

Biofertilizers: Extension, Recommendations and Methods of consumption in Agricultural Crops

Hoshang khosravi¹

Abstract

Paying attention to the issue of food security and community health and the importance of organic products consumption has increased the use of biofertilizers in recent decades. Biofertilizer is a product containing beneficial microorganisms that increases growth and supply of required elements for plants through various mechanisms. Plant growth promoting rhizobacteria such as *Pseudomonas* and molecular nitrogen fixers such as *Rhizobium*, *Azotobacter* and *Azospirillum* are the most important microorganisms used in biofertilizers production. The most important producers of biofertilizers include Europe, Australia, Brazil, Canada, China, India, Russia and the United States. In Iran, the production and consumption of biofertilizers has flourished and is developing in the last two decades. So far, a single global standard for quality control and application of biofertilizers has not been developed, however, in some countries, including Iran, standards and guidelines have been developed in this field. Biofertilizers are mainly produced in powder, liquid and granule forms. The main method of using biofertilizers for most agricultural crops is seed inoculation, however, seed immersion, seedlings, cuttings or saplings is also used. Fertigation can also be used for some fertilizers in surface, drip, sprinkler and underground irrigation systems. Soil application is recommended for use in orchards. Foliar application can also be used for some biofertilizers in agricultural and horticultural crops.

Keywords: Inoculum, Growth promoter, Seed inoculation.

1. Member of Scientific Board Soil and water Research institute, karaj, iran.
khosravi@areeo.ac.ir

کودهای زیستی: ترویج، توصیه و روش‌های مصرف در محصولات کشاورزی

هوشنگ خسروی^{۱*}

تاریخ دریافت: ۱۶ آذر ۱۴۰۰

تاریخ پذیرش: ۱۵ اردیبهشت ۱۴۰۱

چکیده

توجه به موضوع امنیت غذایی و سلامت جامعه و اهمیت دادن به مصرف محصولات ارگانیک باعث افزایش استفاده از کودهای زیستی در دهه‌های اخیر شده است. کود زیستی، فرآورده‌ای حاوی ریزجانداران مفیدی است که از طریق سازوکارهای مختلف، موجب افزایش رشد و تأمین عناصر موردنیاز گیاهان می‌شود. باکتری‌های محرک رشد گیاه مانند سودوموناس و تثبیت‌کنندگان نیتروژن مولکولی مانند ریزوبیوم، از توپاکتر و آزوسپیریلوم از مهم‌ترین ریزجانداران مورد استفاده در تولید کودهای زیستی هستند. تولیدکنندگان عمده کودهای زیستی شامل اروپا، استرالیا، برزیل، کانادا، چین، هندوستان، روسیه و آمریکا هستند. در ایران نیز تولید و مصرف کودهای زیستی در دو دهه اخیر رونق یافته و در حال توسعه است. تاکنون استاندارد واحد جهانی برای کنترل کیفی و مصرف کودهای زیستی تدوین نشده است با این حال در برخی کشورها از جمله ایران استانداردها و دستورالعمل‌هایی در این زمینه تدوین شده است. کودهای زیستی عمدتاً به شکل‌های پودری، مایع و گرانول تولید می‌شوند. روش عمده مصرف کودهای زیستی برای اکثر محصولات کشاورزی به صورت بذر مال بوده با این حال غوطه‌ورسازی بذر، نشاء، قلمه یا نهال نیز کاربرد دارد. کودآبیاری در سیستم‌های آبیاری سطحی، قطره‌ای، بارانی و زیرزمینی نیز برای برخی از کودهای زیستی قابل استفاده است. برای استفاده در باغات، مصرف در خاک به صورت چال کود و یا کانال کود توصیه می‌شود. محلول پاشی نیز برای بعضی از کودهای زیستی در محصولات زراعی و باغی قابل استفاده است.

کلیدواژه‌ها: کودهای زیستی، مایه تلقیح، محرک رشد، بذر مال.

مقدمه

نیاز جوامع به غذا سالیانه در حال افزایش بوده و برآوردها نشان می‌دهد که برای تغذیه بشر

۱. عضو هیأت علمی و دانشیار پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران.

* نویسنده مسئول: (hkhosravi@areco.ac.ir)

نسبت به قرن گذشته به افزایش ۱۰۰ درصدی تولید محصولات کشاورزی نیاز است. مصرف کودهای شیمیایی یکی از راه‌های مرسوم برطرف کردن نیاز تغذیه‌ای محصولات کشاورزی بوده و از پرمصرف‌ترین نهاده‌های کشاورزی در تولید محصول می‌باشند. گرچه کودهای شیمیایی به‌آسانی و به‌سرعت عناصر موردنیاز گیاه را تأمین نموده و موجبات رشد آن را فراهم می‌کنند با این حال، از پتانسیل آلوده‌سازی بالایی برخوردار بوده به‌طوری‌که استفاده از آن‌ها موجب افزایش گازهای گلخانه‌ای، افزایش جذب فلزات سنگین توسط محصولات کشاورزی و اثرات منفی بر جامعه میکروبی خاک می‌شوند. مصرف بی‌رویه و نامتعادل کودهای شیمیایی باعث آلودگی آب و خاک شده و درنهایت موجب مسمومیت انسان، دام و آبزیان می‌شوند. بر این اساس، تقاضا برای محصولات ارگانیک روند افزایشی به خود گرفته است؛ بنابراین ارائه راهکارهای مبتنی بر توسعه پایدار و توجه به حفظ سلامت محیط‌زیست برای افزایش تولید محصولات کشاورزی امری ضروری است.

یکی از روش‌های افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده از پتانسیل ریزجانداران مفید خاکی است. کودهای زیستی فرآورده‌هایی هستند که حاوی تعداد مناسبی از یک یا چند ریزجاندار مفید و یا متابولیت‌های حاصل از فعالیت آن‌ها می‌باشند. کودهای زیستی قادرند بخشی از نیازهای گیاه به یک و یا چند عنصر را تأمین و یا موجب افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌هایی همانند شوری، خشکی، سرما و عوامل بیماری‌زای گیاهی شوند. کودهای زیستی به اشکال مایع، جامد، یا نیمه جامد تهیه شده و به‌صورت تلقیح به بذر، نشاء، قلمه، مصرف در آب آبیاری، مصرف خاکی و محلول پاشی در خزانه و گلخانه و مزرعه استفاده می‌شوند. کود زیستی یک اصطلاح کلی است با این حال مایه تلقیح نیز اصطلاحی در زیرمجموعه کودهای زیستی است که معمولاً حاوی ترکیبات مؤثر همراه دیگری نیستند و فقط شامل سویه‌ای خالص از یک یا چند ریزجاندار مفید هستند که به گیاه یا خاک تلقیح می‌شوند. مایه‌تلقیح‌های ریزوبیومی، محرک رشد گیاه و قارچ‌های میکوریزی از نمونه‌های مشهور کودهای زیستی هستند. در این مقاله، به همه این انواع، کود زیستی اطلاق می‌شود. اگرچه کودهای زیستی قادر نیستند جایگزین همه کود موردنیاز گیاه شوند اما انتظار می‌رود به‌عنوان یک مکمل در کنار کودهای شیمیایی بتوانند بخشی از نیاز گیاه را تأمین و مقداری از مصرف کودهای شیمیایی را کاهش دهند.

اولین کود زیستی با جداسازی باکتری‌های ریزوبیوم از گره‌های ریشه باقلا در سال ۱۸۹۶ در آمریکا و به‌صورت کشت آگاری در ظروف شیشه‌ای بسته‌بندی و به بازار عرضه شد. هم‌اکنون شرکت‌های چندملیتی وجود دارند که کودهای زیستی تولیدی خود را به سراسر جهان عرضه می‌کنند. امروزه کودهای زیستی در بسیاری از محصولات کشاورزی در دنیا مصرف شده که سبب افزایش محصول معادل ۲۵-۱۰ درصد می‌شوند به‌طوری‌که ارزش اقتصادی آن میلیاردها دلار در سال برآورد شده است. سازمان خواربار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، کودهای زیستی را به‌عنوان

یکی از منابع تأمین کننده عناصر غذایی گیاهان به رسمیت شناخته است. مواد همراه (حامل)^۱، ماده یا ترکیبی از مواد مختلف است که بتواند جمعیت ریزجاندار یا ریزجانداران موردنظر را در یک حد معین از زمان تولید تا مصرف، نگهداری نماید. از نظر وزنی و حجمی مواد همراه بخش عمده یک کود زیستی را تشکیل می‌دهد. مواد همراه همچنین مصرف کود زیستی را تسهیل و ماندگاری آن را افزایش می‌دهند. ماندگاری ریزجانداران در یک کود زیستی مسئله مهمی است و برای این منظور، مواد همراه می‌بایستی شرایط تنفسی، اسیدیته (حدود خنثی برای بیشتر باکتری‌ها) و میزان رطوبت (۴۵-۵۰ درصد) را برای بقای ریزجانداران فراهم نماید. مواد لازم برای تهیه همراه کود زیستی، بایستی به قدر کافی ریز بوده تا امکان ترکیب با سایر مواد را داشته باشد. همچنین pH مواد همراه بایستی بین ۷ تا ۷/۵، ظرفیت نگهداری آب مناسب، قابلیت استریل شدن و عاری از مواد سمی و مضر باشد. مواد همراه معمولاً قبل از تلقیح، به وسیله اتوکلاو، اشعه گاما و یا از طریق گاز حاصل از موادی (تدخین)^۲ مانند اکسید اتیلن و برمیدمتیل استریل می‌شوند. از رایج‌ترین مواد همراه یا نگهدارنده طبیعی برای تولید کود زیستی، انواع خاصی از تورب یا پیت است. پیت اغلب به اندازه کافی، هوا خشک نمی‌شود و لذا آسیاب کردن آن مشکل است. برای رفع این مشکل، می‌توان پیت را در دمای ۸۰ تا ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد حرارت داد. پیت معمولاً به قدری آسیاب می‌شود که حداقل از الک با سوراخ‌های ۰/۲۵ میلی‌لیتری عبور کند. 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، تالک، زغال‌سنگ، زغال چوب، انواع کمپوست، ملاس نیشکر، خاک اره، پودر چوب بلال ذرت، پودر سبوس و کاه گندم و برنج و آرد حبوبات استفاده می‌شود. برای افزایش ماندگاری ریزجانداران در یک کود زیستی می‌توان از ساکارز، گلوکز، مالتوز، ترهالوز، گلیسیرین و ملاس نیشکر و چغندر قند به عنوان مکمل استفاده نمود. استریل کردن مواد همراه کود زیستی به وسیله اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت و در حالت بسته‌های نیمه‌باز انجام می‌شود (Thompson, 1984). بسته‌بندی مایه تلقیح می‌تواند توسط اشعه گاما نیز استریل شود. این اشعه با مقدار ۵۰ کیلوگری (kGy) به راحتی از لایه نازک پلی‌اتیلنی بسته‌بندی مایه تلقیح عبور می‌کند. برخی کودهای زیستی در شرایط غیر استریل هم تولید می‌شوند. در حال حاضر در ایران، پرلیت به عنوان یک ماده معدنی قابل دسترس و ارزان به عنوان همراه مناسب برای تهیه اغلب کودهای زیستی جامد و پودری مورد استفاده دارد. بر روی یک بسته کود زیستی مشخصات نام محصول، ریزجانداران تشکیل‌دهنده، گیاهان هدف، تاریخ تولید و انقضای محصول، دستورالعمل و روش مصرف درج می‌شود. در این مقاله به وضعیت کودهای زیستی در جهان و ایران، استانداردهای موجود و چگونگی و روش مصرف انواع رایج کودهای زیستی پرداخته می‌شود.

1. Carrier
2. Fumigation

وضعیت کودهای زیستی در جهان و ایران

کودهای زیستی در نقاط مختلف جهان تولید می‌شوند. شرکت Rhizobacter در سال ۱۹۷۷ در آرژانتین احداث و برای بقولات مختلف کود زیستی ریزوبیوم تولید می‌کند و محصولات آن در ایالات متحده آمریکا، اروپا، آفریقا، آرژانتین، برزیل، بولیوی، پاراگوئه و اروگوئه مصرف می‌شود. شرکت Loveland، کودی ویژه مرکب از ریزجانداران، آنزیم‌ها، اسیدهای آلی و کلات کننده‌ها به نام Accomplish را تولید می‌کند که سبب توسعه ریشه، افزایش قابلیت جذب عناصر از کودها و خاک می‌شود. در کوبا شرکت Labiofam S.A. محصولی حاوی باکتری آزوسپیریلوم به نام Nitrofix تولید می‌کند که برای غلات مناسب است. سالانه حدود ۶۰ تا ۷۰ هزار تن کود زیستی در برزیل برای محصولات مختلف زراعی و باغی مصرف می‌شود. چندین شرکت بزرگ تولیدکننده در برزیل مشغول تولید کود زیستی هستند از جمله Embrafós و Biofosfatos که 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 برادری ریزوبیوم تلقیح می‌شود. اروپا بیش‌ترین رونق در بازار کودهای زیستی را به خود اختصاص داده است به طوری که درآمد آن در سال ۲۰۱۷ بالغ بر ۴۵۰۰ میلیون دلار برآورد شد. یکی از شرکت‌های بزرگ و درحال توسعه شرکت Symborg است که مخلوط میکروبی با جمعیت حدود 10^6 (CFU.gr⁻¹) به نام VitaSoil را تولید می‌کند که برای گیاهان باغی، گل و مرکبات، باغات انگور و سایر درختان میوه، غلات و تنباکو مصرف می‌شود. شرکت JSC روسیه نیز کود زیستی Azotobacterin را تولید می‌کند که حاوی Azospirillum brasilense B-4485 بوده و تا ۲۰ درصد عملکرد گندم، جو، ذرت، هویج، کلم و غیره را افزایش می‌دهد.

در قاره آفریقا به جز بخشی از آفریقای جنوبی، بقیه کشاورزان نسبت به مصرف کودهای زیستی مقاومت سرسختانه‌ای از خود نشان می‌دهند و قانع کردن آن‌ها به مصرف کودهای زیستی به جای کودهای شیمیایی کار مشکلی است. قابل ذکر است که کشاورزان در کشورهای درحال توسعه از آموزش‌های فنی لازم در مورد کشاورزی نوین برخوردار نبوده و بیشتر به انجام روش‌های سنتی تمایل دارند.

در بخش‌هایی از آسیا نیز اگرچه دولت‌ها ترغیب‌کننده کشاورزی پایدار هستند اما کشاورزان معمولاً در برابر تغییر عملیات کشاورزی سنتی مقاومت می‌کنند. یکی از شرکت‌های تولیدکننده کودهای زیستی ریزوبیومی شرکت Tokachi ژاپن است که سه محصول از جمله Mamezo 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 Biomax است که سه محصول عمده به نام‌های Biozink، Biomix و Biodine حاوی ریزجانداران تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده

فسفات، آهن، روی و منگنز تولید می‌کند که برای طیف وسیعی از گیاهان مورد استفاده قرار می‌گیرند. برآورد شده است که در بیش از ۱۰۰ هزار هکتار مزارع کشت ازگانیک هندوستان حدود ۱/۵ میلیارد دلار صرف کودها و آفت‌کش‌های زیستی شده است. در چین نیز از سال ۱۹۹۶ کودهای زیستی توسط وزارت کشاورزی این کشور به ثبت رسیده است به طوری که هم‌اکنون صدها محصول در شرکت‌های مختلف تولید می‌شوند. شرکت CBF ("China Bio-Fertilizer AG") محصولی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفر و پتاسیم است که سبب افزایش ۳۰ درصدی محصول و کاهش ۳۰ درصدی مصرف کودهای شیمیایی می‌شود. اولین کود زیستی مورد استفاده در ایران، ریزوبیوم بنام تجاری نیتراژین بود که در سال ۱۳۴۰ به کشور وارد و در کشت سویا مصرف شد. در سال ۱۳۷۵ با ایجاد بخش تحقیقات بیولوژی خاک در مؤسسه تحقیقات خاک و آب، گام مؤثری در راه پژوهش کودهای زیستی در ایران برداشته شد. از اولین اقدامات این بخش، جداسازی، شناسایی و ارزیابی کارایی باکتری‌های ریزوبیوم بومی همزیست با سویا، نخود، لوبیا، باقلا، یونجه و عدس بود. در ادامه پژوهش‌ها، سویه‌های کارآمد ریزوبیوم طی آزمایش‌های گلخانه‌ای و مزرعه‌ای انتخاب شدند. فرمولاسیون و دانش فنی تولید انبوه این کودهای زیستی به بخش خصوصی واگذار شدند. اولین کود زیستی تولید داخل، کود زیستی ریزوبیوم سویا بود که تولید تجاری آن از سال ۱۳۷۹ آغاز و موجب قطع واردات آن از خارج گردید. برای محصولاتی مانند گندم، برنج و ذرت، مایه تلقیح‌هایی از باکتری‌های هم‌بار و آزادزی تثبیت‌کننده نیتروژن، حل‌کننده‌های فسفات و قارچ‌های میکوریزی تولید شده است. عناوین دانش‌های فنی کودهای زیستی که توسط مؤسسه تحقیقات خاک و آب تجاری‌سازی شده نشان داده شده است (جدول ۱). در دانشگاه‌های مختلف ایران نیز پژوهش‌های مختلفی در مورد کودهای زیستی انجام شده است؛ اما با توجه به اینکه معمولاً هر دانشگاه به‌طور مستقل عمل می‌کند لذا کارهای موازی زیادی مشاهده می‌شود همچنین هر کدام از آن‌ها از ریزجانداران مختلفی استفاده می‌کنند، لذا جمع‌بندی نتایج آن‌ها در سطح ملی به‌آسانی امکان‌پذیر نخواهد بود. امروزه انواعی از کودهای زیستی در شرکت‌های مختلف کشور تولید می‌شود که اسامی آن‌ها در سایت انجمن صنفی تولیدکنندگان فرآورده‌های آلی و زیستی کشاورزی ارائه شده است (<http://www.iapobp.ir>).

جدول ۱. مشخصات کودهای زیستی تجاری‌سازی شده تحت لیسانس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

ردیف	عنوان دانش فنی	محصول هدف
	مایه تلقیح ریزوبیوم سویا	سویا
	مایه تلقیح ریزوبیوم لوبیا	انواع ارقام لوبیا
	مایه تلقیح ریزوبیوم نخود	نخود ایرانی
	مایه تلقیح ریزوبیوم باقلا	باقلا
	کود زیستی فلاوایت	گندم
	مایه تلقیح ازتوباکتر فسفاتی	محصولات مختلف
	مایه تلقیح باکتری‌های تیوباسیلوس	محصولات مختلف
	کود زیستی قارچ‌های میکوریزی	محصولات مختلف

تدوین استاندارد کودهای زیستی در ایران

تاکنون برای کودهای زیستی یک استاندارد بین‌المللی و مورد توافق اکثر کشورها ارائه نشده است. با این حال، در برخی کشورها استانداردهای ملی و منطقه‌ای در این مورد تدوین شده است. در ایران با همکاری سازمان ملی استاندارد و مؤسسه تحقیقات خاک و آب برای برخی کودهای زیستی استانداردهایی تدوین شده است. براساس این استانداردها هر کدام از این کودها بایستی دارای ویژگی‌هایی باشند که تولیدکنندگان ملزم به رعایت آن‌ها می‌باشند. در زیر خلاصه‌ای از این استانداردها ارائه شده است. مشخصات کامل استانداردهای کودهای زیستی مختلف بر روی سایت سازمان ملی استاندارد ایران قرار دارد (<http://isiri.gov.ir/portal>).

استاندارد کودهای زیستی ریزوبیومی

ویژگی کودهای زیستی حاوی باکتری‌های ریزوبیوم براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۲۲۳۰۲)، در فرمولاسیون‌های جامد و مایع مطابق با جدول ۲ می‌باشد این ویژگی‌ها باید در تمام مدت تولید تا زمان انقضای محصول احراز شوند (بی‌نام ۲، ۱۳۹۶).

جدول ۲. ویژگی‌های کودهای زیستی ریزوبیومی

ردیف	ویژگی	حد قابل قبول
۱	جامد (در گرم)	حداقل $10^7 \times 5$
۲	تعداد باکتری مایع (در میلی لیتر)	حداقل $10^7 \times 1$
۳	کارایی	ایجاد گره‌های فعال تثبیت کننده نیترژن
۴	آلودگی میکروبی بر روی محیط کشت گلوگز-پپتون آگار	در رقت 10^{-5} هیچ آلودگی مشاهده نشود

استاندارد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه

ویژگی کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۲۲۳۰۵)، مطابق جدول ۳ می‌باشد. این ویژگی‌ها باید در تمام مدت تولید تا زمان انقضای محصول احراز شوند (بی‌نام ۳، ۱۳۹۶).

جدول ۳. ویژگی‌های موجود در کود زیستی افزایش‌دهنده رشد گیاه

ردیف	ویژگی	حد قابل قبول
۱	شناسایی	طبق ادعای تولیدکننده در حد جنس و گونه و براساس روش مولکولی rRNA ۱۶S
۲	تعداد باکتری	حد اقل 5×10^6 CFU.g ⁻¹ حد اقل 1×10^6 CFU.ml ⁻¹ حد اقل 1×10^5 CFU.g ⁻¹
۳	آلودگی میکروبی	پودری مایع گرانول در رقت 10^{-6} هیچ‌گونه آلودگی مشاهده نشود

استاندارد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات

ویژگی کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۲۲۳۰۱)، باید مطابق جدول ۴ باشد. این ویژگی‌ها نیز بایستی تا انقضای محصول باقی بمانند (بی‌نام ۴، ۱۳۹۶).

جدول ۴. ویژگی‌های کودهای زیستی حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات

ردیف	ویژگی	حد قابل قبول
۱	شناسایی	طبق ادعای تولیدکننده در حد جنس و گونه و زیرگونه (در صورت اعلام، توسط تولیدکننده)
۲	کارایی حل‌کنندگی فسفات	ایجاد هاله شفاف با ۲/۵ برابر قطر کلنی در محیط جامد حد اقل 5×10^6
۳	تعداد باکتری حل‌کننده فسفات	پودری مایع حد اقل 1×10^6

استاندارد کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تیوباسیلوس

ویژگی کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تیوباسیلوس براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۲۲۳۰۲)، باید مطابق جدول ۵ باشد. این ویژگی باید در تمام مدت تولید تا انقضای محصول احراز شوند (بی‌نام ۱، ۱۳۹۶).

ردیف	ویژگی	حد قابل قبول
۱	تعداد باکتری تیوباسیلوس	حداقل 10^6 CFU.g ⁻¹ یا 10^6 CFU.ml ⁻¹

استاندارد کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزی

ویژگی کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزی نوع پودری یا مایع که به صورت مصرف خاکی مورد استفاده قرار می‌گیرند. براساس استاندارد ملی ایران (شماره ۲۳۳۰۴)، بایستی حداقل ۱۰۰ عدد اندام فعال در واحد وزن (g) یا واحد حجم (ml) داشته باشند. در نوع پودری یا مایع که به صورت بذرمال مورد استفاده قرار می‌گیرند بایستی حاوی ۸۰۰ عدد اندام فعال در واحد وزن (g) یا واحد حجم (ml) و یا میزان اندام فعال قارچ اضافه شده به بذر مورد نیاز برای هر هکتار حداقل ۴۰۰۰۰۰ عدد باشد (بی نام ۵، ۱۳۹۶).

ویژگی جنس و نوع ماده بسته بندی کودهای زیستی

جنس و نوع ماده بسته بندی و فضای موجود در آن بایستی طوری باشد که براساس استاندارد ملی ایران تا پیش از تاریخ انقضاء تعداد لازم ریزجانداران مورد نظر را داشته باشد. ظرف بسته بندی باید به نور و رطوبت غیرقابل نفوذ باشد همچنین ماده مورد استفاده در بسته بندی بایستی قابلیت استریل شدن توسط اتوکلاو و یا اشعه گاما را داشته باشد. امروزه مواد پلاستیکی و پلی اتیلنی استفاده زیادی در بسته بندی کودهای زیستی دارند. پلی اتیلن، قابلیت تبادل هوای مناسبی داشته به طوری که اجازه خروج CO_2 و ورود O_2 را به داخل کود زیستی می‌دهد. در استرالیا پلی اتیلن با ضخامت ۰/۰۵-۰/۳۸ میلی متر استفاده می‌شود و به وسیله اشعه گاما استریل می‌شوند. مقاومت پلی اتیلن نسبت به از دست رفتن رطوبت بیشتر از تبادل هوا است به طوری که در دمای ۲۶ درجه سانتی گراد در یک دوره شش ماهه در انواع مواد همراه پیت، حدود ۴۰ تا ۵۰ درصد رطوبت آن از دست می‌رود. در هر حال برای رفع این مشکل می‌توان از پلی اتیلن یا پروپیلن های ضخیم تر نیز استفاده کرد. البته باید توجه کرد که پلی پروپیلن برخلاف پلی اتیلن در برابر اشعه گاما آسیب می‌بیند و برای این منظور مناسب نیست. در هندوستان از نایلون های پلی اتیلنی با ضخامت ۰/۴ میلی متر استفاده می‌شود که به علت ضخامت بیشتر می‌توان آن را با اتوکلاو استریل نمود. برای کاهش صدمه به نایلون در اتوکلاو از فشار ۱۰ به جای ۱۵ اتمسفر استفاده می‌شود. با توجه به اینکه حرارت، موجب کاهش نفوذ پذیری هوا می‌شود توصیه می‌شود قبل از بستن نایلون آن را از هوا پر کرده یا با ایجاد یک دریچه عمل هوادهی آن بعد از اتوکلاو و سرد شدن انجام شود.

کنترل کیفی کودهای زیستی

برای ارائه یک کود زیستی با کیفیت، مؤلفه‌هایی شامل ارائه‌دهنده دانش فنی، تولیدکننده کود زیستی و نهاد دولتی مربوطه که حامی و ناظر است دخیل هستند. کنترل کیفیت کودهای زیستی با دقت و به‌طور مداوم انجام شود. بعضی از آزمایش‌های کمی و کیفی شامل کشت از نظر آلودگی‌های میکروبی، pH محیط کشت، رنگ‌آمیزی گرم، کشت خطی بر روی محیط کشت جامد و مشاهده سلول زنده یا شمارش کلنی و همچنین مراجعه به استانداردهای مربوطه توصیه می‌شود.

نگهداری کودهای زیستی

کودهای زیستی لازم است در مکانی دور از نور مستقیم خورشید، خشک و خنک و ترجیحاً دمای ۱۰-۲۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شوند و دقت شود تا دچار یخ‌زدگی نشوند. انواع فریز-خشک نیز نبایستی در فریزر نگهداری شوند؛ یخچال یا دمای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد باعث از بین رفتن ریزوبیوم و کاهش تعداد آن‌ها در کود زیستی می‌شود. مواد شیمیایی و سموم در سطح بذر ممکن است در هنگام مصرف کودهای زیستی باعث کاهش کیفیت آن‌ها شوند. اختلاط بذر و مایه تلقیح نباید با استفاده از وسایل اختلاط‌کننده و ظروفی که قبلاً از آن برای علف‌کش‌ها، قارچ‌کش‌ها، آفت‌کش‌ها و همچنین مواد شیمیایی حاوی غلظت زیاد روی و جیوه یا کودهای شیمیایی حاوی مولیبدن، روی و منگنز استفاده شده صورت گیرد. معمولاً کودهای زیستی با مواد همراه جامد حدود شش ماه دوام دارند. در انواع مایع می‌توان مواد غذایی و محافظت‌کنندگان از سلول به آن‌ها اضافه و در نتیجه ماندگاری ریزجانداران را افزایش داد به طوری که انواع کودهای زیستی مایع تا دو سال نیز ماندگاری دارند و از این‌رو انواع مایع قیمت بالاتری نسبت به انواع جامد دارند.

روش‌های مصرف کودهای زیستی

کودهای زیستی به اشکال مایع، پودری، گرانول، ژله‌ای، چیپس مانند یا فریز-خشک، فرموله می‌شوند. جمعیت ریزجانداران معمولاً برحسب کیلوگرم یا گرم برای انواع کودهای زیستی جامد و میلی‌لیتر یا لیتر برای انواع مایع توصیه می‌شوند. کودهای زیستی به صورت آغشته کردن بذر، غوطه‌ور کردن ریشه، نهال یا قلمه، تلقیح خاکی، مصرف در آب آبیاری (کودآبیاری) و یا به صورت محلول‌پاشی مصرف می‌شوند. در مورد کودهای زیستی ریزوبیومی، ضرورت تلقیح معمولاً در مواردی است که سابقه کشت بقولات موردنظر در منطقه وجود نداشته و یا اینکه در طی چهار سال گذشته در مزرعه موردنظر کشت نشده و یا یک گیاه جدید کشت شود. اگر یک‌سویه جدید و مؤثر از ریزوبیوم موردنظر است تلقیح با سویه جدید ضروری خواهد بود. شرایط اسیدی یا قلیایی خاک، خشکی، گرما و شوری هم شرایط را برای بقای ریزوبیوم محدود می‌کند و این مسئله احتمالاً سبب

ضروری شدن تلقیح خواهد شد.

مصرف کودهای زیستی به روش بذر مال

معمول‌ترین، مؤثرترین و اقتصادی‌ترین شیوه کاربرد کودهای زیستی روش تلقیح بذری یا بذر مال کردن است. در کودهای زیستی با مواد همراه جامد و پودری همانند پرلیت که چسبندگی آن‌ها به سطح بذر کم است معمولاً نیاز است که قبل از تلقیح، سطح بذر به وسیله یک ماده چسباننده مناسب آغشته شود. از مواد چسباننده مناسب برای این منظور می‌توان به صمغ عربی^۱، صمغ سلولز (کربوکسیل-متیل سلولز)^۲، سلفاز A (متیل سلولز)، پلی وینیل پیرویدون (PVP)^۳، روغن‌های گیاهی و محلول شکر اشاره کرد. در کودهای زیستی به صورت مایع معمولاً به ماده چسباننده نیازی نیست. اشعه‌های نور خورشید ممکن است برای باکتری مضر باشد؛ لذا بهتر است اختلاط بذر با کود زیستی در سایه انجام شود. نحوه اختلاط بذر، ماده چسباننده و کود زیستی با توجه به مقدار سطح کشت و یا مقدار بذر مورد استفاده متفاوت خواهد بود. عمل تلقیح در سطح یک تا دو هکتار را می‌توان به روش دستی و در پلاستیک‌های خیاری یا سطل انجام داد بدین روش که ابتدا بذر و ماده چسباننده باهم مخلوط و پس از به هم زدن کافی، کود زیستی نیز اضافه خواهد شد. پس از اختلاط کامل و اطمینان از اینکه کود زیستی تقریباً به‌طور یکنواخت روی سطح بذور توزیع شده است بذور تلقیح شده قبل از کاشت، در سایه پهن شده و حدود یک ساعت هوادهی انجام می‌شود. در صورتی که سطح زیر کشت بیش از دو هکتار باشد به علت حجم زیاد بذور می‌توان از دستگاه‌های کارنده استفاده کرده و کود زیستی، محلول چسباننده و بذور را در مخازن مخصوص ریخته تا پس از اختلاط، عملیات کاشت انجام شود. در مایه‌تلقیح‌های براساس پیت یا فریز-خشک، بهتر است به‌صورت آبکی و دوغاب استفاده شود؛ معمولاً آب باران و آب آشامیدنی برای این منظور مناسب است. در مواردی از یک ماده پوشاننده بر روی سطح بذر پیش تلقیح شده استفاده می‌شود. در هنگام نگهداری، انتقال و تلقیح، از قرار دادن کود زیستی در محیط گرم می‌بایستی خودداری شود. همچنین از اختلاط کود زیستی با هرگونه سموم و کودهای شیمیایی می‌بایستی اجتناب شود. روش بذر مال برای انواع حبوبات، غلات، دانه‌های روغنی، گیاهان علوفه‌ای، گیاهان علفی و گیاهان زینتی کاربرد دارد. در برنج‌کاری در مرحله تولید نشا مقدار ۲ کیلوگرم کود زیستی با ۶۰ لیتر آب (اگر مثلاً ۶۰ کیلوگرم بذر مصرف می‌شود) با بذور مخلوط و به مدت ۲۴ ساعت خیسانده و کشت می‌شوند. برای اختلاط بذر و کود زیستی می‌توان از مخلوط‌کن‌های مختلف دستی و برقی استفاده نمود (شکل‌های ۱ و ۲).

1. Arabic gum

2. Carboxymethyl cellulose (CMC)

3. Polyvinylpyrrolidone



شکل ۱. مخلوط‌کن‌های دستی و برقی-دستی



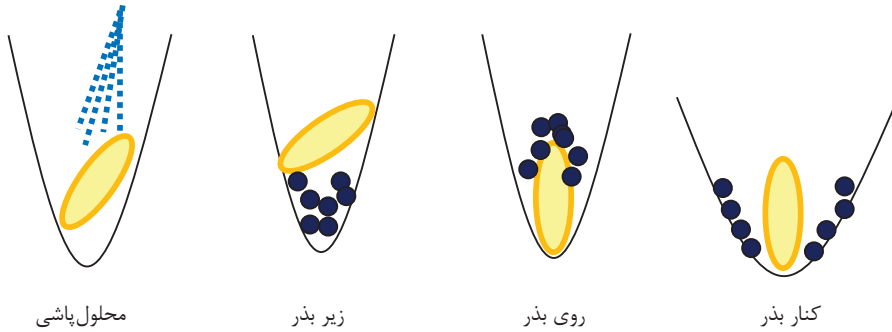
شکل ۲. نحوه اختلاط کود زیستی و بذر به وسیله مخلوط‌کن دستی

مصرف کودهای زیستی به روش غوطه‌ورسازی

در این روش، بذر، نشاء، قلمه یا نهال در درون کود زیستی، غوطه‌ور می‌شود. این روش برای کودهای با فرمولاسیون مایع به علت امکان ایجاد سطح تماس بیشتر مناسب‌تر از انواع پودری و جامد هستند. با این حال، برای استفاده از روش غوطه‌ورسازی در مورد انواع پودری و جامد هم می‌بایستی به طریقی به صورت سوسپانسیون درآیند. برای موفقیت بیشتر، بهتر است نشاء، نهال یا قلمه، مدت زمان بیشتری در درون مایه تلقیح نگهداری شوند تا فرصت بیشتری برای امکان استقرار ریزجانداران و موفقیت تلقیح فراهم شود. معمولاً ۵۰۰ گرم کود زیستی با ۲/۵ لیتر آب مخلوط و قبل از انتقال نشاء به زمین اصلی استفاده می‌شود. مدت زمان نگهداری نشاء سبزی‌ها در سوسپانسیون کود زیستی ۱۵ تا ۳۰ دقیقه و برای نشاء برنج ۸ تا ۱۲ ساعت توصیه می‌شود. برای جلبک‌های سبز-آبی (سیانوباکتری‌ها) به مقدار ۱۰ کیلوگرم در هکتار یک هفته پس از نشاء انجام می‌شود.

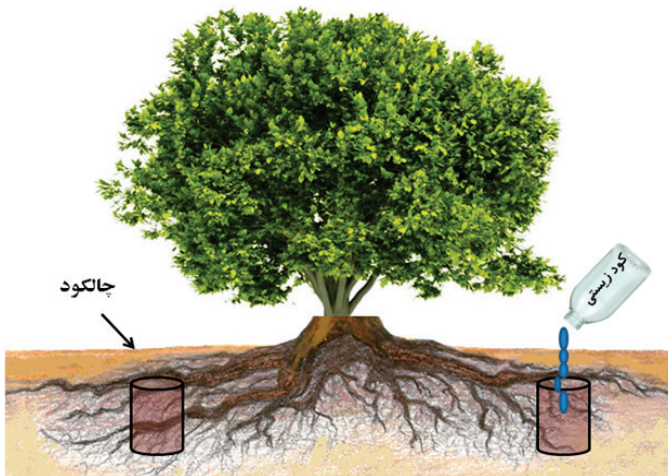
مصرف کودهای زیستی به روش کاربرد در خاک

مصرف کودهای زیستی در محصولات زراعی به روش کاربرد مستقیم در خاک کمتر معمول است زیرا مقادیر زیادی کود زیستی مورد نیاز است؛ با این حال می‌توان کودهای زیستی را به نسبت چهار درصد در مخلوط با کودهای آلی به صورت خاکی مصرف نمود. الگوی مصرف کودهای زیستی با توجه به نوع توصیه می‌تواند به اشکال مختلف انجام شود (شکل ۳).



شکل ۳. روش‌های تلقیح کود زیستی در مصرف خاکی

مصرف خاکی کودهای زیستی برای درختان کاربردی‌تر است. مصرف خاکی کودهای زیستی برای انواع درختان میوه، بقولات درختی و درختان برای زراعت چوب قابلیت کاربرد دارند. در انواعی که به صورت مایع در خاک مصرف می‌شوند مقدار مورد نظر کود زیستی در ۵۰ تا ۱۰۰ لیتر آب شرب با pH حدود خنثی، سوسپانسیون شده و در سطح یک هکتار خاک توزیع می‌شود. مقدار توصیه شده کود زیستی را می‌توان به روش چال کود یا کانال کود استفاده کرد (شکل‌های ۴ و ۵).



شکل ۴. مصرف کود زیستی در چال کود



شکل ۵. مصرف کود زیستی در کانال کود

مصرف کودهای زیستی به روش محلول پاشی

یکی دیگر از روش‌های مصرف کودهای زیستی، محلول پاشی بر روی اندام هوایی گیاه است. محلول پاشی بهتر است که در طی چند مرحله صورت گیرد. در انواعی از کودهای زیستی، ممکن است باکتری توسط سانتریفیوژ، خالص شده و در یک محلول غذایی یا سرم فیزیولوژیک، سوسپانسیون شده و سپس بر روی گیاه محلول پاشی شود. با این حال، عمده کودهای زیستی مورد استفاده برای محلول پاشی، فاقد سلول زنده ریزجانداران بوده و معمولاً حاوی عصاره‌ای از اسیدهای آمینه، هورمون‌ها، عناصر غذایی و سایر متابولیت‌های حاصل از فعالیت ریزجانداران می‌باشند. برای این کار ابتدا مقدار آب مصرفی برای محلول پاشی مزرعه محاسبه و سپس با استفاده از سم پاش این کار انجام می‌شود. محلول پاشی با کودهای زیستی حاوی باکتری‌های محرک رشد گیاه معمولاً در دو تا سه مرحله قبل از گل‌دهی توصیه می‌شود. در روش محلول پاشی، به لحاظ اقتصادی می‌بایست کود مورد نظر رقیق شود. بر اساس جمعیت ریزجانداران مؤثر موجود در کود، رقیق‌سازی تا صد مرتبه مجاز است. عملیات محلول پاشی بهتر است در بعدازظهر و هنگام غروب آفتاب انجام شود تا از تأثیرات منفی امواج ماوراءبنفش نور خورشید جلوگیری شده و همچنین از فرصت کافی برای نفوذ به برگ برخوردار باشد. در مورد مصرف کودهای زیستی به روش محلول پاشی در باغات، معمولاً یک لیتر از کود زیستی برای یک هکتار مصرف می‌شود.

مصرف کودهای زیستی به روش کودآبیاری

وارد کردن هر نوع ماده شیمیایی محلول در آب و یا قابل سوسپانسیون شدن از جمله کودهای

شیمیایی، آلی و زیستی همراه با آب آبیاری، کودآبیاری^۱ نامیده می‌شود. این روش می‌تواند در سیستم‌های آبیاری سطحی، قطره‌ای، بارانی و زیرزمینی استفاده شود. البته همه اشکال کودهای زیستی برای استفاده در آب آبیاری مناسب نیستند. معمولاً کودهایی که به صورت مایع بوده و حلالیت خوبی در آب دارند و یا انواع جامد قابل حل به همراه آب آبیاری مصرف شوند. لازم به ذکر است که فقط حالت فیزیکی کود، تعیین کننده روش مصرف نیست زیرا برخی از کودهای زیستی می‌بایست حتماً به صورت بذر مال استفاده شوند تا مقدار کافی از ماده مؤثره یا ریزجاندار در مجاور هر بذر یا ریشه گیاه مستقر شود. مصرف کودهای زیستی به روش کودآبیاری در مورد انواعی که به صورت استفاده در خاک توصیه شده‌اند عملی‌تر است. اگر کود زیستی موردنظر به صورت محلول‌پاشی مصرف می‌شود کودآبیاری به روش بارانی مناسب‌تر و به هدف موردنظر نزدیک‌تر خواهد بود. در مورد درختان اگر کود زیستی در چال کود و یا کانال کود توصیه شده است کودآبیاری به روش قطره‌ای و یا زیرزمینی می‌تواند روش مناسبی باشد.

توصیه کودهای زیستی در کشورهای مختلف

توصیه کودهای زیستی ریزوبیومی در استرالیا

مقدار کود زیستی ریزوبیوم توصیه شده در استرالیا برای بقولات با بذر ریز (یونجه و شبدر) یک کیلوگرم و برای بقولات با بذر متوسط (عدس، ماش، ماشک و خلر) ۲۰۰ و برای انواع بذر درشت (باقلا، نخود، بادام‌زمینی و لوبیا) ۴۰۰ گرم کود زیستی به ازای حداکثر ۱۰۰ کیلوگرم بذر توصیه شده است. لازم به ذکر است جمعیت استاندارد کود زیستی ریزوبیوم در استرالیا 10^9 سلول در گرم یا میلی‌لیتر کود زیستی است. مقادیر توصیه شده ریزوبیوم در هنگام کاشت بقولات دانه‌ای برای انواع دانه درشت (باقلا، نخود و لوبیا) 10^5 ، برای انواع دانه‌ریز (ماش و عدس) 10^4 ، برای بقولات مرتعی دانه‌متوسط (شبدر و یونجه) 10^3 ، برای بقولات مرتعی دانه‌ریز مثل شبدر سفید 5×10^2 سلول باکتری ریزوبیوم به ازای هر بذر محاسبه می‌شود. استاندارد حداقلی برای کودهای زیستی ریزوبیومی در استرالیا در جدول ۶ ارائه شده است.

جدول ۶. استاندارد حداقلی برای کودهای زیستی ریزوبیومی در استرالیا

ردیف	حالت کود زیستی	واحد شمارش	شمارش بلافاصله بعد از تولید	شمارش در طی دوره ماندگاری	شش ماه پس از تولید
۱	پیت	$(CFU.g^{-1})$	$\geq 1 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^8$	1×10^6
۲	مایع	$(CFU.ml^{-1})$	$\geq 5 \times 10^9$	$\geq 1 \times 10^9$	۶
۳	گرانول	$(MPN.ha^{-1})^{**}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	$\geq 1 \times 10^{10}$	۶
۴	فریز-خشک	$(CFU.vial)$	$\geq 1 \times 10^{12}$	$\geq 5 \times 10^{11}$	۶

*MPN: Most Probable Number; **CFU: Colony Forming Unit

1. Fertigation

۹۲ درصد کودهای زیستی ریزوبیومی در استرالیا در مواد همراه از نوع پیت، ۵ درصد گرانول و ۳ درصد به صورت فریز-خشک عرضه می‌شوند. بسته‌های کود زیستی ریزوبیوم در استرالیا با توجه به نوع و اندازه بذر از ۲۵۰ تا ۲۵۰۰ گرم متغیر هستند.

توصیه کودهای زیستی ریزوبیومی در کانادا

مقادیر کودهای زیستی ریزوبیوم در کانادا برای انواع بذور درشت، متوسط و ریز به ترتیب تعداد ۱۰^۵، ۱۰^۴ و ۱۰^۳ سلول باکتری ریزوبیوم به ازای هر بذر توصیه شده است.

توصیه کودهای زیستی در چین

در چین برای کشت برنج، قبل از انتقال نشاءها به زمین اصلی، آن‌ها را به مدت ۱۵-۱۰ دقیقه در کود زیستی غوطه‌ور می‌کنند و مجدداً ۳-۱/۵ لیتر در هکتار بر روی سطح خاک و آب شلتوک مصرف می‌شود. برای گندم یک شب بذرها در کود زیستی خیسانده شده و همچنین در مرحله داشت، ۳-۱/۵ لیتر در هکتار از کود زیستی بر روی سطح برگ‌ها محلول‌پاشی می‌شود. برای سبزی‌ها کودهای زیستی به صورت جامد را در ردیف‌ها یا چاله‌های کشت مصرف کرده و یا به صورت سرک مصرف می‌شود. برای سبزی‌های برگی مانند اسفناج، کرفس و کلم و سبزی‌های ریشه‌ای مانند سیب‌زمینی، زنجبیل و سیر ۳/۷۵ تا ۱۵ کیلوگرم در هکتار و برای سبزی‌های میوه‌ای همانند خیار، گوجه، بادمجان و خربزه ۷/۵ کیلوگرم در هکتار بکار می‌رود. در درختان میوه با باردهی هر درخت ۵۰، ۱۰۰-۵۰ و بیشتر از ۱۰۰ کیلوگرم به ترتیب ۲۰-۱۰، ۳۰-۲۰ و ۵۰-۳۰ گرم به ازای هر درخت مصرف می‌شود.

توصیه کودهای زیستی در هندوستان

مقدار و نحوه مصرف کودهای زیستی ازتوباکتر و آزوسپیریوم در هندوستان در جدول ۷ آمده است.

جدول ۷. مقدار و نحوه مصرف کودهای زیستی در هندوستان*

ریز جاندار	گیاه هدف
ازتوباکتر+آزوسپیریوم	گندم، جو، چاودار
آزوسپیریوم	برنج
ازتوباکتر	دانه‌های روغنی (خردل، کنجد، آفتابگردان، کرچک)
ازتوباکتر	ارزن
آزوسپیریوم	سورگوم و ذرت

* ۵۰۰ میلی‌لیتر در هکتار به صورت تلقیح بذری

توصیه کودهای زیستی در کنیا و اتیوپی

مقدار و نحوه مصرف کودهای زیستی در کنیا برای انواع ریزوبیومی به صورت گرانول ۲۵۰ گرم و به صورت پودری ۷۵ گرم در هکتار توصیه شده است. تعداد سلول باکتری ریزوبیوم 10^8 و برای ازتوباکتر، آزوسپیریلوم و باکتری‌های حل کننده فسفات تعداد 10^7 در گرم یا میلی لیتر مایه تلقیح به عنوان استاندارد تعیین شده است. مقدار توصیه کود زیستی ریزوبیوم برای محصولات مختلف در اتیوپی در جدول ۸ نشان داده شده است.

جدول ۸. مقدار توصیه کودهای زیستی ریزوبیومی در اتیوپی

نوع محصول و مقدار مصرف						مقدار کود زیستی (گرم)
عدس		سویا		باقلا		
به ازای سطح (هکتار)	به ازای بذر (کیلوگرم)	به ازای سطح (هکتار)	به ازای بذر (کیلوگرم)	به ازای سطح (هکتار)	به ازای بذر (کیلوگرم)	۵۰۰
۱	۸۴	۱	۸۰	۰/۵	۷۲	

توصیه کودهای زیستی در ایران

توصیه کودهای زیستی محرک رشد گیاه

از کودهای زیستی محرک رشد گیاه تحت لیسانس مؤسسه تحقیقات خاک و آب می توان به کود زیستی با نام تجاری فلاویت اشاره کرد. آزمایش‌های در مرحله پژوهشی در ۲۵ استان کشور، حاکی از میانگین افزایش ۱۵ درصدی عملکرد گندم در اثر استفاده از آن بوده است. این کود زیستی حاوی باکتری محرک رشد *Microbacterium sp* با جمعیت $(CFU.gr^{-1}) 10^7$ است که به روش بذر مال به مقدار یک لیتر به ازای هر ۱۰۰ کیلوگرم بذر گندم مصرف می شود. در جدول ۹ مقدار و طریقه مصرف کودهای زیستی محرک رشد گیاه حاوی باکتری ازتوباکتر و براساس منابع مختلف ارائه شده است.

جدول ۹. مقدار کود زیستی ازتوباکتر برای محصولات مختلف

منبع	نحوه مصرف	مقدار مصرف	جمعیت ازتوباکتر در کود زیستی	گیاه هدف
۱۳۷۷	بذر مال	یک میلی لیتر به ازای هر بذر	10^8 سلول در میلی لیتر	گندم (گلخانه)
خسروی و محمودی، ۱۳۹۲	بذر مال	۳۰ گرم در ۵۰ مترمربع	10^8 سلول در گرم	گندم دیم
۱۳۸۸	بذر مال	۳۰ گرم در ۶۰ مترمربع	10^8 سلول در میلی لیتر	گندم آبی
Khosravi و همکاران، ۲۰۰۹	خاک و نهال	۵۰ میلی لیتر به ازای هر نهال	10^7 سلول در میلی لیتر	نهال سیب
Jarak et al., ۲۰۰۶	خاک و بذر	۲۵ میلی لیتر در ۵ مترمربع یا ۳۰۰ گرم بذر	10^6 سلول در میلی لیتر	گندم
Milošević et al., ۲۰۱۲	بذر مال	۳۰ دقیقه آغشته به سوسپانسیون	10^8 سلول در میلی لیتر	گندم

توصیه کودهای زیستی حاوی باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن

از مهم‌ترین تثبیت‌کنندگان نیتروژن هوا می‌توان به باکتری‌های ریزوبیوم اشاره کرد که در ایران مقدار کود زیستی ریزوبیوم برای بقولات به‌طور کلی دو کیلوگرم در هکتار توصیه شده است. توصیه در انواع تجاری تولید داخل که حاوی باکتری‌های آزادزی و هم‌یار تثبیت‌کننده نیتروژن هستند در جدول ۱۰ ارائه شده است.

جدول ۱۰. مقدار مصرف و نوع باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن برای انواع کود زیستی تجاری در ایران

ردیف	نام تجاری	محصول هدف	نوع باکتری	جمعیت	مقدار مصرف	نحوه مصرف
	نیتروکارا	غلات، حبوبات، سبزی و صیفی	آزوریزوبیوم	۱۰ ^۷ سلول در گرم	۱۰۰-۱۰ گرم برای ۱۰۰ گرم بذر	بذر مال
	نیتروکارا	درختان میوه	آزوریزوبیوم	۱۰ ^۷ سلول در گرم	۲-۴ گرم برای هر درخت	اطراف ریشه
	نیتراژین	گندم و جو	ازتوباکتر+ آزوسپیریوم	۱۰ ^۸ سلول در میلی‌لیتر	۲-۴ لیتر	بذر مال
	بیوفارم	گندم و جو	ازتوباکتر+ آزوسپیریوم+ سودوموناس	۱۰ ^۸ سلول در میلی‌لیتر	۱-۲ لیتر در ۱۰۰ کیلوگرم بذر	بذر مال
	سوپر نیتروپلاس	غلات، حبوبات، سبزی و صیفی	آزوسپیریوم+ سودوموناس+ باسیلوس	۱۰ ^۸ سلول در میلی‌لیتر	۲-۴ لیتر در هکتار	بذر مال
	کارا	حبوبات، سبزی و صیفی	ازتوباکتر+ آزوسپیریوم	۱۰ ^{۱۰} سلول در گرم	۳۰۰ گرم برای هر ۳۰۰ گرم بذر	بذر مال
	نیتروکسین	غلات، سبزی و صیفی	ازتوباکتر+ آزوسپیریوم	۱۰ ^۷ سلول در میلی‌لیتر	۲-۴ لیتر بذر توصیه‌شده	بذر مال
	رشد افزا	محصولات مختلف	آزوسپیریوم+ سودوموناس+ باسیلوس	۱۰ ^۷ سلول در میلی‌لیتر	۲ لیتر برای هر هکتار	محلول پاشی
	سولفو بارور ۱	گیاهان زراعی و باغی	تیوباسیلوس	۱۰ ^۷ تا ۱۰ ^۸ سلول در گرم	هر ۵۰ کیلوگرم گوگرد یک بسته یک کیلوگرمی	در مزرعه به‌صورت سطحی و یا نواری در باغات ۱/۵ الی ۱ کیلوگرم برای هر درخت به‌صورت چال کود

توصیه کودهای زیستی حاوی قارچ‌های میکوریزی در ایران

در ایران یک نوع کود زیستی میکوریزی به نام میکوروت تحت لیسانس مؤسسه تحقیقات خاک و آب در مقیاس صنعتی تولید و برای محصولات مختلف توصیه شده است. متوسط جمعیت در این محصول حداقل ۳۰۰ واحد اندام فعال از گونه‌های مختلف قارچ میکوریزی وزیکولار-آربوسکولار (VAMF) ویژه محصولات زراعی و ۱۰۰ واحد اندام فعال ویژه محصولات باغی است. سویه‌های قارچ میکوریز در این محصول شامل *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum* با جمعیت 10^8 (CFU.gr⁻¹) - 10^7 است.

در زراعت برای گیاهان بذر درشت همانند باقلا، آفتابگردان و کدو ۱۰، گیاهان بذر متوسط همانند گندم، جو، ذرت، لوبیا ۲۰ و برای بذر ریزها همانند شبدر، یونجه و ارزن مقدار ۵۰ گرم مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی به صورت بذرمال مصرف می‌شود.

برای باغات احداث شده مقدار یک کیلوگرم در دو طرف هر درخت و در منطقه چال کود مصرف می‌شود. بهترین زمان کاربرد مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی برای احداث باغ‌های جدید در زمان کاشت نهال است. در این زمان می‌توان مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی را در کف حفره در نظر گرفته شده برای کاشت نهال اضافه کرده و پس از قرار دادن نهال در حفره و اطمینان از تماس مستقیم ریشه گیاه با مایه تلقیح، حفره را با خاک پر کرد. در خزانه و برای تکثیر از طریق بذر، قلمه و نهال مقدار ۲۰ کیلوگرم با یک مترمکعب از بستر خزانه مخلوط و مورد استفاده قرار می‌گیرد. برای احیاء و جوان‌سازی باغات فرسوده، مایه تلقیح قارچ‌های میکوریزی به صورت ژلاتینی یا پودری با کمک نازل‌های ویژه‌ای و با استفاده از فشار هوا در عمق ۶۰ الی ۱۰۰ سانتی‌متری خاک و در مجاور سیستم ریشه‌ای گیاه تزریق می‌شود. در روش دیگر، قارچ‌های میکوریزی را به همراه کودهای آلی در منطقه سایه‌انداز درختان به صورت چال کود یا کانال کود مورد استفاده قرار می‌دهند. برای احداث فضاهای سبز چمنی و ایجاد بستر مناسب برای گل‌ها و گیاهان زینتی و گیاهان پوششی، مقدار ۱۰۰ گرم به ازای هر مترمربع توصیه شده است. در گیاهان گلدانی به ازای هر لیتر حجم گلدان ۳۰ گرم مصرف می‌شود. میکوریز برای اسفناج، کلم، شلغم، ترب، تربچه، شاهی و خردل توصیه نمی‌شود.

نتیجه‌گیری

تا به امروز، استاندارد و روش کار واحدی برای توصیه، مصرف و کاربرد کودهای زیستی در دنیا ارائه نشده است. در برخی کشورها و ایران برای کودهای زیستی مختلف، دستورالعمل‌های منطقه‌ای تدوین شده است. در این مقاله، دستورالعمل‌های مختلف مصرف کودهای زیستی در دنیا و ایران بررسی و مرور شد.

منابع

- بی نام ۱. (۱۳۹۶). استاندارد ملی کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های تیوباسیلوس-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۶، سازمان ملی استاندارد ایران.
- بی نام ۲. (۱۳۹۶). استاندارد ملی کودهای بیولوژیک حاوی باکتری‌های ریزوبیوم-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۲، سازمان ملی استاندارد ایران.
- بی نام ۳. (۱۳۹۶). استاندارد ملی کودهای بیولوژیک حاوی ریزوباکتری‌های افزایشنده رشد گیاه-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۵، سازمان ملی استاندارد ایران.
- بی نام ۴. (۱۳۹۶). استاندارد ملی کودهای بیولوژیک مایه‌تلقیح‌های حاوی باکتری‌های حل‌کننده فسفات-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۱، سازمان ملی استاندارد ایران.
- بی نام ۵. (۱۳۹۶). استاندارد ملی کودهای بیولوژیک مایه‌تلقیح‌های حاوی قارچ‌های میکوریز آربسکولار-ویژگی‌ها و روش‌های آزمون. استاندارد ملی شماره ۲۲۳۰۴، سازمان ملی استاندارد ایران.
- خسروی ه. (۱۳۹۲). کودهای زیستی افزایشنده رشد گیاه در ایران: نقاط قوت و ضعف. نشریه مدیریت اراضی، (۱۱): ۳۳-۴۶.
- خسروی ه. (۱۳۹۳). (a) ازتوباکتر و نقش آن در مدیریت حاصلخیزی خاک. نشریه مدیریت اراضی، ۲(۲): ۷۹-۹۴.
- خسروی ه. (۱۳۹۳). (b) کاربرد کودهای زیستی حاوی ریزجانداران آزادی تثبیت‌کننده نیتروژن در کشاورزی. نشریه مدیریت اراضی، ۲(۱): ۱۴۹-۱۰۱.
- خسروی ه. و محمودی ح. (۱۳۹۲). بررسی اثرات مایه تلقیح ازتوباکتر به همراه کود دامی بر رشد گندم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار، ۳(۲): ۲۱۹-۲۰۵.
- خسروی ه. و همکاران. (۱۳۹۳). تأثیر مایه‌زنی جدایه‌های بومی ازتوباکتر بر عملکرد و شاخص‌های رشد گندم آبی در ایران. نشریه زیست‌شناسی خاک، ۲(۲): ۱۵۸-۱۴۹.
- خسروی ه.، صالح راستین ن. و محمدی م. (۱۳۷۹). بررسی فراوانی، انتشار و برخی خصوصیات فیزیولوژیک ازتوباکتر کروکوکوم در خاک‌های زراعی استان تهران. مجله خاک و آب، ۱۲(۷): ۹۶-۸۶.
- خسروی ه.، صالح راستین ن. و محمدی م. (۱۳۷۷). اثر تلقیح ازتوباکتر کروکوکوم به‌عنوان یک کود بیولوژیک بر رشد و عملکرد گندم. مجله خاک و آب، ۱۲(۵): ۸-۱.
- رجالی ف. (۱۳۹۶). آشنایی با قارچ‌های میکوریزی و کاربرد آن‌ها در اکوسیستم‌های مختلف. سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، معاونت ترویج، نشر آموزش کشاورزی.
- شمشیری پور م.؛ اصغرزاده ا.؛ اسدی رحمانی ه.؛ خاوازی ک.؛ اسمعیلی‌زاد ا.؛ همتی و. و تفتی ک. (۱۳۹۰). بررسی تأثیر محلول پاشی باکتری‌های فیلوسفری محرک رشد گیاه بر رشد و جذب عناصر غذایی در ذرت. مجله کشاورزی بوم‌شناختی ۲(۱): ۹۴-۸۴.
- قربانی نصرآباد ق. (۱۳۹۴). کودآبیاری. نشریه ترویجی شماره ۲۰۴، مدیریت هماهنگی ترویج کشاورزی.

- Bashan, Y., (۱۹۹۸). Inoculants of plant growth-promoting bacteria for use in agriculture. *Biotechnology advances*, 16(4), 729-770.
- Bashan, Y., de-Bashan, L.E., Prabhu, S.R. and Hernandez, J.P., (2014). Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant and soil*, 378(1), 1-33.
- Cirera, X. and Masset, E., (2010). Income distribution trends and future food demand. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 365(1554), 2821-2834.
- Drew, E., Herridge, D., Ballard, R., O'Hara, G., Deaker, R., Denton, M., Yates, R., Gemell, G., Hartley, E., Phillips, L. and Seymour, N., (2012). *Inoculating legumes: a practical guide*. Grains Research and Development Corporation.
- Forum for Nuclear Cooperation in Asia (FNCA). (2006). *Biofertilizer Manual*. FNCA Biofertilizer Project Group.
- García-Fraile, P., Menéndez, E. and Rivas, R., (2015). Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. *AIMS Bioeng*, 2(3), 83-205.
- Giri, S., and Pati, B. (2004). A comparative study on phyllosphere nitrogen fixation by newly isolated *Corynebacterium* sp. & *Flavobacterium* sp. and their potentialities as biofertilizer. *Acta microbiologica et immunologica Hungarica*, 51, 47-56.
- Jarak, M., R. Protio, S. Jankovio and J. Colo. (2006). Response of wheat to *Azotobacter-Actinomycet* inoculation and nitrogen fertilizers. *Romanian Agriculture Research*. 23: 37-41.
- Khosravi, H., Samar, S.M., Fallahi, E., Davoodi, H. and Shahabian, M., (2009). Inoculation of 'Golden Delicious' apple trees on M9 rootstock with *Azotobacter* improve nutrient uptake and growth indices. *Journal of plant nutrition*, 32(6), 946-953.
- Masson-Boivin, C. and Sachs, J.L., (2018). Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia—the roots of a success story. *Current opinion in plant biology*, 44, 7-15.
- Nagy, P.T. and Pintér, T., (2015). Effects of foliar biofertilizer sprays on nutrient uptake, yield, and quality parameters of Blaufrankish (*Vitis vinifera* L.) Grapes. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 46(sup1), pp.219-227.
- Thomas, L. and Singh, I., (2019). Microbial biofertilizers: types and applications. In *Biofertilizers for Sustainable Agriculture and Environment* (pp. 1-19). Springer, Cham.



- Thompson, J.A. (1984). Production and quality control of carrier legume inoculants. Internationals Crops Research Institute for the Semi-Arid Tropics (ICRISAT), Information Bulletin No. 17.
- USDA. (2015). Legume Seed Inoculation Plant Materials. Natural resource Conservation Service Technical Note, No: TX-PM-15.
- Westhoek, A., Field, E., Rehling, F., Mulley, G., Webb, I., Poole, P.S. and Turnbull, L.A., (2017). Policing the legume-Rhizobium symbiosis: a critical test of partner choice. *Sci Rep* 7: 1419.