به زراعی کشاورزی
دوره ۱۷ ■ شماره ۱ ■ بهار ۱۳۹۴
صفحه‌های ۱۳۰-۱۰۹

تأثیر کاربرد روی و کودهای بیولوژیک بر گره‌بندی، عملکرد و برخی از خصوصیات رشدی سویا

رئوف سیدشریفی*

دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکدهٔ علوم کشاورزی، دانشگاه محقق اردبیلی

تاریخ وصول مقاله: ۱۳۹۲/۱۲/۲۴ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۳/۰۶/۰۸

چکیده

به منظور بررسی تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری های محرک رشدی و رایزوبیومی بر عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی سویا، آزمایش فاکتوریلی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعهٔ دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل در سال ۱۳۹۲ اجرا شد. تیمارها شامل محلول‌پاشی با نانواکسید روی در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم بر لیتر) و پنج سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به عنوان شاهد، تلقیح بذر با برادی رایزوبیوم جاپونیکوم، تلقیح توأم با برادی رایزوبیوم و آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF، تلقیح توأم بذر با برادی رایزوبیوم و سودوموناس پوتیدا، تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم) بودند. بیشترین ارتفاع بوته، وزن صددانه، تعداد گره در بوته و عملکرد دانه، مقادیر بیوماس کل (۵۳۰ گرم در متر مربع)، سرعت رشد محصول (۹/۴۸ گرم بر متر مربع در روز)، سرعت رشد نسبی (۰/۱ گرم بر گرم در روز) در محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی در تلقیح توأم بذر با باکتری های محرک رشد و ریزوبیومی و کمترینِ آنها در حالت عدم تلقیح بذر و عدم مصرف نانواکسید روی به دست آمد. به منظور افزایش عملکرد و برخی ویژگی‌های زراعی سویا، ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی در تلقیح توأم بذر سویا با باکتری‌های محرک رشد و رایزوبیومی باید به‌کار برده شود.

کلیدواژه‌ها: باکتری‌های افزایندهٔ رشدی، تلقیح بذر، رایزوبیوم، سویا، نانواکسید روی.

* نویسنده مسئول Email: raouf_ssharifi@yahoo.com

Archive of SID
www.SID.ir

۱. مقدمه

سویا یکی از مهم‌ترین دانه‌های روغنی است که به‌دلیل برخورداری از اسیدهای چرب اشباع‌نشده، قابلیت هضم زیاد روغن، مرغوبیت کنجاله، تثبیت بیولوژیک نیتروژن از طریق ایجاد همزیستی با باکتری‌های رایزوبیوم و افزایش حاصلخیزی خاک [۷]، تنوع ژنتیکی و سازگاری وسیع نسبت به سایر دانه‌های روغنی از اهمیت زیادی برخوردار است [۴].

روی از عناصر ریزمغذی است که در سنتز تریپتوفان، پروتئین و ایندول استیک اسید، متابولیسم کربوهیدرات‌ها و بخشی از ساختمان آنزیم‌ها مشارکت دارد [۳۲]. کمبود روی در مناطق خشک و نیمه‌خشک، خاک‌های آهکی، شنی، فرسایش‌یافته [۵۲]، خاک‌های سدیمی و غرقابی بدون تهویه [۴۷] شیوع بیشتری دارد. کشت مداوم، مصرف همه‌ساله و بیش از نیاز کودهای فسفره، آبشویی و سایر شرایط حاکم بر خاک‌های آهکی از جمله وجود مقادیر زیاد کربنات کلسیم، اسیدیتهٔ قلیایی [۳] و مصرف نکردن کودهای حاوی عناصر ریزمغذی و کودهای آلی موجب کاهش ذخیرهٔ این عنصر در خاک و در نتیجه کاهش عملکرد شده است [۲۳].

یکی از راه‌های تأمین روی مورد نیاز گیاهان محلول‌پاشی است. از ویژگی‌های این روش می‌توان به برطرف کردن سریع کمبود، جلوگیری از تثبیت عنصر در خاک، آسان بودن اجرا، کاهش سمیت ناشی از تجمع این عناصر در خاک و کاهش مصرف کودهای شیمیایی اشاره کرد [۵]. در بررسی تأثیر مقادیر مختلف روی (صفر، ۲، ۵ و ۱۰ کیلوگرم روی در هکتار به‌صورت سولفات روی) گزارش شد که مصرف روی، عملکرد مادهٔ خشک و غلظت روی در بذر سویا را افزایش داد و بیشترین مقادیر این صفات از مصرف ۱۰ کیلوگرم روی در هکتار حاصل شد [۱۰]. نتایج بررسی دیگری در خصوص تأثیر سه سطح روی (صفر، ۵ و ۱۰ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک) از منبع سولفات روی بر رشد و ترکیب شیمیایی‌سویا نشان داد که مصرف روی عملکرد مادهٔ خشک گیاهی، غلظت و جذب کل روی را نسبت به شاهد به‌طور چشمگیری افزایش داد [۱]. کاربرد روی به‌روش‌های مختلف به‌خصوص روش محلول‌پاشی، عملکرد را نسبت به شاهد افزایش می‌دهد [۳۴]، به‌طوری که در یک بررسی، محلول‌پاشی برگی سویا در طول دورهٔ پر شدن دانه، به افزایش عملکرد و درصد پروتئین دانه منجر شد [۴۵].

تثبیت بیولوژیک نیتروژن توسط لگوم‌ها، صفتی مهم تلقی می‌شود [۳۱] و اعتقاد بر این است که ۲۵ تا ۷۵ درصد نیتروژن مورد نیاز سویا از طریق تثبیت تأمین می‌شود [۴۹]؛ ولی برای افزایش کارایی تثبیت بیولوژیک، تلقیح بذر با استفاده از میکروارگانیزم‌های مفید خاک‌زی از جمله باکتری‌های محرک رشد گیاه لازم است [۵۲]. این باکتری‌ها به‌طور طبیعی در خاک وجود دارند، ولی تعداد و تراکم آنها در خاک اندک است؛ بنابراین تلقیح بذر گیاهان با این باکتری‌ها می‌تواند جمعیت آنها را به حد مطلوب برساند و به بروز اثر مفید آنها در خاک منجر شود [۲۴]. برخی معتقدند افزایش رشد و عملکرد تحت تأثیر تلقیح با باکتری رایزوبیوم می‌تواند به افزایش بازده استفاده از نیتروژن به‌دلیل تأمین آن در طی دورهٔ رشد گیاه بینجامد [۴۱]. در یک بررسی، افزایش ۸/۶ درصدی عملکرد سویا به‌واسطهٔ تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم گزارش شد [۴۳]. تلقیح با باکتری رایزوبیوم، سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در بوته، عملکرد بیولوژیکی و اقتصادی نسبت به تیمارهای تلقیح‌نشده شد [۴۸]. تأثیر تلقیح با باکتری رایزوبیوم بر ارقام مختلف سویا نشان داد که تلقیح، محتوای نیتروژن، مادهٔ خشک دانه و عملکرد سویا را در مقایسه با کاربرد ۷۵ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش داد [۴۳]. بررسی‌ها بر روی نخود [۴۲ ، ۳۵] و

Archive of SID
www.SID.ir

سویا [۲۵] نشان داد تیمارهای تلقیح‌شده با باکتری رایزوبیوم از بیشترین تعداد و وزن خشک گره‌ها، وزن خشک اندام هوایی، درصد نیتروژن در بافت و نیتروژن تثبیتی نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) برخوردار بودند [۳۵]. تلقیح با باکتری رایزوبیوم به‌همراه باکتری‌های حل‌کنندهٔ فسفر، اثر معناداری بر ارتفاع بوته، گره‌بندی، بیوماس و عملکرد در مقایسه با عدم تلقیح بذر با رایزوبیوم داشتند [۴۱]، به‌طوری که در یک بررسی بیشترین تعداد نیام در بوته، دانه در نیام، وزن هزاردانه و عملکرد دانه در تیمارهای تلقیح‌شده مشاهده شد [۱۷]. امروزه مقدار برداشت و خروج عناصر غذایی کم‌مصرف به‌دلیل برداشت بیشتر محصول از خاک که با کاشت ارقام اصلاح‌شده، مصرف کودهای شیمیایی و مدیریت بهتر حاصل شده، بسیار زیاد است و با توسعهٔ کشاورزی هر روز مقدار بیشتری از عناصر کم‌مصرف از خاک خارج می‌شود [۱۵]، این امر ضرورت تجدیدنظر در استفاده از کودهای ریزمغذی نظیر روی و به‌کارگیری شیوهٔ درست در مصرف آن را بیش از پیش نمایان می‌کند.

پژوهش حاضر با هدف بررسی تأثیر محلول پاشی با نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و رایزوبیومی بر گره‌بندی، عملکرد و برخی از ویژگی‌های زراعی سویا در شرایط اقلیمی اردبیل اجرا شد.

۲. مواد و روش‌ها

این پژوهش در سال زراعی ۱۳۹۲ در مزرعهٔ پژوهشی دانشگاه آزاد اسلامی واحد اردبیل واقع در روستای حسن باروق با مختصات جغرافیایی ۴۸ درجه و ۲۰ دقیقهٔ طول شرقی و ۳۸ درجه و ۱۵ دقیقهٔ عرض شمالی با ارتفاع ۱۳۵۰ متر از سطح دریا به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. فاکتورهای مورد بررسی شامل چهار سطح نانواکسید روی (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ گرم بر لیتر) و پنج سطح تلقیح (عدم تلقیح بذر با باکتری به‌عنوان شاهد، تلقیح با باکتری برادی رایزوبیوم جاپانیکوم، تلقیح بذر با برادی رایزوبیوم جاپانیکوم و آزوسپریلیوم لیپوفروم استرین OF، تلقیح بذر با برادی رایزوبیوم جاپانیکوم و سودوموناس پوتیدا سویه ۴۱، تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم) بود. نانواکسید روی تولید کشور چین بود که از شرکت نوترینو تهیه شد و مشخصات آن در جدول ۱ و خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایشی در جدول ۲ آورده شده است.

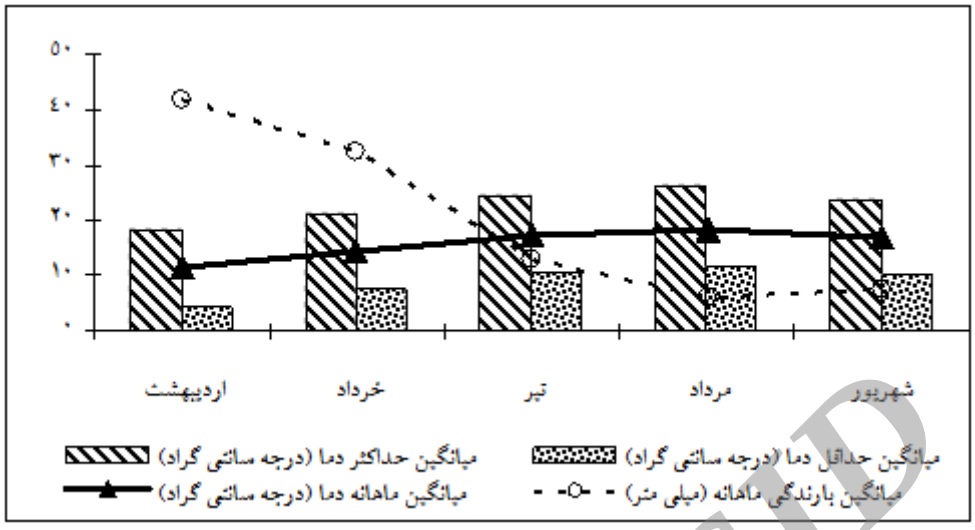
جدول ۱. مشخصات نانواکسید روی مورد استفاده

وزن	۱۰۰ g
خلوص	۹۹ %
میانگین اندازهٔ ذرات	< ۳۰ nm
سطح ویژهٔ ذرات	> ۳۰ m^2/g
رنگ	پودری سفید

جدول ۲. تجزیهٔ فیزیکوشیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

عمق نمونه‌برداری (cm)	هدایت الکتریکی ($EC\times10^3$)	اسیدیته	کربن آلی (٪)	نیتروژن کل (٪)	فسفر قابل جذب (mg/kg)	پتاسیم قابل جذب (mg/kg)	بافت خاک (٪)		
							رس	سیلت	شن
۰-۴۵	۱/۵۹	۸/۲۴	۱/۰۸	۰/۱۲	۳۸/۳	۳۲۶/۵	۵	۵۲	۴۳

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۱. دمای حداقل، حداکثر و مقدار بارندگی در طول دورهٔ رشدی سویا در فصل زراعی ۱۳۹۲

عملیات تهیهٔ زمین شامل شخم، دیسک و تسطیح بود. در مرحلهٔ بعدی تهیهٔ جوی پشته‌ها توسط فاروئر انجام گرفت. هر واحد آزمایشی شامل پنج ردیف ۴ متری با فاصلهٔ بین‌ردیفی ۶۰ سانتی‌متر بود. کاشت بذر در عمق ۳ تا ۴ سانتی‌متری و به‌صورت هیرم‌کاری و با دست انجام گرفت. برای تلقیح بذر ۷ گرم مایهٔ تلقیح که هر گرم آن حاوی $۱۰^{۷}$ باکتری زنده و فعال بود، به کار رفت. همچنین از محلول صمغ عربی برای چسبندگی بهتر مایهٔ تلقیح به بذرها استفاده شد. کل عملیات در محیط سایه و دور از نور آفتاب صورت گرفت. باکتری‌ها از مؤسسهٔ تحقیقات آب و خاک تهیه شد. تراکم کاشت معادل تراکم توصیه شده برای سویا در منطقه (۳۵ بوته در متر مربع) درنظر گرفته شد. در این آزمایش رقم 'تلار' سویا به کار گرفته شد. این رقم در مناطق گرم کشور به‌دلیل شرایط مناسب جوی و برخورداری از طول دورهٔ رشد مناسب در تیر ماه به‌صورت کشت دوم تابستانه کشت می‌شود، ولی در مناطق سردسیر نظیر دشت اردبیل به‌صورت کشت اصلی و در فصل بهار به‌محض مساعد شدن شرایط اقلیمی کشت می‌شود. ۲۵ تا ۳۰ کیلوگرم کود نیتروژنهٔ استارتر از منبع اوره در اوایل دورهٔ رشد در تمامی واحدهای آزمایشی به طور یکنواخت مصرف شد. محلول‌پاشی نانواکسید روی در دو مرحله از دورهٔ رشد رویشی (مرحلهٔ چهارتا شش‌برگی یا V_4 و مرحلهٔ قبل از دانه‌بندی یا R_2) انجام گرفت. آبیاری در طول دورهٔ رشد براساس شرایط محیطی و نیاز گیاه زراعی اجرا شد. کنترل علف‌های هرز در طول دورهٔ رشد به روش دستی انجام گرفت. به منظور بررسی اثر تیمارها بر گره‌زایی و وزن خشک گره ها، در خطوط اصلی هر کرت سه تا چهار گلدان قرار داده شد. تراکم کاشت در هر گلدان همانند تراکم دیگر خطوط کاشت درنظر گرفته شد. در مرحلهٔ گلدهی، ریشه‌ها به‌طور کامل جدا شده و پس از شست‌وشوی آنها، تعداد و وزن خشک گره‌ها تعیین شد.

برای بررسی شاخص‌های فیزیولوژیک رشد سویا، از ۳۰ روز پس از کاشت در فواصل زمانی هر ده روز یک بار از خطوط اصلی هر کرت، با رعایت اثر حاشیه‌ای هر بار از سطحی معادل ۰/۰۹ متر مربع (۱۵ سانتی‌متر طول در فاصلهٔ ردیفی ۶۰ سانتی‌متر) برداشت انجام گرفت. برای تعیین وزن خشک نمونه‌ها، بوته‌های برداشت‌شده در آون با دمای ۵ ± ۷۰ درجهٔ سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت یا بیشتر (تا زمان

Archive of SID
www.SID.ir

تثبیت وزن خشک نهایی) قرار گرفت و سپس توزین شد. از این داده‌ها برای محاسبهٔ بیوماس کل، سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی استفاده شد. در انجام محاسبات مربوط براساس تجزیهٔ رگرسیونی مشخص شد که تغییرات وزن خشک گیاه از معادلهٔ درجهٔ سه تبعیت می‌کند و به منظور کاهش هرچه بیشتر وابستگی‌واریانس‌ها به میانگین‌ها، با تبدیل آن به لگاریتم نپرین، روابط زیر به‌کار گرفته شد [۲۹ ، ۸]:

$$TDM = e^{a+bt+ct^2+dt^3} \quad (1)$$

$$CGR = (b+2ct+3dt^2)\times e^{(a+bt+ct^2+dt^3)} \quad (2)$$

$$RGR = b+2ct+3dt^2 \quad (3)$$

در این رابطه‌ها، t زمان بین مراحل نمونه‌برداری؛ و a، b، c و d ضرایب معادله‌اند. ضرایب تبیین بالا و معنادار و توزیع مناسب نقاط واقعی در اطراف منحنی و منطقی بودن روند تغییرات این شاخص‌ها از نظر فیزیولوژیک گویای انتخاب صحیح این معادلات برای همهٔ ترکیبات تیماری بود. برای تعیین اجزای عملکرد و برخی صفات مرتبط با آن نظیر ارتفاع بوته، تعداد نیام در بوته، تعداد دانه در نیام و غیره از دوازده بوته به طور تصادفی و از خطوط اصلی هر کرت برداشت شد و میانگین داده‌های حاصل به عنوان ارزش آن صفت در تجزیه و تحلیل داده‌ها به‌کار گرفته شد. عملکرد دانه از خطوط اصلی هر کرت و از بین بوته‌های رقابت‌کننده از سطحی معادل ۰/۵ مترمربع برآورد شد. برای تجزیهٔ داده‌ها و رسم نمودارها از نرم‌افزارهای SAS و اکسل استفاده شد.

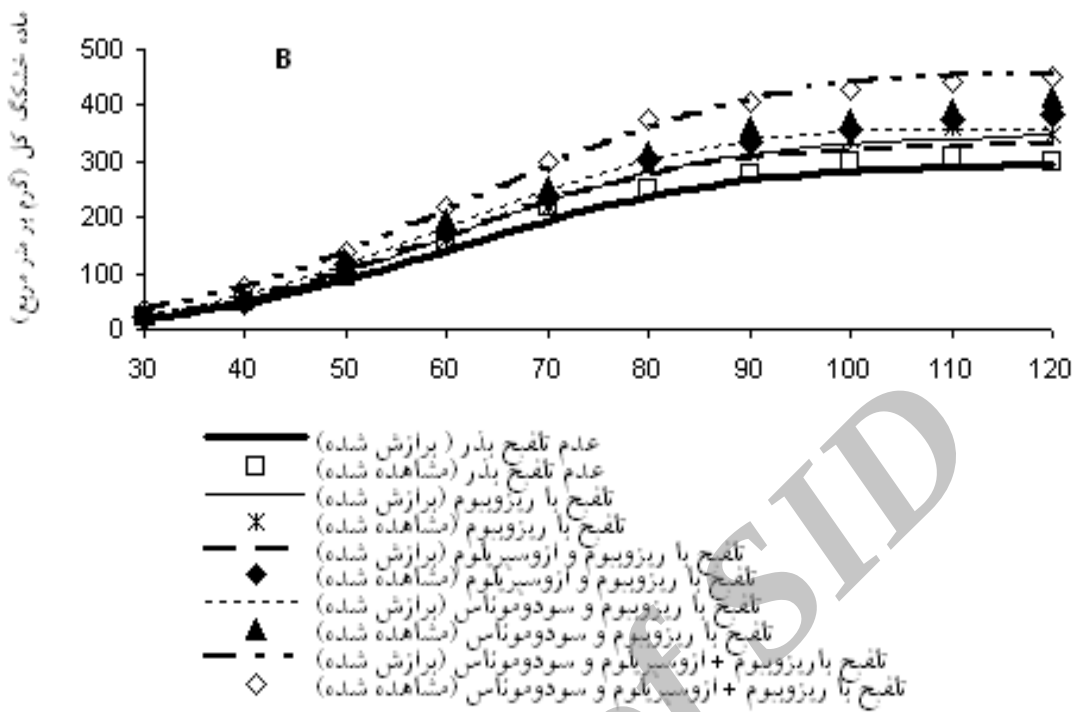
۳. نتایج و بحث

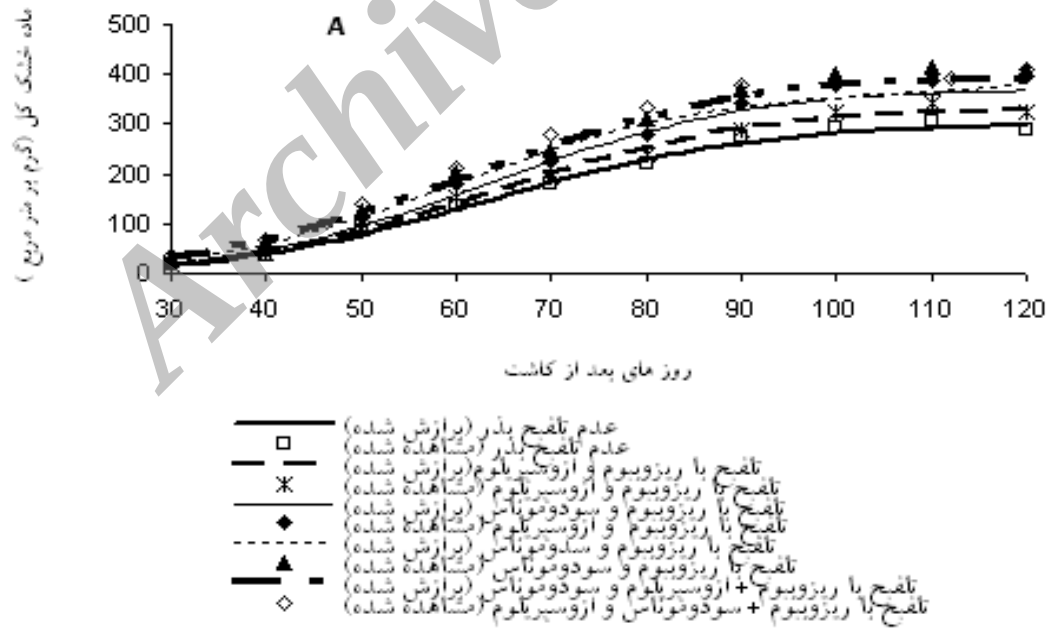
نتایج تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی بر برخی شاخص‌های رشدی سویا در شکل‌های ۲ تا ۴ ارائه شده است.

۳.۱. روند تغییرات مادهٔ خشک کل

نتایج تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر باPGPR بر روند تغییرات مادهٔ خشک کل سویا در شکل ۲ نشان داد در همهٔ تیمارها روند انباشت مادهٔ خشک در اوایل فصل رشد، آرام و تدریجی است؛ ولی با گذشت زمان بر اثر گسترش کانوپی گیاهی و افزایش تعداد شاخه‌های جانبی، میزان فتوسنتز جامعهٔ گیاهی افزایش می‌یابد و شیب منحنی تجمع مادهٔ خشک شدت بیشتری می‌گیرد و به نقطهٔ اوج خود می‌رسد؛ سپس به‌دلیل افزایش سن گیاه و پیری برگ‌ها مقدار مادهٔ خشک کاهش می‌یابد. در مورد نحوهٔ تغییرات مادهٔ خشک اندام‌های هوایی به‌صورت منحنی سیگموئیدی برحسب زمان [۳۷ ، ۹]، وجود رابطهٔ نمایی را دیگر محققان نیز تأیید کرده اند [۲۹]. وزن خشک اندام‌های هوایی به صورت یک تابع نمایی نسبت به زمان بعد از کاشت در حال افزایش بود. در مراحل اولیهٔ رشد، تجمع مادهٔ خشک در تمامی ترکیب‌های تیماری کم است و اختلاف چندانی بین آنها مشاهده نمی‌شود (شکل ۲). در این مرحله، رشد گیاه ناچیز و اندام‌های رویشی بسیار کوچک است. با گذشت زمان و بزرگ‌تر شدن گیاه، رشد اندام های هوایی و سطح فتوسنتزکننده افزایش می‌یابد و سرعت تجمع مادهٔ خشک نیز بیشتر می‌شود، به‌طوری‌که در سطوح بالای به‌کارگیری نانواکسید روی، به‌علت دسترسی بیشتر به این عنصر در مقایسه با سطوح پایین‌تر، مادهٔ خشک بیشتری در واحد سطح تولید و این اختلاف با گذشت زمان مشهودتر می‌شود (شکل ۲). در بررسی تأثیر مقادیر مختلف سولفات روی بر عملکرد سویا گزارش شد که مصرف ۴۰ کیلوگرم سولفات روی، عملکرد سویا را ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد [۳۴]. کاربرد روی به‌روش محلول‌پاشی، مادهٔ خشک کل را نسبت به شاهد افزایش داد [۳۴]. با افزایش نانواکسید روی در تمامی حالات تلقیح و عدم تلقیح، مقدار تجمع مادهٔ خشک در واحد سطح روند افزایشی نشان داد (شکل ۲).

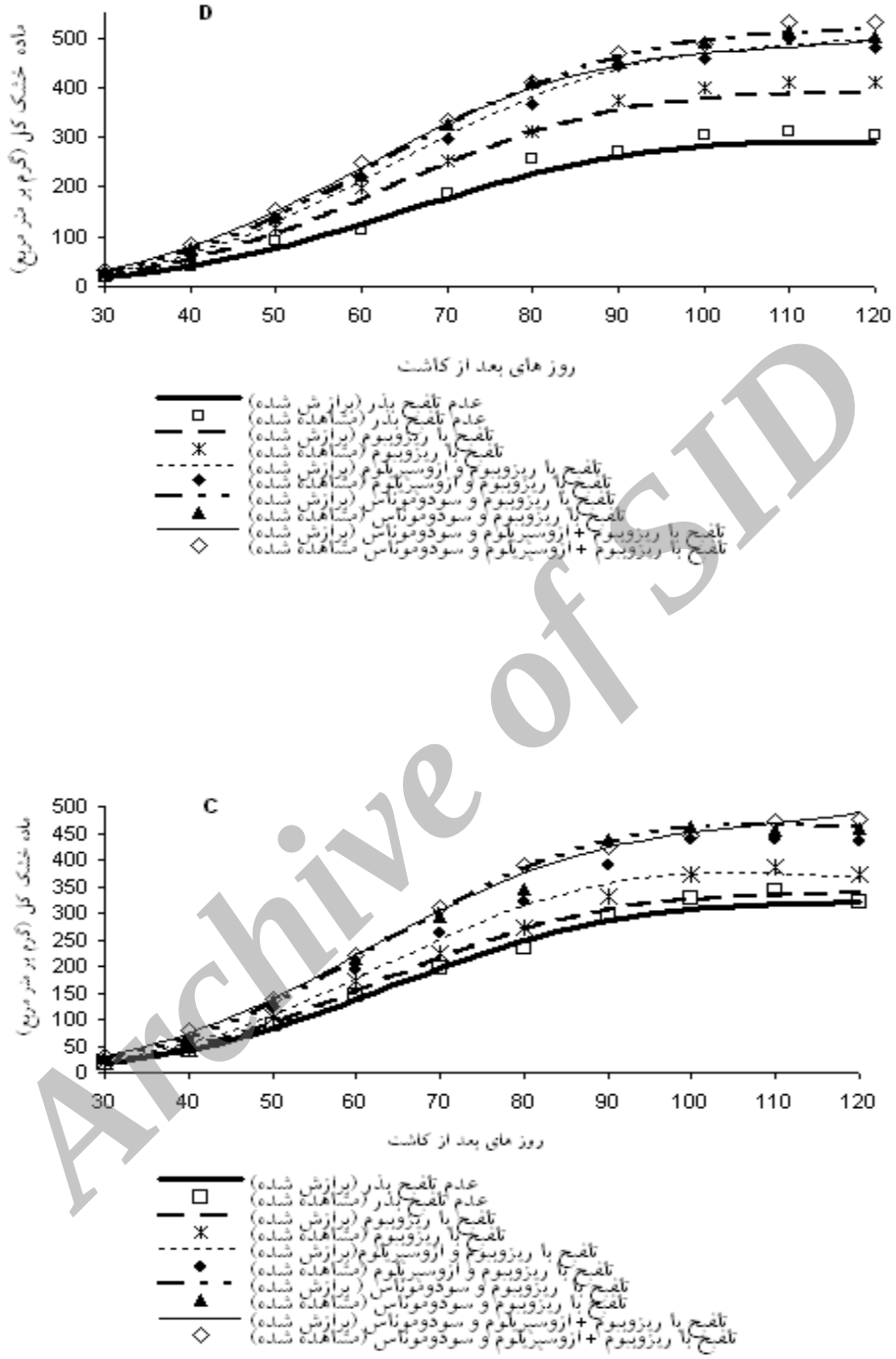
Archive of SID
www.SID.ir





Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۲. روند تغییرات مادهٔ خشک کل سویا در سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی در حالت مصرف و عدم مصرف (A)، مصرف ۰/۳ گرم در لیتر (B)، ۰/۶ گرم در لیتر (C) و ۰/۹ گرم در لیتر (D) نانواکسید روی

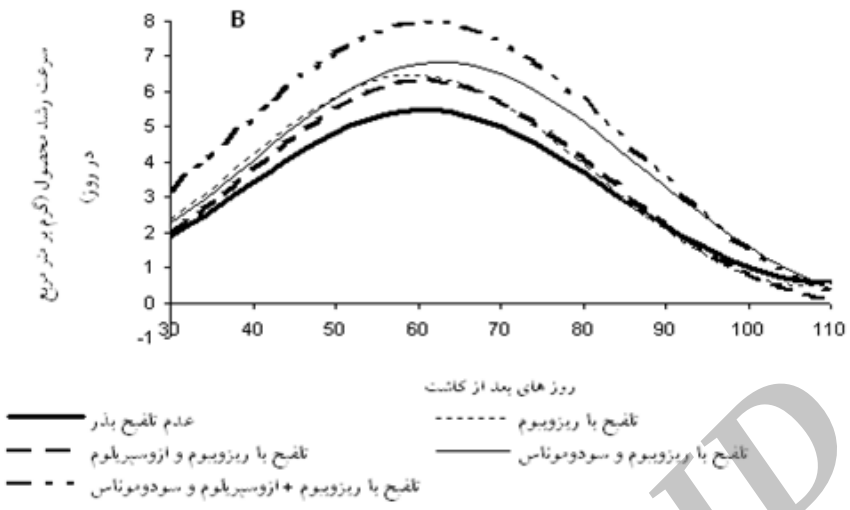
Archive of SID
www.SID.ir

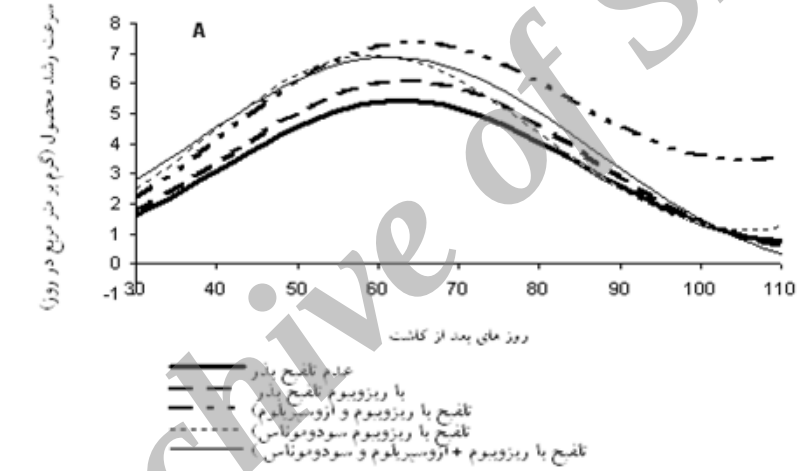
بیشترین مقدار مادهٔ خشک (۵۳۰ گرم در مترمربع) از کاربرد ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و در تلقیح بذر با باکتری رایزوبیوم به‌همراه سودوموناس و آزوسپریلیوم (شکل D–۲) و کمترین آن (۲۹۲ گرم در مترمربع) از ترکیب تیماری عدم تلقیح و عدم مصرف نانواکسید به‌دست آمد (شکلA- ۲). در همهٔ ترکیبات تیماری، در تلقیح بذر با باکتری‌ها مادهٔ خشک کل افزایش یافت و ۱۱۰ روز بعد از کاشت به حداکثر رسید؛ از ۱۱۰ روز بعد از کاشت تا مرحلهٔ رسیدگی به‌دلیل ورود به مرحلهٔ رسیدگی کاهش یافت. در این مرحله به‌نظر می‌رسد به‌دلیل سایه‌اندازی برگ‌های بالاتر روی برگ‌های پایینی، افزایش شدت تنفس و کاهش فتوسنتز به‌دلیل پیری و ریزش برگ‌ها، مادهٔ خشک کل به‌تدریج روند کاهشی داشت (شکل ۲). عده‌ای زیاد بودن مقدار تجمع مادهٔ خشک در نخود تلقیح‌شده با رایزوبیوم را به سرعت زیاد رشد در شرایط تلقیح نسبت دادند [۱۶]. تأثیر مثبت تلقیح بر تجمع مادهٔ خشک به جوانه‌زنی زودتر بذر، استقرار بهتر گیاهچه و افزایش رشد گیاهان تحت شرایط تلقیح نسبت داده شده است [۲۸]. به‌علاوه، مقدار جذب عناصر نیز در این شرایط افزایش می‌یابد که سبب قرار گرفتن گیاه در وضعیت تغذیه‌ای مناسب‌تر و در نتیجه رشد و عملکرد بیشتر می‌شود. نتایج بررسی برخی محققان نشان داده است که تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد ممکن است به تغییرات معناداری در پارامترهای مختلف رشدی از جمله بیوماس کل در واحد سطح منجر شود [۳۰ ، ۲۳ ،۲۰]. باکتری‌های محرک رشد قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی [۳۶]، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القای مقاومت سیستماتیک در مقابل عوامل بیماری‌زا افزایش می‌دهند [۲۲].

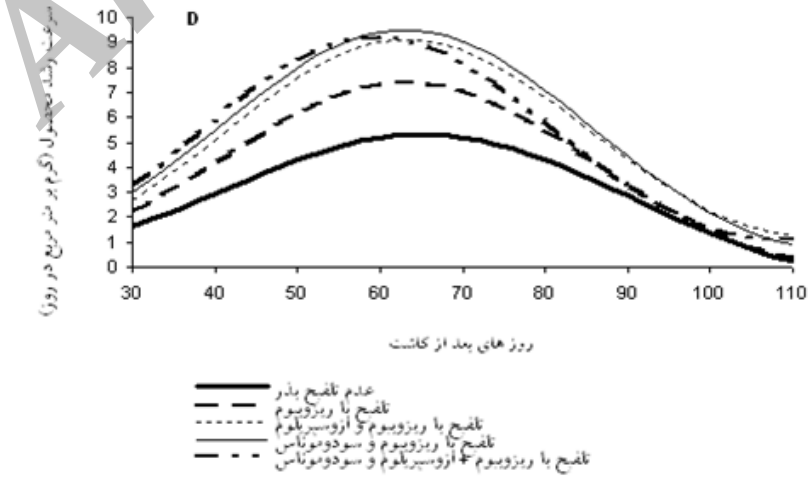
۲.۳. روند تغییرات سرعت رشد محصول

نتایج نشان داد که در همهٔ ترکیب‌های تیماری تا ۳۰ روز بعد از کاشت، سرعت رشد محصول روند مشابه و یکسانی داشت و سپس افزایش یافت و به حداکثر خود در ۶۰ تا ۷۰ روز بعد از کاشت رسید و پس از آن با شیب تندی تا مرحلهٔ رسیدگی کاهش یافت (شکل ۳). به‌نظر می‌رسد در مراحل اولیهٔ رشد به‌دلیل کم بودن مریستم‌های رویشی، کامل نبودن پوشش گیاهی و درصد کم جذب نور توسط گیاه، مقادیر سرعت رشد محصول اندک است و پس از آن با کامل شدن پوشش گیاهی و استفادهٔ مناسب‌تر از نور خورشید و همچنین افزایش سطح برگ، افزایش می‌یابد و در مراحل بعدی به‌دلیل رقابت بیشتر بوته‌ها، کاهش نفوذ نور به داخل سایه‌انداز گیاهی و همچنین پیر شدن اندام‌های فتوسنتزکننده و انتقال مواد غذایی به دانه‌ها، کاهش می‌یابد [۸]. حتی گاهی ممکن است سطح برگ به حدی رسیده باشد که برگ‌های پایینی گیاه نور کافی برای تبادل سریع دی‌اکسید کربن پیدا نکنند و موجب منفی‌تر شدن سرعت رشد محصول شوند [۶]. در مقادیر ثابت مصرف نانواکسید روی، تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی در مقایسه با عدم تلقیح، محصول رشد سریع‌تری داشت. بیشترین سرعت رشد محصول (۹/۴۸ گرم بر متر مربع در روز) در ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و در تلقیح توأم بذر با باکتری‌های محرک رشد و رایزوبیومی (شکل D– ۳) و کمترین آن (۵/۴۳ گرم بر مترمربع در روز) در حالت عدم تلقیح بذر و عدم مصرف نانواکسید روی به‌دست آمد (شکل A–۳). مصرف روی، عملکرد مادهٔ خشک گیاهی و سرعت رشد محصول سویا را نسبت به تیمار شاهد به‌طور چشمگیری افزایش داد [۱]. با توجه به اینکه سرعت رشد محصول مشتقی از مادهٔ خشک کل است، بدیهی است که چون کاربرد نانواکسید روی به‌همراه تلقیح توأم بذر با باکتری‌های محرک رشد و رایزوبیومی مادهٔ خشک کل را افزایش داد، افزایش سرعت رشد محصول در چنین ترکیب تیماری نیز دور از انتظار نخواهد بود (شکل‌های ۲ و ۳).

Archive of SID
www.SID.ir

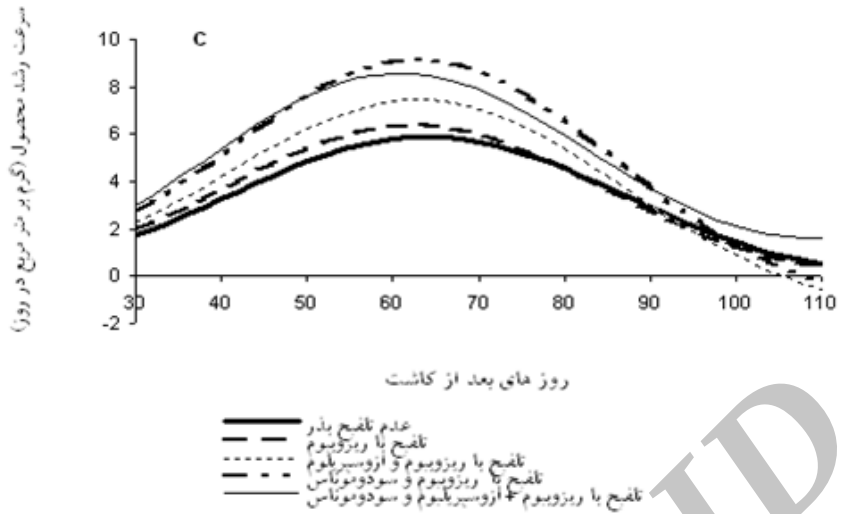






Archive of SID

www.SID.ir

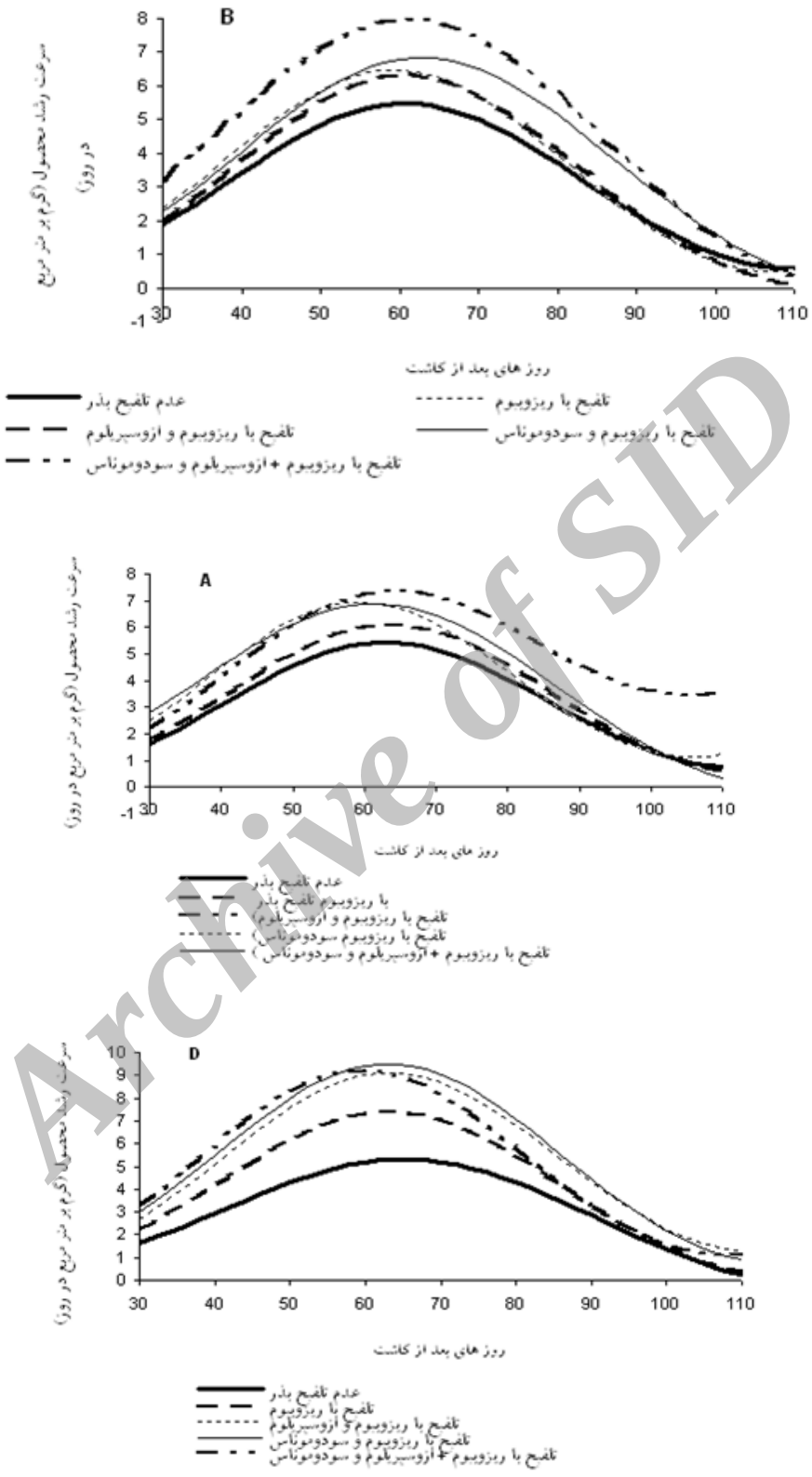


شکل ۳. روند تغییرات سرعت رشد محصول سویا در سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی در حالت مصرف عدم مصرف (A)، مصرف ۰/۳ گرم در لیتر (B)، ۰/۶ گرم در لیتر (C) و ۰/۹ گرم در لیتر (D) نانواکسید روی

۳.۳. روند تغییرات سرعت رشد نسبی

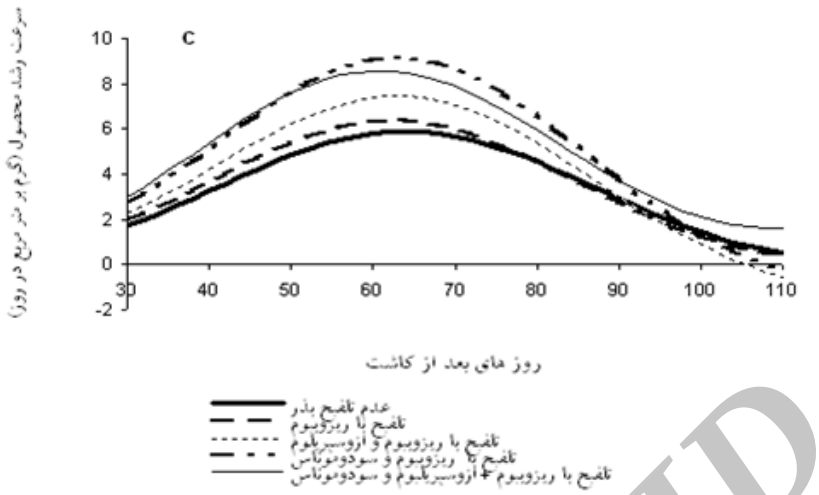
نتایج به‌دست‌آمده، روند تغییر سرعت رشد نسبی را در تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و رایزوبیومی و محلول‌پاشی با نانواکسید روی نشان می‌دهد (شکل ۴). بیشترین سرعت رشد نسبی (۰/۱ گرم بر گرم در روز) در محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و در تلقیح توأم بذر با باکتری‌های محرک رشد و رایزوبیومی (شکل4D)؛ و کمترین مقدار این شاخص (۰/۰۸ گرم بر گرم در روز) در حالت عدم تلقیح بذر و عدم مصرف نانواکسید روی به‌دست آمد (شکل A-۴). بیشتر بودن سرعت رشد نسبی در سطوح کودی بالا و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و رایزوبیومی می‌تواند به‌دلیل تجمع زیاد مادهٔ خشک در این تیمارها باشد (شکل ۴). در همهٔ تیمارها با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی کاهش یافت. در ابتدای فصل رشد، سرعت رشد نسبی به‌علت نفوذ نور به داخل جامعهٔ گیاهی، تنفس و سایه‌اندازی کمتر برگ‌ها بیشتر است؛ ولی با افزایش سن گیاه، سرعت رشد نسبی به علت افزایش سایه‌اندازی بخش‌های بالایی کانوپی بر برگ‌های پایینی و افزایش قسمت‌های ساختمانی و غیرمؤثر در فتوسنتز کاهش می‌یابد؛ ضمن آنکه در اواخر فصل رشد به‌علت افزایش برگ‌های پیر و در برخی موارد به دلیل ریزش برگ‌ها، مقدار آن منفی می‌شود [۱۳]. کاربرد باکتری‌های محرک رشد در مقادیر زیاد کودی موجب افزایش سرعت رشد نسبی به ازای هر گرم در روز نسبت به عدم مصرف و عدم تلقیح بذور با باکتری‌های محرک رشد می‌شود (شکل ۴). نتایج آزمایشی در خصوص تأثیر تلقیح و مقادیر نیتروژن بر سرعت رشد نسبی سویا نشان داد که تغییرات سرعت رشد نسبی نسبت به زمان حالت کاهشی دارد، ولی شیب آن وابسته به عوامل محیطی است؛ به‌طوری‌که بیشترین سرعت رشد نسبی در حالت تلقیح بذر سویا با رایزوبیوم و در مقادیر زیاد کود و کمترین سرعت نسبی در حالت عدم تلقیح و عدم مصرف کود به دست آمد. برخی محققان کاهش سرعت رشد نسبی به صورت خطی با گذشت زمان را به افزایش نسبت بافت‌های ساختمانی به بافت‌های فعال مریستمی، افزایش سن برگ ها، کاهش نسبت سطح برگ و میزان جذب خالص نسبت دادند [۸].

Archive of SID
www.SID.ir

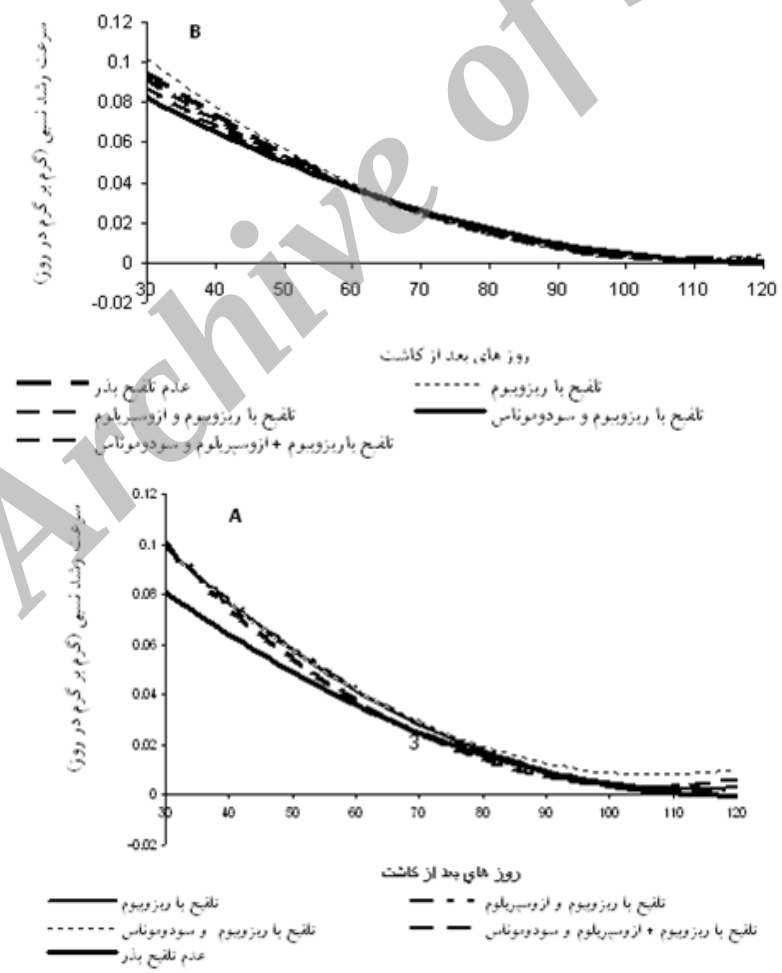


Archive of SID

www.SID.ir

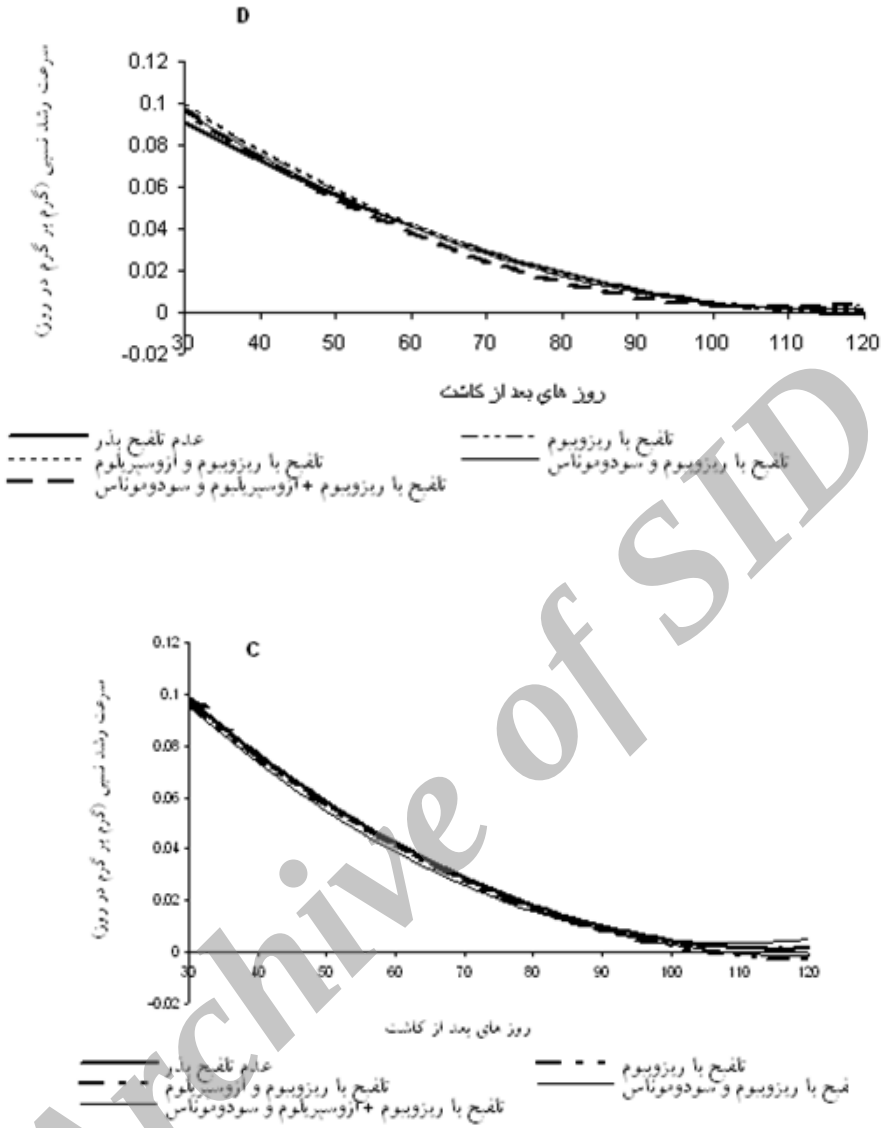


شکل ۳. روند تغییرات سرعت رشد محصول سویا در سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی در حالت مصرف عدم مصرف (A)، مصرف ۰/۳ گرم در لیتر (B)، ۰/۶ گرم در لیتر (C) و ۰/۹ گرم در لیتر (D) نانواکسید روی



Archive of SID

www.SID.ir



شکل ۴. روند تغییرات سرعت رشد محصول سویا در سطوح مختلف تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی در حالت مصرف عدم مصرف (A)، مصرف ۰/۳ گرم در لیتر (B)، ۰/۶ گرم در لیتر (C) و ۰/۹ گرم در لیتر (D) نانواکسید روی

۴.۳. تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و ریزوبیومی بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های زراعی سویا

نتایج تجزیهٔ واریانس تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری های PGPR و رایزوبیومی بر عملکرد و برخی از ویژگی های زراعی سویا در جدول ۳ آورده شده است.

براساس این جدول، اثر محلول پاشی با نانواکسید روی، تلقیح بذر با باکتری های PGPR و رایزوبیومی بر همهٔ صفات مورد بررسی در سطح احتمال ۱ درصد و اثر ترکیب تیماری این دو عامل بر ارتفاع بوته، تعداد گره، عملکرد دانه و وزن صددانه در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد معنادار شد.

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۳. تجزیهٔ واریانس تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و رایزوبیومی بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های زراعی سویا

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات						
		ارتفاع بوته	تعداد گره	وزن خشک گره	وزن صددانه	دانه در نیام	تعداد نیام در بوته	عملکرد دانه
تکرار	۲	۵۰۱۹/۹۵**	۳۶۶/۸۴**	۷۹/۲۶**	۲۴۶/۶۴**	۷/۲۴**	۵۶۰۵/۶۵**	۴۳۴۶۹۴/۹**
نانواکسید روی	۳	۱۲۳۲/۱**	۱۰۰/۳۶**	۱۳/۶۸**	۲۵/۶۷**	۱/۲۳**	۷۸/۲۱**	۵۳۳۹۹۳/۳**
تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و رایزوبیومی	۴	۱۳۷/۷۷**	۲۳/۲۳**	۲۰/۴۹**	۱۷/۱۷**	۱/۶۷**	۹۸/۵۲**	۲۳۸۸۶۱/۵**
نانواکسید روی × تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و رایزوبیومی	۱۲	۸/۹۴*	۱/۵۲*	۰/۲۶۷^{ns}	۰/۳۳۷**	۰/۰۰۴۶^{ns}	۰/۸۲۷^{ns}	۱۰۲۹/۳*
خطای آزمایشی	۳۸	۴/۰۱	۰/۸۵	۰/۴۲۱	۰/۱۲۹	۰/۰۰۹	۷/۵۹	۴۵۰/۸۳

* و **: به‌ترتیب معنادار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

۵.۳. ارتفاع بوته

مقایسهٔ میانگین اثر ترکیب تیماری محلول‌پاشی با نانواکسید روی در تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی نشان داد که حداکثر ارتفاع بوته (۷۹/۶۵ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی در حالت تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس و حداقل آن (۵۲/۱۱ سانتی‌متر) در عدم تلقیح و عدم مصرف نانواکسید روی به‌دست آمد. البته بین ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی در تلقیح بذر با رایزوبیوم، تلقیح توأم با رایزوبیوم و آزوسپریلیوم، تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم با ترکیب تیماری محلول‌پاشی ۰/۶ گرم در لیتر نانواکسید روی در حالت تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس اختلاف آماری معناداری مشاهده نشد (جدول ۴). ریزمغذی روی به‌دلیل اهمیتی که در گیاه دارد، تأثیر مهمی در افزایش عملکرد و ارتفاع بوته سویا دارد [۳۸، ۴۶]. نتایج یک بررسی نشان داد که دو بار محلول‌پاشی سولفات روی به مقدار ۴ کیلوگرم در هکتار، ضمن افزایش عملکرد دانهٔ سویا، به افزایش ارتفاع بوته و غلظت روی در دانه منجر شد [۴۰]. تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی نیز سبب افزایش ارتفاع بوته شد. نتایج مشابهی نیز مبنی بر افزایش ارتفاع بوته به‌واسطهٔ تلقیح بذر نخود با سودوموناس فلورسنس گزارش شده است [۲۶]. به‌نظر می‌رسد باکتری‌های محرک رشدی با افزایش قابلیت دسترسی به آب و عناصر غذایی ضروری گیاه از طریق افزایش طول میانگره‌ها، ارتفاع گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهند. البته برخی محققان معتقدند باکتری‌های محرک رشد می‌توانند ارتفاع بوته و قابلیت تولید را از طریق سنتز فیتوهورمون‌ها، افزایش فراهمی مواد غذایی در یک محل، آسان کردن جذب مواد غذایی [۳۶]، کاهش سمیت فلزات سنگین در گیاهان، جلوگیری از عوامل بیماری‌زا و القای مقاومت سیستماتیک با عوامل بیماری‌زا افزایش دهند [۲۲].

Archive of SID
www.SID.ir

جدول ۴. مقایسهٔ میانگین تأثیر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی بر ارتفاع بوته، تعداد گره، وزن صددانه و عملکرد دانهٔ سویا

سطوح نانواکسید روی (g/lit)	باکتری‌های محرک رشد	ارتفاع بوته (cm)	تعداد گره	وزن صددانه (g)	عملکرد دانه (kg/ha)
عدم مصرف کود	عدم تلقیح بذر با باکتری	۵۲/۱۱^{i}	۷/۴۲^{k}	۱۲/۷^{k}	۱۱۱۰^{m}
	تلقیح با رایزوبیوم	۵۴/۹۳^{hi}	۸/۳۲^{kj}	۱۳/۲۱^{k}	۱۲۱۰^{l}
	تلقیح توأم با رایزوبیوم و آزوسپریلیوم	۵۷/۰۳^{gh}	۹/۹^{i}	۱۳/۹۱^{j}	۱۲۹۰^{k}
	تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس	۶۱/۰۶^{ef}	۱۰/۵۳^{hi}	۱۵/۱۲^{i}	۱۳۵۰^{j}
	تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم	۶۳/۲۲^{e}	۱۱/۷۳^{gh}	۱۵/۷۵^{gh}	۱۴۱۰^{i}
۰/۳ گرم در لیتر	عدم تلقیح بذر با باکتری	۵۹^{fg}	۹/۰۳^{ij}	۱۴/۲۳^{j}	۱۱۸۵^{l}
	تلقیح با رایزوبیوم	۶۳/۴۲^{e}	۱۰/۰۳^{i}	۱۴/۹۴^{i}	۱۳۰۰^{k}
	تلقیح توأم با رایزوبیوم و آزوسپریلیوم	۶۷/۵۵^{d}	۱۰/۰۳^{i}	۱۵/۷۵^{gh}	۱۳۹۰/۶^{i}
	تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس	۶۹/۸۱^{d}	۱۲/۲۴^{fg}	۱۶/۴۷^{def}	۱۴۷۸^{h}
	تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم	۷۰/۶^{d}	۱۴/۳۴^{cde}	۱۷/۰۵^{cd}	۱۵۶۰^{fg}
۰/۶ گرم در لیتر	عدم تلقیح بذر با باکتری	۷۰/۸^{d}	۱۲/۸۴^{efg}	۱۴/۲۳^{j}	۱۳۲۰^{jk}
	تلقیح با رایزوبیوم	۷۴/۳۵^{c}	۱۳/۲۴^{defg}	۱۵/۲۵^{hi}	۱۴۵۲^{h}
	تلقیح توأم با رایزوبیوم و آزوسپریلیوم	۷۵/۶۱^{bc}	۱۳/۲۹^{def}	۱۶/۰۱^{fg}	۱۵۷۴^{ef}
	تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس	۷۷/۶۸^{abc}	۱۴/۶۱^{bcd}	۱۷/۳۹^{bc}	۱۶۱۰^{d}
	تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم	۷۷/۱۹^{abc}	۱۴/۶۴^{bcd}	۱۸/۱۲^{a}	۱۷۲۵^{c}
۰/۹ گرم در لیتر	عدم تلقیح بذر با باکتری	۷۴/۷۳^{c}	۱۴/۰۴^{cde}	۱۶/۲۶^{efg}	۱۵۲۵^{g}
	تلقیح با رایزوبیوم	۷۶/۶۰۲^{abc}	۱۴/۸۲^{bc}	۱۶/۷۴^{de}	۱۶۰۷^{de}
	تلقیح توأم با رایزوبیوم و آزوسپریلیوم	۷۸/۶۶^{ab}	۱۵/۳۵^{abc}	۱۷/۳۸^{bc}	۱۷۲۰^{c}
	تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس	۷۹/۶۵^{a}	۱۶/۰۵^{ab}	۱۷/۷۸^{ab}	۱۸۰۰^{b}
	تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم	۷۷/۶۸^{abc}	۱۶/۵۵^{a}	۱۸/۳^{a}	۱۸۷۵^{a}

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معناداری با هم ندارند.

Archive of SID
www.SID.ir

۳.۶. تعداد و وزن گره در بوته

تعداد و وزن خشک گره‌ها در هر بوته به‌طور معناداری تحت تأثیر تیمارهای بررسی‌شده قرار گرفت (جدول ۳). با افزایش مصرف نانواکسید روی وزن خشک گره افزایش یافت. روند مشابهی نیز در حالت تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشد به‌دست آمد (جدول ۵). بیشترین تعداد گره در هر بوته (۱۶/۵۵ عدد) در محلول‌پاشی با مقادیر زیاد نانواکسید روی در تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیومی و محرک رشدی و کمترین آن (۷/۹۴ عدد) در حالت عدم مصرف کود و عدم تلقیح بذر برآورد شد (جدول ۵). در بررسی میزان گره‌بندی ارقام عدس توسط سویه‌های مختلف باکتری رایزوبیوم لگومینوزاروم گزارش شده است که سویه‌های باکتری، اثر مثبت و معناداری بر تعداد و وزن خشک گره‌ها نشان دادند. برخی معتقدند تأثیر مواد تنظیم‌کنندهٔ رشد تولیدشده به‌وسیلهٔPGPR بر رشد ریشهٔ لگوم‌ها از طریق پارامترهایی بروز می‌کند که مهم‌ترین آنها افزایش وزن و تعداد گره‌اند [۵۰]. تحقیقات در زمینهٔ نخود نشان داد که رشد ریشه و بخش هوایی و نیز میزان گره‌بندی نخود در حضور باکتری رایزوبیوم مناسب افزایش می‌یابد [۱۶، ۲۷].

جدول ۵. مقایسهٔ میانگین اثر نانواکسید روی و تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و رایزوبیومی بر عملکرد و برخی از ویژگی‌های زراعی سویا

فاکتورهای مورد بررسی	وزن خشک گره (mg)	تعداد نیام	دانه در نیام
سطوح نانواکسید روی (g/lit)			
عدم مصرف کود	۶/۰۷^{d}	۱۷/۹۶^{c}	۲/۴۰۷^{d}
۰/۳	۷/۹۳^{c}	۱۹/۲۳^{bc}	۲/۵۹^{c}
۰/۶	۹/۰۳^{b}	۲۰/۹۱^{b}	۲/۷۶^{b}
۰/۹	۹/۰۵^{a}	۲۳/۲۲^{a}	۳/۰۸^{a}
LSD 5%	۰/۴۸	۲/۰۳	۰/۰۷۰۲
تلقیح بذر با باکتری‌های PGPR و ریزوبیومی			
عدم تلقیح بذر با باکتری	۶/۴۷^{e}	۱۶/۳۰۴^{d}	۲/۲۹^{e}
تلقیح با رایزوبیوم	۷/۶۲^{d}	۱۹/۲۷^{c}	۲/۵۲^{d}
تلقیح توأم با رایزوبیوم و آزوسپریلیوم	۸/۳۳^{c}	۲۰/۵۲^{bc}	۲/۶۵^{c}
تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و سودوموناس	۹/۰۹^{b}	۲۱/۹۴^{ab}	۲/۸^{b}
تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم	۹/۸۵^{a}	۲۳/۹۲^{a}	۳/۲۸^{a}
LSD 5%	۰/۵۳۶	۲/۲۷	۰/۰۷۸۴

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون اختلاف آماری معناداری با هم ندارند.

Archive of SID
www.SID.ir

۷.۳. وزن صددانه

وزن صددانه تحت تأثیر محلول پاشی و باکتری های محرک رشد قرار گرفت (جدول ۳). بیشترین وزن صددانه در محلول پاشی ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی و تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم (۱۸/۳ گرم) و کمترین آن (۱۲/۷ گرم) در حالت عدم محلول پاشی و عدم تلقیح بذر به دست آمد. البته بین ترکیب‌های تیماری محلول پاشی با مقادیر زیاد نانواکسید روی در تلقیح بذر با رایزوبیوم + سودوموناس + آزوسپریلیوم و همچنین در تلقیح بذر با رایزوبیوم و سودوموناس اختلاف آماری معناداری در سطح احتمال ۵ درصد مشاهده نشد (جدول ۴). محلول‌پاشی آهن و روی نیز به افزایش عملکرد و اجزای عملکرد منجر می‌شود [۱۴]. در یک بررسی مصرف ۴۰ کیلوگرم در هکتار سولفات روی، عملکرد دانهٔ سویا را تا ۱۹ درصد، و وزن هزاردانه، تعداد دانه در بوته و درصد پروتئین دانه را به‌ترتیب ۸/۲، ۵/۷ و ۱۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داد [۲]. افزایش وزن صددانهٔ سورگوم تلقیح یافته با سویه های آزوسپریلوم [۳۳] و افزایش ۹/۶ درصدی وزن هزاردانهٔ ذرت به‌واسطهٔ تلقیح بذرهای ذرت با ازتوباکتر و سودوموناس توسط محققان مشاهده شده است [۵۳].

۸.۳. تعداد دانه در نیام

نتایج نشان داد که تعداد دانه در نیام تحت تأثیر فاکتورهای بررسی‌شده قرار گرفت (جدول ۳). اگرچه به‌نظر می‌رسد این صفت بیشتر تابع عوامل ژنتیکی است و کمتر تحت تأثیر عوامل محیطی قرار می‌گیرد، نتایج مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که حداکثر تعداد دانه در نیام (۳/۰۸) در مقادیر زیاد نانواکسید روی و کمترین آن (۲/۴۰۷) در حالت عدم مصرف روی به دست آمد. همچنین مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که بیشترین تعداد دانه در نیام (۳/۲۸) در تلقیح توأم بذر با رایزوبیوم و باکتری های محرک رشدی و کمترین آن (۲/۲۹) در حالت عدم تلقیح بذر به دست آمد (جدول ۴). این نتایج با نتایج برخی از محققان مبنی بر تأثیرپذیری تعداد دانه در نیام از میزان کود مصرفی [۱۹] و تلقیح بذر با باکتری [۱۷] همخوانی داشت.

۹.۳. تعداد نیام در بوته

تیمارهای بررسی‌شده اثر معناداری بر تعداد کل نیام در هر بوته داشتند (جدول ۳). بیشترین تعداد نیام در هر بوته (۲۳/۲۳ نیام در بوته) در بالاترین سطح از مصرف نانواکسید روی، و کمترین آن (۱۷/۹۶ نیام در بوته) در حالت عدم محلول‌پاشی به‌دست آمد (جدول ۵). محققان دیگر نیز افزایش تعداد نیام در بوته و عملکرد دانه را به‌واسطهٔ محلول‌پاشی با آهن و روی گزارش کرده‌اند [۱۴]. تلقیح سبب افزایش معناداری در تعداد نیام در هر بوته شد، به‌طوری که بیشترین تعداد نیام در بوته (۲۳/۹۲ عدد) از تلقیح بذر با باکتری‌های رایزوبیوم، آزوسپریلیوم و سودوموناس، و کمترین آن (۱۶/۳۴ عدد) در حالت عدم تلقیح بذر با باکتری برآورد شد (جدول ۵). افزایش تعداد نیام در شرایط تلقیح با باکتری رایزوبیوم می‌تواند به‌دلیل تأمین مواد غذایی بیشتر و در نتیجه رشد بهتر گیاهان تلقیح شده در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده باشد [۵۲]. افزایش تعداد نیام در بوتهٔ ماشک [۱۸] و نخودفرنگی [۱۷] به‌واسطهٔ تلقیح بذر با باکتری‌ها در مقایسه با عدم تلقیح طی بررسی دیگر محققان نیز گزارش شده است.

۱۰.۳. عملکرد دانه

مقایسهٔ میانگین‌ها نشان داد که عملکرد دانه از ۱۱۱۰ کیلوگرم در هکتار در حالت عدم تلقیح و عدم مصرف کود تا ۱۸۷۵ کیلوگرم در هکتار در بالاترین سطح از محلول‌پاشی با نانواکسید روی در تلقیح توأم بذر با

Archive of SID
www.SID.ir

باکتری‌های محرک رشدی و رایزوبیومی در نوسان بود (جدول ۴). در یک بررسی افزایش عملکرد گندم بر اثر مصرف روی، آهن و منگنز به‌ترتیب۸۶۰، ۷۸۰ و ۵۴۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شد [۴۷]. در آزمایشی با مصرف ۲۳ کیلوگرم کود حاوی روی، افزایش معناداری در عملکرد دانهٔ گندم مشاهده شد [۲۳]. برخی معتقدند که باکتری‌های افزایندهٔ رشد به‌وسیلهٔ ایجاد چرخهٔ مواد غذایی و در دسترس ساختن آنها، حفظ سلامت ریشه در طول دورهٔ رشد در رقابت با پاتوژن‌های ریشه و افزایش جذب عناصر غذایی، موجب افزایش رشد گیاه می‌شوند [۳۹]. برخی محققان تولید فیتوهورمون‌ها از جمله اکسین توسط باکتری آزوسپیریلوم را، یکی از دلایل افزایش عملکرد گیاهان تلقیح‌شده با باکتری آزوسپیریلوم عنوان کردند [۱۱]. نتایج یک بررسی نشان داد که تلقیح با رایزوبیوم موجب افزایش ۸/۶ درصدی عملکرد سویا در مقایسه با کاربرد معمول کود شد. عده‌ای از محققان اظهار داشتند که میزان تثبیت نیتروژن به‌دلیل اثر مثبت حضور باکتری رایزوبیوم ژاپونیکوم بر تعداد و وزن گره‌های فعال تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن در تیمارهای تلقیح‌شدهٔ سویا، از افزایش معناداری برخوردار بود [۴۲، ۳۱ ، ۲۵]. این محققان افزایش رشد و عملکرد را به افزایش تأمین عناصر غذایی در طی دورهٔ رشد به‌واسطهٔ تلقیح بذر با رایزوبیوم نسبت دادند.

۴. نتیجه‌گیری

عملکرد و اجزای عملکرد سویا تحت تأثیر مقادیر کود مصرفی و تلقیح بذر با باکتری‌های محرک رشدی و رایزوبیومی قرار گرفتند، به‌طوری که بیشترین عملکرد، تعداد و وزن خشک گره در هر بوته در سطوح بالای مصرف نانواکسید روی و تلقیح با باکتری‌ها به‌دست آمد. به‌نظر می‌رسد استفاده از کودهای بیولوژیک و محلول‌پاشی با نانواکسید روی روشی بسیار مناسب و ارزان برای افزایش عملکرد سویا است. ازاین‌رو به‌منظور افزایش عملکرد دانه، شاخص‌های رشدی، تعداد و وزن گره در بوته می‌توان پیشنهاد کرد که ۰/۹ گرم در لیتر نانواکسید روی در تلقیح توأم بذر سویا با باکتری‌های محرک رشد و رایزوبیومی به‌کار برده شود.

منابع

۱. ادهمی ا و رونقی ع (۱۳۷۸) تأثیر فسفر و روی بر رشد و ترکیب شیمیایی ذرت، لوبیا، سویا و باقلا. ششمین کنگرهٔ علوم خاک ایران. شهرکرد، ایران.

۲. اسدی کنگرشاهی ع و ملکوتی م ج (۱۳۸۲) تعیین حد بحرانی روی به‌روش تصویری کیت نلسون و میچرلیخ بری برای سویا تحت شرایط مزرعه‌ای، هشتمین کنگرهٔ علوم خاک ایران. رشت، ایران.

۳. بابیوردی ا (۱۳۸۲) تأثیر روی در خاک‌های آهکی بر عملکرد و تولید گیاهان زراعی. انتشارات پریور. ۱۷۹ ص.

۴. حبیب‌زاده طبری ف (۱۳۸۱) اثرات مقادیر روی و پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد و کیفیت بذر سویا در منطقهٔ مازنداران. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد زراعت. دانشکدهٔ کشاورزی ساری، مازندران.

۵. خوش‌گفتارمنش ا (۱۳۸۶) مبانی تغذیهٔ گیاهی. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان. ۴۶۲ ص.

۶. راهنما ا (۱۳۸۶). فیزیولوژی گیاهی. انتشارات پوران پژوهش. چاپ اول: ۱۳۹-۱۲۳.

۷. سیدشریفی ر (۱۳۹۲) گیاهان صنعتی. انتشارات دانشگاه محقق اردبیلی و عمیدی تبریز. چاپ سوم: ۱۳۳-۱۰۷.

Archive of SID
www.SID.ir

۸. سیدی م ن و سیدشریفی ر (۱۳۹۲) تأثیر تلقیح بذر با رایزوبیوم و مصرف کود نیتروژن بر عملکرد و خصوصیات زراعی سویا. پژوهش‌های زراعی ایران. ۱۱(۴): ۶۲۸-۶۱۸.

۹. شبیری س، قاسمی گلعذانی ک، گلچین ا و صبا ج (۱۳۸۶) تأثیر محدودیت آب بر رشد و عملکرد دانهٔ سه رقم نخود در زنجان. علوم کشاورزی و منابع طبیعی. ۱۴(۲): ۷۳-۶۱.

۱۰. ضیائیان ع و ملکوتی م ج (۱۳۷۸) تأثیر مصرف روی بر رشد و عملکرد گندم در تعدادی از خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس. مؤسسهٔ تحقیقات خاک و آب، تهران، ایران. خاک و آب. ۱۲: ۱۱۰– ۹۹.

۱۱. عرب س م، اکبری غ ع، علیخانی ح ع، ارزانش م، و اله‌دادی ا (۱۳۸۷) بررسی توانایی تولید اکسین توسط باکتری‌های جداسازی‌شدهٔ بومی جنس آزوسپیریلوم و ارزیابی اثرات محرک رشدی جدایهٔ برتر بر گیاه ذرت شیرین. پژوهش‌های زراعی ایران. ۶(۲): ۲۲۵-۲۱۷.

۱۲. قاسمی ا و چراتی ع (۱۳۷۸) بررسی کاربرد پتاسیم، گوگرد، منیزیم، روی، منگنز و مس بر عملکرد محصول سویا در مازندران. ششمین کنگرهٔ علوم خاک ایران. شهرکرد، ایران.

۱۳. کریم‌زاده‌اصل خ، مظاهری د و پیغمبری س ع (۱۳۸۳) اثر چهار دور آبیاری بر روند رشد، شاخص‌های فیزیولوژیکی و عملکرد سه رقم آفتابگردان. بیابان. ۹(۲): ۲۶۶-۲۵۶.

۱۴. مرشدی ا (۱۳۷۹) بررسی اثر محلول‌پاشی آهن و روی بر عملکرد و خواص کیفی و غنی‌سازی دانه‌های کلزا. پایان‌نامهٔ کارشناسی ارشد خاکشناسی. دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس. ۸۹ ص.

۱۵. ملکوتی م ج و تهرانی م م (۱۳۷۸) نقش ریزمغذی‌ها در افزایش عملکرد و بهبود کیفیت محصولات کشاورزی. مرکز نشر آموزش کشاورزی. ۱۷۶ ص.

16. Adgo E and Schulze J (2002)Nitrogen fixation and assimilation efficiency in Ethiopian and German pea varieties. Plant and Soil. 239: 291-299.

17. Ahmed R, Solaiman M, Halder NK, Siddiky MA and Islam MS (2007) Effect of inoculation methods of Rhizobium on yield attributes, yield and protein content in seed of pea. Soil Science. 1(3): 30-35.

18. .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 Forestry. 30: 31-37.

19. Amany AB(2007) Effect of plant density and urea foliar application on yield and yield components of chickpea (*Cicer arietinum* L.). Research Journal of Agriculture and Biolological Science. 3(4): 220-223.

20. Bashan Y, Holguin G and De-Bashan LE (2004) Azospirillum-plant relationship: physiological, molecular, agricultural and environmental advances. Canadian Journal of Microbiology. 50: 521-577.

21. Begum AA, Leibovitch S, Migner P and Zhang F (2001) Inoculation of pea (*Pisum sativum* L.) by Rhizobium leguminosarum bv. viceae pre incubated with naringenin and hesperetin or application of naringenin and hesperetin directly into soil increased pea nodulation under short season conditions. Plant and Soil. 237: 71-80.

Archive of SID

www.SID.ir

22. Burd GI, Dixon DG and Glick BR (2000) Plant Growth Promoting Rhizobacteria that decrease heavy metal toxicity in plants. Canadian Journal of Microbiology. 33: 237-245.

23. Cakmak I, Yilmaz A, Kalayci M, Ekiz H, Torun B, Erenoglu BH and Braun J (1996) Zinc deficiency as a critical problem in wheat production in central Anatolia. Plant and Soil. 180: 165-172.

24. Cakmakci RI, Donmez MF and Erdogan U (2007a) The effect of plant growth promoting rhizobacteria on barely seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. Turkish Journal of Agriculture. 31: 189-199.

25. .Dashti N, Zhang F, Rynes H and Smith DL (1998) Plant growth promoting rhizobacteria accelerate nodulation and increase nitrogen fixation activity by field grown soybean (*Glycine max* L.) under short season conditions. Plant and Soil. 200: 205-213.

26. Dileep Kumar SB, Berggren I and Martensson AM (2001) Potential for improving pea production by coinoculation with Fluorescent Pseudomonas and Rhizobium. Plant and Soil. 229(1): 25-34.

27. Egamberdiyeva D (2007) The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils. Applied Soil and Ecology. 36:184-189.

28. Hafeez FY, Shah H and Malik KA (2000) Field evalution of lentil cultivars inoculated with rhizobium legominuzarom bv. viciate strains for nitrogen fixation using nitrogen -15- isotope dillut. Biology and Fertility of Soils. 31: 65-69.

29. Karimi MM and Siddique KHM (1991) Crop growth and relative growth rates of old and modern wheat cultivars. Australian Journal of Agriculture Research. 42: 13-20.

30. Kumar V, Behl RK and Narula N (2001) Establishment of phosphate solubilizing strains of Azotobacter chroococcum in rhizosphere and their effect on wheat under green house conditions. Microbiology Research. 156: 87-93.

31. Malik MA, Cheema MA and Khan HZ (2006) Growth and yield response of soybean (*Glycine max* L.) to seed inoculation and varying phosphorus levels. Agricultural Research. 44(1): 47-53.

32. Marschner H (1995) Mineral nutrition of higher plants. 2nd ed. Academic Press. New York. 890p.

33. Mastiholi AB and Itnal CJ (1997) Response of rabi sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) to application of biofertilizers under dryland conditions. Karnataka Journal of Agricultural Sciences. 10: 302-306.

34. Mohamad W, Iqbal M and Shal SM (1990) Effect of mode of application of zinc and iron on yield of wheat. Sarhad Journal of Agriculture. 6(6): 615-618.

35. Ogutcu H, Algur OF, Elkoca E and Kantar F (2008) The determination of symbiotic effectiveness of Rhizobium strains isolated from wild chickpea collected from high altitudes in Erzurum. Turkish Journal of Agricultural Forestry. 32: 241-248.

36. Olger R, Bergman J and Read K (1997) Safflower seed yield and oil content as affected by water and nitrogen. Fertilizer facts. 4: 14-17.

37. Prasad VV, Pandey SRK and Saxena MC (1978) Physiological analysis of yield variation in gram

Archive of SID
www.SID.ir

(*Cicer arietinum* L.) genotypes. Indian Journal of Plant Physiology. 21: 228-234.

38. Rehm G and Echmitt M (2002) Zinc for crop production. Regents of the response to early season foliar fertilization among and within fields. Agronomy. 93: 221-228.

39. Roesti D, Gaur R, Johri BN, Imfeld G, Sharma S, Kawaljeet K and Aragno M (2006) Plant growth stage, fertilizer management and bioinoculation of Arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria affect the Rhizobacterial community structure in rain-fed wheat fields. Soil of Biology and Biochemistry. 38: 1111-1120.

40. Rose IA, Felton WL and Banks LW (2005) Responses of four soybean varieties to foliar zinc fertilizer. Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry. 3: 284-291.

41. Rudresh DL, Shivaprakash MK and Prasad D (2005) Effect of combined application of Rhizobium, phosphate solubilizing bacterium and Trichoderma spp. on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium* L.). Applied Soil Ecological. 28: 139-146.

42. Shrivastava UK, Rajput RL and Dwivedi ML (2000) Response of soybean-mustard cropping system to sulfur and bio-fertilizers on farmer's field. Legume Research. 23: 277-278.

43. Sogut T (2006) Rhizobium inoculation improves yield and nitrogen accumulation in soybean (*Glycine max*) cultivars better than fertilizer. New Zealand Journal of Crop and Horticulture Science. 34: 115-120.

44. Stancheva I, Geneva M, Zehirov G, Tsvestkova G, Hristozkova M and Georgiev G (2006) Effects of combined inoculation of pea plants with arbuscular mycorrizal fungi and rhizobium on nodule formation and nitrogen fixing activity. Genetic Appled and Plant Physiology. Special issue. Pp: 61-66.

45. Syverud TD, Walsh LM, Oplinger ES and Kelling KA (1980) Foliar fertilization of soybean (*Glycine max* L.). Communication Soil Science and Plant Nutrition. 11: 637-651.

46. Takker PN and Walker CD (1993) The distribution and correction of zinc deficiency. pp. 151-165. In: Zinc in Soils and Plants. Ed: A.D. -Robson Kluwer Academic Publisher, Lordecht.

47. Tandon HLS (1995) Micronutrients in soils, crops and fertilizers. A sourcebook-cum-Directory. Fertilizers Development and Consultation Organization, New Dehli, India.

48. Togay N, Togay Y, Cimrin KM and Turan M (2008) Effect of Rhizobium inoculation, sulfur and phosphorus application on yield, yield components and nutrient uptake in chick pea (*Cicer aretinum* L.). African Journal of Biotechnology. 7(6): 776-782.

49. Varco JJ (1999) Nutrition and fertility requirements. Pp: 53-70. In: Heatherly, L.G., and Hodges, H.F. (Eds.) Soybean Production in the Mid-South. CRC Press, Boca Raton, FL.

50. Vessey JK and Buss TJ (2002) Bacillus cereus UW85 inoculation effects on growth, nodulation, and N accumulation in grain legumes. Controlled-environment studies. Canadian Journal of Plant Science. 82: 282-290.

51. Welch RM (2001) Impact of mineral nutrients in plants on human nutrition on a worldwide scale. Developments in Plant and Soil Sciences. 92(5): 284-285.

Archive of SID

www.SID.ir

52. Wu SC, Cao ZH, Li ZG and Cheung KC (2005) Effect of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: agreen house trial. Geoderma. 125: 155-166.

53. Zahir AZ, Arshad M and Khalid A (1998) Improving maize yield by inoculation wit plant growth promoting rhizobacteria. Pakistan Journal of Soil Science. 15: 7-11.

Archive of SID

www.SID.ir