تأثیر کاربرد خاکی دو ماده آلی توام با نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج

فاطمه رسولی* و منوچهر مفتون[۱]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۶/۵/۱۶ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۶/۹/۲۷)

چکیده

ماده آلی و نیتروژن کل در اکثر خاک‌های آهکی ایران کم است و مصرف مدام کودهای نیتروژن‌دار سبب آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و اثرات زیانبار محیطی دیگر می‌شود و لذا مصرف توأم نیتروژن و ماده آلی به منظور تأمین بخشی از نیاز نیتروژنی گیاه، بهبود خصوصیات فیزیکو شیمیایی خاک و حفاظت محیط زیست از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. تحقیق حاضر به منظور مطالعه تأثیر مصرف دو ماده آلی با یا بدون نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج و خصوصیات شیمیایی خاک انجام شد. آزمایش در قالب طرح کامل تصادفی با سه تکرار در گلدان انجام گردید. تیمارها شامل دو منبع ماده آلی (کمپوست زباله شهری و کود دامی)، چهار سطح ماده آلی (۰، ۱، ۲ و ۴ درصد) و سه سطح نیتروژن (N) (۰، ۷۵ و۱۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم)، در برنج بود. مصرف کمپوست و کود دامی سبب افزایش وزن خشک برنج گردید. بیشترین وزن خشک با مصرف ۴ درصد کمپوست و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن حاصل شد. رشد برنج با مصرف کود دامی تا سطح ۲ درصد افزایش و با مصرف بیشترکود دامی، احتمالاً به دلیل افزایش املاح محلول خاک کاهش یافت. اثر افزایشی نیتروژن بر رشد برنج تنها در سطح یک درصد کود دامی مشاهده شد و در سطوح بالاتر، اثر نیتروژن در تشدید اثر شوری یا سمیت آمونیم سبب کاهش رشد برنج گردید. میانگین غلظت نیتروژن با افزایش کود دامی افزایش و با کمپوست کاهش یافت. افزودن نیتروژن، غلظت نیتروژن، آهن و منگنز برنج را افزایش داد. تجمع فسفر، پتاسیم، نیتروژن، آهن، منگنز، کلراید و سدیم در بوته‌های برنج غنی شده با هر یک از دو ماده آلی بیشتر از تیمار شاهد بود. نتایج نمونه‌های خاک پس از برداشت گیاه نشان می‌دهد که ترکیبات آلی همه ویژگی‌های شیمیایی خاک را بهبود بخشیده است. به علاوه خاک تیمار شده با کود دامی حاوی مقادیر بیشتری از املاح محلول، کلر، پتاسیم، کربن آلی، نیتروژن کل، فسفر، آهن و منگنز قابل استفاده و مقادیر کمتری از عناصر روی، مس ، سرب، کادمیم و نسبت جذبی سدیم بود.

واژه‌های کلیدی: برنج ، نیتروژن، کمپوست شهری، کود دامی، عناصر غذایی، قابلیت هدایت الکتریکی خاک (ECe)

مقدمه

کاربرد نیتروژن در شالیزارها موجب تسریع رشد، شادابی بوته‌ها و بالا رفتن مقدار پروتئین دانه می‌شود. برنج در طول دوره رشد ۱۰۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن جذب می‌کند مقدار نیتروژن جذب شده به رقم گیاه، سطح نیتروژن و سطح عملکرد وابسته بوده و اغلب برای تولید هر تن برنج حدود ۲۰ کیلوگرم نیتروژن مورد نیاز است (۸). کارایی جذب این عنصر در شالیزارها به دلایل متعدد از جمله تصعید، نیترات‌زدائی، آبشوئی، رواناب سطحی و انتشار از گیاه به فرم گازی، بسیار پایین است (۲۸). به‌طوری‌که میانگین کارایی در بیشتر شالیزارهای جهان ۲۰ تا ۴۰ درصد گزارش شده است (۱۲). یکی از شیوه‌های موثر در افزایش کارایی، مصرف منابع آلی این

۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: fhrasouli@yahoo.com

عنصر است. استفاده از ضایعات آلی باعث بهبود خواص فیزیکی(۱)، تغییر ویژگی‌های شیمیایی و وضعیت حاصلخیزی خاک (۵، ۱۹و ۴۶) می‌شود. به هر حال دو مشکل بزرگ در مصرف کودهای آلی، انباشتگی املاح محلول (۲۳) و سمیت برخی از عناصر سنگین(۲۱) در خاک است. در شرایط بی‌هوازی حاکم بر شالیزار آمونیم حاصل از معدنی شدن ماده آلی، مهم‌ترین منبع نیتروژن برنج به شمار می‌رود (۲۳). ماده آلی قادر است ۵۰ تا ۸۰ درصد از کل نیتروژن مورد نیاز برنج را تأمین نماید(۳۵). بهبود وضعیت pH، آلی شدن کمتر نیتروژن به علت عدم فعالیت قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها و نیاز کمتر باکتری‌ها به نیتروژن و فعالیت آنها با وجود پایین بودن نسبت کربن به نیتروژن (C/N) مواد آلی باعث عرضه بیشتر و سریع‌تر نیتروژن از منابع آلی در شالیزارها می‌شود (۱۷). طبق گزارش بیکر(۷) ماده آلی مانند یک کود نیتروژن‌دار کندرها عمل می‌کند و متناسب با تقاضای برنج، نیتروژن از ماده آلی عرضه می‌گردد که این امر علاوه بر این که باعث افزایش عملکرد می‌شود افزایش ذخیره غذایی خاک را نیز در پی خواهد داشت. تجزیه تدریجی مواد آلی سبب افزایش کارایی مصرف عناصر غذایی به ویژه نیتروژن، کاهش آلودگی آب‌های سطحی و زیر زمینی و ماندگار شدن اثر این ترکیبات تا چندین سال بر عملکرد گیاه و خصوصیات خاک می‌گردد. اسپارلینگ و همکاران (۳۴) ضمن اشاره به اثرات ماده آلی در تولید محصولات زراعی تاکید می‌نمایند که اهمیت حفظ و افزایش ماده آلی خاک در حفاظت محیط زیست و ممانعت از انتشار گازهای گلخانه‌ای و کاهش خطر فرایند بهروردگی(Eutrophication) منابع آبی، به مراتب بیش از تولید محصول است به نحوی که سودمندی اقتصادی ماده آلی در حفاظت آب، خاک و هوا ۴۰ تا ۷۰ برابر بیش از منفعت آن در تولید محصول است. یادویندر و همکاران (۴۵) ملاحظه کردند که مصرف کود دامی به حدی که باعث تأمین ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار شود ۴۲ تا ۵۲ درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه را تا ۳ سال تأمین می‌کند و عملکرد برنج و جذب فسفر و پتاسیم نیز افزایش می‌یابد. با افزودن سالیانه حداقل ۵ تن کود دامی می‌توان منابع خاک را از تخریب حفظ نمود ضمن این‌که مصرف کودهای شیمیایی را ۳۰ درصد کاهش داد (۴۵). در آزمایش مزرعه‌ای که توسط آدیسوریان (۳۹) در سیستم کشت برنج/برنج انجام گرفت با مصرف نیتروژن، فسفر و پتاسیم به میزان ۱۰۰،۶۰ و ۶۰ کیلوگرم در هکتار، عملکرد برنج در تناوب اول و دوم به ترتیب ۶/۲۸ و ۳/۳۹ تن بوده است حال آن‌که با افزودن ۲۵ تن کود دامی یا کمپوست همراه با سطوح عناصر فوق الذکر عملکرد برنج به ۹/۲۱ و ۶/۳۱ رسیده است.

در صورتی که کشت برنج در سیستم‌های تناوب انجام شود ماده آلی خاک در سطوح بالاتری نسبت به شرایط غیرغرقابی حفظ می‌شود. ثابت سرعت تجزیه در اراضی شالیزاری کمتر از اراضی دیگر است لذا اثرات ماده آلی تا مدت طولانی‌تری در خاک باقی می‌ماند حتی در این خاک‌ها حضور نیتروژن معدنی، سبب کاهش سریع ذخیره ماده آلی در اثر فرایند معدنی شدن نمی‌گردد. لذا وقتی ماده آلی به کشت برنج افزوده می‌شود آثار ترکیبات آلی به نحو موثرتری بارز می‌گردد(۱۳). با این حال باید توجه داشت منابع تأمین ماده آلی در ایران محدود است و عناصر غذایی موجود در آنها از توازن صحیحی برخوردار نیستند. به عنوان مثال معمولاً نیتروژن و فسفر قابل استفاده مواد آلی کم و پتاسیم آن زیاد می‌باشد بنابراین لازم است مقداری کود شیمیایی نیتروژن دار و یا فسفری به آن افزوده گردد (۳). به علاوه با مصرف زیاد و مستمرکودهای شیمیایی نیتروژن دار، اتلاف ازت از طریق آبشویی و انتقال آن به منابع آب‌های زیرزمینی (آلودگی آب) و تصعید این عنصر (آلودگی هوا) افزایش می‌یابد. سرعت تجزیه ماده آلی در خاک نیز افزایش یافته و مقادیر زیادی نیتروژن و دی اکسید کربن به اتمسفر وارد می‌شود و این گازهای گلخانه‌ای در گرم شدن اقلیم موثرند (۳۴) لذا کاربرد توام کودهای شیمیایی با مواد آلی می‌تواند به عنوان سیستم مدیریتی صحیح و منطقی علاوه بر صرفه‌جویی در مصرف کودهای شیمیایی و جلوگیری از اثرات زیان آور آنها بر آب‌های سطحی و زیرزمینی، توازن تغذیه‌ای در گیاه و میزان عملکرد را بهبود بخشد. استفاده از این دو منبع

جدول۱. بعضی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

خصوصیت	میزان
بافت خاک	سیلت لوم
ماده آلی(درصد)	۰/۵۸
قابلیت هدایت الکتریکی (دسی زیمنس بر متر)	۰ /۵۰
کربنات کلسیم معادل(درصد)	۵۲
نیتروژن کل(درصد)	۰/۰۶
فسفر (میکروگرم در گرم)	۵
پتاسیم (میکروگرم درگرم)	۱۹۶
آهن (میکروگرم در گرم)	۲/۱۷
منگنز (میکروگرم در گرم)	۴/۸
روی (میکروگرم در گرم)	۱/۴
مس (میکروگرم در گرم)	۱/۱

غذایی نه تنها سبب پایداری در عملکرد می‌شود بلکه سبب حفظ حاصل‌خیزی خاک نیز می‌گردد. لذا این تحقیق جهت دست‌یابی به اهداف زیر انجام گردید.

۱. مطالعه تأثیر کاربرد کمپوست و کود دامی با یا بدون نیتروژن بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج.
۲. ارزیابی تغییرات برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک پس از کاربرد این تیمارها.

مواد و روش‌ها

خاک کافی از افق سطحی(۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) سری چیتگر واقع در حومه سروستان استان فارس با نام علمی Fine-loamy, carbonatic, thermic, Typic Calcixerepts هوا خشک شده و از الک دو میلی‌متری گذرانده شد، بعضی از ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر بافت به روش هیدرومتر(۹)، کربن آلی به روش واکی و بلاک(۴۱)، نیتروژن کل به روش کجلدال(۱۰)، با دستگاه اتوماتیک مدل Kejeltic Auto Analyzer 1030، کربنات کلسیم معادل به روش تیتراسیون برگشتی(۶)، فسفر به روش اولسن (۲۵) با استفاده از دستگاه رنگ سنجی با طول موج ۸۹۰ نانو متر و غلظت آهن، منگنز، مس و روی عصاره‌گیری شده با دی تی پی ا (۱۸) به وسیله دستگاه جذب اتمی مدل شیماتزو تعیین شد (جدول۱).

کود کمپوست زباله شهری از کارخانه کمپوست‌سازی اصفهان و کود گاوی از واحد دام‌پروری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تهیه شد. نمونه‌ها پس از خشک شدن در هوا و آسیاب کردن به آزمایشگاه منتقل و برخی از خصوصیات شیمیایی آنها مانند قابلیت هدایت الکتریکی، غلظت کاتیون‌ها و آنیون‌ها به روش آزمایشگاه شوری ایالت متحده(۴۰) در عصاره ۵:۱ کود به آب، ماده آلی و نیتروژن کل تعیین شد. سپس یک گرم از نمونه‌ها در دمای $^{\circ}C$ ۵۵۰ در کوره الکتریکی خاکستر شده و خاکسترحاصله به‌وسیله اسید کلریدریک ۲ مولار عصاره‌گیری و غلظت فسفر به روش زرد وانادات و غلظت آهن، منگنز، روی و مس به وسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد (جدول۲).

آزمایش به صورت فاکتوریل ۴×۳ در قالب طرح کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل سه سطح نیتروژن (۰، ۷۵ و ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک به صورت اوره)، دو منبع ماده آلی (کمپوست زباله شهری و کود گاوی) و چهار سطح ماده آلی (۰، ۱، ۲ و۴ درصد) بود. تیمارها

جدول ۲. برخی از خصوصیات مواد آلی مورد آزمایش

خصوصیت	کمپوست	کود دامی
نیتروژن کل(درصد)	۱/۵	۲/۳
نسبت کربن به نیتروژن	۱۴/۰۷	۱۸/۸
پ هاش	۷/۹	۷/۵
فسفر کل (میکروگرم در گرم)	۴۰۰۰	۷۵۰۰
پتاسیم کل(میکروگرم درگرم)	۳۷۵	۷۵۰
آهن کل (میکروگرم در گرم)	۵۱۶۶	۶۷۰
منگنز کل(میکروگرم در گرم)	۳۹۴	۹۰
روی کل (میکروگرم در گرم)	۵۳۳	۷۲
مس کل (میکروگرم در گرم)	۲۵۸	۱۹
کادمیوم کل(میکروگرم درگرم)	۲۳	۰/۴
سرب کل(میکروگرم درگرم)	۱۷۱	NS[1]
قابلیت هدایت الکتریکی درعصاره ۱: ۵ ماده آلی به آب (دسی زیمنس بر متر)	۸/۵	۱۷/۵
کلسیم(میلی اکی والان در لیتر)	۱۷/۵	۳۴/۵
منیزیم(میلی اکی والان در لیتر)	۵/۳	۱۳/۵
سدیم(میلی اکی والان در لیتر)	۲۵/۶	۷/۸
پتاسیم(میلی اکی والان در لیتر)	۱۳/۴	۸۸/۵
کلر(میلی اکی والان در لیتر)	۲۵	۵۰

۱. غیر قابل تشخیص

به صورت جامد با سه کیلوگرم خاک مخلوط و به گلدان‌ها انتقال داده شدند. پس از اعمال تیمارها، اقدام به کشت برنج گردید. ۱۰ عدد بذر برنج رقم قصر دشتی، در عمق ۱ سانتی‌متری خاک کاشته و رطوبت گلدان‌ها با استفاده از آب مقطر در حد ظرفیت مزرعه نگهداشته شد. پس از استقرار گیاه (دو هفته بعد از کاشت) تعداد بوته‌ها به ۵ عدد کاهش یافت. سپس گلدان‌ها را غرقاب نموده به‌طوری‌که تا پایان دوره رشد رویشی، ۳ سانتی‌متر آب در سطح خاک نگه‌داری شد. هشت هفته بعد از کاشت، گیاه از محل طوقه قطع و پس از شستشو، خشک کردن و توزین، پودر گردید. سپس در دمای $^{\circ}C$ ۵۵۰ در کوره الکتریکی خاکستر شدند و به‌وسیله اسید کلریدریک ۲ مولار عصاره‌گیری شد و غلظت فسفر، آهن، منگنز، مس و روی در عصاره حاصل اندازه‌گیری شد. خاک‌های موجود در هر گلدان پس از برداشت برنج و جداسازی ریشه‌ها از الک دو میلی‌متری عبور داده شدند، سپس در نمونه خاک مقدار ماده آلی، نیتروژن کل، روی، مس، منگنز و آهن، فسفر، قابلیت هدایت الکتریکی و غلظت کلسیم، منیزیم و سدیم برای محاسبه نسبت جذبی سدیم تعیین گردید. نسبت جذبی سدیم به روش آزمایشگاه شوری ایالت متحده (۴۰) توسط رابطه $[SAR=Na/(Ca+Mg/2)^{0.5}]$ محاسبه شد. در پایان، کلیه داده‌ها با استفاده از برنامه رایانه‌ای MSTATC تجزیه و تحلیل آماری و اثرهای اصلی و برهمکنش نیتروژن و کودهای آلی بر پاسخ‌های گیاهی اندازه‌گیری شده با آزمون دانکن مقایسه شد.

بحث و نتایج

۱. تأثیر نیتروژن و ماده آلی بر عملکرد برنج

نتایج مربوط به تأثیر نیتروژن و مواد آلی بر وزن خشک اندام

جدول۳. تأثیر سطوح نیتروژن و مواد آلی بر وزن خشک در اندام هوایی برنج (گرم در گلدان)

ماده آلی	سطوح ماده آلی (درصد)	سطوح نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) ۰	۷۵	۱۵۰	میانگین
کمپوست	۰	۱/۸۸e*	۲/۲۳de	۱/۵۸e	**۱/۸۹**d
	۱	۳/۰۳d	۸/۵۶bc	۱۱/۲ab	**۷/۵۹**c
	۲	۳/۴۳d	۹/۵۲b	۱۵/۴۳a	**۹/۴۶**b
	۴	۶/۰۳c	۱۱/۰۱ab	۱۶/۷۰a	**۱۱/۲۴**a
	میانگین	**۳/۵۹**C	**۷/۸۳**B	**۱۱/۲۳**A	
کود دامی	۰	۱/۸۰e	۱/۹۵e	۱/۰۴e	**۱/۶۰**c
	۱	۷/۹۹cd	۱۱/۷۷b	۱۳/۴۳a	**۱۱/۰۷**a
	۲	۹/۵۹c	۱۱/۳۳b	۱۱/۷۹b	**۱۰/۹۰**a
	۴	۸/۶۵c	۶/۵۸d	۷/۹۰cd	**۷/۷۱**b
	میانگین	**۷/۰۱**B	**۷/۹۳**B	**۸/۵۴**A	

*: برای هر ماده آلی، اعدادی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا درهر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

هوایی برنج در جدول ۳ آمده است. صرف‌نظر از نوع ماده آلی، تأثیر نیتروژن بر تغییرات وزن خشک، به سطوح ماده آلی بستگی دارد. در تیمار صفر درصد ماده آلی با مصرف نیتروژن تغییر قابل توجهی در وزن خشک برنج حاصل نشد. علت آن را می‌توان چنین توجیه نمود که در خاک مورد نظر نیتروژن تنها عامل محدود کننده نبوده است. اما افزودن نیتروژن به کلیه سطوح کمپوست و کود دامی با افزایش وزن خشک گیاه در مقایسه با تیمار شاهد همراه بوده است. نتایج تجزیه شیمیایی موادآلی، در این تحقیق (جدول۲) نشان می‌دهد که این ترکیبات دارای مقادیر زیادی از عناصر فسفر، پتاسیم و عناصرضروری کم مصرف هستند . به‌طوری‌که کاربرد هر دو ترکیب آلی وزن خشک برنج را افزایش داده است. بیشترین وزن خشک با مصرف ۴ درصد کمپوست و یا ۲ درصد کود دامی حاصل شده است مصرف مقادیر بیشتر کود دامی با کاهش رشد برنج همراه بوده است

به عنوان مثال با مصرف ۲ درصد کود دامی، میانگین وزن خشک برنج از ۱/۶ به ۱۰/۹۰ گرم در گلدان رسیده است و با کاربرد بیشتر کود، رشد برنج ۲۹ درصد کاهش یافته است. دلیل آن را می‌توان به افزایش املاح محلول در خاک تیمار شده با این کود نسبت داد. همان‌طور که در جدول ۳ مشاهده می‌شود ماده آلی به تنهایی قادر به تولید بیشترین وزن خشک نبوده و افزودن نیتروژن معدنی به همراه این ترکیبات جهت دست‌یابی به حداکثر عملکرد ضروری بوده است. افزودن نیتروژن به کلیه سطوح کمپوست سبب افزایش رشد برنج گردیده است. به عنوان مثال با افزودن ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم، به سطح ۱ ، ۲ و ۴ درصد کمپوست رشد برنج به ترتیب ۳/۷، ۴/۵ و ۲/۸ برابر شده است. دلیل آن را می‌توان به پایین بودن مقدار نیتروژن نمونه کمپوست نسبت داد. به‌طوری‌که حتی در بالاترین سطح مصرفی برای حداکثر رشد برنج کافی نبوده، بنابراین افزودن نیتروژن سبب افزایش رشد برنج گردیده است. در سطح یک و دو درصد کود دامی نیز اضافه نمودن نیتروژن با افزایش رشد گیاه همراه بوده، اما روند رشد گیاه با شیب کمتری نسبت به تیمار کمپوست افزایش یافته است. در سطح ۴ درصد کود

دامی، افزودن نیتروژن با کاهش رشد گیاه همراه بوده است. با ملاحظه جدول ۲ مشاهده می‌شود که مقدار نیتروژن کل در نمونه کود دامی بیش از کمپوست است. بنابراین در سطح ۴ درصد کود دامی نیتروژن حاصل از معدنی شدن ماده آلی بیش از نیاز گیاه بوده و احتیاجی به کاربرد اضافی نیتروژن نبوده است. از آنجایی‌که در شرایط بی هوازی خاک شالیزار واکنش نیترات سازی انجام نمی‌پذیرد و معدنی شدن نیتروژن آلی در مرحله تولید آمونیم متوقف می‌گردد. بنابراین احتمال دارد یون آمونیم در شرایط قلیایی خاک به آمونیاک تبدیل شده که پس از جذب سبب بروز مسمومیت در گیاه و کاهش رشد برنج شده باشد. استوارت و هادوک (۳۶) نشان دادند که سمیت آمونیاک از طریق توقف جذب آب به‌وسیله ریشه، رشد گیاه را کاهش داده است. ونگ (۴۲) نشان داد کاربرد پسمانده‌های حاوی ۰/۸۵ میلی‌گرم آمونیاک در لیتر، رشد نشاهای برنج را ۲۷ درصد کاهش داده است. از دیگر دلایل کاهش رشد برنج در بالاترین سطح کود دامی به ویژه زمانی که به همراه نیتروژن مصرف می‌گردد این است که در سطح ۴ درصد کود دامی قابلیت هدایت الکتریکی خاک از تحمل برنج بیشتر شده و افزودن نیتروژن معدنی، سبب افزایش غلظت املاح محلول و تشدید اثر شوری بر گیاه شده است. حد شوری بی‌خطر برای برنج ۳ دسی زیمنس بر متر گزارش شده است (۱) در صورتی که میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک برنج در سطح ۴ درصد کود دامی ۴/۹۵ دسی زیمنس بر متر بوده است (جدول ۸). بر همکنش نیتروژن و ماده آلی برعملکرد برنج توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است. ساران و همکاران (۲۹) اظهار می‌دارند که عملکرد برنج با ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار کمتر از تیمار توام نیتروژن و ماده آلی بوده است و دلیل این تفاوت را به بهبود وضعیت فیزیکی خاک شالیزار، کاهش pH و دسترسی بیشتر نیتروژن و سایر عناصر غذایی نسبت داده‌اند. شارما و میترا (۳۰) معتقدند با مصرف کمتر نیتروژن (۳۰ کیلوگرم در هکتار) همراه با کود دامی عملکرد برنج بیش از زمانی است که از مقادیر زیاد نیتروژن استفاده شود و دلیل آن را افزایش سهم ماده آلی در تأمین نیتروژن گیاه در زمان مناسب و تجزیه بیشتر و سریعتر ماده آلی در سطوح پایین‌تر نیتروژن می‌دانند. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که افزودن ۴ درصد کمپوست و یا ۲ درصد کود دامی توام با کود نیتروژن دار برای افزایش وزن خشک برنج در این آزمایش مناسب بوده است.

۲. تأثیر نیتروژن و ماده آلی بر جذب عناصر غذایی توسط برنج

افزایش نیتروژن بدون توجه به نوع ماده آلی سبب افزایش معنی‌دار میانگین غلظت نیتروژن در اندام هوایی برنج شده است (جدول ۴). به‌طوری‌که در تیمار کمپوست و کود دامی با مصرف ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک میانگین غلظت نیتروژن، به ترتیب معادل ۹۹ و ۶۵ درصد نسبت به شاهد افزایش یافته است در سطوح ۷۵ و ۱۵۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، غلظت نیتروژن با کاربرد یک درصد کمپوست کاهش یافته است اگرچه این کاهش در سطح صفر نیتروژن معنی‌دار نمی‌باشد. با توجه به این که کمپوست به ویژه زمانی که توام با نیتروژن مصرف گردیده افزایش قابل توجه رشد گیاه را به همراه داشته است بنابراین گیاه با همان آهنگ رشد قادر به جذب نیتروژن نبوده و در نتیجه این عنصر در گیاه رقیق شده است. به همین دلیل غلظت نیتروژن در سطح یک درصد کود دامی در مقایسه با سایر سطوح مقدار کمتری را نشان می‌دهد. این نتایج حاکی از این است که با کاربرد کود دامی و کمپوست نیتروژن قابل استفاده در خاک و جذب شده توسط گیاه افزایش یافته است. به‌طوری‌که می‌تواند قسمتی تا تمامی نیاز نیتروژنی برنج را تأمین نماید و این موضوع با توجه به میزان نیتروژن کل و نسبت کربن به نیتروژن در ترکیب این کودها منطقی به نظر می‌رسد. چرا که نیتروژن معدنی شده مازاد بر نیاز میکروارگانیسم‌ها بوده و در اختیار ریشه گیاه قرار گرفته است. رام و همکاران (۲۷) معتقدند در خاک‌های قلیایی، افزودن کودهای دامی همراه با نیتروژن تصعید نیتروژن را کاهش داده و بازیافت آن در شالیزار تا ۲۰ درصد افزایش می‌یابد.

داده‌های جدول ۴ نشان می‌دهد که در تیمار کمپوست افزودن نیتروژن با کاهش میانگین غلظت فسفر همراه بوده است.

جدول۴. تأثیر سطوح نیتروژن و مواد آلی بر غلظت نیتروژن و فسفر در اندام هوایی برنج

ماده آلی	سطوح ماده آلی (درصد)	سطوح نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) ۰	۷۵	۱۵۰	میانگین
		غلظت نیتروژن (درصد)			
	۰	۱/۴۷^{c}*	۲/۶۱^{ab}	۳/۵۸^{a}	۲/۵۵^{a}
	۱	۱/۰۰^{c}	۱/۲۱^{c}	۱/۹۶^{bc}	۱/۳۹^{b}
کمپوست	۲	۰/۹۷^{c}	۱/۲۴^{c}	۱/۶۳^{bc}	۱/۲۸^{b}
	۴	۰/۹۴^{c}	۱/۲۸^{c}	۱/۵۲^{bc}	۱/۲۵^{b}
	میانگین	۱/۰۹^{C}	۱/۵۹^{B}	۲/۱۷^{A}	
	۰	۱/۴۵^{e}	۲/۸۴^{ab}	۳/۳۳^{ab}	۲/۵۴^{b}
	۱	۱/۲۸^{e}	۱/۶۰^{de}	۲/۱۷^{cd}	۱/۶۸^{c}
کود دامی	۲	۱/۷۵^{e}	۲/۳۹^{bc}	۳/۰۱^{ab}	۲/۳۸^{b}
	۴	۲/۸۶^{ab}	۳/۳۳^{ab}	۳/۶۰^{a}	۳/۲۶^{a}
	میانگین	۱/۸۳^{C}	۲/۵۴^{B}	۳/۰۳^{A}	
		غلظت فسفر (میلی گرم در کیلوگرم)			
	۰	۱/۲۵^{d}*	۱/۲۳^{d}	۱/۲۴^{d}	۱/۲۴^{c}
	۱	۱/۲۸^{a}	۱/۴۱^{d}	۱/۳۹^{d}	۱/۸۷^{b}
کمپوست	۲	۲/۷۸^{a}	۲/۱۰^{c}	۱/۹۰^{c}	۲/۲۶^{a}
	۴	۲/۳۶^{b}	۲/۴۱^{b}	۲/۴۰^{b}	۲/۳۹^{a}
	میانگین	۲/۳۰^{A}	۱/۷۹^{B}	۱/۷۳^{B}	
	۰	۱/۲۵^{d}	۱/۲۵^{d}	۱/۲۷^{d}	۱/۲۶^{c}
	۱	۲/۱۷^{c}	۱/۲۸^{c}	۲/۱۸^{c}	۲/۱۸^{b}
کود دامی	۲	۲/۹۱^{b}	۲/۹۹^{ab}	۲/۹۹^{ab}	۲/۹۶^{a}
	۴	۲/۹۷^{ab}	۲/۹۷^{ab}	۳/۰۳^{a}	۲/۹۹^{a}
	میانگین	۲/۳۲^{A}	۲/۳۵^{A}	۲/۳۶^{A}	

*: برای هر ماده آلی، اعدادی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا درهر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

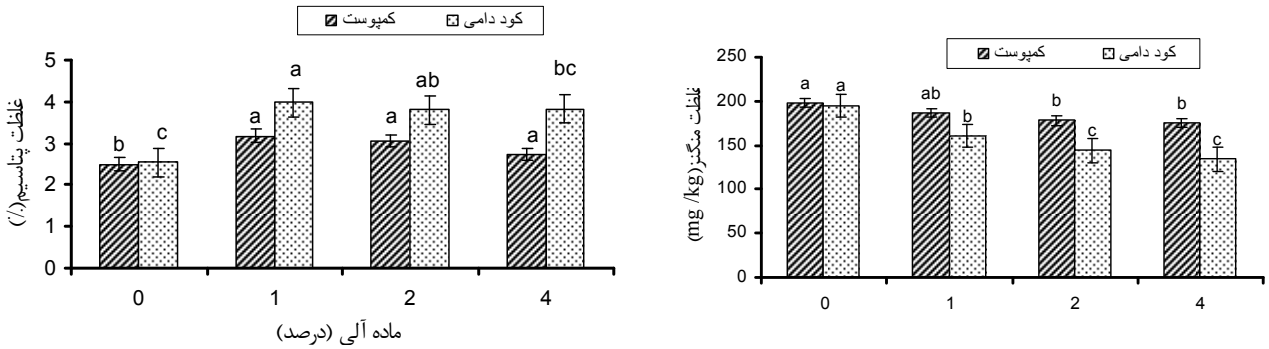
به‌طوری‌که غلظت فسفر از ۲/۳۱ در شاهد به ۱/۷۳ میلی گرم درکیلوگرم ماده خشک برنج در بالاترین سطح نیتروژن رسیده است. با توجه به این‌که در تیمار کمپوست با افزودن نیتروژن وزن خشک برنج افزایش یافته است لذا کاهش غلظت فسفر را می‌توان به رقیق شدن این عنصر در گیاه نسبت داد. سوراپ و چیلار (۳۷) نشان دادند که با مصرف ۱۲۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار غلظت فسفر برنج کاهش یافته است و ایلوت و همکاران(۱۴) افزایش غلظت فسفر پهنک برگ را در شرایط کمبود نیتروژن مشاهده نمودند. با این حال در تیمار کود دامی غلظت فسفر گیاه با مصرف نیتروژن تغییرات محسوسی نشان نمی‌دهد.

کاربرد کمپوست و کود دامی سبب افزایش میانگین غلظت فسفرگردید (جدول ۴) به‌طوری‌که با کاربرد ۴ درصد کمپوست و کود دامی این افزایش معادل ۹۲ و ۱۳۷ درصد در مقایسه با شاهد بوده است. دلیل آن را می‌توان به غلظت بالای فسفر در این ترکیبات و معدنی شدن این عنصر نسبت داد. رام و همکاران (۲۷) نیز افزایش قابلیت جذب فسفر بومی خاک و

جدول۵. تأثیر سطوح نیتروژن و مواد آلی بر غلظت آهن در اندام هوایی برنج (میلی گرم در کیلوگرم)

ماده آلی	سطوح ماده آلی (درصد)	سطوح نیتروژن (میلی گرم در کیلوگرم) ۰	۷۵	۱۵۰	میانگین
کمپوست	۰	۷۵^{d}*	۷۴^{d}	۸۱^{d}	۷۷^{c}
	۱	۱۲۲^{c}	۱۳۰^{c}	۱۳۳^{bc}	۱۲۹^{b}
	۲	۱۲۷^{bc}	۱۳۴^{bc}	۱۴۱^{ab}	۱۳۴^{a}
	۴	۱۲۷^{bc}	۱۳۹^{ab}	۱۴۹^{a}	۱۳۹^{a}
	میانگین	۱۳۳^{C}	۱۱۹^{B}	۱۲۶^{A}	
کود دامی	۰	۸۵^{d}	۸۸^{d}	۸۷^{d}	۸۷^{c}
	۱	۱۰۵^{cd}	۱۲۱^{b}	۱۲۱^{b}	۱۱۶^{b}
	۲	۱۱۹^{bc}	۱۲۷^{b}	۱۴۱^{a}	۱۲۹^{a}
	۴	۱۲۴^{b}	۱۳۴^{ab}	۱۴۵^{a}	۱۳۵^{a}
	میانگین	۱۰۸^{B}	۱۱۷^{AB}	۱۲۴^{A}	

*: برای هر ماده آلی، اعدادی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا در هر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی دار نمی‌باشند.



شکل ۱. تأثیر ماده آلی بر غلظت منگنز و پتاسیم در اندام هوایی برنج

معدنی شدن فسفر آلی را با مصرف کود دامی گزارش داده‌اند. ساران و همکاران (۲۹) دو برابر شدن جذب فسفر برنج در اثر مصرف ۵ تن کود دامی را به بهبود ساختمان خاک و پراکنش بهتر ریشه در اثر مصرف مواد آلی، نسبت داده‌اند.

کاربرد هر دو ماده آلی غلظت آهن را افزایش(جدول۵) و منگنز (شکل ۱) را کاهش داده است با توجه به بالا بودن غلظت آهن در ترکیبات آلی افزایش غلظت آهن معلول معدنی شدن فرم آلی این عنصر در خاک می‌باشد. به علاوه در شرایط بی هوازی خاک شالیزار، آهن به شکل قابل استفاده برای جذب توسط گیاه حفظ می‌گردد. گلچین و همکاران(۴) با کاربرد کود دامی و افیونی و رضایی نژاد(۲) با مصرف کمپوست به نتایج مشابهی دست یافتند. غلظت منگنز با کاربرد بالاترین سطح کمپوست و کود دامی به ترتیب ۱۱ و ۳۱ درصد در مقایسه باشاهد کاهش یافته است. یکی از دلایل کاهش غلظت منگنز برنج را می‌توان به

بر همکنش منفی بین آهن و منگنز نسبت داد.

با برازش داده‌های مربوط به غلظت منگنز و غلظت آهن در برنج در تیمار کود دامی، یک رابطه خطی با شیب منفی بین غلظت این دو عنصر در گیاه به صورت رابطه زیر مشاهده گردید.

$Mn=۳۰۴/۶-۱/۲۵Fe$ $R^2=۰/۹۹۷$ **

Mn و Fe به ترتیب غلظت منگنز و آهن بر حسب گرم در کیلوگرم ماده خشک اندام هوایی برنج است. تأثیر بازدارندگی آهن بر غلظت منگنز در اسفناج (۲۰) و گندم (۲۴) نیز گزارش شده است. آهن و منگنز برای کسب محل‌های جذب روی ناقل‌ها در سطح ریشه رقابت می‌کنند و از آنجا که غلظت آهن بیشتر است لذا جذب منگنز محدود می‌گردد. در شرایط بی‌هوازی خاک شالیزار غلظت شکل‌های قابل استفاده و با حلالیت بالاتر یون‌های منگنز (دو ظرفیتی)، افزایش یافته و امکان بروز سمیت این عنصر در برنج محتمل خواهد بود در صورتی که در حضور ماده آلی وارد شدن منگنز در این ترکیبات آلی سبب کاهش تحرک فلز و در نتیجه سمیت این عنصر در برنج می‌شود (۳۲).

میانگین غلظت پتاسیم نیز با کاربرد کمپوست و کود دامی در مقایسه با شاهد افزایش یافته است (شکل ۱). به نحوی که از ۲/۴۹ و ۲/۵۴ در شاهد به ۳/۱۸ و ۳/۹۸ درصد در سطح یک درصد کمپوست و کود دامی افزایش یافته است. غلظت این عنصر با کاربرد بیش از یک درصد مواد آلی، به دلیل اثر پدیده رقت روند کاهشی نشان می‌دهد با این حال غلظت پتاسیم برنج بین سطوح کود دامی معنی‌دار نمی‌باشد. گزارش یادویندر و همکاران(۴۴) حاکی از ناکافی بودن میزان پتاسیم برای حداکثر رشد برنج می‌باشد.

صرف‌نظر از نوع ماده آلی میانگین غلظت روی و مس با مصرف نیتروژن روند افزایشی نشان می‌دهد(جدول۶). ونگ و بیلو (۴۳) افزایش جذب روی را با مصرف نیتروژن مشاهده نمودند و هیل (۱۶) نشان داد حرکت و جابجایی مس از برگ‌های پیر با افزایش نیتروژن افزایش می‌یابد در حالی که در صورت کمبود نیتروژن مس در گیاه بی‌تحرک بوده و قادر به جابه‌جایی نخواهد بود. غلات غنی از پروتئین به کمبود مس حساسیت بیشتری نشان می‌دهند بدین مفهوم که با افزودن نیتروژن نیاز گیاه به مس افزایش می‌یابد(۲۲). این نتایج نشان می‌دهد که افزودن نیتروژن سبب افزایش رشد گیاه می‌شود لذا نیازگیاه به سایر عناصر غذایی از جمله عناصر کم مصرف افزایش می‌یابد که در صورت کافی بودن مقدار شکل قابل استفاده عناصر در خاک، غلظت این عناصر در گیاه نیز افزایش می‌یابد.

کاربرد هر دو ماده آلی غلظت روی را افزایش داده در حالی‌که غلظت مس با کمپوست افزایش و با کود دامی کاهش یافته است (جدول۶). افزایش غلظت روی با کاربرد مواد آلی را می‌توان به افزایش قابلیت استفاده ترکیبات حاوی روی در خاک، تشکیل کلات‌های محلول و هم‌چنین معدنی شدن فرم آلی این عنصر نسبت داد. با افزودن کمپوست غلظت مس روندی متفاوت با غلظت روی را نشان می‌دهد اگرچه میانگین غلظت مس در سطح یک درصد افزایش یافته اما در سطوح بالاتر روند کاهشی نشان می‌دهد و در تیمار کود دامی با افزایش سطح ماده آلی غلظت مس کاهش یافته است. دلیل کاهش مس با افزایش ماده آلی را می‌توان به تشکیل کمپلکس‌های پایدار ماده آلی – مس و کاهش تحرک این فلز (۳۲) و یا برهمکنش سایر عناصرکم مصرف و اختلال در جذب مس به‌وسیله گیاه نسبت داد (۳۳).

داده‌های جدول ۷ نشان می‌دهد که غلظت کلر و سدیم برنج در خاک غنی شده با کمپوست و کود دامی افزایش معنی‌داری در اندام هوایی برنج داشته است که علت آن را می‌توان به افزایش شوری خاک در اثر کاربرد این دو ترکیب آلی نسبت داد. یون‌های سدیم و کلر هر دو محلول بوده و به سهولت جذب ریشه گیاه می‌شود اما اغلب یون‌های سدیم درریشه تجمع می‌یابد در حالی‌که بخش زیادی از کلر به اندام هوایی گیاه منتقل می‌شود (۱۵). به همین دلیل تجمع کلر در اندام هوایی برنج بیش از تجمع یون‌های سدیم است. میانگین غلظت سرب در برنج با مصرف کمپوست از ۲/۵۴ به ۴/۸۶ تغییر نموده ولی غلظت کادمیم متأثر از کاربرد کمپوست نبوده است علت آن را می‌توان به افزایش رشد گیاه در اثر مصرف کمپوست (اثر رقت)

جدول۶. تأثیر سطوح نیتروژن و مواد آلی بر غلظت روی و مس اندام هوایی برنج

ماده آلی	سطوح ماده آلی (درصد)	سطوح نیتروژن (میلی‌گرم در کیلوگرم) ۰	۷۵	۱۵۰	میانگین
		غلظت روی (میلی‌گرم در کیلوگرم)			
	۰	۲۲/۳^{e}*	۲۵/۸^{de}	۲۶/۰^{de}	۲۴/۷^{c}
	۱	۳۱/۵^{cd}	۳۶/۲^{c}	۳۶/۸^{c}	۳۴/۸^{b}
کمپوست	۲	۳۶/۷^{c}	۴۷/۵^{ab}	۴۶/۱^{ab}	۴۳/۹^{a}
	۴	۴۰/۴^{bc}	۴۸/۳^{ab}	۵۰/۱^{a}	۴۶/۳^{a}
	میانگین	۳۲/۷^{B}	۳۹/۴^{A}	۳۹/۷^{A}	
	۰	۲۴/۴^{cd}	۲۶/۵^{d}	۲۴/۹^{cd}	۲۵/۲^{b}
	۱	۲۱/۸^{d}	۳۵/۶^{ab}	۳۹/۸^{a}	۳۲/۴^{a}
کود دامی	۲	۲۸/۸^{c}	۳۰/۰^{bc}	۴۰/۱^{a}	۳۳/۰^{a}
	۴	۳۱/۲^{bc}	۳۵/۹^{ab}	۳۶/۷^{ab}	۳۴/۶^{a}
	میانگین	۲۶/۵^{B}	۳۲/۰^{A}	۳۵/۴^{A}	
		غلظت مس (میلی‌گرم در کیلوگرم)			
	۰	۲۷/۱^{cd}*	۲۴/۹^{de}	۲۴/۶^{de}	۲۵/۵^{c}
	۱	۳۵/۱^{ab}	۳۹/۳^{a}	۳۹/۱^{a}	۳۷/۸^{a}
کمپوست	۲	۲۵/۶^{d}	۳۸/۱^{a}	۳۲/۵^{bc}	۳۲/۰^{b}
	۴	۱۸/۷^{e}	۳۱/۱^{bc}	۲۹/۶^{c}	۲۶/۵^{c}
	میانگین	۲۶/۶^{B}	۳۳/۳^{A}	۳۱/۴^{A}	
	۰	۲۶/۸^{ab}	۲۷/۰^{ab}	۳۲/۳^{a}	۲۸/۷^{a}
	۱	۱۸/۲^{cd}	۱۷/۷^{cd}	۲۳/۴^{bc}	۱۹/۸^{b}
کود دامی	۲	۱۰/۳^{ef}	۱۷/۱^{d}	۱۸/۱^{cd}	۱۵/۲^{c}
	۴	۹/۱^{f}	۱۵/۵^{de}	۱۲/۵^{e}	۱۲/۳^{c}
	میانگین	۱۶/۱^{B}	۱۹/۳^{A}	۲۱/۶^{A}	

*: برای هر ماده آلی، اعدادی که در هر ستون در یک حرف کوچک و یا درهر ردیف در یک حرف بزرگ مشترک هستند طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

جدول۷. تأثیر سطوح نیتروژن و مواد آلی برغلظت کلر، سدیم، سرب و کادمیم اندام هوایی

ماده آلی	سطوح ماده آلی (درصد)	کلر	سدیم	سرب	کادمیم
		میلی‌گرم در گرم		میلی گرم در کیلوگرم	
	۰	۷/۹۰^{d}*	۱/۳۰^{d}	۲/۵۴^{b}	NS**
کمپوست	۱	۱۰/۳^{b}	۳/۶^{c}	۴/۱۰^{a}	NS
	۲	۱۱/۳^{b}	۴/۹^{b}	۴/۳۴^{a}	NS
	۴	۱۵/۰^{a}	۵/۹^{a}	۴/۸۶^{a}	NS
	۰	۷/۹۰^{c}	۱/۴^{d}	۰/۵۳^{a}	NS
کود دامی	۱	۱۵/۵۰^{b}	۳/۷^{c}	۰/۶۱^{a}	NS
	۲	۱۶/۴^{a}	۴/۶^{b}	۰/۶۳^{a}	NS
	۴	۱۷/۱^{a}	۵/۸^{a}	۰/۶۱^{a}	NS

* : برای هر ماده آلی، اعدادی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی‌دار نمی‌باشند.

**: غیر قابل تشخیص توسط دستگاه جذب اتمی

و یا کم شدن قابلیت استفاده این عنصر در خاک آهکی مورد آزمایش نسبت داد. افیونی و رضایی نژاد (۲) نشان دادند که با مصرف ۵۰ تن کمپوست در هکتار تغییری در غلظت سرب و کادمیم ذرت در مقایسه با شاهد حاصل نشده است. طبق گزارش مورنو و و همکاران (۲۱) با افزودن ۸۰ تن کمپوست در هکتار، اگر چه کادمیم اثر سوئی در رشد گیاه و میکروارگانیسم‌های خاک نداشته ولی حضور این عنصر در ماده آلی سبب تشکیل مقادیر زیاد ترکیبات پلی‌فنلیک در خاک شده و اثر سمیت این ترکیبات در کشت بعدی ظاهر شده است. در تیمار کوددامی سرب و کادمیم ناچیز و درحد خطای دستگاه جذب اتمی بود.

۳. تأثیر نیتروژن و ماده آلی بر ویژگی‌های شیمیایی خاک

در تحقیق حاضرمصرف نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر میانگین ماده آلی، نیتروژن و سایر عناصر غذایی خاک نداشت. بنابراین داده‌های این نتایج در اینجا گزارش نشده است. با این حال کاربرد هر دو ماده آلی خصوصیات شیمیایی خاک را بهبود بخشیده که در جدول ۸ ارائه گردیده است. داده‌های این جدول نشان می‌دهد که میانگین درصد ماده آلی در کمپوست و کود دامی به ترتیب از ۰/۷۱ و ۰/۷۶ در شاهد به ۱/۸ و ۲/۴۸ درصد در بالاترین سطح ماده آلی افزایش یافته است. با افزودن کود دامی نسبت به کمپوست، ماده آلی بیشتری به خاک افزوده شده که دلیل آن احتمالاً بیشتر بودن درصد کربن آلی در نمونه کود دامی است. نیتروژن کل خاک نیز با افزودن مواد آلی روند افزایشی نشان می‌دهد. رام و همکاران (۲۷) نشان دادند که با مصرف توام نیتروژن و کود دامی با نسبت ۱:۱ ذخیره نیتروژن خاک بیش از زمانی است که کلیه نیتروژن مورد نیاز گیاه از طریق مصرف اوره تأمین شود. آنان علت این امر را به کاهش تصعید نیتروژن نسبت دادند. تیرول پادر و همکاران (۳۸) با افزودن کود دامی به میزان ۶ تن در عکتار در یک سیستم کشت برنج- گندم نشان دادند که پس از ۲۰ سال، کربن آلی خاک ۲۳- ۱۱ درصد و نیتروژن کل خاک ۳۹ -۳۷ درصد افزایش یافته است. در حالی‌که در تیمار استفاده منحصر از کودهای معدنی (NPK) این دو پارامتر خاک روند کاهشی را نشان دادند. غلظت فسفر نیز، با مصرف مواد آلی روند افزایشی نشان داده است. ترکیبات آلی حاوی فسفر هستند که در ضمن معدنی

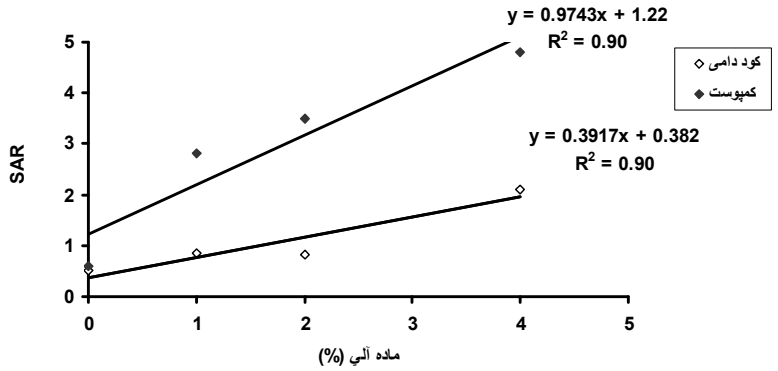
جدول ۸. تأثیرکمپوست و کود دامی بر ماده آلی، نیتروژن،کل، قابلیت هدایت الکتریکی و عناصر غذایی قابل جذب خاک پس از برداشت برنج

نوع ماده آلی	سطح ماده آلی(٪)	ماده آلی	غلظت نیتروژن کل	غلظت فسفر	غلظت آهن	غلظت منگنز	غلظت روی	غلظت مس	غلظت سرب	غلظت کادمیم	قابلیت هدایت الکتریکی
		درصد		میلی گرم در کیلوگرم خاک							dS/m
کمپوست	۰	۰/۷^{c}*	۰/۰۷^{c}	۴/۰۵^{d}	۳/۴۱^{d}	۲/۰۳^{d}	۰/۹۷^{d}	۰/۹۴^{d}	۱/۸۶^{b}	NS	۰/۷۲^{d}
	۱	۱/۱۴^{b}	۰/۱۶^{b}	۶/۵۵^{c}	۵/۷۳^{c}	۵/۰۳^{c}	۱/۹۳^{c}	۳/۷۷^{c}	۲/۱۹^{b}	NS	۱/۰۳^{c}
	۲	۱/۲۳^{b}	۰/۱۶^{b}	۱۲/۷۱^{b}	۷/۹۱^{b}	۶/۳۵^{b}	۳/۵۵^{b}	۵/۳^{b}	۳/۳۰^{a}	NS	۱/۵۰^{b}
	۴	۱/۸^{a}	۰/۱۹^{a}	۱۸/۷۴^{a}	۱۱/۰۴^{a}	۷/۸۴^{a}	۹/۴۹^{a}	۶/۴۹^{a}	۳/۲۳^{a}	NS	۲/۸۴^{a}
کوددامی	۰	۰/۷۱^{d}	۰/۰۵^{c}	۴/۰۷ ^{d}	۳/۴۳^{d}	۱/۹۹^{d}	۰/۹۲^{a}	۰/۹۲^{c}	NS**	NS	۰/۷۴^{d}
	۱	۱/۳۷^{c}	۰/۱۷^{b}	۱۴/۸۹ ^{c}	۱۱/۲۵^{c}	۷/۲۴^{c}	۱/۳۱^{b}	۳/۷۴^{b}	NS	NS	۱/۰۳^{c}
	۲	۱/۷۷^{b}	۰/۱۹^{b}	۲۲/۰۲^{b}	۳۴/۶۸^{b}	۸/۷۱^{b}	۱/۴۴^{b}	۴/۴۶^{a}	NS	NS	۳/۱۱^{b}
	۴	۲/۴۸^{a}	۰/۲۳^{a}	۵۴/۰۰^{a}	۴۲/۷۴^{a}	۱۱/۹^{a}	۱/۵۵^{c}	۴/۶۱^{a}	NS	NS	۴/۹۵^{a}

*: برای هر ماده آلی، اعدادی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند، طبق آزمون دانکن در سطح پنج درصد معنی دار نمی‌باشند.
**: غیر قابل تشخیص توسط دستگاه جذب اتمی

شدن، مقداری فسفر به خاک اضافه می‌شود. پتاسیم خاک با افزودن ماده آلی افزایش یافته ولی در کلیه سطوح ذخیره پتاسیم خاک پایین است. یادویندر و همکاران(۴۴) گزارش کردند که قابلیت استفاده پتاسیم با افزودن کود دامی کمی افزایش یافته است (از ۳۸ به ۴۲ میلی گرم در کیلوگرم) اما این افزایش کمتر از حد بحرانی پتاسیم (۵۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک) برای برنج بوده است. افزایش غلظت آهن و منگنز در خاک را می‌توان به زیاد بودن محتوای این دو عنصر در مواد آلی نسبت داد. به علاوه بیشتر شدن غلظت منگنز شکل‌های آلی، تبادلی و متصل به ترکیبات غیر بلوری آهن مسبب زیاد شدن غلظت این عنصر در خاک تیمار شده با مواد آلی است (۳۱). به‌علاوه متناسب با افزایش سطوح ماده آلی مقدار مس قابل استفاده در خاک نیز افزایش یافته است. دلیل این افزایش را علاوه بر معدنی شدن ترکیبات آلی مس، می‌توان به کاهش ظرفیت جذب مس روی کلوییدهای خاک در حضور مواد آلی محلول به ویژه در خاک‌های آهکی نسبت داد (۴۷). میانگین غلظت سرب با مصرف کمپوست نسبت به شاهد افزایش یافت در حالی‌که غلظت کادمیم متأثر از کاربرد کمپوست نبود. غلظت برخی عناصر سنگین مانند سرب، کادمیم، روی و مس با مصرف ترکیبات آلی ممکن است به حد سمیت برسد لیکن در آزمایش حاضر در اولین مرتبه کاربرد این مواد و بالا بودن میزان آهک خاک اثر سمیت این عناصر مشاهده نشد.

یکی دیگر از محدودیت‌های کاربرد کودهای دامی و کمپوست در خاک ازیاد شوری خاک است. در تحقیق حاضر مصرف هر دو ماده آلی با افزایش قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک همراه بوده است (جدول ۸). به‌طوری‌که این افزایش در سطح ۴ درصد کمپوست و کود دامی به ترتیب ۴ و ۶/۷ برابر شاهد بوده است. رابطه مستقیم و خطی بین مقدار کود دامی و شوری خاک توسط پرات (۲۶) نیز گزارش شده است. رام و همکاران(۲۷) نشان دادند که با مصرف کود دامی به همراه کودهای شیمیایی قابلیت هدایت الکتریکی خاک شالیزار از ۶ به ۳/۶ دسی زیمنس بر متر کاهش یافته است و علت آن را بهبود



شکل ۲. رابطه میزان ماده آلی و نسبت جذبی سدیم (SAR) در خاک پس از برداشت برنج

ساختمان خاک و آبشویی املاح نسبت دادند.

با افزودن هر دو ماده آلی به ویژه کمپوست SAR محلول خاک افزایش یافته است (شکل۲). به‌طوری‌که SAR محلول خاک از ۰/۵ و ۰/۶ در شاهد به ۲/۱ و ۴/۸ به ترتیب با افزودن بالاترین سطح کود دامی وکمپوست تغییر نموده است. در تحقیق حاضر در راستای افزایش SAR محلول خاک، ECe نیز افزایش یافته است به‌علاوه ترکیبات آلی با ذرات رس تشکیل کمپلکس‌های پایداری می‌دهند لذا تخریب ساختمان خاک محتمل نمی‌باشد. بورنس و راویتز (۱۱) معتقدند ماده آلی به تنهایی نمی‌تواند شاخص وضعیت ساختمان خاک باشد. آنان تأثیر شیرابه حاوی سدیم را بر ویژگی‌های خاک بررسی نمودند و به این نتیجه رسیدند که چنانچه ماده آلی حاوی مقادیر زیاد سدیم بوده و املاح محلول آن کم باشد، نه تنها سبب بهبود ساختمان خاک نمی‌گردد بلکه تخریب ساختمان و کاهش حرکت آب در خاک را نیز در پی خواهد داشت. آنان هم‌چنین مشاهده نمودند که در خاک‌های ریز بافت (۳۲ درصد رس) به دلیل بیشتر بودن انرژی جذب، کمپلکس‌های رس- ماده آلی از پایداری بیشتری برخوردارند و مقاومت بیشتری در مقابل تخریب نشان می‌دهند. ساران و همکاران (۲۹) مشاهده نمودند که با کاربرد ۵ تن کود دامی به همراه اوره، نسبت جذب سدیم خاک از ۴۰/۸ به ۲۸/۱ کاهش یافته است و دلیل آن را آزاد سازی ترکیبات کلسیم بومی خاک و جایگزینی آن با سدیم بیان نمودند.

به‌طور کلی نتایج مربوط به خاک پس از برداشت گیاه نشان می‌دهد که خاک اصلاح شده با کود دامی دارای قابلیت هدایت الکتریکی، نیتروژن کل، فسفر، منیزیم و آهن بیشتر و مس، روی، سرب ونسبت جذبی سدیم کمتری نسبت به کمپوست است. افیونی و رضایی نژاد (۲) بیان داشتند که قابلیت استفاده عناصر غذایی با کاربرد کمپوست و کود دامی افزایش یافته و کود گاوی از پتانسیل بیشتری جهت تأمین عناصر غذایی بر خوردار بوده است.

نتیجه‌گیری

مصرف نیتروژن همراه با کمپوست و یا کود دامی باعث افزایش وزن خشک برنج گردید بالاترین عملکرد وزن خشک برنج مربوط به تیمار چهار درصد کمپوست توأم با ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن و یک درصد کود دامی توام با ۱۵۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک بود. کاربرد مواد آلی سبب افزایش غلظت بسیاری از عناصر غذایی در گیاه گردید. با مصرف کود دامی، غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم در برنج بیشتر و غلظت منگنز، روی و مس گیاه کمتر از تیمار کمپوست بود. اگرچه با افزودن مواد آلی بسیاری از ویژگی‌های شیمیایی خاک بهبود یافت با این حال ازدیاد شوری خاک در سطوح بالای کود دامی عامل محدود کننده عملکرد گردید. با مصرف مکرر ترکیبات آلی ممکن است غلظت عناصر سنگین نظیر سرب و کادمیم به حد سمیت افزایش یابد. لیکن در خاک آهکی مورد آزمایش و در اولین مرتبه کاربرد این مواد، اثرات سمیت عناصر مشاهده نگردید. با توجه به این که نیتروژن کل در کود دامی بیشتر از

کمپوست است لذا توصیه می‌شود کـه جهـت صـرفه‌جـویی در مصرف کودهای معدنی و جلوگیری از تجمع مضر نیتـروژن در گیاه و به هم خوردن تعادل غـذایی و افـزایش قابلیـت هـدایت الکتریکی محلول خاک از مصرف نیتروژن در سطوح بالای کود دامی خودداری شـود و میـزان نیتـروژن مـصرفی بـا توجـه بـه پتانسیل ماده آلی در تأمین این عنصر تنظیم گردد. بـه‌طـور کلـی بایستی جنبه‌های مختلف مـواد آلـی در نظـر گرفتـه شـود و در صورت استفاده مکرر از مواد آلی، در هر دوره کـشت، خـاک از لحاظ املاح محلول و عناصر سنگین مورد بررسی قرار گیرد.

منابع مورد استفاده

۱. ابطحی، ع.۱۳۷۱. حد تحمل گیاهان به شوری. نشریه فنی شماره ۱۶، بخش خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

۲. افیونی، م. و ی. رضائی نژاد. ۱۳۷۸. اثر مواد آلی بر خواص شیمیایی خاک، عملکرد و جذب عناصر به‌وسیله ذرت. چکیده مقـالات ششمین کنگره علوم خاک ایران، صفحات ۱۴۶-۱۴۷.

۳. سالاردینی، ع. ا. ۱۳۷۴. *حاصل‌خیزی خاک*. انتشارات دانشگاه تهران.

۴. گلچین، ا.، م. اسماعیلی و م. ج. ملکوتی.۱۳۷۹. تأثیر مواد آلی، منگنز و مس بر عملکرد و کیفیت گندم آبی در استان‌های سردسـیر کشور. تغذیه متعادل گندم. صفحات ۲۸۷-۳۰۱.

5. Adeli, A., K. R. Sistani, D. E. Rowe and H. Tewolde. 2007. Effect of broiler litter applied to no–till and tillage cotton on selected soil properties. Soil Sci. Soc. Am. J. 71:974-983.
6. Allison, L. E., and C. D. Moodie. 1965. Carbonate. PP. 1379-1396. *In*: C. A. Black et al.(Ed.), Methods of Soil Analysis, part II, Am. Soc. Agron., Madison,WI
7. Becker, M., J. K. Ladha and J. C. G. Ottow. 1994. Nitrogen losses and lowland rice yield as affected by residue nitrogen release. Soil Sci. Soc. Am. J. 58: 1660-1665.
8. Biswas, B.C., D. S. Yadav and N. Soumitra. 1996. Effect of nitrogen on yield and quality of field crops. *In:* H. L. S. Tadson (Ed.), Nitrogen research and crop production. Fertilizer Development and Consulation Organization.New Delhi, India.
9. Bouyoucos, C. J. 1962. Hydrometer method for making particle-size analysis of soils. Agron. J. 57: 462-465.
10. Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. PP.1149-1178. *In*: C. A. Black et al.(Ed.), Methods of Soil Analysis. Am. Soc. Agron., Madison, WI.
11. Burns, S. and E. Rawitz.1981. The effects of sodium and organic matter in sewage effluent on water retention properties of soils. Soil Sci. Soc. Am J. 45: 487-493.
12. Cassman, K. G., M. J. Kropff, J. Guunt and S. Peng. 1993. Nitrogen use efficiency of rice reconsidered: What are the key constraints. Plant Soil 155: 359-362.
13. Chen, C. and S. Lian. 2002. Modeling of organic matter turnover in some Taiwan soils and estimation of organic manure application. Proceeding of International World Soil Science Conference, Thailand, Bankook Paper no 141.
14. Elliott, D. E., D. J. Reuter, G. D. Reddy and R. J. Abbott. 1997. Phosphorus nutrition of spring wheat (*Triticum aestivum* L.). III. Effect of plant nitrogen status and genotype on the calibration of plant tests for diagnosing phosphorus deficiency. Aust. J. Agric. Res. 48: 883-897.
15. Gates C. T., K. P. Haydock and M. F. Robins. 1970. Response of salinity in glycine, 4: Salt concentration and content of phosphorus, potassium, sodium and chloride in cultivars of *G. wightii (G, javanica*). Aust. J. Exp. Agric. Anim. Husb. 10: 99-110.
16. Hill, j. 1979. The effect of copper supply and shading on translocation of nutrients of the oldest leaf of wheat. Ann. Bot. 44:279-287.
17. Islam, M. M., F. Iyamuremye and R. P. Dick. 1998. Effect of organic residue amendment on mineralization of nitrogen in flooded rice soils under laboratory conditions. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 971-981.
18. Lindsay, W. L. and W. A. Norvell. 1979. Development of a DTPA test for zinc, iron, manganese and copper. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 421-428.
19. Lithourgidis, A. S., Matsi,T., N. Barbayiannis and C. A. Doddas. 2007. Effect of liquid cattle manure on corn yield, composition, and soil Properties. Agron. J. 99:1041-1047.

20. Maftoun, M., F. Moshiri, N. Karimian and A.M. Ronaghi. 2004. Effect of two organic wastes in combination with phosphorus on growth and chemical composition of spinach and soil properties. J. Plant Nutr. 27(9):1635-1651.
21. Moreno, J. L., C. Garcia and T. Hernandez. 1998. Changes in organic matter and enzymatic activity of an agricultural soil amended with metal-contaminated sewage sludge compost. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 29: 2247-2262.
22. Nambiar, E. K. S. 1976. Genetic difference in the copper nutrition of cereals. 2: Genotypic differences in response to copper in relation to copper, nitrogen, and mineral contents of plant. Aust. J. Agric. Res. 27: 453-463.
23. Nguyen, B. V., D. C. Olk and K. G. Cassman. 2004. Nitrogen mineralization from humic acid fractions in rice soils depends on degree of humification. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:1278–1284.
24. Ohki, K. 1984. Manganese deficiency and toxicity effects on growth, development and nutrient composition in wheat. Agron. J. 76: 213-218.
25. Olsen, S. R., C. V. Cole, F. S. Watanabe and L. A. Dean. 1954.Estimation of available phosphorus in soil by extraction with sodium bicarbonate. USDA Circ. 939. U. S. Gov. Print. Office, Washington, DC.
26. Pratt, P. F. 1984. Salinity, sodium, and potassium in an irrigated soil treated with bovine manure. Soil Sci. Soc. Am. J. 48: 823-828.
27. Ram, R. P. S., P. S. Chauhan, B. B. Singh and V. P. Singh. 2000. Integrated use of organic and fertilizer nitrogen in rice under partially reclaimed sodic soil. Indian J. Agric. Sci. 70: 114-116.
28. Raun, W. R. and G. V. Johnson.1999. Improving nitrogen use efficiency for cereal production. Agron. J. 91:357–363.
29. Saran, R. A. M., R. P. S. Chauhan, B. B. Singh, P. K. Singh and V. P. Singh. 2000. Effect of pre-transplanting submergence and farmyard manure on yield and uptake, recovery and utilization of applied nitrogen by rice (*Oryza sativa* L.) under partially reclaimed sodic soil. Indian J. Agric. Sci. 70: 856-858.
30. Sharma, A. R. and B. N. Mittra. 1992. Integrated nitrogen management in rice-wheat cropping system. Indian J. Agric. Sci. 62: 70-72.
31. Shuman, L. M. 1988. Effect of organic matter on distribution of manganese, copper, iron and zinc in soil fractions. Soil Sci.146: 192-198.
32. Sims, J. L. and W. H. Patrick, Jr. 1974. The distribution of micronutrient cations in soil under conditions of varying redox potential and pH. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 258-262.
33. Singh, N. P., R. S. Sachan, P. C. Pandey and P. C. Bisht. 1999. Effect of decade long-term fertilizer and manure application on soil fertility and productivity of rice-wheat system in a Mollisols. J. Indian Soc. Soil Sci. 47: 72-80.
34. Sparling, G. P., D. Wheeler, E. T. Vesely and L. A. Schipper. 2006. What is soil organic matter worth? J. Environ. Qual. 35:548–557 .
35. Stalin, P., A. Dobermann, K. J.Gassman, T. M. Thiyagrajan and H. F. M. Tenberg. 1996. Nitrogen supplying capacity of lowland rice soils in southern India. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 27: 2851-2874.
36. Stuart, D. M. and J. L Haddok. 1968. Inhibition of water uptake in sugar beet roots by ammonia. Plant Physiol. 43:345-350.
37. Swarup, A. and R. K. Chillar.1986. Build up and depletion of soil phosphorus and potassium and their uptake by rice and wheat in a long-term field experiment. Plant Soil 91: 161-170.
38. Tirol-Padre, A., J. K. Ladha, A. P. Regmi, A. L. Bhandari and K. Inubushi. 2007. Organic amendments affect soil parameters in two long-term rice-wheat experiments. Soil Sci. Soc. Am. J. 71:442–452.
39. Udayasoorian C. 1988. Effect of organic manures and fertilizers on crop yield in rice-rice cropping system. Madras Agric. J. 75: 442-445.
40. U. S. Salinity Laboratory.1954. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. USDA Handbook No:60.
41. Walkley, A. and T. A. Black. 1934. An examination of the dehligaroff method for determining organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. Soil Sci. 37: 29-38.
42. Wang, W. 1992. Ammonia toxicity to macrophytes (common duckweed and rice) using static and renewal methods. Environ. Toxicolo. Chem. 10:1173-1177.
43. Wang, X. and F. E. Below. 1998. Accumulation and partitioning of mineral nutrients in wheat as influenced by nitrogen form. J. Plant Nutr. 21: 49-61.
44. Yadvinder, S., B. Singh, J. K. Ladha, C. S. Khind, R. K. Gupta, O. P. Meelu and E. Pasuquin. 2004. Long-term effects of organic inputs on yield and soil fertility in the rice–wheat rotation. Soil Sci. Soc. Am. J. 68:845–853.
45. Yadvinder, S., B. Singh, M. S. Maskina, O. P. Meelu, Y. Singh and B. Singh. 1995. Response of wetland rice to nitrogen from cattle manure and urea in a rice-wheat rotation. Trop. Agric. 72: 91-96.
46. Zhang, M., R. Gavlak, A. Mitchell and S. Sparrow. 2006. Solid and liquid cattle manure application in a subarctic soil, Bromegrass and oat production and soil properties. Agron. J. 98:1551-1558.
47. Zhou, L. X. and J. W. C. Wang. 2001. Effect of dissolved organic matter from sludge and sludge compost on soil copper sorption. J. Environ. Qual. 30: 878-883.