نشریه مدیریت اراضی/ جلد ۷ / شماره ۲ / ۱۳۹۸

10.22092/lmj.2019.122409.136

مروری بر کاربرد کودهای آلی رایج در کشت و تولید برنج سالم و ارگانیک

عباس شهدی‌کومله [۱]

استادیار پژوهش مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران.**Shahdiabbas8@gmail.com**

دریافت: تیر ۱۳۹۷ و پذیرش: تیر ۱۳۹۸

چکیده

برخی روش‌های متداول کشاورزی، موفقیت قابل قبولی در استفاده از منابع نداشته و با اتکاء به نهاده‌های مصنوعی موجب ایجاد سیستم‌های زراعی ناپایدار، بروز بحران‌های زیست محیطی و اثرات منفی بر سلامت انسان و دام گردیده است. این در حالی‌ست که ایمنی غذایی و کیفیت محصولات کشاورزی در بسیاری از نقاط جهان، دغدغه اصلی بسیاری از مردم در طبقات متوسط و پردرآمد جوامع به‌شمار می‌رود. زراعت ارگانیک یکی از روش‌های به‌زراعی تولید محصولات کشاورزی است که عدم استفاده از نهاده‌های شیمیایی یکی از پارامترهای اساسی آن است. بر طبق آمار فائو سطح زیر کشت برنج در ایران در سال ۲۰۱۶، ۵۵۶۷۸۷ هکتار بود که بخش وسیعی از آن از پتانسیل و استعداد لازم به‌منظور ترویج روش‌های کم‌نهاده و بدون نهاده در تولید محصول سالم- ارگانیک برخوردار است. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و در راستای کاهش و مصرف متعادل کودهای شیمیایی، کاربرد ۲/۵ تا ۲۰ تن در هکتار کود مرغی، پنج تا ۲۰ تن در هکتار کود گاوی و ۱۰ تا ۴۰ تن در هکتار کود گوسفندی، ۲۰ تن در هکتار کود سبز، پنج تا ۱۰ تن در هکتار کمپوست آزولا، پنج تن در هکتار کمپوست کاه و کلش به‌تنهایی و یا در تلفیق با کودهای شیمیایی در مزارع برنج توصیه شده است و به‌نظر می‌رسد که کاربرد کودهای آلی با بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک، موجب کاهش چشمگیر (۷۰ تا بیش از ۹۰ درصد) مصرف کودهای شیمیایی شده و اثرات مثبت فراوانی را در جهت پایداری تولید برنج به‌دنبال داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: ارگانیک، برنج، کمپوست، کود سبز، کودهای حیوانی

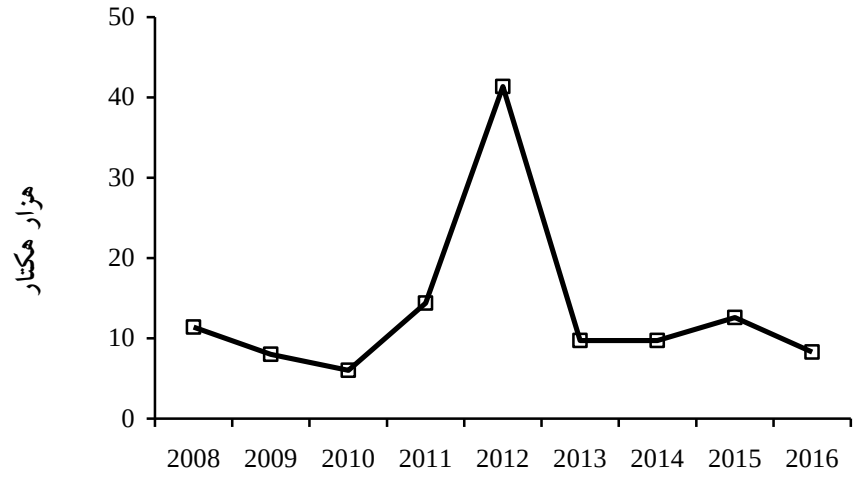
[۱]- آدرس نویسنده مسئول: مؤسسه تحقیقات برنج کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

مقدمه

امروزه پایداری سیستم‌های کشاورزی به‌عنوان یک موضوع مهم در سراسر جهان مورد توجه قرار گرفته است (لجم‌اورک و همکاران، ۱۳۹۱). استفاده درازمدت از کودهای شیمیایی منجر به کاهش حاصلخیزی و تخریب خاک می‌گردد (والی و آداماسو، ۲۰۱٦). با توجه به روند رو به افزایش قیمت کودهای شیمیایی و پایدار نبودن حاصلخیزی خاک، اختلال در فعالیت بیولوژیک، همچنین کاهش تثبیت بیولوژیک نیتروژن و دیگر عناصر غذایی بر اثر کاربرد مکرر کودهای شیمیایی، لازم است از مصرف این کودها به تدریج کاسته شود و کودهای آلی به‌طور نسبی جایگزین آن‌ها شوند (لجم‌اورک و همکاران، ۱۳۹۱). کاربرد کودهای آلی می‌تواند گام مؤثری در جهت کاهش اثرات سوء استفاده از کودهای شیمیایی و بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک و تأمین برخی عناصر کم‌مصرف باشد، در حالی‌که در نظام‌های زراعی فشرده، مواد آلی و عناصر غذایی خاک به‌سرعت تخلیه می‌شوند و استفاده متوالی از کودهای شیمیایی عملکرد گیاهان زراعی را تقلیل می‌دهد و این کاهش عملکرد می‌تواند ناشی از کاهش فعالیت بیولوژیک و نامساعد شدن خصوصیات فیزیکی خاک باشد (آدیدیران و همکاران، ۲۰۰۵).

کودهای آلی را می‌توان به چهار گروه کودهای حیوانی، کود سبز، کمپوست و کودهای زیستی یا بیولوژیک تقسیم نمود. کودهای آلی علاوه بر اینکه حاوی مقادیر قابل توجهی فسفر قابل جذب می‌باشند، باعث افزایش حلالیت کانی‌های کم‌محلول و نامحلول فسفر موجود در خاک گردیده و نیاز به مصرف کودهای شیمیایی فسفره را مرتفع ساخته و از این طریق نه تنها باعث کاهش هزینه واردات این کودها می‌شوند، بلکه باعث سوق دادن کشاورزی به سمت کشاورزی پایدار نیز می‌گردند (حلوایی، ۱۳۸۹). کودهای شیمیایی و آلی به‌تنهایی نمی‌توانند پایداری تولید را تضمین کنند، بلکه استفاده تلفیقی از آن‌ها می‌تواند یک راه حل مناسب برای افزایش پایداری تولید در نظام‌های زراعی باشد (شارپلی و همکاران، ۲۰۰٤). اهداف مدیریت تلفیقی عناصر غذایی (INM)[۲] استفاده کارآمد و محسوس از منابع اصلی عناصر غذایی گیاه در تلفیق با یکدیگر می‌باشد. اجزاء اصلی سیستم INM: کودهای شیمیایی، کود بقایای دامی (Farmyard manure)، کمپوست، کود سبز، بقایای محصول، زباله‌های قابل بازیافت و کودهای زیستی هستند (والی و آداماسو، ۲۰۱٦). گزارش شده است که استفاده ترکیبی کودهای آلی و کودهای شیمیایی به حفظ پایداری عملکرد از طریق اصلاح کمبود عناصر کم‌مصرف، افزایش عناصر غذایی در دسترس گیاه، افزایش کارآیی مصرف کود و بهبود شرایط فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک و کاهش آلودگی محیط زیست کمک می‌کند و می‌تواند یک روش مناسب به‌منظور حفاظت از محیط زیست و افزایش عملکرد برنج باشد (زو و همکاران، ۲۰۰۸. گیل و والیا، ۲۰۱٤. ساناتیماپا و همکاران، ۲۰۱۵). بر طبق آمار سازمان خواروبار جهانی (۲۰۱٦)، سطح زیر کشت محصولات کشاورزی ارگانیک در ایران درسال ۲۰۰۸، ۱۱۷۵۰ هکتار بود که در سال ۲۰۱٦ به ۸۳۰۰ هکتار رسید.

2- Integrated Nutrient Management



شکل ۱- سطح زیر کشت محصولات کشاورزی ارگانیک در ایران

با توجه به مطالعات زیاد ولی پراکنده پیرامون کودهای آلی درکشاورزی و خاصه زراعت برنج، این بررسی مروری با هدف تجمیع بررسی‌ها و مطالعات انجام شده پیرامون اهمیت کودهای آلی و نیز امکان تلفیق با کودهای شیمیایی در بهبود عملکرد کمی و کیفی برنج، خصوصیت فیزیکی و شیمیایی خاک شالیزار و نهایتاً معرفی و رونق تولید برنج سالم و ارگانیک می‌باشد.

کودهای حیوانی (Manures)

منظور از کود حیوانی مجموعه‌ای از مواد بستری، ادرار و مدفوع گاو، گوسفند، مرغ و یا هر حیوان دیگری است که از محل نگهداری آن‌ها به‌دست می‌آید. اگرچه اطلاعاتی درمورد اثر کود حیوانی و دیگر کودهای آلی بر عملکرد محصولات زراعی در دسترس است، اما کشاورزان در ایران برای دست‌یابی به عملکرد بالا منحصراً به مصرف کودهای شیمیایی تکیه کرده و از این رو تمایل کمی به حفظ محتوای ماده آلی خاک در ایران وجود دارد (شیرانی و همکاران، ۲۰۰۲). استفاده از کودهای دامی در تولید گیاهان زراعی از قدیم رایج بوده است و یکی از جنبه‌های مهم در چرخش عناصر غذایی محسوب می‌شود، زیرا برخی عناصر غذایی که به عنوان غذا وارد بدن دام‌ها می‌شوند، در کود آن-ها جای می‌گیرند (کوچکی و همکاران، ۱۳۷۵)، در کشور ما نیز، به‌دلیل پرورش دام و طیور در کنار زراعت برنج، همواره در سالیان دور از فضولات حیوانی به‌عنوان کود در شالیزارهای مناطق شمالی استفاده می‌شد، به‌طوری‌که با رهاسازی دام و طیور پس از برداشت برنج و یا جمع‌آوری فضولات دامی و پخش آن‌ها در زمین در طی ماه‌های منتهی به بهار، عناصر مورد نیاز گیاه برنج تأمین می‌شد، اما امروزه متأسفانه استفاده از کودهای آلی کمتر مورد توجه می‌باشد؛ چرا که عکس‌العمل گیاه نسبت به کودهای شیمیایی سریع‌تر از کودهای آلی بوده و این مسئله منجر به استفاده بیشتر کودهای شیمیایی توسط کشاورزان گردیده است.

اثرات مفید و مؤثر کاربرد کودهای آلی بر عملکرد برنج و باروری خاک توسط محققان بسیاری گزارش شده است، به‌طوری‌که نتایج بررسی اثر کود مرغی و کود گاوی بر شاخص‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک در سیستم کشت تناوبی برنج- گندم نشان داد که کودهای مزرعه‌ای پوسیده برای بهبود شاخص‌های فیزیکی و بیولوژیکی خاک می‌توانند جایگزین اصلی کودهای شیمیایی باشند (لی و همکاران، ۲۰۱۱). تجزیه عناصر کودهای مرغی و بقایای دامی نشان می‌دهد که کود مرغی حاوی مقادیر بیشتر نیتروژن، فسفر و پتاسیم نسبت به کود بقایای دامی است (جدول ۱) (عبدالحمید و همکاران، ۲۰۰٤. سوتار، ۲۰۰۹). شواهد دیگری از بررسی اثر

کودهای آلی و کودهای شیمیایی بر صفات کیفی برنج نشان می‌دهد که بیشترین قوام ژل، دمای ژلاتینه شدن دانه و محتوای پروتئین برنج از کاربرد کود گاوی به‌دست آمد (نصراالله‌زاده و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج ارزیابی دیگری از بررسی اثر مقدار کاربرد کود گاوی بر رشد و عملکرد برنج ارگانیک در اندونزی در طی سال‌های ۲۰۰۳ تا ۲۰۱۱ نشان می‌دهد که کاربرد کود گاوی (۱۰ تن در هکتار) یا زیست‌توده ذرت به‌همراه کود گاوی (۷/۵ تن در هکتار) بر عملکرد برنج دارای اثرات مثبتی بود (واهیو و همکاران، ۲۰۱٤). نتایج گزارش شده توسط بسیاری از محققان، افرایش اجزاء عملکرد و عملکرد کاه و دانه برنج را در اثر مصرف کودهای حیوانی به‌تنهایی و یا در ترکیب با کودهای شیمیایی اثبات می‌کند (خان و همکاران، ۲۰۰۷. علی و همکاران، ۲۰۰۹. هاسائن و همکاران، ۲۰۱۱. سیاوشی و همکاران، ۲۰۱۱. اسلام و همکاران، ۲۰۱۳. ایساکا و همکاران، ۲۰۱٤. امون‌الله و همکاران، ۲۰۱٦). همچنین، بر طبق نتایج گزارش شده، اضافه کردن کود دامی به‌همراه کود شیمیایی موجب افزایش غلظت عناصر غذایی (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و گوگرد) دانه و کاه و متعاقباً افزایش سطوح ماده آلی و محتوای عناصر غذایی خاک پس از برداشت برنج می‌گردد (اسلام و همکاران، ۲۰۱۳). به خصوصیات شیمیایی برخی از انواع کودهای حیوانی در جدول یک اشاره شده است.

جدول ۱- تجزیه عناصر کود مرغی و کود بقایای دامی (عبدالحمید و همکاران، ۲۰۰۴. سوتار، ۲۰۰۹)

نوع کود	کربن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (g/kg)	پتاسیم (mg/kg)	کربن/نیتروژن	کلسیم (mg/kg)	منیزیم (mg/kg)	سدیم (mg/kg)
کود مرغی	۳۵	۴/۳۵	۳/۱	۱۴۵۶	۸	۲۴۶	۲۳۳	۲۲۲
بقایای دامی	۲۶/۶۳	۱/۴۴	۶/۵	۸۸۷	۱۸/۵	۱۵۷	۲۵۹	۵۷۰

مدیریت تلفیقی و مصرف متعادل و متناسب کود به‌منظور تأمین مناسب عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف گیاه و همچنین، کاهش مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و جلوگیری از آلودگی بیشتر آب و خاک به‌شمار می‌رود. نتایج بررسی اثر کودهای شیمیایی و بیولوژیکی بر افزایش توانایی خاک مزارع تحت کشت گیاه برنج نشان داد که بالاترین عملکرد مربوط به تیمارهای مصرف کود شیمیایی بر اساس نتایج تجزیه خاک و مصرف کود گوسفندی به‌میزان ۱۰ تن در هکتار بود (قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۰). اثرات مثبت کاربرد انواع کودهای دامی بر عملکرد و اجزاء عملکرد سایر غلات نیز توسط محققان دیگری گزارش شده است (جعفری‌مقدم و همکاران، ۱۳۸۹. قنبری و همکاران، ۱۳۹۲).

کودهای سبز (Green Manures)

کود سبز به اضافه کردن بافت سبز گیاه به خاک گفته می‌شود. این کود ارزان و سازگار با محیط زیست است. کاشت گیاهان کود سبز و اختلاط آن‌ها با خاک در درازمدت می‌تواند ضمن تأمین عناصر پرمصرف و کم‌مصرف مورد نیاز گیاه، خصوصیات خاک را بهبود بخشد و مقدار مصرف کودهای شیمیایی را به‌طور قابل توجهی کاهش دهد (جدول ۲). استفاده از کود سبز به یک تکنولوژی مؤثر با صرفه‌جویی اقتصادی در سیستم تولید محصولات کشاورزی تبدیل شده است که ظرفیت تولید خاک را بدون ایجاد مشکل زیست محیطی تضمین می‌کند (سلوی و کالپانا، ۲۰۰۹).

جدول ۲- تجزیه عناصر برخی از انواع کودهای سبز (آمبروسانو و همکاران، ۲۰۱۳)

کود سبز	نیتروژن (g/dm^3)	فسفر (g/dm^3)	پتاسیم (g/dm^3)	کربن/نیتروژن	کلسیم (g/dm^3)	منیزیم (g/dm^3)	آهن (mg/dm^3)	منگنز (mg/dm^3)
باقلا مخملی (*Mucuna aterrima*)	۲۷	۳۱	۱۰۲	۱۵	۱۵۸	۳۰	۲۹۷	۱۱۳۳
نخود شنی (*Crotalaria juncea*)	۱۶	۱۸	۷۱	۲۵	۸۰	۳۵	۱۱۱	۲۸۰
لوبیای معمولی (*Phaseolus vulgaris*)	۸	۴	۱۴۱	۴۵	۴۷	۳۴	۹۷	۱۷

برای حفاظت خاک و محیط زیست بسیاری از کشورها از قبیل آلمان، اسپانیا و آمریکا از گیاهان پوششی در سیستم‌های کشاورزی استفاده می‌کنند (مولر و رینتز، ۲۰۰۹. گابریل و کومادا، ۲۰۱۱). کاشت این قبیل از گیاهان علاوه بر کاهش تلفات نیترات، مزایای متعددی شامل بهبود وضعیت سلامتی بوم‌نظام‌های کشاورزی، توقف رشد و گسترش آفات و عوامل بیماری‌زا، افزایش موجودات زنده و تعدیل درجه حرارت خاک، بهره‌برداری از اضافات کودها و کاهش رواناب، کنترل علف‌های هرز و کاهش فرسایش خاک، بهبود ساختمان و حاصلخیزی خاک (اسنپ و همکاران، ۲۰۰۵. استینورس و بلینا، ۲۰۰۸) به پایداری در سیستم‌های تولید محصول کمک می‌نماید. اگرچه تقریباً هر گیاه زراعی می‌تواند به‌عنوان کود سبز مورد استفاده قرار گیرد، اما لگوم‌ها مانند لوبیا، شبدر برسیم و ... به‌دلیل توانایی بالا در تثبیت نیتروژن هوا برای این منظور ترجیح داده می‌شوند (تاجبخش و همکاران، ۱۳۸٤. کوچکی و همکاران، ۱۳۸٤). عوامل محیطی از قبیل بارندگی، درجه حرارت، طول دوره رشد و حاصلخیزی خاک می‌تواند بر مقدار نیتروژن تجمع یافته در این گیاهان و قابلیت دسترسی آن برای گیاه بعدی تأثیر گذارد. علاوه بر فاکتورهای محیطی، تصمیمات مدیریتی از جمله عملیات خاک‌ورزی و زمان برگرداندن گیاه پوششی به خاک بر قابلیت دسترسی نیتروژن و مقدار کود نیتروژن مورد نیاز برای تولید حداکثر عملکرد اقتصادی گیاه بعدی تأثیر می‌گذارد (شمس‌الدین‌سعید و همکاران، ۱۳۹٦). گیاهان پوششی غیرلگوم نیز به‌عنوان گیاهان گیرنده نیتروژن برای جلوگیری از آبشویی نیترات استفاده می‌شوند (کریستوفر و لل، ۲۰۰۷. هوکر و همکاران، ۲۰۰۸). گزارشات متعددی در خصوص اثر مثبت کشت انواع گیاهان پوششی بر خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک وجود دارد.

بررسی اثر کشت لگوم بر ویژگی‌های خاک نشان داد که کودهای سبز باعث افزایش درصد مواد آلی و بیوماس ریزجانداران خاک می‌شوند و از این طریق باعث آزادسازی عناصر غذایی برای گیاهان می‌شوند (تجدا و همکاران، ۲۰۰۸. تالگئر و همکاران، ۲۰۰۹). کاربرد این کودها، یک مدیریت صحیح در هر سیستم تولید کشاورزی محسوب می‌شود زیرا می‌تواند پایداری سیستم‌های تولید محصول را با کاهش فرسایش خاک و بهبود ویژگی‌های فیزیکی خاک افزایش دهد (محمودی و همکاران، ۲۰۱٤). در مطالعات انجام شده توسط محققان در مورد اثر کشت انواع گیاهان به‌عنوان کود سبز نظیر شبدر قرمز، یونجه معمولی، ماشک و یولاف گزارش شد که میزان نیتروژن خاک در کشت یونجه معمولی افزایش چشمگیری داشت و میزان پروتئین دانه گیاه بعدی (گندم) حداکثر مقدار بود (عبدی و همکاران، ۱۳۹۱). در بررسی‌های دیگر، اثر کاربرد کود سبز و کودهای شیمیایی بر عملکرد برنج و وضعیت عناصر غذایی خاک پس از برداشت نشان داد که عملکرد برنج و وضعیت عناصر غذایی خاک (نیتروژن، فسفر، پتاسیم و ...) می‌تواند از طریق ترکیب کود سبز و مدیریت مصرف کود بهبود یابد (مهدی و همکاران، ۲۰۱۱. اسلام و همکاران، ۲۰۱٤. اسلام و همکاران، ۲۰۱۵). در بررسی دیگر گزارش شده است که استفاده از گیاهان لگوم در تناوب با گیاهان زراعی دیگر می‌تواند یکی از راهکارهای کاهش استفاده از کودهای شیمیایی به‌ویژه کودهای نیتروژنی باشد (پیتز، ۲۰۰٤).

مطالعه گیاهان خانواده‌های گرامینه (سورگوم، ارزن، یولاف)، براسیکاسه (منداب) و لگومینوز (شبدر سفید، شبدر قرمز، شبدر برسیم، اسپرس، ماشک و گاودانه) نشان داد که بیشترین میزان کربن آلی در اثر برگرداندن بقایای سورگوم علوفه‌ای حاصل شد. بیشترین میزان نیتروژن کل در مورد گیاه شبدر سفید و پنج ماه بعد از برگشت بقایای آن حاصل شد (عبدی و همکاران، ۱۳۹۱). همچنین، گزارش شده است که کشت و به‌کارگیری گیاهان خانواده براسیکاسه به‌عنوان کود سبز، غیر از حفظ زیست‌بوم، دارای اثر سودمندی بر خصوصیات خاک است (ایویسف‌زای و همکاران، ۲۰۰۸. عبدی و همکاران، ۱۳۹۱). کارآیی کود سبز در افزایش عناصر غذایی به عواملی نظیر نوع خاک، دمای محیط، اسیدیته و سیستم مدیریتی خاک وابسته است. همچنین، فرآیند معدنی شدن نیتروژن به نسبت کربن به نیتروژن (C/N) کود سبز به‌ویژه در هفته‌های اول تجزیه بستگی دارد (عبدی و همکاران، ۱۳۹۱). اگرچه کودهای سبز در تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مؤثر هستند، اما رهاسازی نیتروژن این کودها ممکن است با حداکثر نیاز گیاه زراعی همزمان نباشد. در چنین شرایطی، استفاده از گیاه سبز مناسب، خاک‌ورزی بیشتر، تغییر تراکم گیاه سبز و از همه مهم‌تر انتخاب تاریخ کاشت مناسب کود سبز ممکن است به افزایش کارآیی استفاده از نیتروژن منجر شود (مدحج و محمدپور، ۱۳۹۲).

بر طبق بررسی‌های صورت گرفته، استفاده از کود سبز به‌ویژه لگوم‌ها در تناوب با برنج می‌تواند ضمن افزایش عملکرد کمی و کیفی برنج در درازمدت، معضلات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در زراعت برنج را کاهش دهد و از تجمع املاح معدنی و شوری خاک جلوگیری نماید.

کمپوست (Compost)

امروزه مشکل تولید ضایعات از صنایع مختلف، از مسائل حاد در دنیا به‌شمار می‌رود. جدا کردن ضایعات آلی به‌منظور تولید محصولات مفید، روشی پایدار در مدیریت این ضایعات می‌باشد. کمپوست یک کود آلی حاصل از تغییر و تبدیل انواع پس‌ماندهای گیاهی و حیوانی در نتیجه فعالیت گروه‌های مختلف ریزجاندران بوده و یک کود بیولوژیک محسوب می‌شود (جهانی و همکاران، ۱۳۹۰). کمپوست نمودن، پایدارترین و اقتصادی‌ترین گزینه برای مدیریت مواد زائد آلی می‌باشد. پروسه تبدیل زباله‌های آلی به کود آلی، تکنیکی در جهت کاهش مشکلات زیست محیطی، افزایش حاصلخیزی خاک‌های کشاورزی و کاهش توسعه مکان‌های جدید برای دفن می‌باشد (خرازی و همکاران، ۱۳۹۳). کمپوست‌ها بر اساس نوع و ماهیت تولید و فرآوری به انواع ورمی‌کمپوست، کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب، کمپوست کاه و کلش برنج و کمپوست آزولا تقسیم می‌شوند.

ورمی‌کمپوست (Vermicompost)

ورمی‌کمپوست نوعی کمپوست تولید شده به کمک کرم‌های خاکی می‌باشد که در نتیجه هضم بقایای آلی ضمن عبور از دستگاه گوارش کرم‌ها به‌وجود می‌آید (لطیفا و همکاران، ۲۰۰۹. جهانی و همکاران،۱۳۹۰). عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست مانند نیترات، فسفر تبادلی، پتاسیم و منیزیم محلول اغلب به شکلی هستند که برای گیاه کاملاً قابل استفاده می‌باشند (جهانی و همکاران، ۱۳۹۰). خصوصیات شیمیایی ورمی‌کمپوست در جدول سه ارائه شده است (جدول ۳). ویژگی مهم کود ورمی‌کمپوست، آزادسازی کند و تدریجی عناصر غذایی است که جذب این مواد توسط گیاهان را بهبود داده، در نتیجه موجب بهبود بهره‌وری و توان تولید اکوسیستم زراعی می‌شود. گزارش شده است که کاربرد ۱۵ تن ورمی‌کمپوست در هکتار و ۱۰ تن ورمی‌کمپوست به‌همراه مقدار کود شیمیایی توصیه شده، موجب فراهمی بیشتر نیتروژن و فسفر در دسترس می‌گردد (شوئیتا و نارایانا، ۲۰۱٤). در حقیقت کود ورمی‌کمپوست به‌واسطه فعالیت کرم‌ها، ماده آلی با کیفیت‌تری در مقایسه با کمپوست

(بدون فعالیت کرم) تولید می‌کند که این ماده نهایی به‌دلیل آزادسازی سریع‌تر عناصر نسبت به کمپوست‌های سنتی و همچنین، تولید برخی هورمون‌های رشد گیاهی، خصوصیاتی همچون جوانه‌زنی، رشد و عملکرد گیاهان را بهبود می‌دهد (آرانکون و همکاران، ۲۰۰۸).

جدول ۳- تجزیه عناصر ورمی‌کمپوست (سوتار، ۲۰۰۹)

کربن (g/kg)	نیتروژن (g/kg)	فسفر (g/kg)	پتاسیم (g/kg)	کربن/نیتروژن	کلسیم (g/kg)	منیزیم (g/kg)	سدیم (g/kg)
۲۸۶/۵	۲۳/۱	۹/۸۵	۱۵/۲	۱۲/۳	۲۳/۸	۶/۷۴	۶/۰۳

به‌علاوه کاربرد کود ورمی‌کمپوست به‌واسطه بهبود ذخیره کربن و چرخه عناصر، اثر مثبتی بر کمیت و کیفیت ماده آلی خاک دارد (انجیئو و همکاران، ۲۰۱۲). گزارش شده است که مواد هیومیکی موجود در ورمی‌کمپوست، مواد سازگار با محیط زیست است که خواص فیزیکی و شیمیایی خاک را اصلاح می‌کنند و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد. اسید هیومیک به‌کار برده شده می‌تواند از گیاهان در مقابل کمبود آب در خاک‌های تخریب شده محافظت کند (گارسیا و همکاران، ۲۰۱۲). گزارش شده است که کاربرد ورمی‌کمپوست به‌ویژه در شرایطی که نسبت ورمی‌کمپوست به خاک ۱۰ درصد باشد، سطح برگ و زیست‌توده گیاه را به‌طور قابل ملاحظه‌ای در مقایسه با شاهد بهبود می‌بخشد (وارمن و آنگلوپز، ۲۰۱۰).

نتایج یک بررسی نشان داد که کاربرد مرحله‌ای ورمی‌کمپوست موجب افزایش معنی‌دار تجمع باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و قارچ میکوریزا، بهبود کارآیی مصرف نیتروژن و اجزاء عملکرد و افزایش پایداری محصول برنج گردید (بجباروآ و همکاران، ۲۰۱۳). در نتایجی مشابه گزارش شده است که کاربرد مرحله‌ای ورمی‌کمپوست دارای اثربخشی بیشتری بر عملکرد دانه برنج نسبت به کاربرد یک‌باره آن بود (کومار و همکاران، ۲۰۱۸). همچنین، بررسی اثر کود آلی و غیر آلی بر رشد و عملکرد شلتوک نشان داد که ویژگی‌های رشد بالاتری (نظیر ارتفاع بوته، تعداد پنجه در بوته، طول خوشه، تعداد دانه در خوشه، وزن هزاردانه و عملکرد دانه و کاه) از کاربرد تلفیقی کود شیمیایی توصیه شده به‌همراه ورمی‌کمپوست ثبت شد (رانجیتا و همکاران، ۲۰۱۳. خورشید و همکاران، ۲۰۱۳. دخین و همکاران، ۲۰۱٤. کومار و همکاران، ۲۰۱٤).

کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب (Municipal Solid Waste Compost and Sewage Sludge)

امروزه حجم زیاد انواع زباله‌های شهری به‌خصوص در مناطق پرجمعیت دست‌اندرکاران و برنامه‌ریزان مربوطه را ناگزیر به سمت مدیریت اصولی و صحیح دفع زباله سوق داده است. فرآیند تولید کمپوست زباله شهری از یک طرف به پاک‌سازی محیط از آلاینده‌های شهری کمک می‌کند. از طرف دیگر به‌دلیل داشتن مقادیر قابل توجهی از عناصر غذایی به‌عنوان یک کود آلی در کشاورزی قابل استفاده است. کمپوست زباله شهری غنی شده با کودهای شیمیایی در مزرعه قابلیت دسترسی عناصر پرمصرف و کم‌مصرف را برای گیاهان افزایش داده و موجب بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک می‌شود (رسولی و مفتون، ۱۳۸۹. رنجبر و همکاران، ۱۳۹۵).

محققان با بررسی تأثیر کاربرد درازمدت مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری غنی شده با کود شیمیایی و غنی نشده بر عملکرد دانه و تجمع برخی عناصر غذایی در دو رقم برنج گزارش کردند که کمپوست زباله شهری ساده و غنی شده علاوه بر افزودن مقدار ماده آلی خاک سبب بهبود عملکرد و وضعیت تغذیه گیاه از نظر عناصر مس، روی، آهن، منگنز شده و بنابراین می‌توان از آن‌ها با در نظر گرفتن احتیاط‌های زیست محیطی در کشت برنج استفاده کرد (عزیززادفیروزی، ۱۳۹۱). نتایج بررسی دیگر نشان داد که کاربرد توأم کمپوست زباله شهری و زغال زیستی در افزایش

عناصر مغذی گیاه برنج در خاک‌های آهکی شالیزارها تأثیر قابل توجهی دارد (فلاح‌طوله‌کلایی و همکاران، ۱۳۹۵).

لجن فاضلاب نوعی از پسماندهای آلی است که غنی از کربن و سرشار از عناصر غذایی مختلف مثل نیتروژن، فسفر و پتاسیم، آهن، روی، مس، منگنز، مولیبدن بوده و می‌تواند علاوه بر بهبود خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک سبب افزایش غلظت عناصر غذایی ضروری پرمصرف و کم‌مصرف برای رشد گیاه شود (عسگری‌لجایر و همکاران، ۱۳۹٤. فتح‌العلومی و همکاران، ۱۳۹٤). پژوهش‌های مختلفی در زمینه اثر مصرف لجن فاضلاب بر ویژگی‌های خاک و شاخص‌های رشد گیاهان زراعی انجام شده است. گزارش شده است که لجن فاضلاب پس از اضافه شدن به خاک می‌تواند در افزایش رشد و عملکرد گیاه نقش به‌سزایی داشته باشد (کرمی و همکاران، ۱۳۸٦) به‌طوری‌که افزایش غلظت عناصر کم‌مصرف نظیر آهن، منگنز، روی و مس در خاک و گیاه به‌دنبال کاربرد فاضلاب شهری در مطالعات زیادی به اثبات رسیده است (مک‌براید و اونز، ۲۰۰۲. مک‌براید، ۲۰۰۳. افیونی و همکاران، ۲۰۰٦). نتایج یک بررسی نشان داد که لجن فاضلاب باعث افزایش ماده آلی، ظرفیت نگهداری آب و بهبود ساختمان خاک شده و دارای عناصر غذایی ضروری گیاه مانند نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، آهن، روی و منگنز می‌باشد (محمد و آتامنه، ۲۰۰٤). محققان با بررسی اثر شرایط آب خاک، لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی بر غلظت عناصر پرمصرف در گیاه برنج گزارش کردند که مصرف ۲۰ و ٤۰ گرم لجن فاضلاب بر کیلوگرم خاک باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر پرمصرف (به‌جز غلظت نیتروژن و سدیم) در بخش هوایی و غلظت پتاسیم در ریشه نسبت به تیمارهای شاهد و مصرف کود شیمیایی گردید (عباسی و همکاران، ۱۳۹۱). آنجین و یاقاناوقلو (۲۰۱۱) با بررسی تأثیر لجن فاضلاب گزارش کردند که کاربرد لجن علاوه بر بهبود ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک، عملکرد جو را بهبود بخشید. در سال‌های اخیر استفاده از لجن فاضلاب به‌عنوان کود در اراضی کشاورزی به‌دلیل ارزان بودن رواج یافته است، اما به جنبه‌های زیست محیطی آن توجه کافی نشده است (کرمی و همکاران، ۱۳۸٦. عسگری‌لجایر و همکاران، ۱۳۹٤. مختاری و همکاران، ۱۳۹۵). لجن فاضلاب در محیط زیست به‌دلیل مقادیر بالای فلزات سنگین و وجود مواد فسادپذیر و میکروب‌های بیماری‌زا موجود در آن به اشاعه بیماری‌های عفونی و تخریب محیط زیست می‌انجامد (مختاری و همکاران، ۱۳۹۵). گزارش شده است که بر اثر افزودن لجن فاضلاب به خاک، آلاینده‌های آلی، معدنی و میکروبی موجود در آن جذب گیاه شده و وارد زنجیره غذایی انسان می‌شود (عسگری‌لجایر و همکاران، ۱۳۹٤). لاتار و همکاران (۲۰۱٤) با بررسی اثرات مستقیم و باقی‌مانده کاربرد لجن فاضلاب در مقادیر ۱۰، ۲۰، ۳۰ و ٤۰ تن در هکتار بر عملکرد، غلظت فلزات سنگین و حاصلخیزی خاک در سیستم کشت برنج-گندم گزارش کردند که مقادیر مصرفی لجن فاضلاب باعث افزایش عملکرد دانه و کاه و کلش در هر دو گیاه گردید، ولی غلظت کادمیوم دانه برنج در مقادیر ۲۰ تن در هکتار و بالاتر، بیش از حد مجاز تعیین گردید. بر طبق یافته‌های محققان گزارش‌هایی مبنی بر غلظت سمی عناصر سنگین و برخی عناصر کم‌مصرف در خاک در اثر مصرف طولانی‌مدت کمپوست زباله شهری و لجن فاضلاب وجود دارد که می‌تواند از دلایل محدودکننده استفاده از آن‌ها در اراضی شالیزاری به‌شمار رود (وی و لیو، ۲۰۰۵). مخاطرات زیست محیطی لجن فاضلاب موجب شده که قبل از هر گونه استفاده، مراحل مختلف پردازش آن انجام شده تا عاری از مواد خطرناک برای محیط زیست شود. کمپوست‌سازی از لجن فاضلاب موجب پایداری مواد آلی، کاهش پاتوژن‌ها و انگل‌ها شده و کیفیت کود آلی نهایی به‌عنوان سبک‌کننده خاک را افزایش می‌دهد (مختاری و همکاران، ۱۳۹۵). ممکن است کمپوست تولید شده از لجن فاضلاب و پسماند شهری محتوی یک یا چند عنصر فلز سنگین (آرسنیک، کادمیوم، نیکل، آهن، کروم، جیوه، روی، مس، سرب و ...) باشد و مصرف طولانی‌مدت این نوع کمپوست موجب تجمع این عناصر در خاک و گیاه و بروز سمیت در گیاهان گردد. محققان رشته محیط زیست برای جلوگیری از هر گونه ضرر

و زیان و خسارات ناشی از شوری یا آلودگی خاک و آب با فلزات سنگین، شرایط و استانداردهایی را برای حداکثر مقدار مجاز عناصر سنگین و همچنین حداکثر مجاز مصرف کودهای کمپوست و لجن فاضلاب در کشاورزی را تعیین نموده‌اند (زرولی و همکاران، ۱۳۹٤) که رعایت آن‌ها می‌تواند به بهبود فرآیند کمپوست‌سازی از لجن فاضلاب و زباله شهری و استفاده گسترده‌تر از آن‌ها در زراعت محصولات استراتژیک بیانجامد و به پایداری در اکوسیستم‌های کشاورزی کمک قابل توجهی نماید.

استفاده از پرتوهای یونیزان از روش‌های دیگر گندزدایی لجن فاضلاب بوده که جذب انرژی آن به‌وسیله مولکول‌های آب لجن باعث یونیزه شدن مولکول آب و تشکیل رادیکال‌های آزاد اکسنده و کاهنده می‌شود. گزارش جامعی در مورد اثر پرتوتابی یونیزان مانند پرتو گاما بر روند تغییرات ویژگی‌های شیمیایی لجن وجود ندارد؛ با این حال، با پرتوتابی لجن فاضلاب، می‌توان جانداران بیمارگر خطرناک و مواد بازدارنده رشد گیاه در آن‌ها را حذف کرده و رشد و عملکرد گیاهان را افزایش داد (عسگری‌لجایر و همکاران، ۱۳۹٤). تاکنون گزارش‌های مختلفی در مورد ارزیابی خطر مصرف محصولات کشاورزی تحت تأثیر پساب فاضلاب وجود دارد اما چنین گزارشی در مورد محصولات کشت شده در حضور لجن فاضلاب پرتوتابی شده وجود ندارد (سینگ و همکاران، ۲۰۱۰. وانگ و همکاران، ۲۰۱۲. زو و همکاران، ۲۰۱۲).

کمپوست کاه و کلش برنج (Ricestraw Compost)

بخش بزرگی از اندام گیاهان زراعی را ترکیب‌های لیگنوسلولزی تشکیل می‌دهند. این مواد خشبی در گیاهان شامل ٦۰ –۱۵ درصد سلولز، ۳۰ –۱۰ درصد همی‌سلولز و ۳۰ –۱۰ درصد لیگنین می‌شوند. البته با زیاد شدن سن گیاه مقدار سلولز، همی‌سلولز و لیگنین افزایش یافته و ترکیب‌های ساده‌تر کاهش می‌یابند (رضوی و همکاران، ۱۳۹۳). در طول دهه گذشته، زراعت برنج در بسیاری از کشورهایی که در آن‌ها برنج کشت می‌شود، به‌علت افزایش صادرات و رشد جمعیت افزایش یافته است که منجر به تولید حجم زیادی از بقایا، شامل کاه و کلش برنج و پوسته برنج پس از برداشت شده است (شاک و همکاران، ۲۰۱٤).

امروزه به‌علت ناآشنایی بسیاری از کشاورزان برای رها و آزاد کردن زمین به‌منظور کشت گیاه بعدی، بقایای گیاهی را می‌سوزانند و یا دور می‌ریزند (تولی، ۱۳۸۷). حذف بقایای گیاهی از سطح مزرعه دارای اثرات منفی بر باروری خاک، تولید محصول و سلامت محیط زیست است (صفی‌خانی و آذرنیا، ۱۳۹٤. شهپری و همکاران، ۱۳۹۵) به‌طوری‌که گزارش شده است که سوزاندن پوشال در مزارع برنج موجب افزایش دمای ۸ –٤ سانتی‌متری خاک و از بین رفتن ریزجانداران مفید، سرایت آتش به سایر نقاط مزرعه و آلودگی محیط زیست می‌شود. محققان طی بررسی دیگر عنوان کردند که در اثر سوزاندن بقایای گیاهی، مواد آلی خاک سریعاً به خاکستر تبدیل شده و درنهایت عناصر غذایی نظیر فسفر در خاکستر بقایای گیاهی به‌شکل محلول در آمده و به آسانی می‌تواند به‌وسیله فرسایش بادی یا آبی از خاک خارج گردد. از سوی دیگر حفظ بقایای گیاهی پس از برداشت محصول معضل بزرگی برای کاشت محصولات بعدی به‌شمار می‌رود (تولی، ۱۳۸۷).

مخلوط کردن بقایای گیاه با خاک سبب بهبود خصوصیات شیمیایی و فیزیکی و بیولوژیکی خاک، حفظ حاصلخیزی و رطوبت خاک، کاهش فرسایش و تبخیر بیش از اندازه رطوبت می‌شود (کمیلی و همکاران، ۱۳۹۷). کاه و کلش برنج به‌عنوان ضایعات برنج به‌تنهایی یا به‌صورت ترکیب با کودهای معدنی و ریزجانداران احتمال آبشویی نیتروژن از خاک را در مراحل اولیه رشد کاهش داده و در ادامه با آزاد کردن نیتروژن، رشد رویشی و عملکرد برنج را افزایش می‌دهد (وانگ و همکاران، ۲۰۱۱). نتایج یک بررسی نشان داد که بخش قابل ملاحظه‌ای از عناصر پرمصرف و کم‌مصرف در کاه و کلش برنج ذخیره می‌شود که برگرداندن آن‌ها به خاک منجر به باز چرخش و برگشت عناصر غذایی به چرخه تولید و افزایش کیفیت و کمیت محصول می‌گردد (چودوری و همکاران، ۲۰۱۱). با به‌کارگیری تکنولوژی‌ها و

روش‌های فرآوری جدید می‌توان استفاده‌های متعددی از بقایای گیاهی نمود (تولی، ۱۳۸۷). کمپوست کردن یکی از روش‌های فرآوری بقایا است که موجب می‌شود بقایای آلی گیاهی و یا جانوری به کود آلی بهتری تبدیل شوند. اگرچه کودهای آلی مثل کمپوست حاصل از بقایای برنج، اغلب دارای عناصر غذایی اصلی (نظیر نیتروژن و فسفر) کمتری می‌باشند، اما از نظر پتاسیم، عناصر غذایی کم‌مصرف، آنزیم‌ها و ریزجانداران غنی بوده و از این لحاظ در رشد گیاه مؤثر می‌باشند (بل و همکاران، ۲۰۰٤). به خصوصیات شیمیایی کمپوست کاه و کلش در جدول چهار اشاره شده است.

جدول ۴- تجزیه عناصر کمپوست کاه و کلش برنج (عبدالحمید و همکاران، ۲۰۰۴)

کربن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (mg/kg)	پتاسیم (mg/kg)	کربن/ نیتروژن	کلسیم (mg/kg)	منیزیم (mg/kg)	سدیم (mg/kg)
۳۹/۲	۰/۶۴	۱۱۰۰	۲۶۲۸	۶۱/۳	۲۶۲	۴۷۲	۳۶۶

محققان با بررسی اثرات تلفیقی کودهای نیتروژن و کمپوست مواد آلی بر عملکرد برنج در طی دو سال زراعی، اظهار نمودند که بیشترین تعداد خوشه در کپه در سال دوم از مصرف پنج تن در هکتار کمپوست کاه برنج همراه با ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد. این محققان علاوه بر این بیان داشتند که کاربرد تلفیقی کود نیتروژن و کمپوست کاه برنج به‌واسطه افزایش قابلیت دسترسی فسفر، حفظ باروری و بهبود خصوصیات خاک سبب افزایش تعداد خوشه در کپه گردید. همچنین، بر طبق نتایج به‌دست آمده، کمترین درصد خوشه نابارور از مصرف پنج تن در هکتار کمپوست کاه برنج همراه با ۱۱۰ کیلوگرم در هکتار کود نیتروژن حاصل شد (زاید و همکاران، ۲۰۱۳). محققان با بررسی اثر کاربرد مداوم کمپوست کاه و کلش بر عملکرد برنج در ویتنام گزارش کردند که کاربرد مداوم کمپوست کاه و کلش دارای اثرات مثبتی بر عملکرد برنج و خصوصیات فیزیکی خاک بود (تاکشی و همکاران، ۲۰۰۹). نتایج بررسی دیگر نشان داد که کاربرد پنج تن کمپوست کاه و کلش برنج همراه با نصف مقدار توصیه شده کود شیمیایی، موجب افزایش فعالیت دهیدوژناز، آلکالین فسفات و درصد کربن آلی و نیتروژن خاک (به‌ترتیب به‌میزان ۰/۰۷ و ۰/۰۲ درصد) و افزایش زیست‌توده برنج می‌شود. همچنین، بر طبق نتایج این پژوهش، درصد کربن آلی و میزان معدنی شدن نیتروژن از تیمارهای شاهد و مصرف کودهای شیمیایی بیشتر بود (گویال و همکاران، ۲۰۰۹). در مطالعه‌ای دیگر کاربرد دو سوم نیتروژن توصیه شده به‌همراه پنج تن کمپوست کاه و کلش برنج موجب بهبود شاخص سطح برگ، تولید وزن خشک بالاتر و محتوای بیشتر نیتروژن و فسفر گیاه تحت شرایط شوری خاک گردید (زاید و همکاران، ۲۰۱۳).

خاک اره و پوسته شلتوک از سایر ضایعات کشاورزی و صنعتی به‌شمار می‌روند که می‌توانند به‌عنوان ماده آلی دارای اثر مثبت بر خصوصیات خاک و در نهایت عملکرد گیاه باشند. نتایج یک بررسی بر روی اثر خاک اره و پوسته شلتوک بر خصوصیات رس مقاوم بومی ایالت بورنو در نیجریه نشان داد که با اضافه کردن خاک اره و پوسته شلتوک به‌عنوان مواد افزودنی، استحکام رس در برابر گرما، تراکم، نفوذپذیری و چگالی خاک کاهش یافت و مقاومت شوک گرمایی و تخلخل نمونه‌ها افزایش پیدا کرد. همچنین، تجزیه شیمیایی خاک نشان داد که اضافه کردن خاک اره و پوسته شلتوک موجب افزایش محتوای آهن و کاهش محتوای آلومینیوم و سیلیس خاک گردید (حسن و همکاران، ۲۰۱٤).

کمپوست آزولا (Azocompost)

آزولا (*Azolla* sp) یکی از مهم‌ترین موجودات زنده تأمین‌کننده نیتروژن مورد نیاز برنج می‌باشد که از همزیستی جلبک سبز- آبی آنابنا آزولی برخوردار است و به‌واسطه همین همزیستی مشترک، نیتروژن هوا را تثبیت می‌نماید. این موجود زنده، انرژی خود را برای تثبیت نیتروژن اتمسفر از طریق فتوسنتز به‌دست می‌آورد. ورود آزولا به ایران برای تثبیت نیتروژن در شالیزارها صورت

گرفت، در حالی‌که در کشورهای آسیای جنوب شرقی سال‌هاست که این گیاه علاوه بر انتقال نیتروژن هوا به خاک، سبب جلوگیری از رشد علف‌های هرز، جلوگیری از تبخیر آب شالیزار و صرفه‌جویی در مصرف آب می‌شود. آزولا می‌تواند در صورت فراهم بودن شرایط مناسب سبب افزایش روزانه دو تا چهار کیلوگرم نیتروژن در هر هکتار شود که معادل ۱۰ تا ۲۰ درصد سولفات آمونیوم است (غروی‌بایگی و همکاران، ۱۳۹۳). به خصوصیات شیمیایی کمپوست آزولا در جدول پنج اشاره شده است.

جدول ۵- تجزیه عناصر کمپوست آزولا (یوسف‌زاده و همکاران، ۲۰۱۳)

کربن (٪)	نیتروژن (٪)	فسفر (٪)	پتاسیم (٪)	کربن/ نیتروژن	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	روی (mg/kg)	آهن (٪)
۳۱/۴	۳	۱/۵۱	۱/۳	۱۰/۴۶	۹۹۲	۴۳	۱۱۲	۰/۵

کمپوست آزولا مخلوطی از موادآلی پوسیده شده توسط ریزجانداران است که در یک محیط گرم، مرطوب و تحت شرایط هوازی، مواد و عناصر غذایی موجود در خود را به‌صورت قابل استفاده در اختیار گیاه قرار می‌دهد (رضوی‌پور، ۱۳۸۷). استفاده از کمپوست در مدیریت عناصر غذایی خاک به‌عنوان یکی از ارکان رسیدن به یک سیستم کشاورزی پایدار مفید می‌باشد (یزدانی‌بیوکی و همکاران، ۲۰۱٤). ملاجعفری و همکاران (۱۳۹۵) با بررسی اثر کمپوست آزولا بر جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه برنج مایه‌زنی شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه دریافتند که حداکثر عملکرد شلتوک از تیمار ۱۰ تن در هکتار کمپوست آزولا در ترکیب با آزوسپیریلوم به‌دست آمد. همچنین، بر طبق نتایج این پژوهش، بیشترین مقدار فسفر و پتاسیم دانه به‌ترتیب از سطح ۱۰ و پنج تن در هکتار کمپوست آزولا مشاهده شد. آزولا به‌دلیل اینکه در دوره رشد کوتاه حدود یک ماهه خود اکثر عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف را جذب کرده و به‌سرعت تجزیه شده و مواد و عناصر غذایی خود را در اختیار خاک قرار می‌دهد، می‌تواند نسبت به کودهای آلی دیگری برتری داشته باشد. نتایج بررسی اثر کاربرد آزولای تازه و کمپوست شده بر عملکرد و جذب عناصر دانه و ساقه برنج نشان داد که استفاده توأم از پنج تن کمپوست آزولا همراه با ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار اوره بیشترین مقدار عملکرد دانه را تولید نمود. همچنین، نتایج این پژوهش نشان داد که این روش از مصرف کودهای شیمیایی، موجب کاهش قابل ملاحظه آلودگی ناشی از مصرف آن‌ها، حفظ محیط زیست و نیل به اهداف کشاورزی پایدار و ارگانیک می‌شود (رضوی‌پور، ۱۳۸۷). نظر به اهمیت کمپوست‌سازی در کاهش ضایعات آلی کشاورزی، صنعتی و خانگی و تبدیل آن به محصولات سودمند قابل استفاده در کشاورزی، می‌توان از آن در سطح وسیع به‌عنوان یک روش بیولوژیکی منطبق با محیط زیست جهت تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه و بهبود خصوصیات فیزیکی و فعالیت ریزجانداران خاک استفاده نمود.

کودهای زیستی یا بیولوژیک (Biofertilizers)

در چند دهه اخیر، تلاش برای افزایش تولید در واحد سطح و مصرف زیاد و نامتعادل کودهای شیمیایی، پیامدهای منفی زیست محیطی و افزایش هزینه تولید را به‌همراه داشته است و این امر ضرورت تجدیدنظر در شیوه‌های جدید افزایش تولید محصول را یادآوری می‌نماید (کاویانی، ۱۳۹٤). اصطلاح کودهای زیستی منحصراً به مواد آلی حاصل از کودهای دامی، گیاهی و کود سبز اطلاق نمی‌گردد، بلکه ریزجاندرانی مانند باکتری‌ها و قارچ‌ها به‌ویژه باکتری‌های محرک رشد گیاه و مواد حاصل از فعالیت آن‌ها از جمله مهم‌ترین کودهای زیستی محسوب می‌گردند (توحیدی‌نیا و همکاران، ۱۳۹۲). استفاده از کودهای زیستی می‌تواند به‌عنوان راهکار مؤثر به‌منظور کاهش مصرف بیش از حد کودهای شیمیایی ارائه گردد. در این راستا تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه به‌صورت تلفیق با

کودهای شیمیایی، راهبردی مهم برای مدیریت پایدار بوم‌نظام‌های کشاورزی و افزایش تولید در سیستم‌های پایدار تولید محصول می‌باشد (ادیسموی و کلوئپر، ۲۰۰۹. حکم‌علی‌پور و سیدشریفی، ۱۳۹۳). باکتری‌های محرک رشد می‌توانند با تثبیت نیتروژن و مکانیسم‌هایی مانند تولید و ترشح اسیدهای آلی موجب افزایش فسفات قابل جذب خاک شده و با تولید هورمون‌هایی نظیر اکسین، جیبرلین، ویتامین‌ها، افزایش فعالیت آنزیمی گیاه، کمک به فعالیت میکروارگانیسم‌های مفید خاک و افزایش رشد و توسعه ریشه و جذب آب و مواد معدنی موجب بهبود رشد و عملکرد گیاهان شوند (زهیر و همکاران، ۲۰۰٤. پرزمونتانو و همکاران، ۲۰۱۳. حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸٦. امین‌دلدار و احتشامی، ۱۳۹۱. اصغری و همکاران، ۱۳۹۲).

نتایج یک بررسی نشان داد که کاربرد باکتری‌های ریزوبیوم، ازتوباکتر و سودوموناس در سیستم کشت شبدر- برنج با افزایش درصد کربن آلی، نیتروژن و فسفر قابل جذب خاک، موجب افزایش تعداد دانه پر و درصد باروری خوشه و عملکرد دانه برنج گردید و مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد (شهدی‌کومله، ۱۳۹۷). همچنین، بر طبق نتایج بررسی دیگر، باکتری UPMB10(*Bacillus sphaericus*) و سویه‌های ریزوبیوم می‌توانند با افزایش قدرت جوانه‌زنی و سایر ویژگی‌های گیاهچه برنج دارای اثر مثبت بر استقرار اولیه و رشد و توسعه محصول باشند (باست‌میا و همکاران، ۲۰۱۲). بر طبق نتایج یافته‌های یک تحقیق کاربرد ریزوبیوم موجب افزایش ٤۷ درصدی عملکرد دانه برنج گردید و نیاز به مصرف کودهای شیمیایی ازته را کاهش داد (فنگ و همکاران، ۲۰۰۵. یانی و داتسو، ۲۰۱۰). نتایج بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر صفات مرفولوژیک و تثبیت نیتروژن برنج که در آن از باکتری‌های بومی شامل (*Lysinibacillus xylanilyticus*)UPMB19، (*Bradyrhizobium japonicum*)UPMR30 استفاده شده بود، نشان داد که ترکیب باکتری‌ها به‌طور معنی‌داری موجب افزایش تعداد پنجه، وزن خشک ریشه و ذخیره عناصر غذایی نسبت به تیمار شاهد گردید (تان و همکاران، ۲۰۱۵). نتایج پژوهش دیگر به‌منظور بررسی اثرات مصرف باکتری آزوسپریلوم لیپوفروم، محصول قبلی و مقدار مصرف نیتروژن بر رشد و عملکرد برنج در تنکابن نشان داد که کاربرد باکتری سبب افزایش عملکرد شلتوک به‌میزان ۱٤ درصد در مقایسه با عدم کاربرد آزوسپریلوم گردید (جوادی و امین‌پناه، ۱۳۹۵). گزارش شده است که بوته‌های برنج تلقیح شده با سویه‌های باکتریایی (*Pseudomonas putida, Pseudomonas fluorescens, Azospirillum lipoferum*)، به‌دلیل محتوای کلروفیل بیشتر از رشد، ظرفیت فتوسنتزی، وزن خشک ریشه و اندام هوایی، محتوای آهن و روی بالاتری برخوردار بودند (شارما و همکاران، ۲۰۱٤). در ارزیابی دیگر گزارش شده است که بیشترین میزان عملکرد دانه و نیتروژن ذخیره شده در دانه از کاربرد ترکیبی کود نیتروژن، کود دامی و باکتری آزوسپیریلوم حاصل شد (مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵). نتایج بررسی کارآیی باکتری‌های محرک رشد (PGPR)[3] بر رشد برنج نشان داد که اکثر جدایه‌ها موجب افزایش معنی‌دار ارتفاع گیاه، طول ریشه، تولید ماده خشک ساقه و ریشه نشاهای برنج گردیدند. علاوه بر این، بر طبق نتایج به‌دست آمده جدایه‌های PGPR، جوانه‌زنی بذر را به‌طور قابل ملاحظه‌ای افزایش دادند (اشرف‌زمان و همکاران، ۲۰۰۹). در ویتنام کاربرد سویه‌های مختلف PGPR موجب افزایش رشد و عملکرد برنج گردید (نگوین، ۲۰۰۸). نتایج یک پژوهش بر روی دو رقم باسماتی و سوپرباسماتی برنج در پاکستان که در آن از جدایه‌های PGPR (دو جدایه از *Enterobacter* spp و دو جدایه از *Azosprillium* sp) به‌تنهایی و در ترکیب با ریزوبیوم و آزوسپیریلیوم استفاده شده بود، اثرات مثبت تلقیح با باکتری‌های افزاینده رشد را نشان داد (حسن و همکاران، ۲۰۱٤). گزارش شده است که باکتری‌های سودوموناس پتانسیل قابل توجهی در بهبود کارآیی جذب فسفر از خودشان نشان داده و به‌علت وسعت انتشار، تنوع گونه‌ای و مقاوم بودن برخی از گونه‌های آن به تنش‌های محیطی توانسته‌اند به‌عنوان کود بیولوژیک مناسب از جایگاه و اهمیت ویژه‌ای برخوردار گردند (حسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸٦). نتایج یک تحقیق به‌منظور شناسایی و انتخاب باکتری محرک رشد مؤثر برای تولید برنج، سویه BHYJY23

3- Plant Growth Promoting Rhizobacteria

سودوموناس پوتیدا و بعد از آن سویه BHYJY16 از بیشترین میزان محلول‌سازی فسفر و تولید اکسین برخوردار بودند (لاواکوش و همکاران، ۲۰۱۲). همچنین، توانایی *Aspergillus* spp. PS 104 در محلول‌سازی سنگ فسفات در خاک‌های اصلاح شده، توسط محققان نشان داده شده است (کانگ و همکاران، ۲۰۰۸). باکتری‌های افزاینده رشد می‌توانند نقش مهمی در مدیریت بیماری‌ها ایفا کنند. به‌عنوان مثال پتانسیل‌های بالایی از مدیریت بیماری سوختگی غلاف برگ برنج (Sheat blight) توسط *Rhizoctonia solani* AG 1- 1A، به‌ویژه از طریق استفاده ترکیبی PGPR و قارچ‌کش‌های شیمیایی در سیستم‌های مدیریت تلفیقی بیماری‌ها گزارش شده است (کومار و همکاران، ۲۰۱۱). با توسعه باکتری‌های افزاینده رشد تجاری در هند، بیماری سوختگی غلاف برگ برنج توسط *Rhizoctonia solani* دارای کاهش ۳۷ درصدی بود و عملکرد دانه به‌طور معنی‌داری نسبت به شاهد افزایش یافت (کومار و همکاران، ۲۰۰۹). همچنین، باکتری‌های محرک رشد می‌توانند با افزایش مقاومت گیاه به تنش‌های غیرزنده موجب افزایش رشد گیاه شوند (سعادت و همکاران، ۱۳۹٤). اثر باکتری‌های افزاینده رشد گیاه بر تحریک رشد دو ژنوتیپ برنج IR50 و ADT43 تحت استرس شوری نشان داد که ارتفاع بوته، طول ریشه و وزن‌خشک اندام هوایی و ریشه در بوته‌هایی که با سویه‌های سودوموناس تلقیح شده بودند، به‌طور معنی‌داری افزایش پیدا کرد (سن و چاندراسخار، ۲۰۱٤).

اثر مثبت باکتری‌های افزاینده رشد بر شاخص‌های رشدی، جذب عناصرغذایی و عملکرد برنج و سایر غلات توسط محققان بسیاری گزارش شده است (شاهارونا و همکاران، ۲۰۰۷. رودریگز و همکاران، ۲۰۰۸. نوید و همکاران، ۲۰۰۸. کومار و همکاران، ۲۰۰۹. خورشیدی و همکاران، ۲۰۱۱. پناهی و همکاران، ۲۰۱۵. حکم‌علی‌پور و سیدشریفی، ۱۳۹۳. کاویانی، ۱۳۹٤. سعادت و همکاران، ۱۳۹٤). بر طبق بررسی‌های صورت گرفته محققان، کاربرد انواع کود آلی می‌تواند جایگزین مصرف ۷۰ تا بیش از ۹۰ درصد کودهای شیمیایی شده (علی و همکاران، ۲۰۰۹. مهدی و همکاران، ۲۰۱۱. سیاوشی و همکاران، ۲۰۱۱. اسلام و همکاران، ۲۰۱۳. امون‌الله و همکاران، ۲۰۱٦. اصغری و همکاران، ۱۳۹۲. مصلحی و همکاران، ۱۳۹۵. شهدی‌کومله، ۱۳۹۷) و معضلات ناشی از مصرف آن‌ها را بر اکوسیستم و سلامت انسان‌ها به‌طور قابل ملاحظه‌ای کاهش دهد.

نتیجه‌گیری کلی

اتکاء بیش از حد کشاورزان به مصرف کودهای شیمیایی به‌دلایل مختلف از جمله عکس‌العمل سریع گیاه و سهل‌الوصول بودن و همچنین، فراگیر نبودن روش‌های کم یا بدون نهاده در تولید محصولات زراعی از جمله برنج موجب شده است کاربرد کودهای آلی بسیار ناچیز باشد. این در حالی است که استفاده از کودهای آلی می‌تواند علاوه بر حفظ ماده آلی و عناصر غذایی خاک، خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک را بهبود بخشد و کیفیت محصول تولیدی را تضمین نماید. افزایش میزان تولید در واحد سطح نباید هزینه‌های زیادی به اکوسیستم تحمیل نماید، همچنین، با توجه به متفاوت بودن ریز اقلیم موجود در هر منطقه و همچنین، اثر عوامل محیطی غیرقابل کنترل بر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک، تغذیه گیاه برنج می‌بایست بر اساس نتایج آزمون خاک و بررسی مقادیر عناصر غذایی موجود در انواع کودها و همچنین، آگاهی کامل از نیاز گیاه برنج صورت پذیرد. با توجه به بررسی‌های صورت گرفته و در راستای کاهش و مصرف متعادل کودهای شیمیایی کاربرد ۲/۵ تا ۲۰ تن در هکتار کود مرغی، پنج تا ۲۰ تن در هکتار کود گاوی کاملاً پوسیده و ۱۰ تا ٤۰ تن در هکتار گوسفندی، پنج تا ۱۰ تن در هکتار کمپوست آزولا، پنج تن در هکتار کمپوست کاه و کلش به‌تنهایی و یا در تلفیق با کودهای شیمیایی در مزارع برنج توصیه می‌شود. مصرف انواع کودهای حیوانی (گاوی، گوسفندی، مرغی و غیره)، ورمی‌کمپوست و کمپوست‌های با منشاء گیاهی (کمپوست کاه و کلش برنج، کمپوست آزولا)، کشت گیاهان با هدف کود سبز (شبدر، ماش، خلر و ...) و استفاده از باکتری‌های افزاینده رشد می‌تواند به‌عنوان نقشه راه، به‌منظور بهبود عناصر غذایی قابل دسترس مورد نیاز گیاه و استانداردسازی مصرف کود در رأس برنامه‌های ترویجی قرار

گیرد و با تولید، تجاری‌سازی و صادرات برنج سالم- ارگانیک، تحول بزرگی در اقتصاد تولیدکننده به‌وجود آورد.

پیشنهادهای ترویجی

اساساً کودهای آلی به جهت اثرات بسیار مفید بر فعالیت بیولوژیکی و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک برای گیاهان و خصوصاً گیاه برنج حائز اهمیت می باشند. با توجه بررسی‌های صورت گرفته، قبل از مصرف کودهای آلی ضروری است که تجزیه شیمیایی خاک و این کودها انجام شود. به‌طور کلی، کاربرد مقادیر کود مرغی فرآوری شده در اراضی با کمبود فسفر، کودهای گاوی کاملاً پوسیده و گوسفندی در خاک‌های با کمبود نیتروژن و درصورت فقر شدید عناصر غذایی خاک، کاربرد تلفیقی کودهای آلی و شیمیایی توصیه می‌شود. کمپوست آزولا و کمپوست کاه و کلش از دیگر منابع آلی است که کاربرد آن‌ها در اراضی شالیزاری مناسب به‌نظر می‌رسد ولی بهتر است درتلفیق با کود شیمیایی و قبل از کشت با خاک مخلوط گردند. کمپوست زباله شهری و کمپوست لجن فاضلاب از دیگر انواع کودهای آلی به‌شمار می‌روند که هر چند با توسعه زندگی شهری، کاربرد آن‌ها در حال گسترش است ولی کاربرد طولانی‌مدت آن‌ها به‌دلایلی نظیر عدم تفکیک صحیح از مبدأ (وجود خرده شیشه) و عناصر سنگین با محدودیت مواجه است و بهتر است که قبل از استفاده، مراحل مختلف پردازش بر روی آن‌ها صورت پذیرد. لذا با توجه به اهمیت کودهای آلی در سیستم‌های کشاورزی پایدار و تأمین عناصر غذایی مورد نیاز گیاه چنین استنباط می‌شود که ترویج و توصیه کاربرد این کودها در شالیزار می‌تواند به‌عنوان یک راهکار مؤثر در جهت کاهش معضلات ناشی از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی و حفظ منابع تجدیدناپذیر از آلودگی، بهبود حاصلخیزی خاک و افزایش فراهمی و جذب عناصر غذایی، بهبود خصوصیات کمی و کیفی برنج و در نتیجه دست‌یابی به محصول برنج سالم و ارگانیک مورد توجه خاص قرار گرفته و به پایداری در زیست‌بوم‌های کشاورزی- برنج و سلامت مصرف‌کننده کمک قابل توجهی نماید.

فهرست منابع

۱. امین‌دلدار، ز. و احتشامی، م. ر. ۱۳۹۱. اثر سویه‌های مختلف سودوموناس بر کارآیی جذب، عملکرد و اجزای عملکرد برنج. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۸۸ -۷۳ :(۲)۱.

۲. اصغری، ج.، احتشامی، س. م. ر.، رجبی‌درویشان، ز. و خاوازی، ک. ۱۳۹۲. مقایسه محلول‌پاشی با تلقیح ریشه‌ای باکتری‌های محرک رشد و متابولیت‌های آن‌ها بر ویژگی‌های مرفوفیزیولوژیکی، صفات کیفی و عملکرد برنج رقم هاشمی. مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ٤۰ -۲۵ :(۲)۲.

۳. تاجبخش، م.، حسن‌زاده قورت‌تپه، ع. و درویش‌زاده، ب. ۱۳۸٤. کودهای سبز در کشاورزی پایدار. انتشارات جهاد دانشگاهی ارومیه. ۲۱۵ صفحه.

٤. توحیدی‌نیا، م. ع.، مظاهری، د.، حسینی، س. م. ب. و مدنی، ح. ۱۳۹۲. اثر مصرف توأم کود زیستی بارور- ۲ و کود شیمیایی فسفر بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت (*Zea mays*) رقم سینگل‌کراس ۷۰٤. مجله علوم زراعی ایران. ۳۰۷ -۲۹۵ :(٤)۱۵.

۵. تولی، ا. ۱۳۸۷. بررسی موارد استفاده از ضایعات برنج به‌ویژه کاه و کلش در جهت توسعه کشاورزی پایدار. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

٦. جعفری‌مقدم، م.، رضاپور، م.، آروین، پ. و خندان، ت. ۱۳۸۹. مقایسه اثرات کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد و اجزا عملکرد گندم. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان.

۷. جهانی، م.، بشارتی، ح. و گلچین، ا. ۱۳۹۰. تأثیر کاربرد ورمی‌کمپوست‌های غنی شده بر درصد ظهور گیاهچه و وزن خشک بوته ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰٤. مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب). ۳۸ -۳۳ :(۱)۲۵.

۸. جوادی، م. و امین‌پناه، ه. ۱۳۹۵. اثرات مصرف باکتری آزوسپریلوم لیپوفروم (*Azospirilim lipoferum*)، محصول قبلی و مقدار مصرف نیتروژن بر رشد و عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) در تنکابن. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۳۲٦ -۳۱۱ :(۲)۳۸.

۹. حسن‌زاده، ا.، مظاهری، د.، چایی‌چی، م. ر. و خاوازی، ک. ۱۳۸٦. کارآیی مصرف باکتری‌های تسهیل کننده جذب فسفر و کود شیمیایی فسفر برعملکرد و اجزا عملکرد جو. مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۱۱۸ -۱۱۱ :(۷۷).

۱۰. حکم‌علی‌پور، س. و سیدشریفی، ر. ۱۳۹۳. اثر تلقیح بذر با باکتری‌های افزاینده رشد گیاه (PGRP) و سطوح مختلف کودهای نیتروژن و فسفر بر عملکرد و برخی شاخص‌های فیزیولوژیک جو (*Hordeum vulgare* L.). نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۸۳۳ -۸۲۲ :(٤)۱۲.

۱۱. حلوایی، م. ۱۳۸۹. اثر کمپوست زباله شهری و کود مرغی بر قابلیت استفاده و جزءبندی فسفر در تعدادی از خاک‌های استان چهارمحال و بختیاری، پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد خاک‌شناسی گرایش شیمی و حاصلخیزی خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۱۲. خرازی، س. م.، یونسی، ح. و عابدینی‌طرقبه، ج. ۱۳۹۳. تأثیر ترکیب ضایعات ذرت با کود گاوی و کارتن بر کیفیت ورمی‌کمپوست تولید شده با *Eisenia fetida*. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۸۹ -۱۷۹ :(۱۰۳)۱.

۱۳. رسولی، ف. و مفتون، م. ۱۳۸۹. اثر باقیمانده دو ماده آلی با و یا بدون نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی گندم و برخی خصوصیات شیمیایی خاک. نشریه آب و خاک (علوم و صنایع کشاورزی). ۲۷۳ -۲٦۲ :(۲)۲٤.

۱٤. رضوی، س. ا.، کامکار، ب. و صادقی‌پور، ح. ر. ۱۳۹۳. تجزیه بقایای پنج گیاه زراعی به کمک چهار گونه قارچ گندروی خاک‌زی و چوب‌زی. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۳٤٦ -۳۳۱ :(٤)٤.

۱۵. رضوی‌پور، ت. ۱۳۸۷. اثر استفاده از آزولای تازه و کمپوست شده بر عملکرد دانه و جذب عناصر در دانه و ساقه برنج. سومین کنگره ملی بازیافت و استفاده از منابع آلی تجدیدشونده در کشاورزی. دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان، اصفهان، ایران.

۱٦. رنجبر، م.، قربانی، ه. و قاجارسپانلو، م. ۱۳۹۵. تأثیر کاربرد درازمدت کمپوست زباله شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه برنج. مجله به‌زراعی کشاورزی. ۷٦٤ -۷۵۳ :(٤)۱۸.

۱۷. زرولی، م. ع.، اصغرنیا، ح.، یزدانی، ج.، ضیائی‌هزارجریبی، ه. و احمدنژاد، ع. ۱۳۹٤. بررسی تأثیر فضولات گاوی به‌عنوان عامل حجیم‌کننده بر غلظت فلزات سنگین درطی فرآیند ورمی‌کمپوست لجن فاضلاب شهری. مجله دانشگاه علوم پزشکی مازندران. ۱٦۹ -۱۵۲ :(۱۲٤)۲۵.

۱۸. سعادت، ف.، احتشامی، م، ر، اصغری، ج. و ربیعی، م. ۱۳۹٤. تأثیر پوشش‌دار کردن بذر با باکتری‌های محرک رشد و عناصر ریزمغذی بر عملکرد کمی و کیفی ذرت علوفه‌ای. مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ٤۹٦ -٤۸۵ :(۳)٤٦.

۱۹. شهپری، ز.، فاتح، ا. و آینه‌بند، ا. ۱۳۹۵. بررسی تأثیر نوع بقایا، مدیریت بقایا و نیتروژن بر عملکرد، کیفیت گندم دوروم (*Triticum durum* L.) و عناصر غذایی پرمصرف خاک. ۱۰٤ –۸۷ :(۳)۹.

۲۰. شهدی‌کومله، ع. ۱۳۹۷. بررسی تأثیر چند سویه باکتری همزیست و غیرهمزیست بر عملکرد شبدر و برنج (رقم هاشمی) در سیستم کشت بر پایه برنج، گزارش نهایی، شماره ۵۵۳۱٦، مؤسسه تحقیقات برنج کشور، رشت، ایران.

۲۱. شمس‌الدین‌سعید، م.، قنبری، ا.، رمرودی، م. وخضری، ا. ۱۳۹٦. تأثیر مدیریت کاربرد کود سبز و تیمارهای کوددهی آن بر خصوصیات فیزیکی- شیمیایی و حاصلخیزی خاک. نشریه علوم آب و خاک (علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی). ٤۹ –۳۷ :(۱)۲۱.

۲۲. صفی‌خانی، س. و آذرنیا، م. ۱۳۹٤. تأثیر مقادیر مختلف کاه و کلش گندم و کود اوره بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰٤. نشریه اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۵۲ –۱۳۹ :(۱ –۳۳)۹.

۲۳. عباسی، م.، نجفی، ن.، علی اصغرزاد، ن. و اوستان، ش. ۱۳۹۱. اثر شرایط آب خاک، لجن فاضلاب و کودهای شیمیایی بر غلظت‌های عناصر پرمصرف در برنج در یک خاک قلیایی. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. ۲٦ –۱ :(۱)۲.

۲٤. عبدی، س.، تاخبخش، م.، عبدالهی‌مندولکانی، ب. و رسولی‌صدقیانی، م. ح. ۱۳۹۱. بررسی اثر کود سبز بر میزان ماده آلی و نیتروژن خاک. مجله دانش زراعت. ۵۲ –٤۱ :(۷)۵.

۲۵. عسگری‌لجایر، ح.، نجفی، ن. و مقیسه، ا. ۱۳۹٤. بررسی امکان استفاده از لجن فاضلاب پرتوتابی شده با گاما در تولید گیاهان مختلف. نشریه تابش و فناوری هسته‌ای. ۳۷ –۲۷ :(۳)۲.

۲٦. عزیززادفیروزی، ف. ۱۳۹۱. تأثیر کاربرد درازمدت مقادیر مختلف کمپوست زباله شهری غنی شده و غنی نشده بر عملکرد دانه و تجمع برخی عناصر غذایی در دو رقم برنج. پایان‌نامه کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده علوم زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری.

۲۷. غروی‌بایگی، م.، پیردشتی، ه.، عباسیان، ا. و آقاجانی‌مازندرانی، ق. ۱۳۹۳. واکنش عملکرد و اجزای عملکرد برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی در کشت توأم برنج، اردک و آزولا (*Azolla* sp). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ٤۸۷ –٤۷۷ :(۳)٦.

۲۸. فتح‌العلومی، س.، اصغری، ش. و گلی‌کلانپا، ا. ۱۳۹٤. اثرات لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر پرمصرف در خاک و گیاه و برخی صفات زراعی گندم. نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۷۰ –٤۹ :(۲)۵.

۲۹. فلاح‌طوله‌کلایی، س.، بهمنیار، م. ع.، صادق‌زاده، ف. و عمادی، س. م. ۱۳۹۵. اثرات کاربرد پوسال زباله شهری و دو نوع زغال زیستی بر غلظت برخی عناصر غذایی در برنج (*Oryza sativa* L.). نشریه مدیریت خاک و تولید پایدار. ۱۵۹ –۱٤۵ :(۱)٦.

۳۰. قلی‌زاده، ح.، تشکری، ع. و قاسم‌پورعلمداری، م. ۱۳۹۰. بررسی اثر کودهای شیمیایی و بیولوژیکی بر افزایش توانایی خاک مزارع تحت کشت گیاه برنج. اولین کنگره ملی علوم و فناوری‌های نوین کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان. ایران.

۳۱. قنبری، ا.، اسماعیلیان، ی. و بابائیان، م. ۱۳۹۲. اثر کودهای دامی و شیمیایی بر عملکرد علوفه، دانه و غلظت برخی از عناصر غذایی در دانه جو (*Hordeum vulgare* L.). نشریه پژوهش‌های اکوفیزیولوژی گیاهی ایران. ۳٦ –۲۳ :(۳)۸.

۳۲. کاویانی، ب. ۱۳۹٤. اثر تلقیح سویه‌های باکتری محرک رشد تحت سطوح مختلف کود نیتروژن بر برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی گندم رقم مروارید. نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی. ۷۸ –٦٦ :(۳۹)۱۰.

۳۳. کرمی، م.، رضایی‌نژاد، ی.، افیونی، م. و شریعتمداری، ح. ۱۳۸٦. اثرات تجمعی و باقی‌مانده لجن فاضلاب شهری بر غلظت عناصر سرب و کادمیم در خاک و گیاه گندم. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی. ۹٤ –۷۹ :(۱)۱۱.

۳٤. کمیلی، ح. ر.، قدسی، م.، رضوانی‌مقدم، پ.، نصیری‌محلاتی، م. و جلال‌کمالی، م. ر. ۱۳۹۷. مطالعه خصوصیات خاک، عملکرد و اجزای عملکرد جو (*Hordeum vulgare* L.) تحت تأثیر روش‌های مختلف خاک‌ورزی و میزان بقایای گیاهی. نشریه پژوهش‌های زراعی ایران. ۵۵٦ –٥٤۱ :(۳)۱٦.

۳۵. کوچکی، ع.، حسینی، م. و هاشمی‌دزفولی، ا. ۱۳۷۵. کشاورزی پایدار (ترجمه). انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۳۱ صفحه.

۳٦. کوچکی، ع.، غلامی، ع. مهدوی‌دامغانی، م. و تبریزی، ل. ۱۳۸٤. اصول کشاورزی زیستی (ارگانیک). انتشارات دانشگاه فردوسی مشهد. ۳۸۵ صفحه.

۳۷. لجم‌اورک، ش.، فلاح، س و قربانی‌دشتکی، ش. ۱۳۹۱. روند تولید CO_2، پتانسیل معدنی شدن کربن خاک و ماده خشک سورگوم تحت منابع مختلف نیتروژن. مجله مدیریت خاک و تولید پایدار. ۱۲۰ –۱۰۵ :(۲)۲.

۳۸. مختاری، م.، صالحی‌وزیری، ا.، زارعی، ط. و جلیلی، م. ۱۳۹۵. بررسی امکان تولید کمپوست از لجن آب‌گیری شده تصفیه‌خانه فاضلاب یزد به روش ویندرو با تیمارهای مختلف. مجله سلامت و محیط زیست. ۵۰۲ –٤۹۳ :(٤)۹.

۳۹. مدحج، ع. و محمدپور، ع. ۱۳۹۲. اثر کود سبز و مقادیر مختلف کود فسفر و نیتروژن بر عملکرد دانه گندم در شرایط محیطی دزفول. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۸٤ –۷۳ :(۱۹)۵.

٤۰. مصلحی، ن.، نیک‌نژاد، ی.، فلاح‌آملی، ه. و خیری، ن. ۱۳۹۵. اثر کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی، آلی و زیستی بر برخی صفات مرفوفیزیولوژیکی برنج (*Oryza sativa* L.) رقم طارم هاشمی. فصلنامه فیزیولوژی گیاهان زراعی. ۱۰۳ –۸۷ :(۳۰)۸.

٤۱. ملاجعفری، ج.، انصاری، م. ح و اسدی‌رحمانی، ه. ۱۳۹۵. اثر کمپوست آزولا بر جذب عناصر غذایی و عملکرد دانه برنج مایه‌زنی شده با باکتری‌های محرک رشد گیاه. تحقیقات کاربردی خاک. ۱۰٤–۹۱ :(۲)٤.

42. Abdelhamid, M. T., Horiuchi, T. and Oba, S. 2004. Composting of rice straw with oilseed rape cake and poultry manure and its effects on faba bean (*Vicia faba* L.) growth and soil properties. Bioresource technology. 93(2): 183- 189.

43. Adediran, J. A., Taiwo L. B., Akande M. O., Sobulo R. A. and Idowu, O. J. 2005. Application of organic fertilizer for sustainable maize and cowpea yield in Nigeria. Journal of Plant Nutrition. 27(7): 1163- 1181.

44. Adesemoye, A. O., and J. W. Kloepper. 2009. Plant- microbe's interactions in enhanced fertilizer use efficiency. Applied Microbiology Biotechnology. 85(1):1- 12.

45. Afyuni, M., Schulin, R. and Rezaeinejad, Y. 2006. Extractability and plant uptake of Cu, Zn, Pb and Cd from a sludge- amended Haplargid in central Iran. Arid Land Research and Management. 20(1): 29- 41.

46. Ali, M. E., Islam, M. R. and Jahiruddin, M. 2009. Effect of integrated use of organic manures with chemical fertilizers in the rice- rice cropping system and its impact on soil health. Bangladesh Journal of Agriculture Research. 34(1): 81- 90.

47. Amanullah, A., Khan, Sh., Iqbal, A. and Fahad, Sh. 2016. Growth and productivity response of hybrid rice to application of animal manures, plant residues and phosphorus. Frontiers in Plant Science. 7: 1440.

48. Ambrosano, E. J., Cantarella, H., Ambrosano, G. M. B., Dias, F. L. F., Rossi, F., Trivelin, P. C. O. and Muraoka, T. 2013. The role of green manure nitrogen use by corn and sugarcane crops in Brazil. Agricultural Sciences. 4(12): 89.

49. Angin, I., and V. Yaganoglu. 2011. Effects of sewage sludge application on some physical and chemical properties of a soil affected by wind erosion. Journal of Agriculture Science Technology. 13(5): 757- 768.
50. Arancon, N. Q., Edwards, C. A., Babenko, A., Cannon, J., Galvis, P. and Metzger, J. D. 2008. Influences of vermicompost, produced by earthworms and microorganisms from cattle manure, food waste and paper waste, on the germination, growth and flowering of petunias in the greenhouse. Applied Soil Ecology. 39(1): 91- 99.
51. Ashrafuzzaman, M., Hossen, F. A., Ismail, M. R., Hoque, A., Islam, M. Z., Shahidullah, S. M. and Meon, S. 2009. Efficiency of plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. African Journal of Biotechnology. 8(7): 1247- 1252.
52. Baset Mia, M. A., Shamsuddin, Z. H. and Maziah, M. 2012. Effects of rhizobia and plant growth promoting bacteria inoculation on germination and seedling vigor of lowland rice. African Joural of Biotechnology. 11(16): 3758- 3765.
53. Bejbaruah, R., Sharma, R. C. and Banik, P. 2013. Split application of vermicompost to rice (*Oryza sativa* L.): its effect on productivity, yield components, and N dynamics. Organic Agriculture. 3(2): 123- 128.
54. Bell, M. A., Balasubramanian, V. and Richman, J. F. 2004. Composting Rice Residue. International Rice Research Institute (IRRI) publication, Manila, Philippinnes.
55. Choudhury, M. A., and Y. M. Khanif. 2011. Effects of nitrogen, copper and magnesium fertilization on nutrition of some macro and micro nutrients of rice crop. Bangladesh research publications Journal. 5(3): 201- 206.
56. Christopher, S. F., and R. Lal. 2007. Nitrogen management affects carbon sequestration in North American cropland soils. Plant Sciences. 26(1): 45- 64.
57. Dekhane, S. S., Patel, D. J., Jadhav, P. B., Kireeti, A., Patil, N. B., Harad, N. B. and Jadhav, K. P. 2014. Effect of organic and inorganic fertilizer on growth and yield of paddy cv. GR 11. International Journal of Information Research and review. 1(2): 26- 28.
58. Eusuf Zai, A. Kh, Horiuchi, T. and Matsui, T. 2008. Effects of compost and green manure of pea and their combinations with chicken manure and rapseed oil residue on soil fertility and nutrient uptake in wheat- rice cropping system. African Journal of Agriculture Research. 3(9): 633- 639.
59. FAO, Food and Agriculture Organization. 2016. Production Statistics. http://faostat.fao.org/.
60. Feng, C., Shi- Hua, S., Hai- Ping, C., Yu- Xiang, J., Yossef, G. Y. and Dazzo, F. B. 2005. Ascending migration of endophytic rhizobia, from roots to leaves, inside rice plants and assessment of benefits to rice growth physiology. Applied and Environmental Microbiology (AEM). 71(11): 7271- 7278.
61. Gabriel, J. L., and M. Quemada. 2011. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: yield, N uptake and fertilizer fate. European Journal of Agronomy. 34(3): 133- 143.
62. Garcia, A. C., Santos, L. A., Lzquierdo, F. G., Sperandio, M. V. L., Castro, R. N. and Berbara, R. L. L. 2012. Vermicompost humic acids as an ecological pathway to protect rice plant against oxidative stress. Ecological Engineering. 47(10): 203- 208.
63. Gill, J. S., and S. S. Walia. 2014. Influence of FYM, brown manuring and nitrogen levels on direct seeded and transplanted rice (*Oryza sativa* L.) A review. Research Journal of Agriculture and Environmental Management. 3(9): 417- 426.
64. Goyal, S., Singh, D., Suneja, S. and Kapoor, K. K. 2009. Effect of rice straw compost on soil microbiological properties and yield of rice. Indian Journal of Agriculture Research. 43(4): 263- 268.
65. Hasan, M., Bano, A., Gul Hassan, Sh., Iqbal, J., Awan, U., Rong- Ji, D. and Khan, Kh. 2014. Enhancement of rice growth and production of growth- promoting phytohormones by inoculation with *Rhizobium* and other rhizobacteria. World Applied Sciences Journal. 31(10): 1734- 1743.
66. Hassan, M. A., Yami, A. M., Raji, A. and Ngala, M. J. 2014. Effects of sawdust and rice husk additives on properties of local refractory clay. The International Journal of Engineering and Science. 3(8): 40- 44.
67. Hooker, K. V., Coxon, C. E., Hackett, R., Kirwan, L. E., Keeffe, E. O. and Richards, K. G. 2008. Evaluation of cover crop and reduced cultivation for reducing nitrate leaching in Ireland. Journal of Environmental Quality. 37(1): 138- 145.

68. Hossaen, M. A., Shamsuddoha, A. T. M., Paul, A. K., Bhuiyan, M. S. I. and Zobaer, A. S. M. 2011. Efficacy of different organic manures and inorganic fertilizer on the yield and yield attributes of Boro rice. The Agriculturists. 9(1- 2): 117- 125.
69. Islam, M. M. A. F., Khan, M. A. A., Bari, A. S. M. F., Hosain, M. T. and Sabikunnaher, M. 2013. Effect of fertilizer and manure on the growth, yield and grain nutrient concentration of Boro rice (*Oryza sativa* L.) under different water management practices. The Agriculturists. 11(2): 44- 51.
70. Islam, M. R., Hossain, M. B., Siddique, A. B., Rahman, M. T. and Malika, M. 2014. Contribution of green manure incorporation in combinantion with nitrogen fertilizer in rice production. SAARC Journal of Agriculture. 12(2): 134- 142.
71. Islam, M. S., Paul, N. K., Alam, M. R., Uddin, M. R., Sarker, U. T., Islam, M. A. and Park, S. U. 2015. Responses of rice to green manure and nitrogen fertilizer application. Online Journal of Biological Science. 15(4): 207- 216.
72. Issaka, R. N., Buri, M. M., Nakamura, S. and Tobita, S. 2014. Comparison of different fertilizer management practices on rice growth and yield in the Ashanti region of Ghana. Agriculture, Forestry and Fisheries. 3(5): 374- 379.
73. Kang, S. C., Pandey, P., Khillon, R. and Maheshwari, D. K. 2008. Process of rock phosphate solubilization by *Aspergillus* spp. PS 104 in soil amended medium. Journal of Environmental Biology. 29(5): 743- 746.
74. Khan, M. U., Qasim, M. and Khan, I. U. 2007. Effect of integrated nutrient management on crop yields in rice- wheat cropping system. Sarhad Journal of Agriculture. 23(4): 1020- 1026.
75. Khorshidi, Y. R., Ardakani, M. R., Ramezanpour, M. R., Khavazi, K. and Zargari, K. 2011. Response of yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.) to *Pseudomonas fluorescens* and *Azospirillum lipoferum* under different nitrogen levels. American- Eurasian Journal of Agriculture and Environmental Sciences. 10(3): 387- 395.
76. Khursheed, S., Arora, S. and Ali, T. 2013. Effect of organic sources of nitrogen on rice (*Oryza sativa* L.) and soil carbon pools in Inceptisols of Jammu. International Journal of Environmental Pollution and Solutions. 1(1): 17- 21.
77. Kumar, A., Meena, R. N., Yadav, L. and Gilotia, Y. K. 2014. Effect of organic and inorganic sources of nutriention yield, yield attributes and nutrient uptake of rice Cv. Prh- 10. International Quarterly Journal of Life Science. 9(2): 595- 597.
78. Kumar, K. A., Swain, D. K. and Ghosh, P. B. C. 2018. Effect of organic and inorganic nutrient management on soil nutrient dynamics and productivity of rice- chickpea system in lateritic soil. Organic Agriculture. 8(1): 15- 28.
79. Kumar, V. K., Raju, S. K., Reddy, M. S., Kloepper, J. W., Lawrence, K. S., Groth, D. E., Miller, M. E., Sudini, H. and Binghai, D. 2009. Evaluation of commercially available PGPR for control of rice sheath blight caused by *Rhizoctonia solani*. Journal of Pure and Applied Microbiol. 3(2): 485- 488.
80. Kumar, V. K., Reddy, M. S., Kloepper, J. W., Lawrence, K. S., Zhou, X. G., Groth, D. E., Zhang, S., Sudhakara Rao, R., Wang, Q., Raju, M. R. B., Krishnam, R., Dilantha Fernando, W. G., Sudini, H. Du B. and Miller, M. E. 2011. Commercial potential of microbial inoculants for sheath blight management and yield enhancement of rice. In: Maheshwari, D. K. (Eds.). Bacteria in agrobiology, crop ecosystems. P. 237- 264, Berlin, Germany.
81. Latare, A. M., Kumar, O., Singh, S. K. and Gupta, A. 2014. Direct and residual effect of sewage sludge on yield, heavy metals content and soil fertility under rice- wheat system. Ecological Engineering. 69(8): 17- 24.
82. Latifah, A. M., Mohd lokman, C. J., Mohd Kamil, Y., Tengku Hanidza, T. I., Rosta, H. and Hafizan, J. 2009. Influeces of bedding material in vermicomposting process. International Journal of Biology. 1(1): 81- 91.
83. Lavakush, Yadav, J. and Verma, J. P. 2012. Isolation and characterization of effective plant growth promoting rhizobacteria from rice rhizosphere of Indian soil. Asian Journal of Sciences. 5(6): 294- 303.
84. Li, J. T., Zhong, X. L., Wang, F. and Zhao, Q. G. 2011. Effect of poultry litter and livestock manure on soil physical and biological indicators in a rice- wheat rotation system. Plant Soil and Environment. 57(8): 351- 356.

85. Mahmoody, M., Fahramand, M., Keykha, A., Noori, M. and Rigi, Kh. 2014. Influence of green manure on increase cropping system sustainability. International Research Journal of Applied and Basic Sciences. 8(2): 253- 256.
86. McBride, M. B. 2003. Toxic metals in sewage sludge- amended soils: has promotion of beneficial use discounted the risks? Advances in Environmental Research. 8(1): 5- 19.
87. McBride, M. B., and L. J. Evans. 2002. Trace metal extractability in soils and uptake by bromegrass 20 years after sewage sludge application. Canadian Journal of Soil Science. 82(3): 323- 333.
88. Mehdi, S. M., Sarfraz, M., Abbas, S. T. and Shabbir, G. 2011. Integrated nutrient management for rice-wheat cropping system in a recently reclaimed soil. Soil and Environment. 30(1): 36- 44.
89. Mohammad, M. J., and B. M. Athamneh. 2004. Changes in soil fertility and plant uptake of nutrient and heavy metals in response to sewage sludge application to calcareous soils. Journal of Agronomy. 3(3): 229- 236.
90. Moller, K., and H. J. Reents. 2009. Effects of various cover crops after peas on nitrate leaching and nitrogen supply to succeeding winter wheat or potato crops. Journal of Plant Nutrition and Soil Science. 172(2): 277- 287.
91. Nasrollahzadeh, A., Oglu, Z. P. B., Amiri, E., Razavipour, T., Sharif Far, A. and Tayefeh, M. 2011. Effect of chemical fertilizer, azolla compost and cow dung on rice. Ecology, Environment and Conservation. 17(4): 827- 832.
92. Naveed, M., Khalid, M., Jones, D. L., Ahmad, R. and Zahir, Z. A. 2008. Relative efficacy of *Pseudomonas* spp., containing ACC- deaminase for improving growth and yield of maize (*Zea mays* L.) in the presence of organic fertilizer. Pakistan Journal of Botany. 40(3): 1243- 1251.
93. Ngo, P. T., Rumpel, C., Doan, T. T. and Jouquet, P. 2012. The effect of earthworms oncarbon storage and soil organic matter composition in tropical soil amended with compost and vermicompost. Soil Biology and Biochemistry. 50(7): 214- 220.
94. Nguyen, T. H. 2008. The product BioGro and improvements in its performance. In: Kennedy, I. R., Choudhury, A. T. M. A., Kecskes, M. L. and Rose, M. T. (Eds.). Efficient nutrient use in rice production in Vietnam achieved using inoculant biofertilisers. In proc of a project workshop held in Hanoi. P. 15- 24, Hanoi, Vietnam.
95. Panahi, A., Aminpanah, H. and Sharifi, P. 2015. Effect of nitrogen, bio- fertilizer, and silicon application on yield and yield components of rice (*Oryza sativa* L.). Philippine Journal of Crop Science. 40(1): 76- 81.
96. Perez- Montano, F., .Alias-Villegas, C., Bellogin, R. A., del Cerro, P., Espuny, M. R., Jimenez- Guerrero, F. G., Lopez- Baena, F. J., Ollero, F. J. and Cubo, T. 2013. Plant growth promotion in cereal and leguminous agricultural important plants: from microorganism capacities to crop production. Microbia logical Research. 169(5- 6): 325- 336.
97. Pieters, A. J. 2004. Green manuring Principles and Practice. Gyan Books Pvt. Ltd. Delhi, India. 374 p.
98. Ranjitha, P. S., Kumar, R. M. and Jayasree, G. 2013. Evaluation of rice (*Oryza sativa* L.) varieties and hybrids in relation to different nutrient management practices for yield, nutrient uptake and economics in SRI. Annals of Biological Research. 4(10): 25- 28.
99. Rodrigues, E. P., Rodrigues, L. S., de Oliveira, A. L. M., Baldani, V. L. D., Teixeira, K. R. D., Urquiaga, S. and Reis, V. M. 2008. *Azospirillum amazonense* inoculation: Effects on growth, yield and N_2- fixation of rice (*Oryza sativa* L.). Plant and Soil. 302(1- 2): 249- 261.
100. Sannathimmappa, H. G., Gurumurthy, B. R., Jayadeva, H. M., Rajanna, D. and Shivanna, M. B. 2015. Effect of paddy straw based integrated nutrient management practices for sustainable production of rice. IOSR Journal of Agriculture and Veterinary Science. 8(1): 74- 77.
101. Selvi, R. V., and R. Kalpana. 2009. Potentials of green manure in integrated nutrient management for rice- a review. Agricultural Research Communication Center. 30(1): 40- 47.
102. Sen, S., and C. N. Chandrasekhar. 2014. Effect of PGPR on growth promotion of rice (*Oryza sativa* L.) under salt stress. Asian Journal of Plant Science and Research. 4(5): 62- 67.
103. Shaharoona, B., Jamroo, G. M., Zahir, Z. A., Arshad, M. and Memon, K. S. 2007. Effectiveness of various *Pseudomonas* spp. and Burkholderia caryophylli containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Journal of Microbiology Biotechnology. 17(8): 1300- 1307.

104. Shak, K. P., Wu, T. Y., Lim, S. L. and Lee, C. A. 2014. Sustainable reuse of rice residues as feedstocks in vermicomposting for organic fertilizer production. Environmental Science Pollution Research. 21(2): 1349- 1359.
105. Sharma, A., Shankhdhar, D., Sharma, A. and Shankhdhar, S. C. 2014. Growth promotion of the rice genotypes by PGPRs isolated from rice rhizosphere. Journal of Soil Science and Plant Nutrition. 14(2): 505- 517.
106. Sharpley, A. N., McDowell, W. R. and Kleinmon, P. J. A. 2004. Amounts, forms and solubility of phosphorus in soils receiving manure. Soil Science Society of America Journal. 68(6): 2048- 2057.
107. Shirani, H., Hajabasi, M. A., Afyuni, M. and Hemmat, A. 2002. Effect of farmyard manure and tillage system on soil physical properties and corn yield in central Iran. Soil and Tillage Research. 68(2): 101- 108.
108. Shwetha, S., and J. Narayana. 2014. Effect of vermicompost alone and its combination with recommended dose of fertilizers on available nitrogen, phosphorus, potassium in rice. Journal of Environmental Science and Engineering. 56(1): 37- 40.
109. Siavoshi, M., Nasiri, A. and Laware, S. L. 2011. Effect of organic fertilizer on growth and yield components in rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Agriculture Science. 3(3): 217- 224.
110. Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M. and Marshall, F. M. 2010. Health risk assessment of heavy metals via dietary intake of foodstuffs from the wastewater irrigated site of a dry tropical area of India. Food and Chemical Toxicology. 48(2): 611- 619.
111. Snapp, S. S., Swinton, S. M., Labart, R., Mutch, D., Black, J. R., Leep, R., Nyiraneza, J. and O'Neil, K. 2005. Evaluating cover crops for benefits, costs and performance within cropping system niches. Agronomy Journal. 97(1): 322- 332.
112. Steenwerth, K., and K. M. Belina. 2008. Cover crops and cultivation: impacts on soil N dynamics and microbiological function in a Mediterranean vineyard agroecosystem. Applied Soil Ecology. 40(2): 370- 380.
113. Suthar, S. 2009. Impact of vermicompost and composted farmyard manure on growth and yield of garlic (*Allium stivum* L.) field crop. International Journal of Plant Production. 3(1): 27- 38.
114. Takeshi W. Luu H. M. Duong M. V. Vu T. Kh. and Nguyen, N. H. 2009. Effects of continuous rice straw compost application on rice yield and soil properties in the Mekong Delta. Soil Science Plant Nutrition. 55(6): 754- 763.
115. Talgre, L., Lauringson, E., Roostalu, H. and Astover, A. 2009. The effects of green manures on yields and yield quality of spring wheat. Agronomy Research. 7(1): 125- 132.
116. Tan, K. Z., Radziah, O., Halimi, M. S., Khairuddin, A. R. and Shamsuddin, Z. H. 2015. Assessment of plant growth- promoting rhizobacteria (PGPR) and rhizobia as multi- strain biofertilizer on growth and N_2 fixation of rice plant. Australian Journal of Crop Science. 9(12): 1257- 1264.
117. Tejda, M., Gonzalez, J. L., Garcia- Martinez, M. A. and Parrado, J. 2008. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. Bioresour Technology. 99(6): 1758- 1767.
118. Wahyu, A. S., Maya, M. and Sandra, A. A. 2014. Growth and yield of organic rice with cow manure application the first cropping season. Agrivita. 36(1): 19- 25.
119. Wang, Y. S., Huang, J. and Yang, S. Q. 2011. The influence of rice straw returning on the leaching losses of the nitrate nitrogen in ningxia irrigation district, China. Journal of Agro- Environment Science. 4: 015.
120. Wang, Y., Qiao, M., Liu, Y. and Zhu, Y. 2012. Health risk assessment of heavy metals in soils and vegetables from wastewater irrigated area, Beijing- Tianjin city cluster, China. Journal of Environmental Sciences. 24(4): 690- 698.
121. Warman P. R., and M. J. AngLopez. 2010. The chemical properties of vermicompost derived from different feedstocks. In proc international symposium, composting and compost utilization, Columbus, USA.
122. Wei, Y., and Y. Liu. 2005. Effects of sewage sludge compost application on crops and cropland in a 3- year field study. Chemosphere. 59(9): 1257- 1265.

123. Wolie A. W., and M. A. Adamassu. 2016. Effects of integrated nutrient management on rice (*Oryza sativa* L) yield and yield attributes, nutrient uptake and some physico- chemical properties of soil: A review. Journal of Biology, Agriculture and Healthcare. 6(5): 20- 26.
124. Xu, M. G., Li, D. C., Li, J. M., Qin, D. Z., Yagi, K. and Hosen, Y. 2008. Effects of organic manure application with chemical fertilizers on nutrient absorption and yield rice in Hunan of southern China. Agricultural Sciences in China. 7(10): 1245- 1252.
125. Xue, Z. J., Liu, S. Q., Liu, Y. L. and Yan, Y. L. 2012. Health risk assessment of heavy metals for edible parts of vegetables grown in sewage- irrigated soils in suburbs of Baoding City, China. Environmental monitoring and assessment. 184(6): 3503- 3513.
126. Yanni, G. Y., and F. B. Dazzo. 2010. Enhancement of rice production using endophytic strains of *Rhizobium leguminosarum* bv. Trifolii in extensive field inoculation trials within the Egypt Nile delta. Plant and Soil. 336(1): 129- 142.
127. Yazdani Biouki, R., Bannayan Aval, M., Khazaie, H. R. and Sodaeeizadeh, H. 2014. Investigating the effects of urea, azocompost and cutting on quantitative and qualitative characteristics of oregano (*Origanum vulgare* virid). International journal of Advanced Biological and Biomedical Research. 2(4): 993- 1010.
128. Yousefzadeh, S., Modarres- Sanavy, S. A. M., Sefidkon, F., Asgarzadeh, A., Ghalavand, A. and Sadat- Asilan, K. 2013. Effects of azocompost and urea on the herbage yield and contents and compositions of essential oils from two genotypes of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.) in two regions of Iran. Food chemistry. 138(2- 3): 1407- 1413.
129. Zahir, Z., Arshad, M. and Frankenberger, W. T. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. Advances in Agronomy. 81(1): 97- 168.
130. Zayed, B. A., Elkhoby, W. M., Salem, A. K., Ceesay, M. and Uphoff, N. T. 2013. Effect of integrated nitrogen fertilizer on rice productivity and soil fertility under saline soil conditions. Journal of Plant Biology Research. 2(1): 14- 24.

Organic Fertilizers Commonly Applied to Grow Healthy Organic Rice

A. Shahdi Kumleh [1]

Research Assistant Professor, Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran. **Shahdiabbas8@gmail.com**

Received: July 2018 and Accepted: July 2019

Abstract

Rather than recording feats of success in using natural resources, some common agricultural practices led to unsustainable agro-ecosystems and environmental crises with negative impacts on both human and animal health as a result of relying on artificial inputs as well as chemical fertilizers and pesticides. This is while food safety and agricultural product quality are major concerns among many middle class and high-income people in most parts of the world. Organic farming is an improved agricultural production method basically founded on no chemical input. According to the statistics released by FAO, the area under rice cultivation in Iran amounted to 556,787 ha in 2016, a large part of which has the potential to grow healthy and organic crops if low-input or non-input methods are employed. Study has shown that the use of chemical fertilizers may be reduced or balanced by applying to paddy fields any of the following either alone or in combination with chemical fertilizers: 2.5 to 20 t/ha of poultry manure, 5 to 20 t/ha of bovine manure, 10 to 40 t/ha of sheep manure, 20 t/ha of green manure, 5 to 10 t/ha of Azolla compost, or 5 t/ha of Ricestraw compost. Application of organic fertilizers seems not only to improve soil physicochemical properties but also significantly reduce (by 70 to more than 90%) the amount of chemical fertilizers used, thereby contributing positively to sustainable rice production.

Keywords: Organic, Rice, Compost, Green manure, Manures

[1] - Corresponding author: Rice Research Institute of Iran, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, Iran.