مجله ترویجی گیاهان دانه روغنی
جلد پنجم، شماره دوم، پاییز و زمستان ۱۴۰۲، ص ۷۶-۶۸
http://jop.areeo.ac.ir

کاربرد کودهای زیستی حاوی *ریزوبیوم* در زراعت سویا

هوشنگ خسروی*

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران

چکیده

بیشتر روغن موردنیاز کشور از محل واردات تأمین آن می‌شود. گیاه سویا در بین گیاهان با دانه روغنی از جایگاه ویژه‌ای برخوردار است؛ زیرا علاوه بر مزیت تولید روغن، دارای مقدار زیادی ترکیبات پروتئینی است که به‌صورت کنجاله برای خوراک دام و طیور مصرف می‌شود. استان‌های گلستان، اردبیل و مازندران به ترتیب بیشترین سطح زیر کشت سویا در کشور را به خود اختصاص داده‌اند. نیتروژن یکی از عناصر پرنیاز گیاه سویا است. سویا مانند سایر اعضای خانواده بقولات دارای توان ایجاد رابطه همزیستی تثبیت‌کنندگی نیتروژن با باکتری *ریزوبیوم* است. چنانچه همه مؤلفه‌های این رابطه همزیستی به‌درستی در کنار هم قرار بگیرند بخش زیادی از نیتروژن موردنیاز سویا می‌تواند از این طریق تأمین شود که در کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژنی نقش قابل‌توجهی داشته و از نظر مسائل زیست‌محیطی اهمیت زیادی دارد. مایه‌تلقیح *ریزوبیوم* سویا اولین کود زیستی مورداستفاده در ایران است که هم‌اکنون با استفاده از دانش فنی بومی در کشور تولید می‌شود. کود زیستی *ریزوبیوم* سویا به حالت‌های جامد و مایع تولید می‌شود. بهترین روش مصرف کود زیستی *ریزوبیوم* به‌صورت مصرف بذری (بذرمال) است. برای کنترل کیفی کودهای ریزوبیومی در ایران و ازجمله *ریزوبیوم* سویا استانداردها و دستورالعمل‌هایی تدوین و منتشر شده است. با توجه به نیاز کشور به تولید روغن و همچنین کاربرد سویا برای مصارف مختلف غذایی و صنعتی و همچنین تهیه خوراک دام و طیور، توجه به تغذیه نیتروژنی گیاه سویا دارای اهمیت زیادی است. در این راستا، تولید پایدار مبتنی بر حفاظت از محیط‌زیست ایجاب می‌کند که تولید و مصرف کود زیستی *ریزوبیوم* سویا توسعه و ترویج یابد.

واژه‌های کلیدی: *برادی‌ریزوبیوم*، بذرمال، نیتروژن.

* نویسنده مسئول: khosravi_1971@yahoo.com

بیان مسئله

سویا (*Glycine max* L.) گیاهی یک‌ساله و دولپه از خانواده بقولات است. دانه سویا دارای ۱۸ تا ۲۲ درصد روغن است. همچنین کنجاله سویا به علت دارا بودن پروتئین ۳۵ تا ۴۰ درصدی، نقش مهمی در جیره غذایی دام و طیور دارد و به همین دلیل همواره موردتوجه سیاست‌گذاران بخش کشاورزی قرار گرفته است. گیاه سویا به دلیل دارا بودن ریشه‌های عمیق در بهبود خصوصیات خاک نقش مفیدی دارد و همانند سایر گیاهان خانواده بقولات در افزایش نیتروژن خاک مؤثر است. از دانه سویا علاوه بر روغن، ده‌ها نوع فرآورده جانبی به دست می‌آید که در محصولات لبنی، غذایی و دارویی استفاده می‌شود. سطح زیر کشت سویا در ایران ۲۱۱۸۹ هکتار به‌صورت کشت آبی و ۳۰۰۰ هکتار به‌صورت کشت دیم است. میزان تولید سویا در کشور ۴۵۲۲۳ تن با عملکرد ۱۹۳۲ کیلوگرم برای کشت آبی و ۱۴۲۶ کیلوگرم برای کشت دیم است. استان گلستان با سطح زیر کشت ۱۱۴۲۴ هکتار، استان اردبیل با ۸۲۴۹ هکتار و استان مازندران با ۴۴۴۲ هکتار به ترتیب بیشترین سطح زیر کشت سویای کشور را به خود اختصاص داده‌اند (بی‌نام، ۱۴۰۲).

نیتروژن از پرنیازترین عناصر برای رشد گیاهان و ازجمله سویا است. برای تغذیه نیتروژنی گیاهان از کودهای شیمیایی استفاده می‌شود. از دلایل استقبال کشاورزان از این کودها می‌توان به قیمت پایین، نحوه استفاده راحت و همچنین سودآوری بیشتر در کوتاه‌مدت اشاره کرد. از طرف دیگر مصرف غیراصولی کودهای شیمیایی نیتروژنی، باعث آلودگی منابع آب و خاک و درنتیجه گیاه، دام و درنهایت انسان خواهند شد.

با اینکه بیش از ۷۸ درصد ترکیب گازی جو زمین را نیتروژن مولکولی (N_2) تشکیل می‌دهد اما این عنصر به این شکل برای گیاهان قابل‌استفاده نیست زیرا مولکول نیتروژن دارای پیوند سه‌گانه قوی است و فقط در صنعت با دما و فشار بالا قابل باز شدن و ترکیب با هیدروژن و تولید آمونیاک که منبع اصلی تولید کودهای نیتروژنی است می‌باشد. نیتروژن مولکولی در طبیعت توسط انواعی از پروکاریوت‌ها که توانایی تولید آنزیم نیتروژناز را دارند می‌تواند تثبیت شود. نیتروژناز، نقش یک کاتالیزور در احیای N_2 به NH_3 را بر عهده داشته و در دما و فشار معمولی عمل تثبیت را انجام می‌دهد (لیو و همکاران، ۲۰۱۱). یکی از مهم‌ترین ویژگی‌های گیاه سویا، قابلیت ایجاد رابطه همزیستی تثبیت‌کنندگی نیتروژن با *ریزوبیوم* است که اهمیت بسزایی در تأمین نیتروژن این گیاه دارد. *ریزوبیوم* همزیست با سویا در همه زمین‌های کشاورزی وجود ندارد و در صورت وجود هم ممکن است توان ایجاد رابطه همزیستی با گیاه را نداشته باشد. همچنین احتمال دارد رابطه همزیستی برقرار بشود اما این رابطه، کارایی لازم در تثبیت نیتروژن را نداشته باشد. به دلایل گفته‌شده، مایه‌زنی (تلقیح)[1] سویا با کود زیستی حاوی سویه‌های مؤثر *ریزوبیوم* ضروری است. با توجه به اینکه حدود ۹۰ درصد روغن موردنیاز ایران از طریق واردات تأمین می‌شود، همچنین کنجاله سویا برای خوراک دام و طیور نیز از خارج تأمین می‌شود بنابراین، ارائه

[1] Inoculation

هرگونه راهکار مبتنی بر توسعه پایدار برای افزایش تولید سویا دارای اهمیت است؛ بنابراین، پژوهش، ترویج و کاربرد کودهای زیستی *ریزوبیوم* در سویا ازنظر تولید محصول سالم و توجه به حفظ سلامت محیط‌زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است.

معرفی دستاورد (راهکار)

ارتباط همزیستی باکتری‌های ریزوبیوم و سویا

ریزوبیوم‌ها باکتری‌های هوازی، گرم منفی، میله‌ای شکل و بدون اسپور هستند که در داخل گره فعال، حالت باکتروئید[1] دارند و می‌توانند نیتروژن را به شکل آمونیوم تثبیت نموده و در اختیار گیاه میزبان قرار دهد (گاریتی و همکاران، ۲۰۰۵ و اسپانک و همکاران، ۱۹۹۸). پژوهش‌ها نشان داده است که گونه‌های باکتری کند رشد *ریزوبیوم* شامل *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم*[2]، *برادی‌ریزوبیوم الکانی*[3]، *برادی‌ریزوبیوم یوانینگنس*[4]، *برادی‌ریزوبیوم لیویانینگنس*[5] و ریزوبیوم‌های تند رشد *مزوریزوبیوم تیانشانس*[6] و *انسیفر فردی*[7] قادر هستند ریشه سویا را آلوده و تشکیل گره ریزوبیومی نمایند. یک نمونه گره فعال ریزوبیومی در ریشه سویا در شکل یک نشان داده شده است (پومرش و هانسن، ۲۰۱۷). گره ریزوبیومی معمولاً در ایام گلدهی گیاه (ترجیحاً اواسط دوران گلدهی) در اوج فعالیت خود است که این زمان بهترین موقع برای بررسی موفقیت تلقیح و کارایی آن است. در یک پژوهش در خاک‌های آلمان، مشخص شد که ۷۱ درصد باکتری‌های جداسازی شده از نوع جنس *برادی‌ریزوبیوم* و ۲۹ درصد از نوع جنس *ریزوبیوم* بود (یوان و همکاران، ۲۰۲۰). جنس *برادی‌ریزوبیوم* متعلق به خانواده برادی‌ریزوبیاسه، راسته ریزوبیال، رده آلفا-پروتئوباکتریها، شاخه پروتئوباکتریها و سلسله باکتری‌ها است (کویکندال و همکاران، ۲۰۱۵). در اثر رابطه همزیستی سویا - *ریزوبیوم* در هر فصل زراعی تا ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار از هوا تثبیت می‌شود (اسپانک و همکاران، ۱۹۹۸).

کود زیستی *ریزوبیوم* سویا

هر کود زیستی شامل دو بخش ریزجاندار و حامل (مواد همراه)[8] است. حامل، ماده یا ترکیبی از مواد مختلف است که بتواند جمعیت ریزجاندار موردنظر را در یک حد معین از زمان تولید تا مصرف، نگهداری نماید. ازنظر وزنی و حجمی بخش عمده یک کود زیستی را حامل آن تشکیل می‌دهد. مواد حامل می‌بایستی شرایط تنفسی، اسیدیته (حدود خنثی برای *ریزوبیوم*) و ظرفیت نگهداری آب و میزان رطوبت (۴۵-۵۰ درصد) را برای بقای

[1]- Bacteroid
[2] *Bradyrhizobium japonicum*
[3] *-B. elkani*
[4] *-B. yuanningense*
[5] *-B. lioiaoningense*
[6] *-Mesorhizobium tianshanense*
[7] *-Ensifer fredii*
[8] Carrier

ریزجاندار فراهم نماید. حامل معمولاً قبل از تلقیح، به‌وسیله اتوکلاو یا اشعه گاما استریل می‌شود. از رایج‌ترین مواد حامل برای تولید کود زیستی، تورب یا پیت است.

شکل ۱- گره فعال ریزوبیومی در ریشه سویا (پومرش و هانسن، ۲۰۱۷)

در ایران در برخی مناطق شمالی پیت به مقدار کم یافت می‌شود که البته به علت مسائل زیست‌محیطی برداشت از آن ممنوع است. به دلیل فقدان تورب مناسب و کافی در غالب کشورها از مواد گوناگونی همانند لیگنیت، پرلیت، بنتونیت، زغال، ملاس نیشکر، خاک‌اره و پودر چوب‌بلال ذرت استفاده می‌شود. در ایران، پرلیت به‌عنوان یک ماده معدنی قابل‌دسترس و ارزان به‌عنوان همراه مناسب برای تهیه کود زیستی پودری مورد استفاده دارد.

وضعیت کودهای زیستی *ریزوبیوم* سویا در جهان و ایران

کشاورزان در کشورهای درحال‌توسعه از آموزش‌های فنی لازم در مورد کشاورزی نوین برخوردار نبوده و بیشتر به انجام روش‌های سنتی تمایل دارند به‌طوری‌که نسبت به مصرف کودهای زیستی مقاومت سرسختانه‌ای از خود نشان می‌دهند. بااین‌حال کودهای زیستی ریزوبیومی در نقاط مختلف جهان تولید و مصرف می‌شوند. در برزیل دو شرکت امبرافوس و بیوفوستافوس انواعی از کودهای زیستی را تولید می‌کنند. در جنوب آمریکای لاتین سالانه بیش از ۳۰ میلیون هکتار سویا کشت می‌شود که ۷۰ درصد آن با باکتری *برادی‌ریزوبیوم*، تلقیح می‌شود. در آرژانتین نیز شرکت ریزوباکتر برای بقولات مختلف کود زیستی *ریزوبیوم* تولید می‌کند. در ژاپن، شرکت توکاچی از تولیدکنندگان کودهای زیستی ریزوبیومی است و سه محصول ازجمله مامزو را برای بقولات مختلف تولید می‌کند. در هندوستان بیش از ۱۰۰ تولیدکننده کود زیستی در ایالت‌های مختلف فعالیت دارند و یکی از این شرکت‌های مطرح، شرکت بیومکس است که کودهای زیستی مختلفی را تولید می‌کند. در چین نیز

هم‌اکنون صدها نوع کود زیستی در شرکت‌های مختلف ازجمله شرکت کود زیستی چین[1] تولید می‌شوند (خسروی و اسدی رحمانی، ۱۴۰۱).

اولین کود زیستی مورداستفاده در ایران، *ریزوبیوم* بنام تجاری نیتراژین بود که در سال ۱۳۴۰ به کشور وارد و در کشت سویا مصرف شد. پژوهش‌ها در زمینه کودهای زیستی در ایران از دهه ۱۳۵۰ در مؤسسه تحقیقات خاک و آب آغاز شد. در آزمایشی سه ساله بر رشد سویا اثر چند سویه خارجی و بومی بررسی و گزارش شد که بیشترین عملکرد معنی‌دار از مصرف یک نوع کود زیستی وارداتی به دست آمد (سیستانی، ۱۳۷۱). در سال ۱۳۷۵ با ایجاد بخش تحقیقات بیولوژی و بیوتکنولوژی خاک در مؤسسه تحقیقات خاک و آب کشور، جداسازی، شناسایی و ارزیابی کارایی باکتری‌های ریزوبیوم بومی همزیست با گیاه سویا انجام شد. در ادامه پژوهش‌ها، سویه‌های کارآمدی از باکتری‌های *ریزوبیوم* طی آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای انتخاب شدند. فرمولاسیون و دانش فنی تولید انبوه کود زیستی *ریزوبیوم* سویا ثبت اختراع و از سال ۱۳۷۹ به بخش خصوصی واگذار شد که موجب قطع واردات مشابه خارجی آن شد. در پژوهشی مزرعه‌ای اثر تلقیح *برادی‌ریزوبیوم*، اوره و وجین علف هرز بر سویا بررسی و نتیجه‌گیری شد که تلقیح اثر قابل‌توجهی بر عملکرد و درصد پروتئین دانه داشت (راعی و همکاران، ۱۳۸۷). تلقیح کودهای حاوی سویه‌های مختلف *برادی‌ریزوبیوم* بر رشد سویا در مناطق مختلف ایران بررسی و گزارش شد که تلقیح موجب افزایش معنی‌دار عملکرد شد (افشاری، ۱۳۹۱).

ویژگی‌های فنی تولید و نگهداری کود زیستی ریزوبیوم سویا و استاندارد آن در ایران

مؤسسه تحقیقات خاک و آب با همکاری سازمان ملی استاندارد ایران برای تولید کود های زیستی حاوی ریزوبیوم و ازجمله *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* همزیست گیاه سویا استانداردی را تدوین کرده است (استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۲). بر این اساس، ویژگی کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ریزوبیوم سویا برای انواع کود زیستی به اشکال جامد و مایع به‌صورت جدول یک است این ویژگی‌ها باید در تمام مدت تولید تا زمان انقضای کود زیستی حفظ شوند (بی‌نام، ۱۳۹۶). ویژگی‌های کودهای زیستی ریزوبیومی در جدول یک نشان داده شده است.

جدول ۱- ویژگی‌های کودهای زیستی ریزوبیومی

ردیف	ویژگی		حد قابل‌قبول
۱	تعداد باکتری	جامد (در گرم)	حداقل ۵×۱۰^{۷} (cfu/g)
۲		مایع (در میلی‌لیتر)	حداقل ۱×۱۰^{۷} (cfu/ml)
۳	کارایی		ایجاد گره‌های فعال تثبیت‌کننده نیتروژن
۴	آلودگی میکروبی	بر روی محیط کشت گلوگز - پپتون آگار	در رقت $۱۰^{-۵}$ هیچ‌گونه آلودگی مشاهده نشود

[1] -China Bio-Fertilizer

جنس و نوع ماده بسته‌بندی کود زیستی بایستی طوری باشد که بر اساس استاندارد ملی ایران تا پیش‌از تاریخ انقضاء، تعداد لازم باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* را در خود نگه داشته باشد. همچنین ماده مورداستفاده در بسته‌بندی بایستی قابلیت استریل شدن توسط اتوکلاو و یا اشعه گاما را داشته و به نور و رطوبت غیرقابل نفوذ اما قابلیت تبادل گازهای تنفسی CO_2 و O_2 را داشته باشد. برای بسته‌بندی کودهای ریزوبیومی مواد پلاستیکی و پلی‌اتیلنی قابلیت استفاده دارند. کود زیستی ریزوبیوم سویا بایستی در مکانی خشک و خنک و ترجیحاً دمای ۱۰ - ۲ درجه سلسیوس و دور از نور مستقیم خورشید نگهداری شود. بر روی یک بسته کود زیستی ریزوبیومی می‌بایستی مشخصاتی شامل نام محصول، جنس و گونه *ریزوبیوم*، گیاهان هدف، تاریخ تولید و انقضای محصول، دستورالعمل و روش مصرف درج شود.

نکات مهم در هنگام مصرف کود زیستی *ریزوبیوم* در کشت سویا

آسان‌ترین، مؤثرترین و اقتصادی‌ترین شیوه کاربرد کود زیستی *ریزوبیوم* سویا به‌صورت مصرف بذری یا بذرمال است. اختلاط بذر و کود زیستی نباید با استفاده از وسایل و ظروفی که قبلاً از آن برای علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و مواد شیمیایی حاوی غلظت زیاد روی و جیوه و یا کودهای شیمیایی حاوی عناصر مولیبدن، روی و منگنز استفاده شده صورت گیرد.

در کود زیستی ریزوبیومی با مواد حامل[1] جامد مانند پرلیت که چسبندگی آن‌ها به سطح بذر کم است معمولاً نیاز است که قبل از تلقیح، سطح بذر به‌وسیله یک ماده چسباننده مناسب آغشته شود. از مواد چسباننده مناسب برای این منظور می‌توان به صمغ عربی[2] ۴۰ درصد با pH ۷ به مقدار ۱۰ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بذر سویا، صمغ سلولز ۴ درصد به مقدار ۱۵ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بذر سویا و یا محلول شکر ۲۰ درصد به مقدار ۲۰ میلی‌لیتر بر کیلوگرم بذر سویا اشاره کرد (سوماسگاران و هابن، ۱۹۹۴). اختلاط بذر سویا و کود زیستی، بهتر است که در سایه و دور از نور مستقیم خورشید انجام شود. نحوه اختلاط بذر، ماده چسباننده و کود زیستی در سطح یک تا دو هکتار را می‌توان به روش دستی و مثلاً در داخل پلاستیک‌های خیاری انجام داد. بذور تلقیح شده، قبل از کاشت، در سایه پهن شده و حدود یک ساعت هوادهی انجام می‌شود. در سطوح بیش از دو هکتار می‌توان از دستگاه‌های کارنده استفاده کرد. مقدار مصرف کود زیستی *ریزوبیوم* سویا بر اساس توصیه تولیدکننده است بااین‌حال در ایران به‌طورکلی با توجه به حالت فیزیکی کود زیستی جامد یا مایع (شکل ۲)، دو کیلوگرم یا دو لیتر از کود زیستی در هکتار توصیه می‌شود.

[1] - Carrier
[2] - Arabic gum

تغذیه نیتروژنی سویا

برای بررسی وضعیت و نیاز تغذیه‌ای گیاه سویا ازنظر نیتروژن روش‌های آزمون خاک و تجزیه گیاه استفاده می‌شود. تمام نیاز نیتروژنی گیاه سویا را می‌توان از طریق کودهای شیمیایی تأمین کرد؛ اما استفاده مداوم از مقادیر زیاد کودهای شیمیایی، اثرات منفی بر تولید پایدار محصول داشته و استفاده نابجای آن‌ها می‌تواند به آلودگی‌های محیط زیست منجر شود. مصرف بیش‌ازحد نیتروژن در مرحله اولیه رشد از ایجاد همزیستی تثبیت نیتروژن ممانعت می‌کند. از طرف دیگر کودهای آلی نیز به‌تنهایی قادر به تأمین نیازهای غذایی و نیتروژنی محصولات کشاورزی ازجمله سویا نیستند. بررسی منابع مختلف نشان می‌دهد که اگرچه ازنظر تئوری تلقیح سویا با باکتری *ریزوبیوم* همزیست می‌تواند نیاز نیتروژنی این گیاه را در طول دوره رشد تأمین نماید اما در عمل قادر نیست همه نیتروژن موردنیاز گیاه را تأمین کند. استفاده از تلفیقی از کودهای شیمیایی، آلی و زیستی، راه‌حل مناسبی در توصیه کود نیتروژنی برای سویا است. با توجه به اینکه شروع فرآیند تثبیت نیتروژن مقارن با شروع مرحله گلدهی (حدود ۴۰ روز پس از کاشت) است بنابراین تا قبل از این مرحله لازم است مقداری کود نیتروژنی به‌عنوان آغازگر (استارتر) در مرحله قبل از کاشت برای نیازهای رشدی گیاه مصرف شود. به‌طورکلی در خاک‌های رسی و با بافت سنگین ۱۴ کیلوگرم و در خاک‌های شنی و بافت سبک ۲۳ کیلوگرم نیتروژن (N) در هکتار معادل ۳۰ و ۵۰ کیلوگرم در هکتار اوره و یا معادل آن از کودهای سولفات آمونیوم، نیترات آمونیوم و فسفات آمونیوم استفاده شود (فرجی و همکاران، ۱۳۹۵؛ نورقلی پور و همکاران، ۱۳۹۸). در تغذیه سویا برای به دست آوردن بهترین نتیجه، علاوه بر تغذیه نیتروژن، به تغذیه سایر عناصر بر اساس آزمون خاک هم بایستی توجه داشت.

شکل ۲- کود زیستی *ریزوبیوم* سویا تولید داخل و تحت لیسانس مؤسسه تحقیقات خاک و آب؛ به حالت جامد (راست) و حالت مایع (چپ)

توصیه ترویجی

سویا گیاهی از خانواده بقولات یا لگومینوز است که از دانه‌های آن برای تولید روغن نباتی استفاده می‌شود. همچنین کنجاله سویا به علت پروتئین بالا برای تهیه خوراک دام و طیور کاربرد دارد. گیاه سویا باعث افزایش حاصلخیزی خاک می‌شود. ریشه این گیاه می‌تواند با باکتری *برادی‌ریزوبیوم ژاپونیکوم* رابطه همزیستی تثبیت‌کنندگی نیتروژن برقرار کند که از این طریق می‌تواند نیتروژن مولکولی هوا را تثبیت و بخش زیادی از نیاز خود به این عنصر ضروری و پرنیاز را برآورده نماید. این مسئله زمانی محقق می‌شود که سویه باکتری مورد استفاده دارای بالاترین کارایی ازنظر تثبیت نیتروژن بوده، روش مصرف هم به‌طور درست انجام شده و عمل تلقیح نیز با موفقیت کامل انجام شود. همچنین سایر شرایط خاک ازجمله مقدار ماده آلی و عناصر غذایی ضروری بر اساس آزمون خاک در حد بهینه باشند. کود زیستی *ریزوبیوم* سویا به حالت‌های مایع و جامد (پودری) تولید می‌شود که در هر دو حالت بهترین روش مصرف آن به‌صورت اختلاط با بذر (بذرمال) است. برای تلقیح بذر سویا با کود زیستی ابتدا بذور با مقدار توصیه‌شده از یکی از مواد چسباننده مناسب (صمغ عربی، صمغ سلولز یا شکر) آغشته شده و سپس کود زیستی مصرف و به‌طور کامل با بذور مخلوط می‌شود بطوریکه تمام سطح بذرها دارای پوشش یکنواختی از کود زیستی باشند. سریع‌ترین و آسان‌ترین روش برای بررسی کارایی کود زیستی *ریزوبیوم* این است که در زمان که گیاه در مرحله گلدهی می‌باشد بوته سویا ازنظر گره‌های تشکیل‌شده بر روی ریشه بررسی شود در این موقع، درون یک گره خوب و فعال به رنگ صورتی یا قرمز کم‌رنگ، مشخص می‌شود.

منابع

افشاری، م. ۱۳۹۱. بررسی کارایی مایه‌تلقیح‌های مختلف برای افزایش تثبیت نیتروژن و عملکرد سویا. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، نشریه شماره ۱۷۳۴، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

بی‌نام. ۱۳۹۶. استاندارد ملی کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های ریزوبیوم-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۲، سازمان ملی استاندارد ایران.

بی‌نام. ۱۴۰۲. آمارنامه کشاورزی جلد اول: محصولات زراعی. مرکز اطلاعات و ارتباطات، وزارت جهاد کشاورزی، ۹۵ صفحه.

خسروی, ه. و ه. اسدی رحمانی. ۱۴۰۱. مصرف کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ریزوبیوم در اراضی زیر کشت لگوم‌ها (روش‌ها، پتانسیل‌ها، مزایا و محدودیت‌ها). مدیریت اراضی، ۱۰(۱): ۹۵-۱۱۰.

راعی، ی.، م. صدقی، ر. سید شریفی. ۱۳۷۸. آثار تلقیح برادی‌ریزوبیوم، کاربرد اوره و وجین علف هرز بر روند رشد و سرعت پر شدن دانه سویا. مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی، ۴۳ (الف): ۸۱-۹۱.

سیستانی، ه. ۱۳۷۱. طرح بررسی تأثیر باکتری‌های ریزوبیومی ملیلوتی بر روی عملکرد محصول یونجه. نشریه شماره ۸۴۸، مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

فرجی ا.، رئیسی س.، کیانی ع.، یونس‌آبادی م.، صادق نژاد ح.، کیا ش.، باقری م.، کاظمی طلاچی م.، هزارجریبی ا.، موسیخانی ع؛ و سوخت سرایی ن. ۱۳۹۵. تولید سویا در استان گلستان. نشریه ترویجی شماره ۴۹۵۱۹. مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان گلستان.

نورقلی پور ف.، اسدی رحمانی ه.، ارزانش م.ح.، میرزاشاهی ک.، حقیقت نیا ح.، رمضانپور م.، زمانی ص.، افضلی م.، و غزاییان م. ۱۳۹۸. دستورالعمل مدیریت تلفیقی حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه سویا. نشریه فنی شماره ۵۸۱. مؤسسه تحقیقات خاک و آب.

Romero, E., Kerr, A. and Sawada, H. 2015. -M., Martínez D., Young, J. Kuykendall, L. 1-36. Rhizobium. Bergey's Manual of Systematics of Archaea and Bacteria,

Liu, Y., Wu, L., Baddeley, J. A. and Watson, C.A. 2011. Models of biological nitrogen fixation of legumes. Sustainable Agriculture, 2: 883-905.

Pommeresche, R. and Hansen, S. 2017. Examining root nodule activity on legumes (FertilCrop: Technical note). (pp. 1–4). Research Institute of Organic Agriculture FiBL, & Norwegian Centre for Organic Agriculture.

Somasegaran, P. and Hoben, H.J. 1994. Handbook for rhizobia: methods in legume-Rhizobium technology. Springer Science & Business Media. 450p.

Spaink, H., Kondorosi, P. A., Hooykaas P. J. J. 1998. The Rhizobiaceae (Molecular biology of model plant- associated bacteria). Kluwer academic publishers. Netherlands, 566 p.

Yuan, K., Reckling, M., Ramirez, M. D. A., Djedidi, S., Fukuhara, I., Ohyama, T., Yokoyama, T., Bellingrath-Kimura, S. D., Halwani, M., Egamberdieva, D. and Ohkama-Ohtsu, N. 2020. Characterization of rhizobia for the improvement of soybean cultivation at cold conditions in central Europe. Microbes and environments, 35(1): p.ME19124.