

مطالعه موردی اثرات کاربرد کود بیولوژیک بر محصولات کشاورزی

محمود زرگان^۱

شرکت مناطق نفت خیز جنوب، شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون

۱-کارمند شرکت مناطق نفتخیز جنوب-شرکت بهره برداری نفت و گاز کارون

m.zarqan@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۱۱/۲۵

چکیده

در این مقاله به بررسی موارد استفاده از کود بیولوژیک در صنعت کشاورزی پرداخته شده است. کود بیولوژیک شامل میکروارگانیسم های مفید و خاکری می باشند که توانایی تبدیل عناصر مفید موجود در زمین کشاورزی را به مواد معدنی مورد نیاز گیاهان را دارا می باشد. در حال حاضر با افزایش جمعیت جهانی در دهه های اخیر و نیز با افزایش تقاضا برای محصولات کشاورزی و مواد غذایی نیاز به کود های بیولوژیک را که قابلیت حفاظت از محیط زیست و کاهش مصرف آب و انرژی را در تولید محصولات کشاورزی را دارند، مطرح شده است. از مزایای کود های بیولوژیک می توان به عدم ورود هیچگونه مواد سمی به زمین های کشاورزی و نیز حفاظت از محیط زیست و کاهش مصرف کود مورد نیاز برای مصارف کشاورزی در مقابل کود های شیمیایی را نام برد. کود های بیولوژیک نیز شامل کود های تثبیت کننده های ازت مولکولی، قارچ های میکوریزا، میکروارگانیسم های حل کننده فسفات های نامحلول، کرم های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست و میکروارگانیسم های تبدیل کننده مواد آلی زاید به کمپوست می باشند.

واژه های کلیدی: کود بیولوژیک، میکروارگانیسم، محیط زیست، زمین های کشاورزی.

مقدمه

در نظام های کشاورزی پایدار، کاربرد کودهای بیولوژیک از اهمیت ویژه ای در تولید محصول و حفظ حاصلخیزی پایدار خاک زمین های کشاورزی را دارا است (۱). در دهه های اخیر، تولیدات کشاورزی متکی به مصرف کودهای شیمیایی به منظور بازدهی بالا بوده است که علاوه بر مشکلات و آلودگی محیط زیست، این مواد تهدیدی برای دستیابی به تولید پایدار دراز مدت می باشند. تأکید سیستم های آینده کشاورزی پایدار، بر مبنای کاهش در مصرف کود و انرژی و مدیریت مناسب آب و خاک و منابع بیولوژیکی و حفظ محیط زیست به منظور دستیابی به عملکرد مطلوب و پایدار است. امروزه کودهای بیولوژیک به عنوان جایگزین مناسب برای کودهای شیمیایی، به منظور افزایش حاصلخیزی خاک در تولید محصولات در کشاورزی پایدار مطرح شده اند (۶). از زمانی که در کشاورزی علاوه بر واژه های تولید و افزایش بهره وری از گیاهان، واژه پایداری نیز اضافه شد، توجه دانشمندان به سوی مواد بیولوژیکی افزایش یافت (۷). کودهای بیولوژیک به مواد حاصل خیزکنندهایی گفته می شود که دارای تعداد کافی از یک یا چند گونه از میکروارگانیسم های سودمند خاکری هستند. کودهای بیولوژیک، میکروارگانیسم هایی هستند که قادرند عناصر غذایی خاک را در یک فرآیند بیولوژیک تبدیل به مواد مغذی همچون ویتامین ها و دیگر مواد معدنی کرده و به ریشه خاک برسانند. (۴) کودهای بیولوژیک مواد نگهدارنده میکروارگانیسم های سودمند خاک می باشند. مزایای استفاده از کودهای بیولوژیک شامل، صرفه اقتصادی، پایداری منابع خاک، حفظ تولید در دراز مدت و جلوگیری از آلودگی محیط زیست را به همراه دارند (۵).

نخستین کود میکروبی با نام تجاری نیتراژین در سال ۱۸۹۵ میلادی برای فروش عرضه شد و متعاقب آن تعدادی کودهای دیگر، حاوی باکتریهای ازتوباکتر و فسفو باکتری ها تولید شدند که به دلیل همزمانی با تولید کودهای شیمیایی، موفقیت چندانی بدست نیاوردند (۶). سالها بعد یعنی در سالهای ۱۹۷۳-۱۹۷۴ به دلیل اوج گرفتن بهای نفت خام مجدداً توجه به سمت استفاده از کودهای بیولوژیکی معطوف شد. (۳)

در گزارش FAO (۱۹۷۲) بیان شده است که بدون بهره گیری از کود، کشاورزان برای دستیابی به تولید بیشتر مجبور به توسعه سطح زیرکشت بوده و گاهی این زمین ها به دلیل اینکه قبلاً کشت نشده اند، نیازمند عملیات زراعی زیاد و پرهزینه هستند. از طرف دیگر، افزایش جمعیت جهان به افزایش تقاضا برای مواد غذایی منجر شده است که با توجه به محدود بودن زمین برای کشت، افزایش تولید محصولات کشاورزی تنها با افزایش تولید در واحد سطح میسر خواهد بود. یکی از روش های اولیه برای افزایش تولید، افزایش بهره وری از طریق استفاده از کودها می باشد.

امروزه، کود یکی از اجزاء ضروری در زمین های کشاورزی مدرن است، که در صورت استفاده نامناسب از آن مشکلاتی برای محصولات کشاورزی و زمین های مربوطه نیز ایجاد خواهد نمود. (۷). کشاورزان معمولاً کود را به عنوان یک عامل مؤثر در بهبود فعالیت های کشاورزی می شناسند و آن را باعث افزایش عملکرد محصول، باعث بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش درآمد خود می دانند (۸).

عواملی که باعث کاهش جمعیت میکروارگانیسم های مورد نظر در خاک ها و زمین های کشاورزی یک منطقه می شوند شامل: تنش های محیطی بلند مدت (خشکی، حرارت زیاد و یخبندان وغرقاب)، استفاده بی رویه از سموم شیمیایی به منظور مبارزه با بیماری ها و آفات گیاهی و عدم حضور گیاه میزبان مناسب به مدت طولانی می باشند. (۹)

دسته بندی کودهای بیولوژیک با توجه به نوع میکروارگانیسم ها

۱. ریزاندامگان کارآ (میکروارگانیسم های سودمند)

۲. کودهای بیولوژیک باکتریایی (ریزوبیوم- ازتوباکتر- آزوسپریلیوم)

۳. کودهای بیولوژیک قارچی (میکوریزا)

۴. کودهای بیولوژیک جلبکی (جلبکهای سبز- آبی و آزولا)

۵. کودهای بیولوژیک اکتینومیسیتها (فرانکیا)

انواع کودهای بیولوژیک با توجه به اعمالی که میکروارگانیسم ها انجام می دهند

۱- تثبیت کننده های ازت مولکولی

۲- قارچ های میکوریزا

۳- میکروارگانیسم های حل کننده فسفات های نامحلول

۴- کرم های خاکی تولید کننده ورمی کمپوست

۵- میکروارگانیسم های تبدیل کننده مواد آلی زاید به کمپوست

تثبیت کننده های ازت مولکولی :

امروزه رایج ترین و با سابقه ترین نوع کود بیولوژیک، مربوط به باکتری های تثبیت کننده ازت است. از بین آنها مواردی که توان برقراری ارتباط های همزیستی با گیاهان را دارند به دلیل کارایی بیشتر در جذب مقدار قابل توجهی ازت مولکولی، کاربرد وسیع تری پیدا کرده اند. در سطح جهانی، مجموع مقدار ازتی که از طریق این همزیستی به خاک اضافه می شود حدود ۷۰ تا ۸۰ میلیون تن در سال برآورد شده است. به عبارت دیگر، حدود ۶۵ درصد کل ازت مصرفی در کشاورزی از طریق تثبیت بیولوژیکی صورت می گیرد و این امر در تولید محصولات کشاورزی و کشاورزی پایدار از اهمیت زیادی برخوردار است. یعنی این همزیستی دارای پتانسیل لازم برای پایداری خاک است که می تواند در رفع کمبود دو نیاز اساسی خاک یعنی ماده آلی و ازت کاملاً موثر باشد. (۱۰)

تثبیت کننده ازت هوا برای تأمین کربن و انرژی مورد نیاز جهت تثبیت ازت به گیاهان وابسته هستند که بر این اساس به سه گروه: آزاد زی، همیار و همزیست تفکیک شده اند. باکتری های گروه آزاد زی کربن و انرژی لازم برای انجام فرآیند تثبیت را به طور مستقل و بدون همکاری یک گیاه میزبان و بیشتر با روش هتروتروفی (استفاده از مواد کربنی ساده موجود در خاک) و یا فتوتروفی (با انجام فتوسنتز) فراهم می کنند (۱۱).

تثبیت کننده ازت آزاد زی: شامل هتروتروف ها و فتوتروف ها می باشند. هتروتروف ها باکتری هایی هستند که به انرژی حاصل از تجزیه بقایای گیاهی وابسته می باشند. مهمترین آنها ازتوباکتر می باشد. ازتوباکتر دارای گونه های بسیار زیادی است که از جمله مهمترین آنها *Chroococcum* و *Azotobacter* می باشند.

نقش اصلی ازتوباکتر در تثبیت ازت است ولی گونه *A. Chroococcum* توانایی سنتز اکسین ها و جیبرلین ها و *IAA* و ویتامین ها (گروه B) مواد تحریک کننده رشد گیاهی و آنتی بیوتیک های ضد قارچ را نیز دارا است (۹).

فتوتروف ها از مهمترین تثبیت کنندگان ازت در این گروه سیانوباکتری ها (*Cyanobacteria*) می باشند. سیانوباکتری ها به عبارت دیگر جلبک های سبز-آبی (*Blue-Green Algae*) مهمترین تثبیت کنندگان ازت در خاک های بدون حضور گیاه می باشند. سیانوباکتری ها دارای واکنش های گازی هستند که به وسیله این واکنشها می توانند محل خود را در داخل آب تنظیم کنند، یعنی با پر و خالی شدن این واکنشها می توانند به سطح آب بیایند یا در عمق آب فرو روند. بعد از گذشت تابستان، با کاهش یافتن دما، فعالیت های متابولیکی آنها نیز کاهش یافته و تثبیت ازت نیز کاهش می یابد. در همین حال جذب مواد غذایی توسط این باکتری ها نیز شروع به کم شدن می نماید. علاوه بر این کاهش انرژی نورانی باعث ایجاد کمبود انرژی میشود که بر فعالیت های ذکر شده تأثیر می گذارد. این باکتری ها برای بالغ شدن به زمان خاصی نیاز دارند. با مساعد شدن شرایط سلول های این باکتری ها بلافاصله جوانه نمی زند بلکه جوانه زنی علاوه بر نیاز به دریافت مقدار معینی نور خورشید، نیاز به غلظت مناسبی از مواد غذایی به ویژه فسفات دارد. پس از تأمین این موارد، با بالا رفتن دما فعالیت این باکتریها آغاز می شود (۱۲).

تثبیت کننده ازت همیار : این نوع همیاری بین باکتری های دی ازوتروف و گیاهان بدون تشکیل اندام همزیستی خاصی صورت می پذیرد. گیاهان میزبان بیشتر جزء گرامینه ها می باشند، از جمله گندم، سورگوم، ذرت، برنج، نیشکر و انواعی از گیاهان علوفه

ای. این گیاهان از طریق ترشح مواد کربنی ساده و پائین نگهداشتن فشار نسبی اکسیژن در اطراف ریشه خود، فضا را برای فعالیت این باکتری ها مناسب می سازند (۹).

تثبیت کننده ازت های همزیست: مهمترین انواع همزیستی برای تثبیت ازت عبارتند از همزیستی ریزوبیوم با لگومینوز، همزیستی های اکتینوریزی، همزیستی آنابنا-آزولا

قارچ های میکوریزی: (Mycorrhiza) از قارچ و ریشه تشکیل شده است. در سال ۱۸۸۵م. توسط فرانک، گیاه شناس آلمانی برای نوعی همزیستی دوجانبه مفید بین انواع خاصی از قارچ های خاکزی و سیستم ریشه ای گیاهان وضع گردید. تقریباً تمام گیاهان دارای اهمیت اقتصادی برای بشر، همزیستی میکوریزایی ایجاد می کنند (۱۳). این نوع همزیستی دو دسته است:

۱- اکتوتروفیک (خارجی): که در کاج ها و راش دیده می شود.

۲- اندوتروفیک: در اکثر گیاهان دیده می شود (۹).

جنبه های زیست شناختی میکوریزا

میکوریزا بر اساس وضعیت قرار گرفتن میسلیوم های آنها روی ریشه گیاهان میزبان به دو گروه کلی تقسیم می شوند:

الف - میکوریزای بیرونی (Ectomycorrhizae)

این نوع میکوریزاها بیشتر در اکوسیستم های جنگلی که دارای مخلوطی از درختان پهن برگ و سوزنی برگ هستند مشاهده می شود. در این نوع همزیستی قارچ تولید میسلیوم انبوه و متراکمی روی سطح ریشه می کند ولی با این نوع قارچ آلوده شده با پوشش متراکمی از ریشه قارچ ها پوشیده شده و مستقیم با خاک تماس نخواهند بود. این نوع میکوریزا از راه افزایش سطح جذب ریشه باعث افزایش تحمل به خشکی گیاه میزبان به خصوص در مناطق خشک می شوند.

ب (میکوریزای درونی (Endomycorrhizae)

در این نوع میکوریزا آثار قارچی روی ریشه میزبان قابل مشاهده نبوده و از نظر ظاهری فرقی بین ریشه های آلوده و غیر آلوده وجود ندارد. هیف این قارچ ها از راه تارهای کشنده یا از راه سلول های اپیدرمی ریشه وارد سلول میزبان می شوند. هیف پس از ورود به سلول میزبان تولید شبکه ای می کند که این شبکه از رشته های نازک دو شاخه ای بنام آربا سکول تشکیل شده که دارای ساختاری شبیه اندام های مکنده می باشد.

تبادل متابولیت ها بین قارچ و سیتوپلاسم میزبان از طریق همین مناطق آرباسکول ها انجام می گیرد. آرباسکول معمولاً ۴۶الی ۲۶ درصد حجم سلول را در بر می گیرند پس از مدتی از بین رفته و هضم می شوند. انشعابات میسلیوم های درونی ساختمان های کیسه مانندی با دیواره ضخیم ایجاد می کنند که به آنها وزیکول می گویند. وزیکول اندام های ذخیره ای مواد غذایی و همچنین شکل پایدار قارچ هستند. وجود ساختمان های وزیکول و آرباسکول در این نوع میکوریزاها سبب شده است که آنها را قارچ های وزیکولار آربا سکولار گویند. میکوریزا نشان دهنده مشارکت در همزیستی بین قارچ و ریشه گیاه میزبان می باشد.

در این سیستم قارچ پوشش گسترده ای از رشته های نخ مانند به هم تابیده به نام میسلیوم را در اطراف ریشه گیاه میزبان تشکیل می دهد. در این همزیستی قارچ قند، اسید های آمینه، ویتامین ها و برخی مواد آلی دیگر را از میزبان دریافت و در مقابل معدنی و بیشتر از سایر مواد فسفات را خاک جذب و در اختیار گیاه قرار می دهد. اکثر گیاهان قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند. بطور کلی ۱۳ درصد از دولپه ای ها و ۷۱ درصد از تک لپه ای ها قادر به تشکیل سیستم میکوریزایی هستند.

تحقیقات انجام شده در داخل و خارج کشور بر روی قارچ های میکوریزا و نیز میکروارگانیسم های حل کننده فسفات، نشان دهنده کارایی بالای روش های بیولوژیک در افزایش فسفر قابل جذب گیاهان است. شواهد بسیار زیادی وجود دارد که نشانگر این است که میکوریزا می تواند سبب تغییراتی در روابط آبی گیاه و بهبود مقاومت به خشکی و یا تحمل در گیاه میزبان شود. بسیاری از محققین این خصوصیت را یک واکنش ثانویه در نتیجه بهبود جذب عناصر غذایی می دانند.

میکروارگانسیم های حل کننده فسفات های نامحلول

بسیاری از میکروارگانسیم های خاکزی قادرند با واکنش هایی همانند، تولید و ترشح اسیدهای آلی (۲-کتوگلوکونیک، سیتریک، اگزالیک، مالیک، سوکسینیک، فومیک و پروپیونیک) و آنزیم های فسفاتاز در حلالیت و آزاد سازی فسفر از مواد معدنی کم محلول و ترکیبات آلی فسفر دار مؤثر باشند.

باکتری های مورد استفاده بیشتر از دو جنس پزودوموناس (*Pseudomonas*) و باسیلو (*Bacillus*) می باشند. امروزه استفاده از قارچ ها نیز مورد توجه قرار گرفته است، توان قارچ ها در حلالیت فسفات ها گاهی تا ده برابر توان باکتری ها می رسد. قارچ هایی که در این زمینه فعالیت می کنند عبارتند از؛ جنس های پنی سیلیوم (*Penicillium*) و آسپرژیلوس (*Aspergillus*) می باشند. (۶)

میکروارگانسیم های حل کننده فسفات بصورت ساپروفیت در منطقه ریشه (ریزوسفر) فعالیت نموده و با مصرف ترشحات ریشه ترکیبات نامحلول فسفات (مانند تری کلسیم فسفات) را بصورت محلول قابل جذب گیاه در می آورند. این میکروارگانسیم ها با تولید و ترشح اسید های عالی اعم از مالیک، سوکسینیک، پروپیونیک، لاکتیک، سیتریک، کتوگلوکونیک، در حلالیت فسفات های معدنی و کم محلول مؤثر می باشند و بعلاوه بسیاری از آنها با تولید آنزیم فسفاتاز آزاد شدن فسفر از ترکیبات آلی فسفر دار را موجب می شوند.

نقش اسیدهای آلی ترشح شده توسط باکتری ها ابتدا کاهش PH خاک است و سپس آنها پیوند موجود در فرم های فسفات را تجزیه می کنند. برخی از هیدروکسی اسیدها ممکن است در اثر ترکیب با کلسیم و آهن به صورت کلات در آمده و تأثیر بسزایی را در افزایش حلالیت و مصرف فسفات ها ایجاد نمایند (۶). در واقع باکتری های محلول کننده فسفات با تولید اسیدهای آلی، موجب کاهش PH خاک می شوند که از این طریق به عنوان یک عامل کلاته کننده شناخته می شوند. این عامل با جانشین شدن در ترکیب P-metal موجب آزاد شدن فسفات می شوند. باکتری های حل کننده فسفات به وسیله منابع کربن آلی تحریک می شوند که این ممکن است به صورت طبیعی یا به صورت اضافه کردن به خاک اتفاق بیافتد. گلوکونیت و استات اسیدهای آلی تولید شده توسط باکتری های حل کننده فسفات هستند (۱۴).

کرم های خاکی و تولید ورمی کمپوست

ورمی کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم های خاکی است که در نتایج تغییر و تبدیل و هضم نسبی بازمانده های آلی در ضمن عبور از دستگاه گوارش این جانوران بوجود می آید. تولید ورمی کمپوست فن آوری استفاده از انواع خاصی از کرم های خاکی است که بدلیل توان رشد و تکثیر بسیار سریع و توانایی قابل توجه برای مصرف انواع مواد آلی زائد، این قبیل مواد غالباً مزاحم را به یک کود آلی با کیفیت بالا تبدیل می کنند.

عبور آرام مداوم و مکرر از مسیر دستگاه گوارش کرم خاکی همراه با اعمال خرد کردن، سائیدن، بهم زدن و مخلوط کردن که در بخش های مختلف این مسیر انجام می شود. آغشته کردن این مواد به انواع ترشحات سیستم گوارشی مانند ذرات کربنات کلسیم، آنزیم ها، مواد مخاطی، متابولیت های مختلف میکروارگانسیم ها دستگاه گوارش و بالاخره ایجاد شرایط مناسب برای سنتز اسیدهای هومیک در مجموع مخلوطی را تولید می کند که خصوصیتی کاملاً متفاوت با مواد فرو برده شده پیدا کرده است. فرآورده ای که ورمی کمپوست خوانده می شود و از لحاظ کیفی ماده ای آلی با PH تنظیم شده سرشار از مواد هومیک و عناصر غذایی به فرم قابل جذب برای گیاه دارای انواع ویتامین ها، هورمون های محرک رشد گیاه و آنزیم های مختلف است.

از لحاظ ظاهری به صورت دانه ای شکل با رنگ تیره، بدون بوی نامطبوع و دارای قابلیت عرضه تجارتنی است. وجود ۸۶۶ عدد کرم خاکی در متر مربع قادر به عبور دادن حدود ۴۶۶ تن خاک در سطح یک هکتار در سال و حفر ۶ تا ۲۶ هزار کیلومتر راه و کانال در هکتار در سال است. در ضمن تولید کمپوست کرم ها هم به مقدار بسیار زیاد تکثیر می شوند که پس از جدا کردن کود از این کرم ها به عنوان یک ماده غذایی سرشار از پروتئین (۶۲ تا ۴۷ درصد پروتئین بر حسب وزن خشک بدن) و حاوی اسیدهای چرب غیر

اشباع (۶/۴الی ۳درصد وزن خشک بدن) املاح مفید مانند ید در صنایع مرغداری ، پرورش ماهی و یا مخلوط کردن در جیره غذایی دام استفاده می شود.(۹)

کرم های خاکی نقش مهمی در تغییر کیفیت خاک دارند، همچنین کرم های خاکی در ساختمان خاک نیز مؤثرند. این کرم ها به عنوان حالت دهندگان خاک شناخته شده اند و فعالیت آنها، نفوذ آب به خاک را بهبود می بخشد. اگر ماده آلی در خاک وجود داشته باشد این موجودات میتوانند، مادهای دارای N و P و K در فرم های قابل جذبی به میزان بالاتری نسبت به مواد مصرف شده توسط آنها تولید کنند. همچنین کمپوست به دست آمده از گونه های مختلف کرم خاکی دارای هورمون ها و آنزیم های مختلفی هستند که این مواد باعث تحریک رشد گیاهان و جلوگیری از فعالیت پاتوژنها می شود. همچنین در ورمی کمپوست مواد؛ موکوس (Mucus) و اورین (Urin) وجود دارد که برای رشد گیاهان مفید است. این جانوران می توانند بر جمعیت میکروبی خاک نیز تأثیرگذار باشند. برای مثال در تحقیقی فعالیت کرم های خاکی سبب افزایش فعالیت میکوریزاها شده است. علاوه بر این موارد کرم های خاکی می توانند با جذب فلزات و عناصر سنگین از خاک و تجمع آنها در بافت های بدنشان، غلظت این مواد را در محیط ریشه گیاه کم کرده و از این طریق، از آلودگی گیاه و بالا رفتن غلظت این مواد سمی در گیاه جلوگیری کنند که این مسئله باعث بهبود کیفیت رشد ریشه و گیاه و کاهش خطر سمی بودن محصولات به دست آمده از این گیاهان می شود (۱۵).

مهمترین فاکتور تأثیرگذار بروی پراکندگی کرم های خاکی در سیستم های کشاورزی، کیفیت و کمیت غذا و میزان به هم خوردگی خاک است. همچنین استفاده از کود دامی و کمپوست باعث تحریک فعالیت های کرم خاکی می شود. شخم خاک دارای اثر منفی بر فعالیت کرم خاکی می باشد لذا سیستم های شخم کاهش یافته، دارای اثر تحریک کنندهای بر فعالیت کرم های خاکی می باشد. همچنین بعضی از گیاهان دارای اثرات پس از برداشت بروی جمعیت و پراکندگی کرم های خاکی می باشند (۱۶).

میکروارگانسیم های تبدیل کننده مواد آلی زاید به کمپوست

میکروارگانسیم ها شامل انواعی از قارچ ها و باکتری هاست که برای تبدیل سریعتر بازمانده های آلی و تولید کمپوست مورد استفاده قرار می گیرند. کمپوست یک کود آلی و حاصل از مجموع تغییر و تبدیل هایی است که روی انواع بازمانده های گیاهی و جانوری در نتیجه توالی فعالیت گروه های مختلف میکروارگانسیم ها بوجود می آید. به این ترتیب فرآورده این فرآیند میکروبی می تواند یک کود بیولوژیکی محسوب شود. تولید کود آلی کمپوست بطریقه بیوتکنولوژیکی و از کلیه منابع آلی از جمله زباله های خانگی ، ضایعات کشاورزی (باگاس نیشکر ، ضایعات پسته، چای و کاه و کلش غلات ، سبوس برنج و غیره) و بازیافت فضلاب های شهری و خانگی صورت می گیرد.

باکتری هایی مانند سلولرموناس وسیتوناگا نیز در تهیه کمپوست موثر هستند. شیرابه زباله نیز تولید می شود که برای تقویت خاک و افزایش عملکرد گیاهان بطور معنی داری موثری است. تهیه کمپوست از ضایعات کشاورزی نیز حائز اهمیت است به عنوان مثال اگر مقدار کلش برنج بطور متوسط حدود ۶تن در هکتار باشد با کمپوست کردن آن حدود ۳۶کیلوگرم ازت ، ۶ کیلوگرم فسفر خالص ، ۶کیلوگرم گوگرد ، ۶۷کیلوگرم پتاسیم خالص و ۴۶۶کیلوگرم سیلیس در هکتار به خاک بر می گردد.

میکروارگانسیم های دخیل در فرآیند تجزیه سلولز در خاک یکی از مهمترین گروه های میکروبی خاک را تشکیل می دهند، زیرا این میکروارگانسیم ها با تجزیه و تغییر فرم ماده آلی خاک باعث به وجود آمدن و تولید منبع کربن در خاک شده که به وسیله سایر میکروارگانسیم های خاک مصرف شده و باعث تأثیر بر سلامت خاک و جمعیت میکروبی آن می شوند، لذا فعالیت این باکتری ها به عنوان شاخصی از سلامت و کیفیت خاک شناخته می شود(۱۷).

منابع و مراجع

- (۱) خرم دل، س، کوچکی ع، نصیری محلاتی م و قربانی ر، 1387. اثر کاربرد کودهای بیولوژیک بر شاخص های رشدی سیاهدانه (*Nigella arvensis* L) مجله پژوهش های زراعی ایران، شماره ۶، صفحه های 285 تا ۲۹۴.
- (۲) کوچکی، ع، م. حسینی و ح. خزاعی 1376 . نظام های کشاورزی پایدار. (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. صفحه ۱۰۲-۱۴۹.
- (۳) کوچکی، ع 1375 . از انقلاب سبز تا سبزینه انقلاب، تعارض یا تفاهم؟. چهارمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران، اصفهان.
- (۴) فلاوند، آ.آ. حمیدی، م. دهقان شعارم. ج. ملکوتی، ا. اصغرزاده و ر. چوکان. ۱۳۸۵. کاربرد کودهای زیستی (بیولوژیک) ، راهبردی بوم شناختی برای مدیریت پایدار بوم نظامهای زراعی. نهمین کنگره علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران. مقالات کلیدی : ۲۲۴-۲۰۰ دانشگاه تهران.
- (۵) معزاردلان، م. و غ. ثوابی فیروزآبادی. ۱۳۸۱ مدیریت حاصلخیزی خاک برای کشاورزی پایدار. انتشارات دانشگاه تهران.
- (۶) احمدی، ع، پ. احسانزاده و ف. جباری. ۱۳۸۳. مقدمه ایبرفیزیولوژی گیاهی (ترجمه). جلد اول. انتشارات دانشگاه تهران.
- (۷) آستارایی، ع. ر.، و ع. کوچکی. ۱۳۷۵. کاربرد کودهای بیولوژیکی در کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات دانشگاه مشهد.
- (۸) فلاحی ج، کوچکی ع و رضوانی مقدم پ، 1388. بررسی تاثیر کودهای بیولوژیک بر عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی بابونه آلمانی. مجله پژوهشهای زراعی ایران، شماره ۷، صفحه های ۱۲۷ تا 135 .

- 9) Sharma AK, 2003. Biofertilizers for sustainable agriculture. Agrobios, India.
- 10) Zhou, Y., Yang, H., Mosler, H.J. & Abbaspour, K. C (2010). Factors affecting farmers' decisions on fertilizer use: A case study for the Chaobai watershed in Northern China. *Consilience. Journal of Sustainable Development*, 4(1), 80-102.
- 11) Yu, L., Jun-biao, ZH., & Jiang, D. (2009). Factors Affecting Reduction of Fertilizer Application by Farmers: Empirical Study with Data from Jiangnan Plain in Hubei Province. Contributed Paper prepared for presentation at the International Association of Agricultural Economists Conference, Beijing, China, August 16-22, 2009.
- 12) Prakash, V., Bhattacharyya, R. & Selvakumar, G. (2007). Long-term effects fertilization on some properties under rainfed soybean-wheat cropping in the Indian Himalayas. *Journal Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 224-23.
- 13) Yu, Xiezhi, J., Cheng, and M. H. Wong. 2005. Earthworm-mycorrhiza interaction on Cd uptake and growth of ryegrass. *Soil Biology & Biochemistry*. ۳۷:۱۹۵-۲۰۱.
- 14) Gerendas, J., and I. Pieper. 2001. Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. P. 716-717. Horst, W. J. (Ed.). In: *Plant nutrition-Food security and sustainability of agroecosystems*. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.
- 15) Sylvia DmT2005. Role of mycorrhizae in sustainable agriculture personal communication.
- 16) Wu, S.C., Z.H. Cao, Z.G. Li, K.C. Cheung, and M.H. Wong. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. *Geoderma*. 125:155-166.
- 17) Zhao, Y., W. Li, Z. Zhou, L. Wang, Y. Pan, and L. Zhao. 2005. Dynamics of microbial community structure and cellulolytic activity in agricultural soil amended with two biofertilizers. *European Journal of Soil Biology*. 41:21-29. I. S. Jacobs and C. P. Bean, "Fine particles, thin films and exchange anisotropy," in *Magnetism*, vol. III, G. T. Rado and H. Suhl, Eds. New York: Academic, 1963, pp. 271-350.