برگ و وزن خشک کل در طول فصل رشد، ۸ مرحله نمونه‌برداری از مزرعه (۳ بوته از هر کرت) انجام شد. برای اندازه‌گیری سطح برگ از دستگاه سطح برگ‌سنج Delta_T Device استفاده شد. برای توصیف روند تغییرات سطح برگ در طول فصل رشد مدل لجستیک (۳۱ و ۳) مورد استفاده قرار گرفت (رابطه ۱).

رابطه ۱

$$Y=((a*\exp((-a)*(x-b))*c))/((1+\exp((-a)*(x-b)))^{2})$$

که در آن، a یک ضریب ثابت می‌باشد و میزان چرخش منحنی را نشان می‌دهد، b زمان پس از کاشت که در آن حداکثر شاخص سطح برگ حادث می‌شود و c یک ضریب ثابت می‌باشد. پس از برازش این مدل سایر متغییرهای مرتبط با پویایی شاخص سطح برگ مثل حداکثر شاخص سطح برگ با حل عددی به‌دست آمد (۱۰).

برای توصیف روند تغییرات ماده خشک (w) در برابر زمان پس از کاشت (x) از مدل رگرسیونی نمایی خطی بریده (رابطه ۲) استفاده شد:

رابطه ۲

$$w=\begin{cases}\dfrac{c_m}{r_m}\ln\left[1+e^{r_m(x-t_o)}\right] & if \quad x<t_o+w_{\max}/c_m \\ w_{\max} & if \quad x\geq t_o+w_{\max}/c_m\end{cases}$$

که در آن W_{max} حداکثر مقدار تجمع ماده خشک، C_m حداکثر سرعت رشد محصول در فاز خطی رشد، r_m حداکثر سرعت رشد نسبی در فاز نمایی رشد و t_0 زمان از دست رفته تا شروع فاز خطی رشد می‌باشد. براساس این مدل در زمان $t_o+w_{\max}/c_m$ رشد گیاه به پایان می‌رسد (طول دوره رشد) و پس از آن رشد به‌طور ناگهانی وارد فاز سوم می‌شود. که در واقع این مدل پس از فاز نمایی اولیه یک دوره رشد خطی

www.SID.ir

Archive of SID

طولانی قبل از پایان دوره رشد پیش‌بینی می‌کند و سپس به‌طور ناگهانی رشد را به پایان می‌رساند.

در این آزمایش برای توصیف روند تغییرات ماده خشک و سطح برگ طی فصل رشد، ابتدا توابع موردنظر به داده‌های تمام تیمارها برازش داده شد، پس از آن در صورت معنادار نبودن اختلاف بین ضرایب، تابع موردنظر به داده‌های اثر متقابل دوگانه و پس از آن داده‌های اثر اصلی فاکتورهای آزمایش برازش داده شد. در هر مرحله با معنی‌دار شدن ضرایب مدل موردنظر، برازش تابع به سایر داده‌ها متوقف شده و مدل تنها برای آن داده‌هایی که ضرایب تابع معنی‌دار شده برازش داده می‌شد.

داده‌های به‌دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS (۳۳) تجزیه و تحلیل شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد استفاده شد و رسم نمودارها نیز با استفاده از برنامه Excel انجام شد.

نتایج و بحث

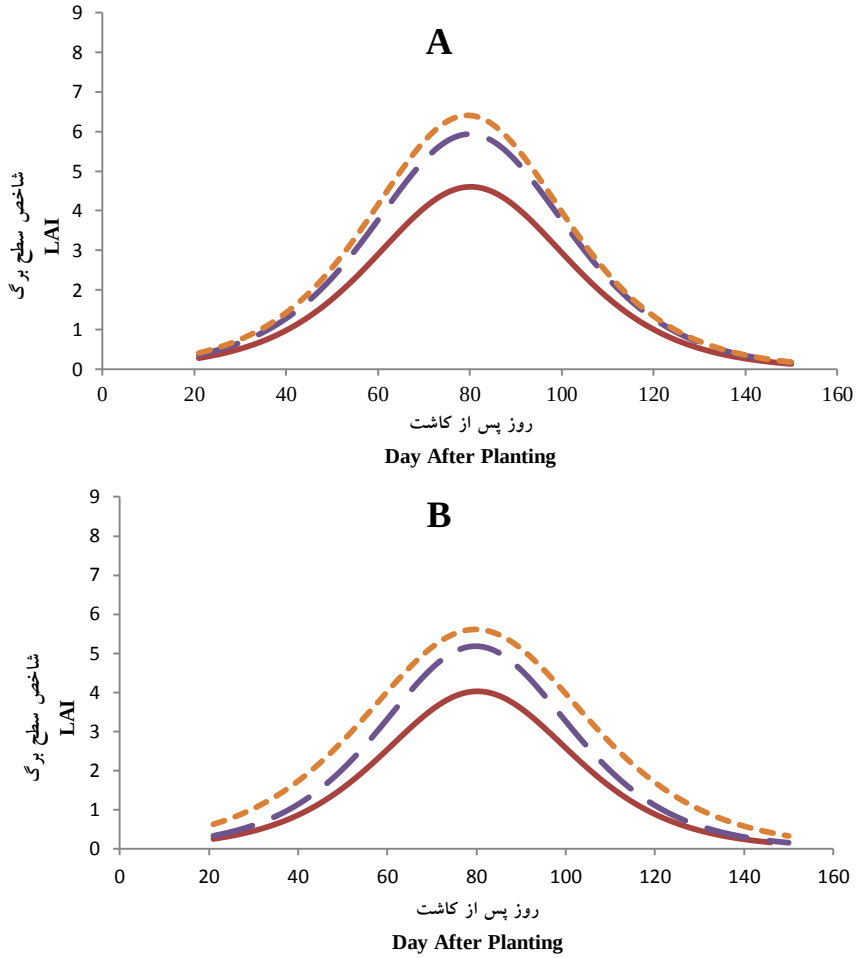
سطح برگ: روند تغییرات شاخص سطح برگ در تیمارهای مختلف در شکل (۱) و (۲) آورده شده است. در تمام تیمارها در ابتدای فصل رشد به‌علت اندازه کوچک بوته‌ها با افزایش روز پس از کاشت شاخص سطح برگ با شیب کم افزایش پیدا کرد، پس از آن با افزایش روز پس از کاشت شاخص سطح برگ با شیب زیاد روندی صعودی دارد، پس از رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ، با زرد شدن برگ‌ها و ریزش برگ‌ها سطح برگ روندی نزولی پیدا می‌کند (شکل ۱ و ۲).

با توجه به این‌که ضرایب مدل لجستیک برازش داده شده به داده‌های شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت تنها برای اثر متقابل بین کود نیتروژن و علف هرز و اثر ساده کود بیولوژیک معنی‌دار بود، شش تابع لجستیک برای داده‌های مربوط به سطح برگ اثر متقابل بین کود شیمیایی و علف هرز برازش داده شد و چهار تابع برای اثر ساده کود بیولوژیک به داده‌های شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت برازش داده شد. بر اساس نتایج جدول (۱) بیشترین مقدار برای حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار وجین علف‌های هرز و کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود اوره (۷/۲) به‌دست آمد. کمترین مقدار برای حداکثر شاخص سطح برگ در تیمار عدم وجین علف‌های هرز و عدم کاربرد کود اوره (٤/۳) به‌دست آمد (جدول ۱). نتایج جدول (۱) نشان داد در هر دو شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز با افزایش کاربرد کود اوره حداکثر شاخص سطح برگ افزایش یافت، این افزایش در هنگام وجین علف‌های هرز بیشتر بود (جدول ۱). بر اساس نتایج جدول (۱)، تعداد روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ به‌طور کلی بین تیمارها اختلاف زیادی نداشت، با این وجود در هر دو شرایط عدم وجین و وجین علف‌های هرز با افزایش کاربرد کود اوره، تعداد روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ سریع‌تر حادث شد (جدول ۱).

بر اساس نتایج جدول (۲)، حداکثر شاخص سطح برگ در تلقیح همزمان بوته‌های سویا با مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم نسبت به تلقیح جداگانه مایکوریزا و ریزوبیوم و عدم تلقیح بیشتر بود، به‌طوری‌که حداکثر شاخص سطح برگ در سطوح عدم تلقیح، تلقیح با ریزوبیوم، تلقیح با مایکوریزا و تلقیح همزمان مایکوریزا و ریزوبیوم به‌ترتیب برابر ٤/۸، ۵/۷، ۵/۹ و ٦/۱ بود. همچنین نتایج جدول (۲) نشان داد با تلقیح بوته‌های سویا با کودهای بیولوژیک، تعداد روز تا رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ در کانوپی سویا کاهش پیدا می‌کند (جدول ۲).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- روند تغییرات سطح برگ سویا طی فصل رشد در تیمارهای مختلف. (DAP= روز پس از کاشت، LAI= شاخص سطح برگ) (A= وجین علف هرز B= عدم وجین علف هرز) (———— =عدم کاربرد کود شیمیایی، ـــــ ـــــ ـــــ = کاربرد ۲۵ کیلوگرم کود شیمیایی، - - - - = کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی).

Figure 1. The trend of soybean leaf area changes during the growing season in different treatments. (DAP = days after planting, LAI= leaf area index) (A= weed free B= weedy check) (—— =non-application of fertilizer, – – – = application of 25 kg of fertilizer, - - - -= application of 50 kg of fertilizer).

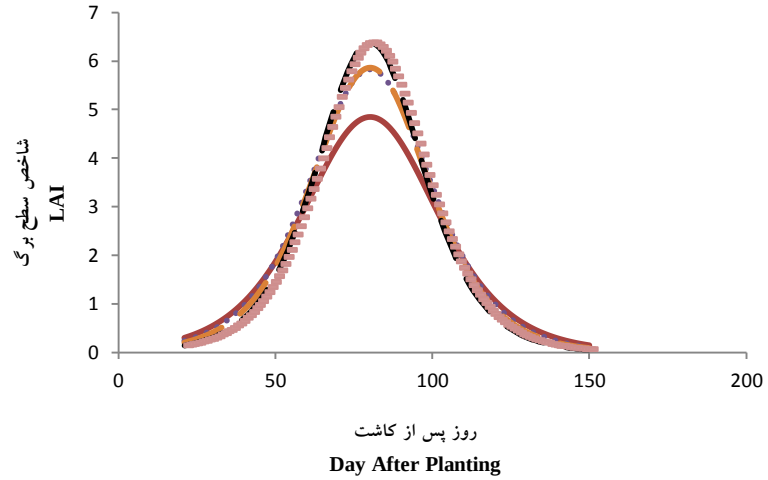
جدول ۱- ضرایب مدل لجستیک برازش داده شده به داده‌های شاخص سطح برگ اثر متقابل علف هرز و کود شیمیایی،a و c ضرایب ثابت مدل، b زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (روز) می‌باشد و LAI_{max} (حداکثر شاخص سطح برگ) که با حل عددی به‌دست آمده است. R^2 نیز ضریب تبیین را نشان می‌دهد.

Table 1. The coefficients of the logistic model fitted to the leaf area index data of the interaction between weed and chemical fertilizer, a and c are the constant coefficients of the model, b is the time to reach the maximum leaf area index (day), and LAImax (maximum leaf area index) is obtained by numerical solution. R^2 also shows the coefficient of determination.

علف هرز Weed	کود شیمیایی (کیلوگرم در هکتار) Chemical fertilizer (kg/ha)	LAI_{max}	a±SE	b±SE	c±SE	R^2
وجین	0	5.1	0.070±0.001	82.9±1.8	298.2±11.0	77.1
Weed	25	6.9	0.071±0.001	82.4±1.0	390.012.7±	73.1
Free	50	7.2	0.071±0.001	81.5±1.0	416.2±10.8	71.0
عدم وجین	0	4.3	0.070±0.001	84.3±0.9	245.1±9.8	76.0
Weedy	25	6.1	0.070±0.001	80.0±1.1	355.3±8.5	78.1
Check	50	6.2	0.065±0.001	79.2±1.1	7.6±417.3	77.7

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲- روند تغییرات سطح برگ سویا طی فصل رشد در تیمارهای مختلف (———— = عدم تلقیح، — . — .= تلقیح با باکتری ریزوبیوم، .....= تلقیح با قارچ مایکوریزا، — — — = تلقیح همزمان با باکتری ریزوبیوم و قارچ مایکوریزا).

Figure 2. The trend of changes in soybean leaf area during the growing season in different treatments (—— = non-inoculation, . – . – = inoculation with rhizobium bacterium, ... = inoculation with mycorrhizal fungi, – – – = co-inoculation with rhizobium and mycorrhiza).

جدول ۲- ضرایب مدل لجستیک برازش داده شده به داده‌های سطح برگ در سطوح مختلف کود بیولوژیک، a و c ضرایب ثابت مدل، b زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ (روز) می‌باشد و LAI_{max} (حداکثر شاخص سطح برگ) با حل عددی به‌دست آمده است. R^2 نیز ضریب تبیین را در نشان می‌دهد.

Table 2. The coefficients of the logistic model fitted to leaf area data at different levels of biological fertilizer, a and c, are constant coefficients of the model, b is the time to reach the maximum leaf area index (day), and LAI_{max} (maximum leaf area index) is obtained by numerical solution . R^2 also shows the coefficient of determination.

کود بیولوژیک Biological fertilizer	LAI_{max}	a±SE	b±SE	c±SE	R^2
عدم تلقیح non-inoculation	4.8	0.07±0.001	82.3±1.1	270.7±10.1	71.4
ریزوبیوم Rhizobium	5.7	0.07±0.001	82.0±0.8	320.0±9.1	74.1
مایکوریزا Mycorrhiza	5.9	0.08±0.001	80.9±1.1	335.0±10.3	75.2
تلفیق co-inoculation	6.1	0.09±0.001	80.2±1.1	279.1±11.4	73.3

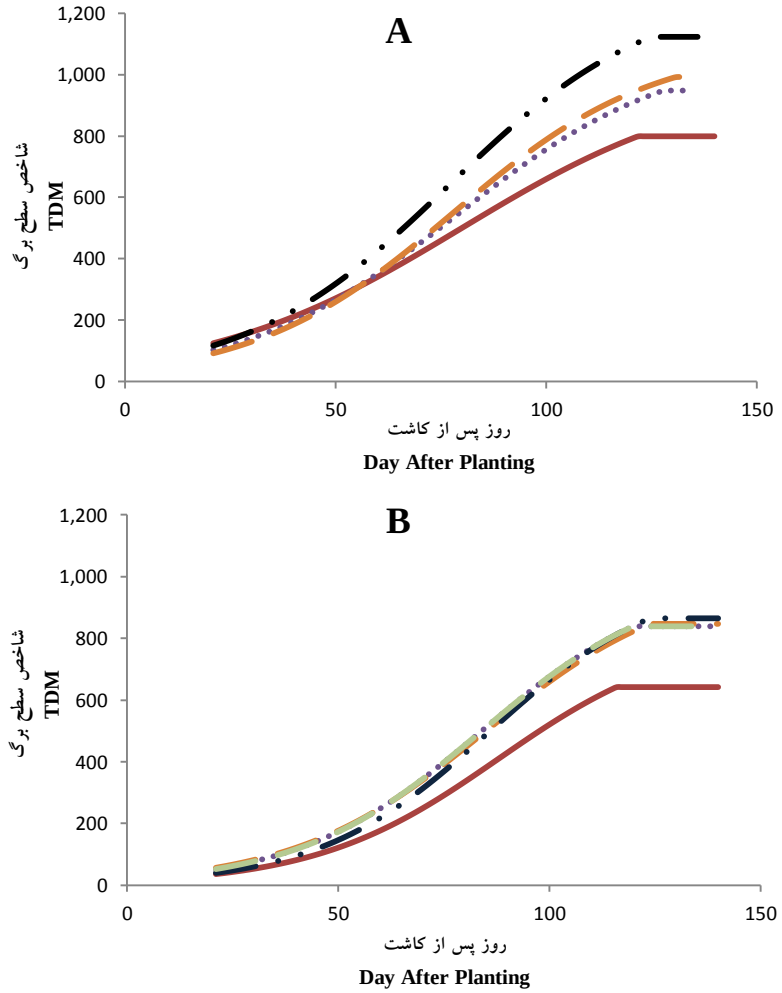
تجمع ماده خشک: در شکل‌های (۳) و (٤) روند تجمع ماده خشک در کانوپی سویا آورده شده است. روند تغییرات تجمع ماده خشک در تمام تیمارها به‌صورت سیگوئیدی بود، که در ابتدا با شیب کم و پس از آن با شیب زیاد و به‌صورت خطی ماده خشک گیاه افزایش یافت و در انتهای فصل رشد تجمع ماده خشک ثابت شد (شکل ۳ و ٤)

بر اساس نتایج جدول (۳) در هر دو شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز، تلقیح بوته‌های سویا با کودهای بیولوژیک باعث افزایش تجمع ماده خشک در کانوپی سویا گردید. همچنین، نتایج جدول (۳) نشان داد در هنگام تلقیح همزمان بوته‌های سویا با قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم حداکثر تجمع ماده خشک بیشتر از تلقیح جداگانه آن‌ها شد. حداکثر

www.SID.ir

Archive of SID

تجمع ماده خشک در تیمار وجین علف‌های هرز و تلقیح همزمان مایکوریزا و ریزوبیوم برابر ۱۱۴۷ گرم در مترمربع بود و در تیمار عدم وجین علف‌های هرز و تلقیح همزمان مایکوریزا و ریزوبیوم برابر ۹۳۸/۸ گرم در مترمربع بود (جدول ۳). نتایج جدول ۳ همچنین نشان داد عدم وجین علف‌های هرز باعث کاهش تجمع ماده خشک سویا در تمام سطوح کود بیولوژیک شد. این امر بیانگر آن است که حتی با تلقیح بوته‌های سویا اثر مخرب علف‌های هرز بر تجمع ماده خشک هنوز وجود دارد و باعث کاهش حداکثر تجمع ماده خشک در کانوپی سویا می‌شود.



شکل ۳- روند تغییرات تجمع ماده خشک سویا طی فصل رشد در تیمارهای مختلف (TDM= ماده خشک کل، (گرم در مترمربع)، DAP= روز پس از کاشت)، (A= وجین علف هرز B= عدم وجین علف هرز) (_____ = عدم تلقیح، ..... = تلقیح با باکتری ریزوبیوم، ـــ ـــ ـــ = تلقیح با قارچ مایکوریزا، ـــ .. ـــ .. ـــ = تلقیح همزمان با باکتری ریزوبیوم و قارچ مایکوریزا)

Figure 3. The trend of soybean dry matter accumulation during the growing season in different treatments (TDM = total dry matter, (g m^{-2}), DAP = days after planting), (A = weed free, B = weedy check) (—— = non-inoculation, ... = inoculation with rhizobium bacterium, – – – = inoculation with mycorrhizal fungi, .. – .. – = co-inoculation with rhizobium and mycorrhiza).

بر اساس نتایج جدول ٤ با افزایش کاربرد کود نیتروژنه، حداکثر تجمع ماده خشک سویا افزایش پیدا یافت. به عبارت دیگر، افزایش نیتروژن قابل دسترس گیاه باعث افزایش تجمع ماده خشک در کانوپی سویا

www.SID.ir

Archive of SID

شد، به‌طوری‌که حداکثر تجمع ماده خشک در سطوح ۰، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار به‌ترتیب برابر ۸۵۱/۳، ۱۰۱۵/۱ و ۱۱٤۰ گرم در مترمربع بود. همچنین نتایج جدول ٤ نشان داد با افزایش نیتروژن در دسترس گیاه سرعت رشد محصول افزایش پیدا کرد، بدین صورت که سرعت حداکثر رشد سویا در سطوح ۰، ۲۵ و ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه در هکتار به‌ترتیب برابر ۸/۵، ۱۰/۸ و ۱۱ گرم در روز در مترمربع بود (جدول ٤).

جدول ۳- ضرایب مدل نمایی خطی بریده در توصیف روند تجمع ماده خشک برای اثر متقابل بین علف هرز و کود بیولوژیک. Wmax: حداکثر مقدار تجمع ماده خشک در واحد سطح (گرم در مترمربع)، cm: حداکثر سرعت رشد محصول (CGR) در فاز نمایی رشد، rm: حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR) در فاز نمایی رشد، t0: زمان تا شروع فاز خطی رشد و R^2: ضریب تبیین را نشان می‌دهد.

Table 3. The coefficient of linear exponential model describes the trend of accumulation in dry matter for the interaction between weed and biological fertilizer. Wmax: maximum dry matter accumulation per unit area (g/ m²), cm: maximum crop growth rate (CGR) in the linear phase of growth, rm: maximum relative growth rate (RGR) in exponential phase of growth, t0: Time to start of the linear phase of growth and R^2: shows determination coefficient. the explanatory factor.

علف هرز Weed	کود بیولوژیک Biological fertilizer	Wmax±SE	rm±SE	T0±SE	cm±SE	R^2
وجین weed free	عدم تلقیح non-inoculation	882.5±12.4	0.03±0.005	85.3±5.4	8.8±1.1	75.4
	ریزوبیوم Rhizobium	1037.1±13.1	0.03±0.007	81.7±5.1	10.1±1.1	81.0
	مایکوریزا Mycorrhiza	1024.9±13.0	0.03±0.005	80.9±7.0	10.4±1.3	73.2
	تلفیق co-inoculation	1147.1±14.4	0.03±0.007	80.1±6.3	11.9±1.1	72.9
عدم وجین weedy check	عدم تلقیح non-inoculation	699.3±12.9	0.03±0.006	85.4±4.2	7.1±0.9	74.4
	ریزوبیوم rhizobium	928.5±12.1	0.03±0.006	82.5±4.5	9.4±1.1	72.9
	مایکوریزا mycorrhiza	903.9±9.2	0.03±0.006	81.7±4.6	9.3±0.8	77.1
	تلفیق co-inoculation	938.8±13.3	0.03±0.006	81.0±5.2	9.8±0.9	75.8

نهبندانی و همکاران (۲۰۱۳) در سویا، زینلی و همکاران (۲۰۱۳) در باقلا مدل لجستیک را با داده‌های شاخص سطح برگ در مقابل روز پس از کاشت برازش دادند و عنوان کردند این مدل بهترین برازش را به داده‌ها داشت (۲۲ و ۳۷). کومودینی و همکاران (۲۰۰۱) نیز گزارش کردند که با آغاز مرحله رسیدگی، برگ‌ها زرد شده و در نتیجه شاخص سطح برگ کاهش چشمگیری می‌یابد و در نهایت در مرحله رسیدگی شاخص سطح برگ به صفر می‌رسد (۱۷).

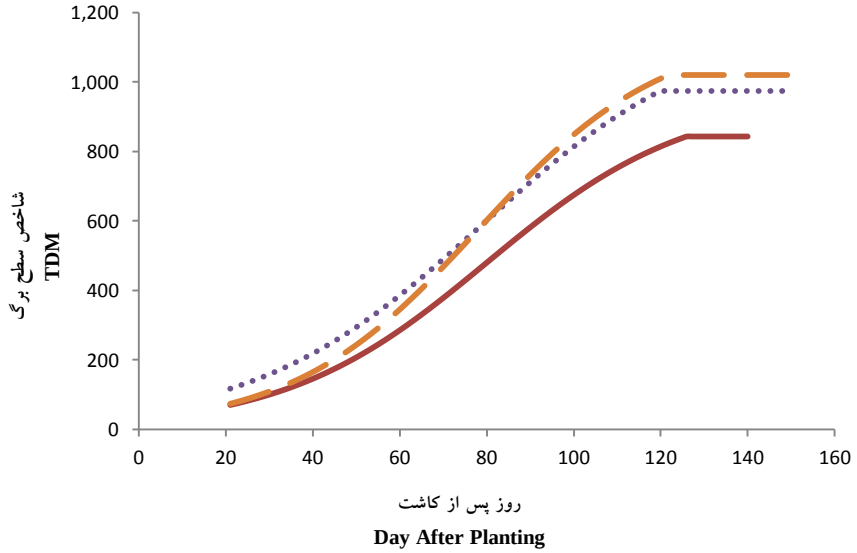
ملکا و همکاران (۲۰۱۵)، جافر نوده (۲۰۱٤) نیز از مدل خطی بریده برای توصیف روند تغییرات ماده خشک طی فصل رشد استفاده کردند. ایشان بیان کردند این تابع برازش مناسب‌تری نسبت به سایر توابع برازش داده شده به داده‌های وزن خشک در برابر روز پس از کاشت داشت (۱۸ و ۱۳).

صابرعلی و همکاران (۲۰۰۷) اظهار داشتند که با افزایش تراکم گیاهی (چه با افزایش تعداد بوته گیاه زراعی در واحد سطح و چه با افزایش علف هرز در

www.SID.ir

Archive of SID

واحد سطح) سطح برگ برای هر تک بوته کاهش می‌یابد و این امر باعث می‌شود میزان جذب تشعشع خورشیدی همزمان با کاهش سطح برگ کاهش یابد و در نتیجه سرعت تجمع ماده خشک نیز برای تک بوته کاهش می‌یابد (۲۸). این شرایط هنگامی‌که علف‌هرز در کنار گیاه زراعی رشد می‌کند باعث می‌شود شاخص سطح برگ برای گیاه زراعی کاهش یافته و نهایتاً تجمع ماده خشک مختل شود (۲۹).



شکل ٤- روند تغییرات تجمع ماده خشک سویا طی فصل رشد در تیمارهای مختلف (TDM= ماده خشک کل، (گرم در مترمربع)، DAP= روز پس از کاشت)، (ـــــ = عدم کاربرد کود شیمیایی، .....= کاربرد ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی، ـــ ـــ ـــ = کاربرد ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی).

Figure 4. Soybean dry matter accumulation trend during the growing season in different treatments (TDM = total dry matter (g/m^2), DAP = day after planting), (— = non-application of chemical fertilizer, ... = application of 25 kg/ha chemical fertilizer, – – – = application of 50 kg/ha chemical fertilizer)

جدول ٤- ضرایب مدل نمایی خطی بریده در توصیف روند تجمع ماده خشک تجمعی در سطوح مختلف کود شیمیایی. Wmax: حداکثر مقدار تجمع ماده خشک گرم در مترمربع، cm: حداکثر سرعت رشد محصول (CGR) در فاز نمایی رشد، rm: حداکثر سرعت رشد نسبی (RGR) در فاز نمایی رشد، t0: زمان تا شروع فاز خطی رشد و R^2: ضریب تبیین را نشان می‌دهد.

Table 4. The coefficient of linear exponential model describes the trend of accumulation in dry matter for the different levels of fertilizer. Wmax: Maximum dry matter accumulation per unit area (g/m²), cm: maximum crop growth rate (CGR) in the exponential phase of growth, rm: maximum relative growth rate (RGR) in linear phase of growth, t0: Time to start of the linear phase of growth and R^2: shows determination coefficient.

کود شیمیایی (کیلوگرم) Chemical fertilizer (kg/ha)	W_{max}±SE	rm±SE	cm±SE	T0±SE	R^2
0	851.3±11.1	0.03±0.005	8.5±0.8	85.1±4.9	58.5
25	1015.1±10.0	0.03±0.006	10.8±0.8	81.3±4.9	61.4
50	1140.0±12.5	0.03±0.006	11.0±1.1	80.1±5.6	65.7

همچنین کاورو و همکاران (۲۰۰۰) گزارش کردند هنگامی‌که رقابت علف‌های هرز با گیاه زراعی شدید است، برگ‌ها نیز با سرعت بیشتری پیر می‌شوند، که این امر می‌تواند باعث کاهش شدید سطح برگ گیاه زراعی هنگام تداخل با علف‌هرز شود (٦). راجکان و سوانتون (۲۰۰۱) دلیل این امر را سایه‌اندازی و کاهش نور قابل دسترس برگ‌های پایین کانوپی گزارش کردند. از طرف دیگر بیان شده است گیاهان برای

www.SID.ir

Archive of SID

تولید بیوماس و عملکرد نیاز به ذخیره مناسب نیتروژن در بافت‌های خود دارند. با توجه به این نکته بدیهی است هر عاملی که سبب فراهمی بیشتر نیتروژن برای گیاه گردد، عملکرد بیولوژیک گیاه را افزایش می‌دهد (۳۰). نتایج این آزمایش نیز نشان داد با افزایش کاربرد کود نیتروژنه در مرحله اول شاخص سطح برگ افزایش یافته و این امر در نهایت باعث افزایش تجمع ماده خشک شده است. یافته‌های این بخش از تحقیق در توافق با گزارش‌های متعددی می‌باشد. از جمله گزارش آلبیزارو و همکاران (۲۰۱۰) در گیاه گندم و جو، قیصری و همکاران (۲۰۰۹) در گیاه ذرت و اهدائی و وینز (۲۰۰۱) نیز حاکی از افزایش عملکرد بیولوژیک گیاهان زراعی به موازات مصرف نیتروژن بیشتر می‌باشد (۱، ۱۱ و ۷). بی‌تردید نقش مهم و اساسی عنصر نیتروژن در ساختار کلروفیل و نقش آن در افزایش رشد گیاه در این تفسیر مؤثر است. در نتیجه، کاربرد بیشتر آن در محدوده نیاز گیاه، سبب تحریک رشد و افزایش عملکرد بیولوژیک می‌گردد. تلقیح به‌وسیله مایکوریزا می‌تواند به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه گیاه باعث افزایش رشد گیاهان زراعی شود. هیف‌های خارجی مایکوریزا می‌توانند عناصر غذایی بیشتری برای گیاه میزبان جذب کنند (۱۵). از طرفی، مایکوریزا با تولید اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز منجر به افزایش حلالیت فسفر خاک می‌شود و به وسیله هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد، که این امر در نهایت باعث افزایش رشد رویشی گیاه می‌شود، در واقع باید این‌گونه بیان کرد افزایش در سطح ریشه گیاه باعث افزایش در جذب آب و عناصر غذایی می‌شود که این امر باعث تحریک رشد رویشی گیاه می‌شود (۳۲).

تعداد غلاف در بوته: نتایج تجزیه واریانس اثر فاکتورهای علف‌هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر تعداد غلاف در بوته سویا نشان داد تمام اثرات اصلی به‌علاوه اثرات متقابل دو گانه علف هرز و کود بیولوژیک و سه گانه علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر تعداد غلاف در بوته سویا اثر معنی‌داری داشتند (جدول ۵).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سه گانه علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر تعداد غلاف در بوته سویا (جدول ٦) با مصرف کود شیمیایی در سطوح مختلف کود بیولوژیک، تعداد غلاف در بوته سویا افزایش پیدا کرد. به‌طوری‌که بیشترین تعداد غلاف در بوته سویا در هنگام وجین در کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود نیتروژنه و تلقیح با مایکوریزا (٦٧/٢٩ عدد غلاف در بوته) مشاهده شد و نیز در هنگام عدم وجین علف‌های هرز بیشترین تعداد غلاف در بوته سویا در هنگام تلقیح همزمان و مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی (۵۷/٤۲ عدد غلاف در بوته) به‌دست آمد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر سه‌گانه علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی در هر دو سطح وجین و عدم وجین علف‌های هرز به‌طور کلی هنگام عدم تلقیح بوته‌ها با کود بیولوژیک و مصرف کود شیمیایی تعداد غلاف در بوته نسبت به هنگام تلقیح بوته‌های سویا با کود بیولوژیک و مصرف کود شیمیایی کمتر می‌باشد، این امر اهمیت تلقیح گیاه با کودهای بیولوژیک و استفاده از کودهای شیمیایی را می‌رساند که با تلقیح سویا با ریزوبیوم یا مایکوریزا یا تلقیح همزمان و مصرف کود شیمیایی (نیتروژنه) می‌توان تعداد غلاف در بوته سویا که یکی از اصلی‌ترین اجزای عملکرد دانه سویا است را افزایش داد. همچنین نتایج این آزمایش نشان داد در هر دو شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز بیشترین تعداد غلاف در بوته سویا در هنگام تلقیح همزمان ریزوبیوم و مایکوریزا مشاهده شد، بر این اساس می‌توان بیان کرد کاربرد تلفیقی مایکوریزا و ریزوبیوم

www.SID.ir

Archive of SID

مطلوب‌تر از کاربرد جداگانه آن‌ها چه در شرایط وجین و چه در شرایط عدم وجین می‌باشد. کاظمی و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری ریزوبیوم بر عملکرد و اجزای عملکرد دو رقم سویا گزارش کردند که تلقیح این باکتری سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد نهایی سویا گردید (۱٤). در آزمایشی بر روی کلزا افزایش عملکرد دانه به واسطه تیمارهای کنترل علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد کلزا، به‌دلیل افزایش تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف گزارش شد (۳).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس (میانگین مربعات) اثر علف‌های هرز، کود بیولوژیک و شیمیایی و اثرات متقابل آن‌ها بر عملکرد و اجزای عملکرد سویا.

Table 5. Analysis of variance (mean squares) effect of weeds, biological and chemical fertilizer and their interactions on yield and yield components of soybean.

منابع تغییر Sources of variation	درجه آزادی df	تعداد غلاف در بوته Number of pod per plants	تعداد دانه در بوته Number of seed per plant	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)	عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) Biological yield (kg/ha)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Seed yield (kg/ha)	شاخص برداشت Harvest index
بلوک Block	2	9.81^{ns}	21.76^{ns}	8.62^{ns}	585685^{ns}	199950^{ns}	57.46^{ns}
علف هرز weed (A)	1	2709.60**	10878.37**	10.88^{ns}	57500836**	11751697**	1.1^{ns}
کود بیولوژیک biological fertilizer (B)	3	173.92**	1394.55**	9.70*	4992977**	1106313**	16.77^{ns}
کود شیمیایی chemical fertilizer (C)	2	754.20**	2802.52**	20.76**	14106331**	2263311**	0.51^{ns}
وجین × کود بیولوژیک (A) × (B)	3	167.65**	85.49^{ns}	0.62^{ns}	2044519^{ns}	73538^{ns}	48.38^{ns}
وجین × کود اوره (A) × (C)	2	13.35^{ns}	230.06*	3.85^{ns}	3171688^{ns}	183187^{ns}	16.62^{ns}
کود بیولوژیک × کود اوره (B) × (C)	6	25.73^{ns}	60.50^{ns}	2.33^{ns}	1457386^{ns}	166557^{ns}	44.72^{ns}
علف‌هرز × کود بیولوژیک × کود شیمیایی (A) × (B) × (C)	6	51.89*	318.25**	0.49^{ns}	1103126^{ns}	174972^{ns}	28.52^{ns}
خطا Error	46	22.32	88.03	2.84	1089007.7	119113	33.34
ضریب تغییرات (درصد) Coefficient of variation (%)		9.38	8.10	9.91	10.93	8.51	13.46

** و * به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، ns.

** and * significant at 1 and 5 % probability levels, respectively, ns, non significant.

تعداد دانه در بوته و وزن صد دانه: بر اساس نتایج تجزیه واریانس اثرات اصلی علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی، اثر متقابل علف هرز و کود شیمیایی و همچنین اثر متقابل سه گانه علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر تعداد دانه در بوته سویا معنی‌دار بود (جدول ۵). همچنین نتایج تجزیه

www.SID.ir

Archive of SID

واریانس نشان داد تنها اثرات اصلی کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر وزن صد دانه سویا معنی‌دار می‌باشد (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی (جدول ٦) در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز در تمامی سطوح کود بیولوژیک با افزایش میزان کاربرد کود شیمیایی در هکتار تعداد دانه در بوته سویا روندی افزایشی دارد. البته قابل ذکر است که این افزایش در تعداد دانه در بوته در هنگام وجین علف‌های هرز مشهودتر است. همچنین می‌توان مشاهده کرد که در شرایط وجین علف‌های هرز، تلقیح همزمان با ریزوبیوم و مایکوریزا و مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی بیشترین تعداد دانه در بوته حاصل شد که تفاوت آماری معنی‌دار با تیمار تلقیح با ریزوبیوم و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و تیمار تلفیق ریزوبیوم و مایکوریزا و مصرف ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه در شرایط وجین علف‌های هرز نداشت.

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل بین علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در بوته.

Table 6. Comparison interaction between weed, biological fertilizers and fertilizer on the total of pods per plant and seeds per plant.

علف هرز Weed	کود بیولوژیک Biological fertilizer	کود شیمیایی (کیلوگرم در هکتار) Chemical fertilizers ($kg.ha^{-1}$)	تعداد دانه در بوته Seeds per plant	تعداد غلاف در بوته Pods per plant
وجین weed free	عدم تلقیح non-inoculation	0	106.23 ghij	47.66 ghij
		25	115.96 efgh	49.59 fgh
		50	121.87 def	56.73 cdef
	ریزوبیوم Rhizobium	0	118.21 defg	50.97 efgh
		25	141.90 abc	58.50 cde
		50	150.47 a	59.28 bcd
	مایکوریزا Mycorrhiza	0	113.54 efgh	53.36 cdefg
		25	126.62 cde	66.96 ab
		50	133.02 bcd	67.29 a
	تلفیق Co-inoculation	0	110.73 fgh	51.29 efgh
		25	150.74 a	56.41 cdef
		50	147.09 ab	59.48 bc
عدم وجین weedy	عدم تلقیح non-inoculation	0	73.83 k	30.10 i
		25	95.23 ij	41.67 ijk
		50	110.07 fghi	48.37 hig
	ریزوبیوم Rhizobium	0	104.73 ghij	39.71 k
		25	114.64 efgh	48.44 hig
		50	110.07 fghi	51.69 defgh
	مایکوریزا Mycorrhiza	0	93.61 j	38.23 k
		25	107.62 fghij	40.97 ijk
		50	111.18 fgh	45.25 hijk
	تلفیق co-inoculation	0	108.21 fghij	40.36 jk
		25	110.46 fghi	57.42 cde
		50	109.07 fghi	48.10 ghij

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to LSD test ($P<0.05$)

در شرایط عدم وجین علف‌های هرز نیز تلقیح بوته‌های سویا با ریزوبیوم و مصرف ۲۵ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژنه بیشترین تعداد دانه در بوته حاصل شد. در واقع می‌توان بیان کرد افزایش در کاربرد کود نیتروژنه در شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز نسبت به عدم مصرف کود شیمیایی باعث افزایش تعداد دانه در بوته می‌شود که این امر در نهایت می‌تواند عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش دهد، زیرا تعداد دانه در واحد سطح یکی از مهم‌ترین اجزای عملکرد در سویا می‌باشد (۳٦). دلیل افزایش بیشتر اجزای عملکرد در شرایط وجین علف‌های هرز می‌تواند به دلیل عدم رقابت گیاه زراعی با علف هرز

www.SID.ir

Archive of SID

باشد زیرا در هنگام حضور علف‌هرز بخشی از منابع محیطی توسط علف‌های هرز استفاده می‌شوند، اما باید به این نکته اشاره کرد در هر دو شرایط وجین و عدم وجین علف‌های هرز کاربرد بیشتر کود نیتروژنه باعث افزایش بیشتر در اجزای عملکرد سویا شد (جدول ٦). همچنین به‌طورکلی هنگام تلقیح بوته‌های سویا با باکتری ریزوبیوم و قارچ مایکوریزا و همچنین وجین علف‌های هرز تعداد دانه در بوته افزایش پیدا کرد. همان‌طور که بیان شد تعداد دانه در بوته یکی از اصلی‌ترین اجزای عملکرد در گیاه سویا می‌باشد که هرگونه تغییر در آن به‌طور مستقیم بر عملکرد دانه سویا اثر می‌گذارد، بنابراین با بهبود شرایط رشد (کاربرد کود شیمیایی، وجین علف‌های هرز و تلقیح با کودهای زیستی مایکوریزا و ریزوبیوم) برای افزایش تعداد دانه در بوته می‌توان در نهایت عملکرد دانه بالاتری نیز داشت.

همچنین نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده بر وزن صد دانه سویا نشان داد عدم کاربرد کود شیمیایی باعث کاهش ۱۱/۵ درصدی در وزن صد دانه سویا نسبت به شرایط کاربرد ۵۰ کیلوگرمی کود شیمیایی شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین اثر کود بیولوژیک بر وزن صد دانه سویا، بیشترین وزن صد دانه سویا (۱۷/۸ گرم) در هنگام تلقیح گیاه با مایکوریزا به‌دست آمد و کمترین وزن صد دانه سویا (۱٦/۱ گرم) در هنگام عدم تلقیح با کود بیولوژیک مشاهده شد (جدول ۷). به‌طورکلی بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد عدم تلقیح با کود بیولوژیک باعث کاهش در وزن صد دانه سویا می‌شود. همچنین با وجود عدم معنی‌داری اما عدم وجین علف‌های هرز نیز باعث کاهش در وزن صد دانه سویا می‌شود، به‌طوری‌که در هنگام وجین و عدم وجین علف‌های هرز سویا به‌ترتیب وزن صد دانه سویا برابر ۱۷/٤ و ۱٦/٦ گرم بود (جدول ۷).

مهرابی و احسان‌زاده (۲۰۱۰) عنوان کردند که استفاده از مایکوریزا باعث افزایش تعداد کپسول در بوته گیاه کنجد شد و بیشترین تعداد کپسول در هر بوته در تلقیح با گونه *G. mosseae* مشاهده گردید (۲۰). کاظمی و همکاران (۲۰۰۵) در بررسی تأثیر تلقیح بذر با باکتری *Bradyrhizobium japonicum* بر عملکرد و اجزاء عملکرد دو رقم سویا گزارش کردند که تلقیح این باکتری سبب افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در غلاف، وزن هزار دانه و در نهایت عملکرد نهایی سویا گردید (١٤). در آزمایشی بر روی کلزا، کنترل علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد کلزا، با افزایش تعداد غلاف در بوته و دانه در غلاف منجر به افزایش عملکرد دانه شد (۳).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۷- مقایسه میانگین اثر علف هرز، کود بیولوژیک و کود شیمیایی بر وزن صد دانه، عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک.

Table 7. Mean comparison effect of weed, biological fertilizers and chemical fertilizer on 100 seed weight, seed yield and biological yield.

تیمار Treatments		عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم در هکتار) biological yield ($kg.ha^{-1}$)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) seed yield ($kg.ha^{-1}$)	وزن ۱۰۰ دانه (گرم) 100 seed weight (g)
علف هرز Weed	وجین Weed free	10438.4 a	4456.8 a	17.40 a
	عدم وجین Weedy	8651.1 b	3648.8 b	16.62 a
کود بیولوژیک biological fertilizers	عدم تلقیح non-inoculation	8760.5 b	3711.7 c	16.10 b
	ریزوبیوم rhizobium	9841.1 a	4204.3 ab	16.90 ab
	مایکوریزا mycorrhiza	9717.4 a	4031.4 b	17.86 a
	تلفیق integration	9860.2 a	4264.1 a	17.20 ab
کود شیمیایی (kg.ha) Fertilizer (kg.ha)	0	8717.9 b	3724.9 c	16.09 b
	25	9684.5 a	4099.5 b	16.98 ab
	50	10231.9 a	4333.7 a	17.95 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر ستون بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد اختلاف معنی‌داری با هم ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different according to LSD test ($P<0.05$)

نتایج این آزمایش نیز نشان داد تعداد غلاف در بوته سویا اگرچه با کاربرد کود شیمیایی و تلقیح با کود بیولوژیک افزایش یافته است، اما از طرف دیگر وجود علف‌های هرز باعث کاهش تعداد غلاف در بوته سویا شده است. احتشامی و همکاران (۲۰۰۵) نیز گزارش کردند که در گیاه سویا با افزایش تداوم رقابت علف‌های هرز از آغاز تا مرحله رسیدگی، تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف کاهش می‌یابد، به‌طوری‌که در مرحله رسیدگی نسبت به تیمار عاری از علف‌هرز عملکرد دانه ۳۱ درصد کاهش یافت (۸). مطابق نتایج این آزمایش سوجاتا و همکاران (۲۰۰۸) گزارش نمودند که کاربرد قارچ مایکوریزا با سایر کودهای زیستی (باکتری‌های محرک رشد) نسبت به کاربرد جداگانه آن‌ها روی گیاه ذرت نقاط ضعف موجود در هر یک از دو نوع کود را جبران می‌کند و با تأمین بهتر عناصر غذایی همراه با بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک شرایط را برای افزایش جذب، بهبود تولید و عرضه مواد پرورده به بلال و در نهایت افزایش میزان عملکرد و اجزای عملکرد دانه در واحد سطح فراهم می‌کند (۳٤).

عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه: نتایج تجزیه واریانس نشان داد اثر علف‌هرز، کود شیمیایی و کود بیولوژیک بر عملکرد بیولوژیک و عملکرد دانه سویا معنی‌دار بود و سایر اثرات متقابل دوگانه و سه‌گانه تأثیر معنی‌داری بر این دو صفت نداشتند (جدول ۵). بر اساس نتایج مقایسه میانگین اگرچه تلقیح گیاه سویا با کود بیولوژیک باعث افزایش معنی‌دار در عملکرد بیولوژیک نسبت به حالت عدم کاربرد کود بیولوژیک شد، اما عملکرد بیولوژیک بین سطوح تلقیح گیاه سویا با کود بیولوژیک (تلقیح با ریزوبیوم، تلقیح با مایکوریزا و تلقیح همزمان با مایکوریزا و ریزوبیوم)

www.SID.ir

Archive of SID

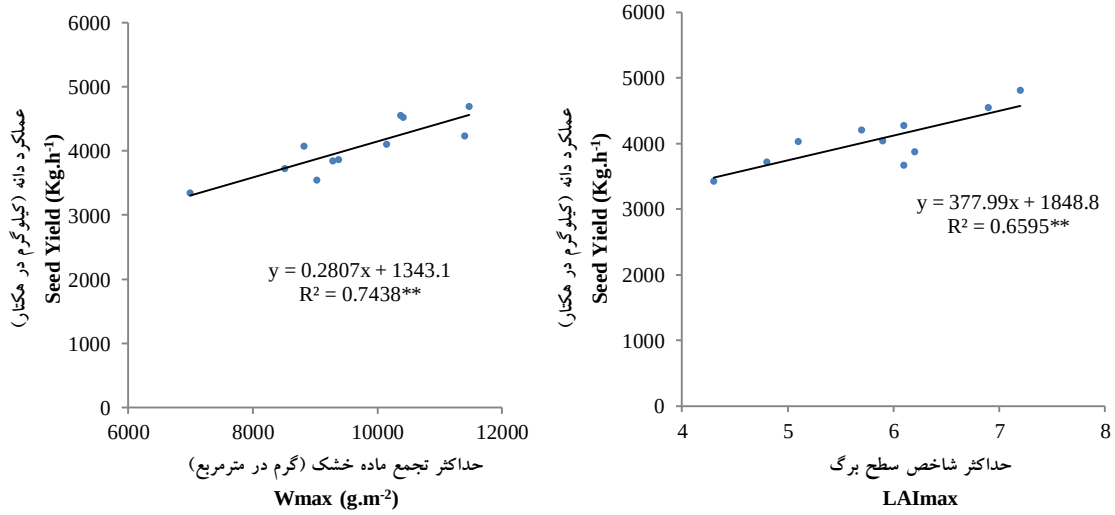
در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری وجود نداشت (جدول ۷). بر اساس نتایج مقایسه میانگین، عملکرد بیولوژیک سویا با افزایش کاربرد کود شیمیایی افزایش پیدا کرد، بدین صورت که بیشترین عملکرد بیولوژیک در هنگام کاربرد ۵۰ کیلوگرم کود شیمیایی در هکتار (۱۰۲۳۱/۹ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد و کمترین عملکرد بیولوژیک از عدم کاربرد کود شیمیایی (۸۷۱۷/۹ کیلوگرم در هکتار) به‌دست آمد. نتایج مقایسه میانگین اثر علف‌هرز بر عملکرد بیولوژیک سویا نشان داد عدم وجین علف‌های هرز باعث کاهش ۲۰/٦ درصدی عملکرد بیولوژیک سویا نسبت به حالت وجین علف‌های هرز شد. همچنین نتایج جدول مقایسه میانگین نشان داد عدم وجین علف‌های هرز باعث کاهش ۲۲/۲ درصدی عملکرد دانه نسبت به حالت وجین علف‌های هرز شد. با افزایش مصرف کود شیمیایی عملکرد دانه نسبت به حالت عدم مصرف افزایش یافت، به‌طوری‌که با مصرف ۵۰ کیلوگرم و عدم کاربرد کود شیمیایی عملکرد دانه به‌ترتیب ٤۳۳۳/۷٦ و ۳۷۲٤/۹۹ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. همچنین عدم کاربرد کود بیولوژیک باعث کاهش ١٤ درصدی عملکرد دانه سویا نسبت به حالت تلقیح همزمان با ریزوبیوم و مایکوریزا شد (جدول ۷). به‌طورکلی، بر اساس نتایج این آزمایش می‌توان بیان کرد با ایجاد شرایط مطلوب برای رشد بوته‌های سویا از جمله افزایش نیتروژن در محیط رشد، تلقیح بوته‌ها با کودهای بیولوژیک و وجین علف‌های هرز عملکرد بیولوژیک سویا نیز افزایش پیدا کرد، در واقع هر کدام از فاکتورهای اعمال شده در این آزمایش با توجه به شرایطی که برای رشد گیاه به‌وجود می‌آورند باعث افزایش عملکرد وزن خشک بخش هوایی می‌شوند.

بیان شده است که حضور علف‌هرز در کنار گیاه زراعی باعث کاهش منابع مصرفی برای گیاه زراعی می‌شود و این امر باعث می‌شود گیاه زراعی مواد فتوسنتزی کمتری در طول فصل رشد تولید کند و در نهایت عملکرد بیولوژیک کمتری داشته باشد. حبیبی سوادکوهی و همکاران (۲۰۰۸) نیز عنوان داشتند که با طولانی شدن دوره تداخل علف‌های هرز عملکرد بیولوژیک ذرت کاهش معنی‌داری نشان داد. آن‌ها هم چنین کاهش عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک را به سایه‌اندازی علف‌های هرز، شدت کاهش در میزان سطح برگ، تراکم علف‌های هرز رقابت‌کننده و زمان سبز شدن علف‌های هرز نسبت دادند. ایشان همچنین بیان کردند اُفت عملکرد دانه و بیولوژیک در صورت عدم کنترل علف‌های هرز در مراحل اولیه رشد بالاتر خواهد بود (۱۲). نتایج این آزمایش نیز نشان داد گیاه سویا در مراحل اولیه رشد دارای قدرت رقابتی ضعیفی در مقابل علف‌های هرز می‌باشد. گزارش شده است که کند بودن رشد اندام‌های هوایی در گیاهان زراعی در ابتدای فصل رشد، قابلیت رقابت گیاهان با علف‌های هرز را کاهش داده، لذا حضور علف‌های هرز در اوایل فصل رشد موجب کاهش عملکرد می‌گردد (۱۹). محققان اظهار نمودند که یکی از مهم‌ترین آثار کاربرد قارچ‌های مایکوریزا افزایش عملکرد گیاهان خصوصاً در خاک‌های با حاصلخیزی پایین است که به‌دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسیلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه زراعی به حجم بیشتری از خاک می‌باشد (۵). راعی و همکاران (۲۰۰۸) نشان دادند که افزایش نیتروژن در خاک سبب زیادتر شدن ارتفاع، قطر ساقه، سطح برگ، وزن خشک اندام هوایی، اجزای عملکرد (تعداد غلاف در بوته و تعداد دانه در غلاف) و عملکرد دانه و دیرس‌تر شدن (افزایش طول دوره رشد) سویا شد (۲۳).

www.SID.ir

Archive of SID

رابطه بین حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک و عملکرد دانه: رابطه بین عملکرد دانه با حداکثر سطح برگ و حداکثر تجمع ماده خشک سویا در شکل ۵ نشان داده شده است. با افزایش حداکثر شاخص سطح برگ، عملکرد دانه روندی صعودی دارد، به‌طوری‌که با افزایش ۱ واحدی حداکثر شاخص سطح برگ، ۳۷۷/۹ کیلوگرم در هکتار به عملکرد دانه سویا اضافه شد. همچنین نتایج شکل نشان داد با افزایش تجمع ماده خشک سویا عملکرد دانه سویا نیز روند صعودی دارد، به‌طوری‌که به ازای ۱ واحد افزایش در حداکثر وزن خشک سویا، عملکرد دانه سویا ۰/۳ واحد افزایش پیدا کرد (شکل ۵). بر اساس نتایج شکل ۵ می‌توان بیان کرد هر عاملی که باعث افزایش در حداکثر شاخص سطح برگ و حداکثر وزن خشک تجمعی سویا در واحد سطح شود می‌تواند به‌طور مستقیم بر عملکرد دانه اثر گذاشته و باعث افزایش عملکرد دانه سویا شود. محققان دیگری از جمله صادقی و همکاران (۲۰۰۳)، الکوکا و همکاران (۲۰۰۵)، رضوانی و همکاران (۲۰۱۱) و ورسگلو و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان کرده‌اند رابطه مستقیم و بالایی بین شاخص سطح برگ و عملکرد دانه در گیاهان زراعی وجود دارد و افزایش شاخص سطح برگ باعث افزایش عملکرد دانه نیز می‌شود (۲۷، ۲۹، ۳۵ و ۹).



شکل ۵- رابطه بین حداکثر شاخص سطح برگ، حداکثر تجمع ماده خشک با عملکرد دانه سویا.

Figure 5. Relationship between maximum leaf area index, maximum dry matter accumulation and soybean seed yield

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این آزمایش نشان داد که حداکثر شاخص سطح برگ سویا تحت تأثیر معنی‌دار وجین علف‌های هرز، کاربرد کود شیمیایی و تلقیح با قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم قرار گرفت. بر اساس نتایج این آزمایش با افزایش کاربرد کود شیمیایی هم در شرایط وجین علف‌های هرز و هم در شرایط عدم وجین علف‌های هرز حداکثر شاخص سطح برگ افزایش پیدا می‌کند، همچنین با تلقیح بوته‌های سویا با مایکوریزا و ریزوبیوم حداکثر شاخص سطح برگ افزایش پیدا کرد. به‌علاوه نتایج این آزمایش نشان داد با بهبود شرایط رشدی برای بوته‌های سویا از طریق کاربرد کود نیتروژنه بیشتر (تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار)، تلقیح با قارچ مایکوریزا و ریزوبیوم و همچنین وجین علف‌های هرز اجزای عملکرد سویا (تعداد غلاف در بوته، تعداد دانه در

www.SID.ir

Archive of SID

بوته و وزن صد دانه) افزایش پیدا می‌کند. در واقع این افزایش اجزای عملکرد دانه در نهایت باعث افزایش عملکرد دانه سویا شد. به‌طوری‌که با افزایش کاربرد کود نیتروژنه، تلقیح بوته‌ها با قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم، عملکرد دانه سویا نسبت به حالت عدم کاربرد کود شیمیایی و عدم تلقیح با کود بیولوژیک افزایش پیدا کرد. همچنین بر اساس نتایج این آزمایش با وجین علف های هرز و کاهش رقابت بین علف‌های هرز و سویا عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا افزایش پیدا کرد، بدین صورت که با وجین علف‌های هرز عملکرد دانه و عملکرد بیولوژیک سویا به‌ترتیب ۲۲/۲ و ۲۰/٦ درصد افزایش پیدا کرد. نتایج این آزمایش بیان کرد با فراهم آوردن شرایط مناسب برای افزایش سطح برگ و تجمع ماده خشک گیاه سویا از طریق وجین علف‌های هرز، کاربرد کود نیتروژنه (تا ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار) و تلقیح بوته‌های سویا با قارچ مایکوریزا و باکتری ریزوبیوم می‌توان در نهایت عملکرد دانه بیشتری نیز برداشت کرد. در واقع می‌توان بر اساس نتایج این آزمایش وجین علف‌های هرز، استفاده از ۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و کاربرد همزمان مایکوریزا و ریزوبیوم را برای به‌دست آمدن بیشترین عملکرد سویا توصیه کرد.

منابع

1. Albrizio, R., Todorovic, M., Matic, T., and Maria Stellacci A. 2010. Comparing the interactive effects of water and nitrogen on durum wheat and barley grown in a Mediterranean environment. Field Crops Res., 115: 179–190.
2. Arabameri, R. 2008. Predicting kernel number and biomass retranslocation in wheat (*Triticum aestivum* L.). Thesis of M.Sc, Gorgan Uni. Agric Sci. Natur Resour. 89p. (In Persian)
3. Bedarvandi, B., and Madhaj, A. 2005. Chemical and physical combination of weeds of rapeseed (*Brassica napus* L.) in Khuzestan province. Institute of Plant Pests and Diseases Research, The first weed science conference in Iran Mashhad. Des., 5-6. 5p. (In Persian)
4. Beltrano, J., and Ronco, M.G. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: effect on growth and cell membrane stability. Braz. Soc. Plant Physiol., 20: 1. 29-37.
5. Carling, D.E., and Brown, M.F. 1982. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and nonmycorrhizal roots. Phytopathol., 72: 1108-1114.
6. Cavero, J., Zaragoza, C., Bastiaans, L., Suso, M.L., and Pardo, A. 2000. The relevance of morphological plasticity in the simulation of competition between maize and *Datura stramonium*. Weed Res., 40: 146-180.
7. Ehdaei, B., and Waines, J.G. 2001. Sowing date and nitrogen rate effects on dry matter and nitrogen partitioning in bread and durum wheat. Field Crops Res., 73: 47-61.
8. Ehtshami, S.M.R., Chaichi, M.R., Golshi, S., and Kales, Sh. 2005. Influence of weeding time on yield and yield components of soybean (*Glycine Max* L. Merr). J. Agric. Sci. Natur. Res., 12(6): 71-79. (In Persian)
9. Elkoca, E., Kantar, F., and Zengin, H. 2005. Weed control in lentil (*Lens culinaris*) in eastern Turkey. New Zealand J. Crop Hort. Sci., 33: 223- 231.
10. Ghadirian, R., Soltani, A., Zainli, A., Chaltea Arabi, M., and Beneficent, A. 2011. Evaluation of nonlinear regression models for use in growth analysis. Electr. J. Crop Prod., 4(3): 55-77. (In Persian)
11. Gheysari, M., Mirlatifi, S.M., Bannayan, M., Homaee, M., and Hoogenboom, G. 2009. Interaction of water and nitrogen

www.SID.ir

Archive of SID

and performance of four sesame cultivars under soil moisture regimes. J. Crops Improv., 13(2): 75-88. (In Persian)

21. Mickelson, J.A., and Renner, K.A. 1997. Weed control using reduced rates of postemeregence herbicides in narrow and wide row soybean. J. Prod. Agric., 10: 431-437.
22. Nehbandani, A., Soltani, A., Zeinali, E., Raeisi, S., and Najafi, R. 2013. Allometric relationships between leaf area and vegetative characteristics in soybean. IJACS J., 6(16): 1127-1136p.
23. Raei, Y., Sedghi, M., and Seyedsharifi, R. 2008. Effects of rhizobial inoculation, urea application and weed on growth and seed filling rate in soybean. J. Agric. Sci. Tech., 12(43): 83-91.
24. Rahemi-karizaki, A. 2005. Predicting interception and use of solar radiation in chickpea. Thesis of M.Sc. Gorgan Uni. Agric. Sci. Natur. Res., 89p. (In Persian)
25. Rajabzadeh Motlagh, F. 2011. Evaluation application of arbuscular mycorrhiza, nitrogen fixing bacteria and nitrogen fertilizer on yield and yield component of *Phaseolus vulgaris*. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Shahrood University of Technology, Iran. (In Persian)
26. Rajcan, I., AghaAlikhani, M., Swanton, C.J., and Tollenaar, M. 2002. Development of redroot pigweed is influenced by light spectral quality and quantity. Crop Sci., 42: 1930-1936.
27. Rezvani, M., Afshang, B., Gholizadeh, A., and Zaefarian, F. 2011. Evaluation of mycorrhizal fungus and phosphate rock effectiveness on growth and uptake of phosphorus in soybean (*Glycine max* Merr.). J. Soil Manag. Sustain. Prod., 1(2): 97-118.
28. Saber Ali, F., Sadat Noori, A., Hejazi, A., Zand, A., and Baghestani, M.A. 2007. Effect of plant density and planting on growth and yield of maize under competition conditions with Lambsqua (*Chenopodium album* L.). Quarterly Pajouhesh Va Sazandgi., 74: 143-152. (In Persian)

on maize grown for silage. Agric. Water Manag., 96: 809-821.

12. Habibi Savadkouhi, M., Perysthedi, H., Amini, A., Abbasian, A., and Karmati, S. 2008. Influence of weed time on species composition, plant density, dry weight and physiological characteristics of corn weeds. J. Weed Knowledge Iran., 4(2): 9-20. (In Persian)
13. Jafarnodeh, S. 2014. Investigating the influence of seed size and sowing date on the leaf area expansion, dry matter accumulation, and green pod and grain yield of faba bean in Gorgan. MSc Thesis, Faculty of Agriculture, Gorgan University of Agric. Sci. Natur. Res., Iran., 112p.
14. Kazemi, Sh., Golshi, S., Ghanbari, A., and Kianoush, Gh. 2005. Effect of planting date and seed inoculation with bacteria on yield and yield components of two soybean cultivars. J. Agric. Sci. Natur. Res., 12(4): 20-26. (In Persian)
15. Khan, A.G. 2005. Role of soil microbes in the rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. J. Trace. Elem. Med. Biol., 18: 355–364.
16. Khazaei, H., Parsa, M., and Hoseinpanahi, F. 2008. Effects of native rhizobia inoculation on nodulation chickpea (*Cicer arietinum* L.) genotypes under different moisture regimes at the vegetative stage. Iran. J. Crop Res., 6(1): 89-103. (In Persian)
17. Kumudini, S., Hume, D.J., and Chu, G. 2001. Genetic improvements in short season soybeans I. Dry matter accumulation, partitioning and leaf area duration. Crop Sci., 41: 391–398.
18. Maleka, H. 2015. Investigating agronomic and physiological characteristics of corn (*Zea mays* L.) and green gram (*Vigna radiata*) in sole and intercropping. Gorgan University of Agric. Sci. Natur. Res, Iran. 129p.
19. Martin, S.G., Van Acker, R.C., and Friesen, F. 2001. Critical period of weed control in spring canola. Weed Sci., 49: 326-333.
20. Mehrabi, Z., and Ehsanzadeh, P. 2010. Study of physiological characteristics

www.SID.ir

Archive of SID

soil nitrogen cycling. Soil Biol. Biochem., 46: 53-62.

36. Waller, F., Achatz, B., Baltruschat, H., Fodor, J., Becker, K., Fischer, M., Heier, T., Huckelhoven, R., Neumann, C.H., Wettstein, D., Franken, P., and Kogel, K.H. 2005. The endophytic fungus *Piriformospora indica* reprograms barley to salt-stress tolerance, disease resistance, and higher yield. Proc. Natl. Acad. Sci. USA., 102: 13386-13391.
37. Zeinali, A., Soltani, A., Turanian, M., and Khademi Pir, M. 2013. Investigation of allometric relationships between leaf area and vegetative traits in bean. J. Plant Prod. Res., 20(4): 21-1. (In Persian)
38. Zarei, I., Sohrabi, Y., Heidari, Gh.R., Jalilian, A., and Mohammadi, Kh. 2012. Effects of biofertilizers on grain yield and protein content of two soybean (*Glycine max* L.) cultivars. African J. Biotechnol., 11(27): 7028- 7037.
39. Zimmera, S., Messmer, M., Haasec, Th., Piepho, H.P., Mindermann, A., Schulz, H., Habekub, A., Ordon, F., Wilbois, K.P., and Heb, J. 2016. Effects of soybean variety and Bradyrhizobium strains on yield, protein content and biological nitrogen fixation under cool growing conditions in Germany. Europ. J. Agron., 72: 38–46.
29. Sadeghi, H., Baghestani, M.A., Akbari, Gh., and Hejazi, A. 2003. Evaluation of Soybean Growth Indices. (*Glycine max*) and several species of weed in conditions of competition of plant. J. Pests Diseases., 71(2): 87-106. (In Persian)
30. Salvagiotti, F., Cassman, K.G., Specht, J.E., Walters, D.T., Weiss, A., and Dobermann, A. 2008. Nitrogen uptake, fixation and response to fertilizer N in soybeans: A review. Field Crops Res., 108: 1–13.
31. Sharma, A.K. 2002. Biofertilizers for sustainable Agriculture. Agrobios, India. 407p.
32. Shenoy, V.V., and Kalagudi, G.M. 2005. Enhancing plant phosphorus use efficiency for sustainable cropping. Biotechnol. Advan., 23: 501-513.
33. Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. Mashhad Jihad-e-Daneshgahi Press, 182p. (In Persian)
34. Sujatha, M.G., Lingaraju, B.S., Palled, Y.B., and Ashalatha, K.V. 2008. Importance of integrated nutrient management practices in maize under rain fed condition. Karnataka J. Agric. Sci., 21: 334-338.
35. Veresoglou, S.D., Chen, B., and Rillig, M.C. 2012. Arbuscular mycorrhiza and

www.SID.ir