حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک

(رهیافتی اگرواکولوژیک)

تدوین و ترجمه:

دکتر محسن جهان – دکتر مهدی نصیری محلاتی

اعضای هیأت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

۱۳۹۱

Press.um.ac.ir

سرشناسه : جهان، محسن، ۱۳۵۲ - ، گردآورنده، مترجم.
عنوان و نام پدید آور: حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک (رهیافتی اگرواکولوژیک)
تدوین و ترجمه محسن جهان، مهدی نصیری محلاتی.
مشخصات نشر : مشهد: دانشگاه فردوسی مشهد، ۱۳۹۱.
مشخصات ظاهری : ۲۵۰ ص.
فروست : انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد؛ شماره ۶۰۳.
شابک : (ISBN: 978-964-386-277-0)
وضعیت فهرست نویسی: فیپا.
یادداشت : کتابنامه: ص. ۲۲۹.
موضوع : خاک -- حاصلخیزی.
موضوع : کودهای زیستی.
موضوع : خاک -- باروری.
موضوع : خاک -- بوم‌شناسی.
شناسه افزوده : نصیری محلاتی، مهدی، ۱۳۳۸ - ، گردآورنده، مترجم.
شناسه افزوده : دانشگاه فردوسی مشهد.
رده‌بندی کنگره: ۱۳۹۱ ۲ ح ۹ ج / ۷ / S ۵۹۶
رده‌بندی دیویی: ۶۳۱/۴۲۲
شماره کتابخانه ملی: ۲۹۴۶۲۲۵

انتشارات، شمارهٔ ۶۰۳

حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک
(رهیافتی اگرواکولوژیک)

تدوین و ترجمه
دکتر محسن جهان ـ دکتر مهدی نصیری محلاتی
ویراستار علمی
دکتر امیر لکزیان

وزیری، ۲۵۰ صفحه، ۱۰۰۰ نسخه، چاپ اول، پاییز ۱۳۹۱
امور فنّی و چاپ: مؤسسهٔ چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد

بها: ۶۲۰۰۰ ریال

شابک ۰-۲۷۷-۳۸۶-۹۶۴-۹۷۸ ISBN: 978-964-386-277-0

Press.um.ac.ir

فهرست

پیشگفتار ۹
مقدمه ۱۱
جایگاه خاک و حاصلخیزی خاک در کشاورزی پایدار ۱۱
کودهای آلی و بیولوژیک ۱۲
تاریخچه‌ای پیرامون انواع کودها ۱۷
اهمیت تولید کودهای بیولوژیک به صورت بومی ۱۷
صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاربرد کودهای بیولوژیک ۱۷
سایر مزایای ناشی از کاربرد کودهای بیولوژیک ۱۸
کاربرد کودهای بیولوژیک در تولید گیاهان دارویی ۱۹

پیش‌درآمد ۲۳
حفاظت از منابع پایه کشاورزی ۲۶
فرسایش خاک، عامل عدم پایداری در کشاورزی ۲۷
برخی راه حل‌ها به‌منظور مدیریت پایدار خاک ۲۸
نیاز به کشاورزی پایدار ۲۹
مقوله‌ی پایداری ۳۲
توسعه‌ی نظام‌های کشاورزی پایدار ۳۶
سرمایه‌ی در حال نابودی ۴۱
نقطه‌ی شروع ۴۵
ضرورت نگاه اکوسیستمی به مدیریت پایدار خاک ۴۶
نقش متخصصان و پژوهشگران کشاورزی چیست؟ ۴۸

فصل اول: اکوسیستم خاک ۵۱
ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک ۵۳
همبستگی ریزجانداران خاک با ظرفیت تبادل کاتیونی و ظرفیت تبادل آنیونی ۵۴
تأثیر خواص فیزیکی و شیمیایی خاک در گسترش ریزجانداران آن ۵۴
عوامل زیستی خاک ۵۶
نقش مواد آلی در خاک ۵۶

Press.um.ac.ir

حاصلخیزی خاک ۵۷
ریشه، ریزوسفر، ریزوپلن، اسپرموسفر، اندوفیت، میکوریزوسفر ۶۰
رشد ریشه در خاک ۶۳
تراوشات ریشه‌ی گیاهان ۶۳

فصل دوم: اکولوژی میکروبی خاک ۶۵
تأثیر ریزجانداران بر خاک ۶۶
تأثیر گیاهان بر ریزجانداران خاک ۷۰
تنوع زیستی در جوامع میکروبی خاک ۷۱
باکتری‌های موجود در خاک ۷۳
قارچ‌های موجود در خاک ۷۶
تغییر شکل کربن و تشکیل مواد آلی خاک ۷۸
اهمیت جمعیت میکروبی در فعالیت تجزیه‌ای ریزجانداران ۸۰
پیشرفت مرحله‌ای تجزیه یا توالی میکروبی ۸۲
راندمان توسعه‌ی جمعیت میکروبی ۸۲
نیتروژن ۸۳
تثبیت نیتروژن در ازتوباکتر ۸۶
تثبیت نیتروژن در آزوسپیریلوم ۸۷
تشخیص گونه‌ها ۸۸
همزیستی آزوسپیریلوم با گیاهان ۸۸
همیاری آزوسپیریلوم با ریزجانداران دیگر ۹۰
جداسازی و شمارش آزوسپیریلوم ۹۰
تثبیت نیتروژن در استوباکتر ۹۱
تثبیت نیتروژن در فرانکیا ۹۱
تثبیت نیتروژن توسط سیانوباکتر به‌صورت همزیست ۹۲
همزیستی در گلسنگ ۹۳
همزیستی در علف شاخی‌ها، علف جگری‌ها و آزولا ۹۳
تثبیت نیتروژن در سیانوباکترها به‌صورت آزاد ۹۴
اثرات ترکیب‌های مختلف نیتروژن بر تثبیت نیتروژن مولکولی ۹۴
برخی عوامل و شرایط مؤثر در تثبیت نیتروژن ۹۴
دلایل سرعت پایین تثبیت نیتروژن به روش همیاری ۹۶
اندازه‌گیری تثبیت نیتروژن مولکولی به‌وسیله‌ی روش اختلاف نیتروژن ۹۷
ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده‌ی رشد گیاه ۹۸

Press.um.ac.ir

باکتری‌های ریزوسفری و کنترل زیستی ۹۹

فصل سوم: تعریف و تاریخچه، انواع، تاکسونومی و خصوصیات قارچ‌شناسی میکوریزا ۱۰۱
تعریف و تاریخچه ۱۰۱
انواع میکوریزا ۱۰۵
تغذیه میکوریز آربوسکولار از گیاه میزبان ۱۱۳
تاکسونومی و خصوصیات قارچ‌شناسی میکوریزا ۱۱۵
عوامل مؤثر بر تشکیل همزیستی ۱۱۸
مراحل تشکیل سیستم میکوریزایی ۱۱۹
ویژگی آنتاگونیستی میکوریزا ۱۲۰

فصل چهارم: اکولوژی میکوریز آربوسکولار ۱۲۳
نقش میکوریزا در اکوسیستم‌ها ۱۲۷
افزایش تنوع و باروری اکوسیستم در نتیجه‌ی همزیستی میکوریزایی ۱۲۸
میکوریزا و اکوسیستم خاک ۱۳۴
نقش میکوریزا در اصلاح اراضی ضعیف ۱۳۶
میکوریزا و توالی اکولوژیکی ۱۳۶
استراتژی اکولوژیک جوانه‌زنی اندام‌های قارچی ۱۳۸
عوامل موثر بر جوانه‌زنی اسپور ۱۳۹
روابط متقابل میکوریزا با باکتری‌های همزیست تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و سایر ریزجانداران ۱۴۰
اثرات متقابل میکوریزا آربوسکولار و باکتری‌های دیازوتروف ۱۴۸
تأثیر ریزوباکتری‌های محرک رشد گیاه بر خصوصیات برخی گیاهان زراعی و دارویی ۱۵۱

فصل پنجم: برخی اثرات اکوفیزیولوژیک میکوریزا بر گیاه میزبان ۱۵۷
جذب فسفور و برخی عناصر غذایی ۱۵۷
روابط آب ۱۶۳
تنش شوری ۱۶۹
تنش عناصر غذایی ۱۷۰
سرعت فتوسنتز و اختصاص مواد فتوسنتزی ۱۷۰
واکنش‌های مورفولوژیک ۱۷۵
روابط هورمونی ۱۷۵
میزان کلروفیل برگ ۱۷۶
آفات و بیماری‌ها ۱۷۶

Press.um.ac.ir

توان رقابتی گیاه میزبان ۱۷۸
کاهش شوک ناشی از انتقال نشاء و افزایش بقاء و رشد گیاه ۱۷۹
کشت مخلوط ۱۷۹
تاثیر میکوریزا بر گلدهی گیاهان میزبان ۱۷۹
فلزات سنگین ۱۸۰

فصل ششم: میکوریزا در اگرواکوسیستم‌ها ۱۸۱
اثر سیستم‌های زراعی مختلف و عملیات زراعی بر فعالیت و پایداری میکوریزا ۱۸۶
اثر افزایش غلظت دی‌اکسیدکربن بر رشد و فعالیت میکوریزا ۱۹۲
تأثیر مواد شیمیایی کشاورزی بر فعالیت میکوریزا ۱۹۲
کودهای شیمیایی ۱۹۲
سموم شیمیایی ۱۹۷
میکوریزا و اصلاح‌نباتات ۲۰۰
جایگاه قارچ‌های میکوریزا و باکتری‌های دیازوتروف در کشاورزی پایدار ۲۰۰
آیا استفاده از دیازوتروف‌های آزادزی در نظام‌های زراعی می‌تواند مفید باشد؟ ۲۰۲
تنوع زیستی میکوریزا در اگرواکوسیستم‌ها ۲۰۳
فواید زیست‌محیطی استفاده از میکوریزا ۲۰۸
پالایش میکوریزایی: شکل ارتقاء یافته‌ای از گیاه پالایی ۲۰۸

فصل هفتم: کلونیزاسیون ریشه و مواد تلقیحی ۲۱۱
فرآیند کلونیزه شدن ریشه ۲۱۱
عوامل مؤثر بر فرآیند کلونیزه شدن ۲۱۲
شرایط لازم برای انجام یک تلقیح مؤثر ۲۱۵
روش عملی ارزیابی میزان تأثیر نسبی تلقیح بر رشد و نمو گیاه ۲۱۵
تعیین درصد کلونیزه شدن طول ریشه ۲۱۵
تعیین طول مخصوص ریشه ۲۲۰
روش عملی ارزیابی میزان فعالیت ریزجانداران خاک: اندازه‌گیری تنفس میکروبی خاک ۲۲۱
مواد تلقیحی: فرصت‌ها و چالش‌ها ۲۲۳
تجاری شدن کودهای زیستی ۲۲۴
چالش‌های عملی ۲۲۵

واژه‌نامه ۲۲۷
منابع ۲۲۹

Press.um.ac.ir

به‌نام خدا

ما نبودیم و تقاضامان نبود لطف تو ناگفته‌ی ما می‌شنود

(مولوی)

پیش‌گفتار

اگر چه تولید تجارتی و انبوه برخی کودهای زیستی در کشور، توسط بعضی شرکت‌های خصوصی، کمتر از ۱۰ سال سابقه دارد، بااین حال، به‌سبب توسعه و تأکید بر نظام‌های کشاورزی پایدار و استفاده از نهاده‌های طبیعی و بوم‌سازگار در آنها و آموزش مبانی مربوط در برخی دانشگاه‌های کشور، به‌کارگیری کودهای زیستی در بخش پژوهش، مورد استقبال واقع شد و به‌سرعت گسترش یافت. با این وجود، فقدان یک منبع منسجم، تا حد امکان جامع و در عین‌حال کاربردی که بتواند جوابگوی نیاز دانشجویان و محققان باشد؛ احساس می‌شد، لذا هدف نگارندگان کتاب در درجه‌ی اول، پرکردن این خلاء نوشتاری با تأکید بر مرور برخی پژوهش‌های انجام شده در داخل کشور بود. در زمینه‌ی تولید انبوه مایه تلقیح میکوریزا، هنوز مشکلاتی وجود دارد که امید است به زودی با تلاش دست‌اندرکاران، این کود زیستی نیز به‌شکل مطلوب و در حد استانداردهای جهانی در دسترس پژوهشگران کشور عزیزمان قرار گیرد. تلاش بر این بوده تا با بهره‌گیری و یا حداقل معرفی آثار برتر در زمینه‌ی کودهای زیستی، چه ترجمه شده و چه به زبان اصلی، مطالبی مختصر، مفید و کاربردی و تا حد امکان مطابق سرفصل‌های درس حاصلخیزی خاک و مبانی کشاورزی پایدار در دوره‌ی کارشناسی و درس حاصلخیزی خاک و کودهای بیولوژیک، دوره‌کارشناسی ارشد اگرواکولوژی و همچنین درس اکولوژی خاک و نظام‌های خاکورزی دوره‌ی دکتری اگرواکولوژی، تهیه شود. در متن حاضر، بیش از ۵۰ شکل و جدول گنجانیده شده تا به درک عمیق‌تر موضوعات مطرح شده کمک کند. با تمام کوششی که در جهت ارائه هرچه مطلوب‌تر این کتاب انجام شده است؛ بازهم نمی‌توان آن را خالی از اشکال دانست، لذا خواهشمند است خوانندگان محترم، نظرات و پیشنهادات ارزنده خود را در راستای بهبود هرچه بیشتر مطالب کتاب، از طریق پست الکترونیک با ما درمیان گذارند. در پایان، لازم است که از تمامی همکاران محترم در معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد، به ویژه آقای دکتر مهری و آقای مهندس قندهاری، مسئولین و کارکنان مؤسسه چاپ و انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد، آقایان مهندس نخعی، تقوی و محرابی که در چاپ این کتاب همکاری داشتند، قدردانی کنیم.

دکتر محسن جهان- دکتر مهدی نصیری محلاتی

mnassiri@um.ac.ir , jahan@um.ac.ir

Press.um.ac.ir

Press.um.ac.ir

مقدمه

جایگاه خاک و حاصلخیزی خاک در کشاورزی پایدار

موفقیت یک سیستم کشاورزی در تولید، تا حد زیادی به ویژگی‌های خاک و وضعیت عناصر غذایی موجود در خاک بستگی دارد. بر خلاف کشاورزی رایج که به خاک فقط به عنوان یک بستر فیزیکی نگهدارنده‌ی گیاه و محیطی برای تزریق نهاده نگاه می‌شود، پایه و اساس کشاورزی زیستی و دیگر نظام‌های پایدار، خاک است و در آنها به جای تغذیه‌ی گیاه، به تغذیه‌ی خاک پرداخته می‌شود (هُل و همکاران، ۲۰۰۵؛ فلیسباخ و مدر، ۲۰۰۴؛ لوتر، ۲۰۰۳).

بسیاری از کشاورزان فکر می‌کنند که عملکرد بالا نشان‌دهنده‌ی یک خاک بارور است، اما از نظر اکولوژی کشاورزی که در آن هدف حفظ و افزایش تشکیل خاک و فرآیندهای حفاظتی شامل مواد آلی است، یک خاک بارور لزوماً یک خاک حاصلخیز نیست. در کشاورزی پایدار، فرآیندهای خاک که امکان تولید را فراهم می‌سازند از اهمیت بیشتری برخوردار هستند. افزودن کودها، تنها از طریق شناخت چرخه‌ی مواد و فرآیندهای اکولوژیکی خاک به‌خصوص پویایی مواد آلی و حفظ حاصلخیزی خاک، می‌توانند باعث افزایش تولید شوند (رای، ۲۰۰۶؛ شارما، ۲۰۰۲). جایگزینی مواد آلی از دست رفته در نتیجه‌ی برداشت و تجزیه، به‌وسیله‌ی مواد آلی جدید، اولین قدم در توسعه و بهبود مواد آلی خاک محسوب می‌شود. بقایای گیاهی یکی از مهم‌ترین منابع مواد آلی خاک هستند (مولر و همکاران، ۲۰۰۹).

از آنجا که پویایی مواد آلی موجود در خاک و زیست‌توده میکروبی خاک، منعکس‌کننده‌ی خصوصیات و فعالیت‌های بیولوژیکی خاک و کمیت و کیفیت مواد آلی اضافه شده به خاک می‌باشد (گریگوریچ و همکاران، ۲۰۰۰)، می‌توان میزان تأثیر کودهای آلی را، به‌طور نسبی با تعیین خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک، برآورد کرد. آزمایشی که توسط ماندو و همکاران (۲۰۰۵) در سودان انجام شد، نشان داد که عدم استفاده از کودهای آلی، در درازمدت سبب کاهش مواد آلی خاک، و در نهایت سبب کاهش عملکرد محصولات زراعی و فعالیت

Press.um.ac.ir

زیستی خاک خواهد شد.

نظام‌های کشاورزی اکولوژیک یا پایدار، نظام‌هایی هستند که حداقل تکیه را بر نهاده‌های خارج مزرعه‌ای دارند. در این گونه نظام‌ها بر استفاده از نهاده‌های طبیعی، محلی- بومی و گزینه‌های محیطی تأکید می‌شود. استفاده از کودهای آلی، تناوب زراعی، کشت چندگانه و گیاهان پوششی از جمله مؤلفه‌های این نوع کشاورزی هستند (کوچکی، ۱۳۷۶). گیاهان پوششی، گیاهانی هستند که به‌منظور تولید مواد گیاهی به‌عنوان کود سبز و برگرداندن آن به خاک کشت می‌شوند و یکی از مهم‌ترین منابع مواد آلی محسوب به‌شمار می‌آیند (ساینجو، ۲۰۰۶). ریکوسکی و فورسلا (۱۹۹۸) بیان کردند که ماده‌ی آلی تازه حاصل از گیاه پوششی، نقش‌های متعددی از قبیل: جلوگیری از فرسایش خاک، افزایش ظرفیت نگهداری رطوبت، افزایش نفوذ هوا، تعدیل دمای خاک و بهبود ساختمان خاک ایفا می‌کند و در پایداری اگرواکوسیستم از اهمیت بالایی برخوردار است. ماده‌ی آلی افزون بر این که منابع غذایی مهم برای رشد گیاهان را فراهم می‌سازد، در شکل‌گیری، تکامل، حفاظت و نگهداری اکوسیستم خاک نیز دارای اهمیت است (مولر و همکاران، ۲۰۰۹).

به‌محض این‌که خاکی زیر کشت برده می‌شود، مواد آلی موجود در آن شروع به کاهش می‌کند، مگر این که اقدامات خاصی برای حفظ آن انجام شود. سرعت کاهش مواد آلی در خاک‌های زیر کشت، به نوع محصول، مدیریت نهاده‌ها، محیط و عملیات زراعی بستگی دارد. در یک مطالعه، با مقایسه‌ی خاک‌ها بعد از ۷۵ سال تولید گندم ارگانیک و رایج، ملاحظه شد که مقدار ماده‌ی آلی نه‌تنها در سیستم ارگانیک حفظ شده، بلکه در طول زمان افزایش یافته بود، این در حالی بود که عملکرد سیستم ارگانیک تقریباً به اندازه‌ی سیستم رایج بود (رگانولد و همکاران، ۱۹۸۷). همبستگی نزدیکی بین مقدار ماده‌ی آلی خاک و میزان کربن و نیتروژن وجود دارد. از حاصل‌ضرب مقدار کل کربن در ۱/۷۲۴ یا مقدار نیتروژن کل در ۲۰ می‌توان مقدار ماده‌ی آلی خاک را تخمین زد. از بین تمام ویژگی‌های خاک، ماده‌ی آلی خاک عاملی است که انسان می‌تواند بیشترین نقش را در تغییرات آن داشته باشد (گلیسمن، ۱۹۹۸).

کودهای آلی و بیولوژیک

سیستم‌های کشاورزی سنتی، وارث و نماینده‌ی سیستم‌های پیچیده‌ی مبتنی بر اصول و قوانین طبیعی هستند که با شرایط و عوامل محیطی سخت و متغیر سازگار شده و امکان مدیریت بهینه

Press.um.ac.ir

تحت این شرایط را فراهم می‌آورند (آلتیری، ۲۰۰۶). استفاده از منابع بیولوژیک در کشاورزی، دارای قدمت بسیار زیادی است و در گذشته‌ی نه‌چندان دور، تمام مواد غذایی مورد مصرف انسان با استفاده از چنین منابع ارزشمندی تولید می‌شدند. استفاده‌ی بهینه از منابع بیولوژیک نه تنها دارای اثرات سودمندی بر خصوصیات خاک می‌باشد، بلکه از جنبه‌های اقتصادی، اجتماعی و زیست‌محیطی نیز مفید بوده و می‌تواند جایگزین مناسبی برای نهاده‌های شیمیایی باشد (گوسلینگ و همکاران، ۲۰۰۶؛ کندی و همکاران، ۲۰۰۴؛ لوتر، ۲۰۰۳؛ داد، ۲۰۰۰).

سیلویا و همکاران (۲۰۰۵) گزارش کردند که به‌طور میانگین در هر گرم خاک، دو میلیون موجود زنده، وجود دارد. آنها پیشنهاد کردند که با افزایش شناخت و درک این ارتباط پیچیده، می‌توان خاک و ریزجانداران آن را برای نگهداری و بهبود وضعیت خاک، بدون آسیب رساندن به این منبع حیاتی، بهتر مدیریت کرد. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و حتی بیولوژیکی خاک و اثرات متقابل آنها با مجموعه‌ی ریزجانداران خاکزی، تأثیر مهمی بر رشد و فعالیت ریزجانداران و به‌دنبال آن حاصلخیزی خاک دارد (پرابست و همکاران، ۲۰۰۷؛ بارآ و همکاران، ۲۰۰۵).

سلامت محصولات تولید شده در سیستم‌های مختلف از نظر وجود بقایای سموم و مواد شیمیایی و تأثیر آنها بر سلامت انسان و محیط‌زیست، توجهات ویژه‌ای را به روش‌های تولید و نهاده‌های به‌کار رفته در امر تولید معطوف داشته است (والاس، ۲۰۰۱؛ گلیسمن، ۱۹۹۸). در تمامی این سیستم‌ها، کودهای آلی به‌عنوان جایگزین طبیعی کودهای شیمیایی، نقش مثبت و غیرقابل انکاری در مدیریت پایدار خاک و در نهایت پایداری کل سیستم دارند (کندی و همکاران، ۲۰۰۴؛ گیون و همکاران، ۲۰۰۲؛ والاس، ۲۰۰۱). در همین راستا، وضعیت خاک از نظر مواد آلی و در نتیجه تنوع زیستی موجود در آن، کلید پایداری خاک محسوب می‌شود (یورگنسن و امرلینگ، ۲۰۰۷؛ گیون و همکاران، ۲۰۰۲؛ بروسارد و فررا- سراتو، ۱۹۹۷). نتایج بسیاری از تحقیقات نشان داده‌اند که تحمل گیاهانی که کود آلی دریافت کرده‌اند نسبت به تنش رطوبتی و حمله‌ی آفات و بیماری‌ها بیشتر از گیاهانی بوده که کود شیمیایی دریافت کرده‌اند (کوپر، ۲۰۰۰؛ والاس، ۲۰۰۱). شواهد بسیاری مبنی بر نقش مثبت کودهای آلی در بهبود خواص فیزیکی و نیز نقش تغذیه‌ای خاک وجود دارد (والاس، ۲۰۰۱؛ بروسارد و فیررا- سراتو، ۱۹۹۷؛ گلیسمن، ۱۹۹۸). کاربرد کود دامی در گیاه دارویی بابونه، میزان اسانس را کاهش ولی عملکرد آن را افزایش داد (جهان، ۱۳۸۳). تبریزی (۱۳۸۳) گزارش کرد که اثر تیمارهای مختلف کود دامی بر میزان موسیلاژ بذور اسفرزه و پسیلیوم معنی‌دار نبود، با این وجود، بیشترین مقدار موسیلاژ در بذرهای اسفرزه در تیمار ۵ تن در هکتار کود دامی و در پسیلیوم در تیمار ۱۵ تن در هکتار کود

Press.um.ac.ir

دامی به‌دست آمد. قربانی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که استفاده از کودهای آلی (مرغی، گاوی و کمپوست خانگی) نسبت به کود شیمیایی و شاهد در یک نظام زراعی اکولوژیک تولید گوجه‌فرنگی، سبب افزایش عملکرد گوجه‌فرنگی شد و بیشترین عملکرد از کاربرد کود مرغی حاصل گردید. جهان و همکاران (۱۳۸۶) گزارش کردند که با استفاده از ۲۰ تن کود دامی در هکتار می‌توان روش مناسبی جهت تولید ارگانیک کدوی تخم پوست‌کاغذی فراهم ساخت.

در منابع متعدد به اثر مثبت کودهای آلی بر گسترش و ترکیب جوامع میکروبی، فون و فلور خاک و نیز تشدید فرآیندهای متابولیکی در داخل خاک، ریشه و شاخ و برگ گیاهان تأکید شده است (والاس، ۲۰۰۱؛ بروسارد و فیررا- سراتو، ۱۹۹۷؛ گلیسمن، ۱۹۹۸).

اصطلاح کودهای بیولوژیک منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، بقایای گیاهی، کود سبز و غیره اطلاق نمی‌گردد، بلکه در حقیقت انواع مختلف ریزموجودات آزادزی، همیار و همزیست و مواد حاصل از فعالیت آنها را شامل می‌شود که توانایی تغییر شکل عناصر غذایی اصلی را از شکل غیر قابل دسترس به شکل قابل استفاده برای گیاه طی فرآیندهای بیولوژیکی داشته و منجر به رشد و نمو بهتر گیاه می‌شوند (رای، ۲۰۰۶؛ کندی و همکاران، ۲۰۰۴؛ زهیر و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما، ۲۰۰۲؛ منافی و کلوپر، ۱۹۹۴؛ چن، ۲۰۰۶؛ راجندران و همکاران، ۲۰۰۴؛ وسی، ۲۰۰۳). این گروه از ریزموجودات، افزون بر افزایش فراهمی عناصر معدنی خاک از طریق تثبیت بیولوژیکی نیتروژن، محلول کردن فسفور و پتاسیم، کنترل عوامل بیماری‌زا و تولید انواع هورمون‌های تنظیم‌کننده و محرک رشد گیاه، عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهند (استرز و کریستی، ۲۰۰۳).

باکتری‌های آزادزی در برخی از فرآیندهای کلیدی بوم‌نظام مانند فرآیندهای دخیل در کنترل بیولوژیکی عوامل بیماری‌زای گیاهی، چرخه‌ی عناصر غذایی و استقرار گیاهچه نقش دارند (ویو و همکاران، ۲۰۰۵).

تحقیقات جدید به‌دنبال به‌کارگیری توانایی باکتری‌های غیرهمزیست تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن در نظام‌های زراعی پایدار هستند (کندی و همکاران، ۲۰۰۴) از جمله‌ی این باکتری‌ها می‌توان به *Azotobacter* spp. و *Azospirillum* spp. (دیازوتروف‌های آزادزی) اشاره کرد. این باکتری‌ها و همچنین *Pseudomonas* spp. و *Bacillus* spp. و نیز چندین باکتری دیگر را تحت

Press.um.ac.ir

عنوان *ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده‌ی رشد گیاه*[1] شناخته و کارکردهای مفیدی را در ارتباط با رشد گیاه به آنها نسبت می‌دهند که مهم‌ترین آنها ترشح هورمون‌های گیاهی است (وسی، ۲۰۰۳؛ زهیر و همکاران، ۲۰۰۲؛ شارما، ۲۰۰۲). دو باکتری اخیر، در آزادسازی فسفور از منابع غیرمحلول خاک نیز نقش دارند (رای، ۲۰۰۶؛ وسی، ۲۰۰۳).

باکتری‌ها، از طریق فعالیت‌های متابولیکی خود، مواد معدنی و آلی خاک را از شکلی به شکل دیگر تغییر داده و قابلیت استفاده‌ی مواد غذایی ضروری از قبیل: نیتروژن، گوگرد و فسفور را برای گیاهان و دیگر موجودات زنده‌ی خاک تغییر می‌دهند، بنابراین، باکتری‌ها در تجزیه‌ی مواد آلی، چرخه‌ی مواد غذایی و تشکیل خاک، نقش مهمی را ایفا می‌کنند (یورگنسن و امرلینگ، ۲۰۰۷؛ گیون و همکاران، ۲۰۰۲). گیون و همکاران (۲۰۰۲) افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی، تسریع گلدهی و افزایش گل‌ها، افزایش ارتفاع و وزن خشک گیاه، ریشه‌دهی سریع‌تر قلمه‌ها، کاهش پاتوژن‌ها و افزایش مقاومت گیاه، و افزایش قدرت رقابت گیاه در برابر علف‌های هرز و نیز جلوگیری از استقرار، رشد و تولید بذر علف‌های هرز را از جمله نقش‌های ریزوباکتری‌های تحریک‌کننده‌ی رشد گیاه، ذکر کردند. پیشتر تصور می‌شد که رشد گیاه در نتیجه‌ی تلقیح با ازوتوباکتر و آزوسپیریلوم فقط به خاطر تثبیت نیتروژن باشد، اما بعدها معلوم شد که این باکتری‌ها و برخی دیگر مثل *Bacillus sabtilis*، ریشه‌ها را کلونیزه کرده و هورمون‌های تحریک‌کننده‌ی رشد گیاهی از قبیل: سیتوکینین، اسید جیبرلیک، اکسین، اسیدهای آمینه و ویتامین‌های گروه B را سنتز می‌کنند (رای، ۲۰۰۶؛ بارآ و همکاران، ۲۰۰۵؛ وسی، ۲۰۰۳؛ شارما، ۲۰۰۲).

آزمایش‌های متعدد، اثر متقابل بین باکتری *Azospirillum* sp. و *Azotobacter* sp. روی رشد و تغذیه‌ی گیاهان مختلف را به اثبات رسانده‌اند، برای مثال تلقیح گیاهان گندم، ذرت و ارزن با ازوتوباکتر و آزوسپیریلوم در یک آزمایش مزرعه‌ای، سبب افزایش ۱۰ تا ۱۵ درصدی عملکرد شد (رای و گائور، ۱۹۸۸)، همچنین، گزارش شده است که تلقیح گندم و ذرت با باکتری *Azospirillum* رشد آنها را افزایش داد (روسو و همکاران، ۲۰۰۵). در آزمایشی اثر باکتری ازتوباکتر بر خصوصیات رشد، عملکرد و اجزای عملکرد ذرت واکاوی شد، نتایج این واکاوی نشان داد که تلقیح ذرت با ازتوباکتر موجب شد تا وزن دانه در بوته، وزن کل بوته، و مقدار نیتروژن و روی در دانه، در مقایسه با شاهد به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار گیرد (بیاری و همکاران، ۱۳۸۶).

1. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPRs)

Press.um.ac.ir

فلاحی و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که بیشترین عملکرد گل تر و خشک بابونه در تیمارهای نیتروکسین (مخلوط ازوتوباکتر و آزوسپیریلوم) و باکتری حل‌کننده فسفات به‌دست آمد و عملکرد ماده‌ی خشک در نتیجه‌ی استفاده از این باکتری‌ها در مقایسه با تیمارهای کاربرد کود شیمیایی و شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر بود. آنها همچنین بیشترین عملکرد اسانس و کامازولن در هکتار را به ترتیب برای تیمارهای باکتری حل‌کننده فسفات (۸۶۰۰گرم) و نیتروکسین (۱۳۵۰گرم) گزارش کردند. یزدانی و همکارن (۱۳۸۸) گزارش کردند که مصرف انواع مختلف کودهای آلی و شیمیایی در خاک بر روی درصد روغن، سیلیمارین و سیلیبین بذر ماریتیغال (*Silybum marianum*) تأثیر معناداری داشت، به‌طوری‌که تیمار کود کمپوست بالاترین درصد روغن را نسبت به سایر تیمارها داشت و بعد از آن تیمارهای کودی ازتوباکتر و مخلوط ازتوباکتر و کمپوست، بیشترین درصد روغن را داشتند، همچنین تیمار کود شیمیایی کمترین درصد سیلیبین را داشت. خرم‌دل و همکاران (۱۳۸۷) گزارش کردند که تلقیح سیاه‌دانه با ازوتوباکتر،آزوسپیریلوم و میکوریزا، سبب افزایش سرعت رشد محصول و سرعت آسیمیلاسیون خالص شد. نتایج حاصل از پژوهش جهان و همکاران (۱۳۸۹ب) نشان داد که استفاده از گیاهان پوششی باعث بهبود برخی شاخص‌های رشد گیاه دارویی ریحان شد. همچنین در بین کودهای بیولوژیک مورد استفاده، تاثیر بیوفسفور در افزایش شاخص های رشد و عملکرد گیاه ریحان بیشتر از نیتروکسین بود.

در مورد اثرات متقابل مثبت بین باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کننده‌ی نیتروژن و میکوریز آربوسکولار گزارش‌های متعددی وجود دارد؛ به‌عنوان مثال پانوار (۱۹۹۱) گزارش کرد که در گندم تلقیح‌شده با باکتری *Azospirillum brasilense* و قارچ *Glomus fasciculatum* ، غلظت کلروفیل، میزان فتوسنتز، فعالیت آنزیم‌های نیترات‌ریداکتاز و گلوتامین‌سینتتاز افزایش یافت و عملکرد دانه در حداکثر مقدار خود بود. شوانویتز و زیگلر (۱۹۸۶) گزارش کردند که بین فراوانی ازوتوباکترها در ریزوسفر و رشد ریشه‌ی ذرت ارتباط مستقیمی وجود داشت و در این شرایط، تولید اکسین، جیبرلین و سیتوکینین توسط این باکتری‌ها، دو برابر حالت عادی بود. حاجی‌بلند و همکاران (۱۳۸۳) گزارش کردند که ازوتوباکترها رشد و محتوای کلروفیل گندم را افزایش دادند. آنها همچنین بیان کردند که ازوتوباکترها، به‌طور اختصاصی روی جذب و به‌ویژه انتقال عناصر نیز تأثیر مثبت دارند. روابط همزیستی بین گیاهان چمنی (گندمیان) و این باکتری‌ها، اخیراً توجه زیادی را به‌خود معطوف کرده است که این توجه نه‌تنها به‌دلیل زیست‌شناختی آن، بلکه به‌دلیل کاربرد چنین روابطی در کشاورزی پایدار و نظام‌های طبیعی است (اُکن و لاباندرا، ۱۹۹۴؛ بتلنفالوی و لیندرمن، ۱۹۹۲).

Press.um.ac.ir

تاریخچه‌ای پیرامون انواع کودها

میزان تولید محصول، با میزان عرضه‌ی عناصر معدنی و گاهی عناصر آلی خاک که برای آنها قابل استفاده باشد، متناسب است. از دیرباز بشر به اهمیت نقش عناصر معدنی و آلی در رشد گیاه و تولید محصول پی‌برده بود. سالها قبل از میلاد مسیح، سرخ پوستان بومی قاره آمریکا، از کمپوست به‌منظور افزایش تولید محصولات کشاورزی استفاده می‌کردند. در اواسط قرن نوزدهم یک شیمیدان آلمانی به نام Liebig (پدر علم کودهای شیمیایی) از استحصال خاکستر گیاهان به ازت، فسفور و پتاس دست یافت و ده سال بعد دریافت که مواد استحصال شده، مواد شیمیایی نبوده‌اند بلکه موادی آلی می‌باشند. بعد از جنگ دوم جهانی، مهم‌ترین این عناصر (ازت، فسفور و پتاسیم)، به‌صورت کودهای سنتزی شیمیایی با هدف افزایش تولید محصولات کشاورزی، مورد استفاده قرار گرفتند. کاربرد روزافزون کودهای شیمیایی باعث بروز خسارات جبران‌ناپذیر زیست‌محیطی، بهداشتی و اقتصادی شده است. کاربرد کودهای شیمیایی نیتروژنه به‌واسطه‌ی برجای ماندن آنها در طبیعت، سبب آلودگی آب و خاک شده و از این طریق سبب ایجاد بیماری‌های مختلفی از قبیل سرطان و متهموگلوبینمیا در انسان می‌شوند. از طرفی تولید هر کیلوگرم کود شیمیایی نیتروژنه، مستلزم مصرف ۲۲۰۰ کیلوکالری انرژی است. این مقدار انرژی عموماً از منابع نفتی و صنایع پتروشیمی تأمین می‌گردد. این معایب کودهای شیمیایی باعث شد که تولید کودهای بیولوژیک مورد توجه جدی قرار گیرد.

اهمیت تولید کودهای بیولوژیک به‌صورت بومی

با توجه به سازگاری ریزجانداران با شرایط محیطی و اقلیمی زیستگاه خود، استفاده از باکتری‌های غیر بومی که از مناطقی با ویژگی‌های متفاوت نسبت به شرایط اقلیمی کشور به‌دست آمده‌اند، جهت تولید کود بیولوژیک و استفاده از آنها در شرایط اقلیمی کشور، مسلماً از کارایی لازم برخوردار نخواهد بود. بنابراین، استفاده از باکتری‌های بومی که با شرایط خاک و اقلیم کشور سازگار هستند، برای تولید کودهای بیولوژیک از ارزش ویژه‌ای برخوردار است.

صرفه‌جویی اقتصادی حاصل از کاربرد کودهای بیولوژیک

بر اساس گزارش‌ها و مشاهدات موجود، کاربرد کود بیولوژیک باعث کاهش مصرف کود شیمیایی حداقل تا مقدار ۳۰ درصد می‌گردد. با احتساب ارزان‌ترین قیمت اوره در بازار جهانی (۱۸۵ دلار در هر تن فله-تولید اندونزی) و همچنین با فرض حداقل صرفه‌جویی ۳۰ درصدی در

Press.um.ac.ir

نیاز به کود شیمیایی، جایگزین کردن کود بیولوژیک به‌جای آن، مزایای اقتصادی مناسبی را برای کشاورزان و کشور به‌همراه دارد. به‌عنوان مثال، استفاده از کود بیولوژیک (با قیمت متوسط ۳۵۰۰ تومان به ازای هر کیلوگرم) در مزارع غلات با احتساب متوسط مصرف ۲۰۰ کیلوگرم اوره در هکتار توأم با احتساب هزینه‌های حمل و نقل، حدود ۸۹۰۰ تومان در هکتار صرفه‌جویی به‌دنبال خواهد داشت. در سطح ۴ میلیون هکتار زمین‌های زیرکشت غلات، این صرفه‌جویی حدود ۳۵ میلیارد تومان در سال (بر اساس قیمت‌های سال ۸۹) خواهد بود. همچنین کاربرد حجم کمتری از کود بیولوژیک (تا ۳۰ درصد مقدار کودهای شیمیایی)، به‌تنهایی می‌تواند تأثیر به‌سزایی در کاهش هزینه‌های حمل و نقل، انبارداری و توزیع داشته باشد.

سایر مزایای ناشی از کاربرد کودهای بیولوژیک

افزون بر صرفه‌جویی فوق، تولید و مصرف کودهای بیولوژیک می‌تواند مزایای زیر را برای کشور به‌دنبال داشته باشد:

- حفظ و توسعه‌ی *باروری خاک*[1] به‌موازات افزایش *حاصلخیزی خاک*[2]
- جلوگیری از آلودگی خاک و منابع آب‌های سطحی و زیرزمینی ناشی از ترکیبات باقیمانده‌ی کودهای شیمیایی
- جلوگیری از توسعه بیماری‌های ناشی از مصرف آب و محصولات آلوده به ترکیبات نیتروژنه‌ای که در اثر کاربرد کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنه ایجاد می‌شوند. مشکلات دستگاه گوارش و متهموگلوبینمیا از این دسته بیماری‌ها به‌شمار می‌روند.

از دیگر مزایای این نوع کودها می‌توان به استفاده فوری پس از خرید اشاره کرد. این کودها حجم و وزن کمی دارند، لذا حمل و نقل آنها به‌آسانی صورت می‌گیرد. با وجود این، نگهداری و کاربرد آنها نیازمند رعایت موارد خاصی می‌باشد.

در سال‌های اخیر استفاده از کودهای بیولوژیک، جایگزینی بوم‌سازگار برای کودهای شیمیایی، به‌منظور افزایش حاصلخیزی خاک به‌شمار رفته و به‌عنوان یکی از مهم‌ترین راهبردهای تغذیه‌ای گیاه برای نیل به اهداف کشاورزی پایدار مورد توجه قرار گرفته‌اند (ویو و همکاران، ۲۰۰۵). اگرچه استفاده از کودهای بیولوژیک در کشاورزی قدمت زیادی دارد، ولی بهره‌برداری علمی از این گونه منابع، سابقه چندانی ندارد. باوجود این‌که استفاده از این کودها مدتی رو

1. Soil Productivity
2. Soil Fertility

Press.um.ac.ir

به‌کاهش گذاشته است، ولی امروزه با توجه به چالش‌هایی که مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی به‌وجود آورده‌اند، استفاده از آنها در کشاورزی مجدداً مطرح شده است (رای، ۲۰۰۶؛ شارما، ۲۰۰۲).

کاربرد کودهای بیولوژیک در تولید گیاهان دارویی

تلاش ساکنان کشورهای فقیر و در حال توسعه به‌منظور بهبود سطح زندگی، نیاز بیشتر به غذا و دارو را مطرح می‌سازد. در این میان، کشور ما در ردیف کشورهایی قرار دارد که بالاترین میزان واردات و مصرف دارو را دارند. با توجه به این‌که ایران به دلیل دارا بودن اقلیم‌های بسیار متنوع، جزو مساعدترین مناطق رویش گیاهان و از جمله گیاهان دارویی به‌شمار می‌رود و خواستگاه بسیاری از آنها بوده است (ایران یکی از هشت کشور دارای ذخایر ژنی گیاهان دارویی است (فخرطباطبایی، ۱۳۷۴؛ امیدبیگی، ۱۳۷۴)) می‌توان این نیاز مبرم به دارو را به‌سمت استفاده‌ی بهینه از داروهای سنتی و گیاهی و رواج فرهنگ استفاده از آنها سوق داد. افزون بر این، در سطح جهانی نیز حرکت‌های فراگیری به‌منظور حفظ و احیاء گیاهان دارویی آغاز شده است. گیاه دارویی، گیاهی است با یک یا چند ماده‌ی موثره که می‌تواند از بروز بیماری جلوگیری کرده و یا سبب درمان و یا تخفیف عوارض آن شود (استوردیوانت و بلیکلی، ۲۰۰۰؛ امیدبیگی، ۱۳۷۴). به موازات رشد علم و افزایش اطلاعات، مواد موثره‌ی بسیاری از گیاهان دارویی شناسایی و طبقه‌بندی شده‌اند. این مواد حاصل متابولیسم اولیه یا ثانویه گیاه می‌باشند (امیدبیگی، ۱۳۷۴).

از سوی دیگر، همگام با رشد جمعیت جهان، تولید و مصرف روزافزون داروهای شیمیایی، عوارض جانبی بیشماری را به‌همراه آورده است. اعلامیه *سازمان بهداشت جهانی*[1] مبنی بر ممنوعیت استفاده از رنگ‌ها و اسانس‌های مصنوعی در غذاها و مواد خوراکی، باعث رونق صنعت گیاهان دارویی در سطح جهان شده است (بهرامی و امیدبیگی، ۱۳۸۱؛ امیدبیگی، ۱۳۷۴). در حال حاضر بیش از ۴۰۰ نوع گیاه دارویی و فرآورده‌های جنبی آنها در صنایع دارویی، بهداشتی و آرایشی آمریکا و اروپا مورد استفاده قرار می‌گیرند. همراه با مصرف روزافزون گیاهان دارویی، حفظ این گیاهان در طبیعت، یکی از نکات مهمی است که توجه خاصی را می‌طلبد. برداشت مداوم از این گیاهان در طبیعت، می‌تواند سبب نابودی ذخایر ژنی و انقراض گونه‌های مربوطه شود (فخرطباطبایی، ۱۳۷۴؛ امیدبیگی، ۱۳۷۴). مهم‌ترین اولویت در خصوص گیاهان دارویی پس از

1. World Health Organization (WHO)

Press.um.ac.ir

شناسایی، کشت انبوه آنها است. بدین منظور لازم است این گیاهان، ضمن حفظ استعدادهای اصیل ژنتیکی، تحت مراقبت‌های زراعی قرار گرفته و عوامل اکولوژیکی موثر در رشد و میزان مواد موثره‌ی آنها شناسایی شود (فخرطباطبایی، ۱۳۷۴).

به‌دلیل جدید بودن موضوع کاربرد کودهای بیولوژیک بر روی گیاهان دارویی، در مورد واکنش این گونه‌ها به کودهای آلی و بیولوژیک اطلاعات دقیقی در دست نیست و در این زمینه کار کمی صورت گرفته است. به‌نظر می‌رسد حتی در صورتی‌که عملکرد این گیاهان در نتیجه‌ی استفاده از کودهای آلی (بیولوژیک) کمتر و یا برابر با عملکرد آنها در نتیجه‌ی مصرف کودهای شیمیایی باشد، تولید این گیاهان با استفاده از نهاده‌های طبیعی مثل کودهای آلی، راه حل مناسبی برای تولید داروهای گیاهی سالم باشد.

استفاده از کودهای بیولوژیک برای بهبود تولید کمی و کیفی گیاهان دارویی از جمله: شوید (کاپور و همکاران، ۲۰۰۲)، رازیانه (کاپور و همکاران، ۲۰۰۴)، سیاهدانه (شالان، ۲۰۰۵)، سنا (لاکشمانن و همکاران، ۲۰۰۵)، مرزنجوش، زیره سیاه (کاپور و همکاران، ۲۰۰۲؛ وست‌برگ و همکاران، ۲۰۰۵)، آویشن، مرزنجوش و رازیانه (ریچر و همکاران، ۲۰۰۵)، ریحان (گوپتا و همکاران، ۲۰۰۶) و آرتمیزیا (کاپور و همکاران، ۲۰۰۷) در برخی منابع گزارش شده است.

شالان (۲۰۰۴) گزارش کرد که در گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، ارتفاع گیاه با کاربرد باسیلوس (باکتری حل‌کننده فسفات) و آزوسپریلوم افزایش یافت. محفوظ و شرف الدین (۲۰۰۷) نیز بیشترین ارتفاع رازیانه را در نتیجه‌ی کاربرد توأم باسیلوس،ازوتوباکتر، آزوسپریلوم مشاهده کردند.

تهامی و همکاران (۱۳۸۹) گزارش کردند که کودهای نیتروکسین و باکتری‌های حل‌کننده‌ی فسفات باعث افزایش ارتفاع ریحان شد، اما در مقایسه با شاهد بر تعداد شاخه جانبی اثر معنی‌داری نداشت. بهبود ساختمان خاک، تأمین عناصر پرمصرف و کم مصرف مورد نیاز گیاه، تولید هورمون‌های گیاهی به‌وسیله باکتری‌ها و تقویت جذب و انتقال مواد معدنی، می‌تواند از جمله دلایل متعدد افزایش ارتفاع بوته در اثر مصرف کودهای بیولوژیک باشد (تهامی، ۱۳۸۹).

جهان و همکاران (۱۳۹۰آ) گزارش کردند که بیشترین مقادیر شاخص سطح برگ کنجد در هر دو حالت کشت و عدم کشت گیاهان پوششی، در نتیجه‌ی استفاده از کودهای بیولوژیک حاصل شد، همچنین کودهای بیولوژیک نسبت به شاهد در هر دو حالت کشت و عدم کشت گیاهان پوششی، زمان رسیدن به حداکثر شاخص سطح برگ را تسریع کردند. ال‌حباشا و همکاران

Press.um.ac.ir

(۲۰۰۷) و کومار و همکاران (۲۰۰۷) گزارش کردند که تلقیح کنجد با کودهای بیولوژیک، سبب افزایش عملکرد و اجزای عملکرد، عملکرد بیولوژیک، میزان پروتئین و روغن دانه شد. گوش (۲۰۰۰) ضمن بررسی اثر کودهای بیولوژیک و هورمون‌های رشد بر تولید کنجد، گزارش کرد که کارآیی جذب انرژی تابشی به میزان سطح برگ و توزیع برگ‌ها در داخل سایه‌انداز، بستگی داشت.

گزارش شده است که، تلقیح با مخلوط حاویازوتوباکتر و آزوسپیریلوم به همراه دوز کاملی از سنگ فسفات و کود معدنی نیتروژن و تلقیح با *میکوریز وزیکولار آربوسکولار*[1](VAM) بهبود رشد گیاهان داتوره (*Datura stramonium*) و (*Ammi visnaga*: Fam. Umbelliferae) را در پی داشته است (محفوظ و شرف‌الدین، ۲۰۰۷).

نتایج پژوهش شالان (۲۰۰۴) روی گیاه دارویی گاوزبان اروپایی، تهامی (۱۳۸۹) در ریحان، ازاز و همکاران (۲۰۰۹) در رازیانه، فلاحی و همکاران (۲۰۱۰) در بابونه و تبریزی و همکاران (۱۳۸۸) در گیاه دارویی زوفا، نشان دهنده‌ی اثر مثبت کودهای بیولوژیک در تولید بذر گیاهان مذکور بود. ارانا (۲۰۰۷) گزارش کرد که کودهای بیولوژیک آسپرژیلوس، گلوموس، ازوتوباکتر و سودوموناس، وزن خشک ساقه گیاه دارویی استویا را افزایش دادند و در تیمار ترکیب تمامی کودهای بیولوژیک بهترین نتیجه حاصل شد. نتایج اَزاز و همکاران (۲۰۰۹) در رازیانه، لیسی و همکاران (۲۰۰۶) در رزماری، محفوظ و شرف الدین (۲۰۰۷) در رازیانه و کومار و همکاران (۲۰۰۹) در درمنه نیز بیانگر اثرات مثبت باکتری‌های ازوتوباکتر، آزوسپیریلوم و باسیلوس بر وزن خشک اندام هوایی بود.

نتایج پژوهش ماهشواری و همکاران (۲۰۰۰) روی اسفرزه، درزی و همکاران (۲۰۰۷) در تحقیق بر روی رازیانه، تبریزی و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه زوفا، پوریوسف و همکاران (۲۰۰۷) در گیاه اسفرزه، و داس و همکاران (۲۰۰۸) در گیاه دارویی استویا نشان داد که، بیشترین مقادیر عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیک در نتیجه‌ی کاربرد کودهای بیولوژیک مانند باکتری‌های حل‌کننده فسفات، آزوسپیریلوم، باسیلوس و میکوریزا به‌دست آمد. جهان و همکاران (۱۳۹۰ب) گزارش کردند که در یک نظام کم‌نهاده تولید ریحان، کشت و یا عدم کشت گیاه پوششی بر میزان نیتروژن خاک تأثیر معنی‌دار داشت، به‌طوری که میزان نیتروژن خاک در شرایط عدم کشت گیاه پوششی، به اندازه‌ی ۱۰ درصد بیشتر از کشت گیاه پوششی بود.

1. Vesicular Arbuscular Mycorrhiza

Press.um.ac.ir