پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در یک خاک آهکی تیمار شده با دو نوع کود آلی

یزدان لطفی[۱]، فرشید نوربخش[۲*] و مجید افیونی[۲]

(تاریخ دریافت : ۸۴/۳/۴؛ تاریخ پذیرش : ۸۶/۲/۱۲)

چکیده

در سال‌های اخیر، استفاده از پسماندهای آلی و فراورده‌های جانبی کار خانه‌ها به عنوان کود آلی و اصلاح کننده‌های خاک برای تولید محصولات کشاورزی مورد توجه قرار گرفته است. در کشور ما به‌دلیل فقر مواد آلی خاک‌های کشور از یک‌سو و تولید تجاری کودهای آلی از سوی دیگر، تمایل به استفاده از این کودهاافزایش یافته است. هدف از انجام این مطالعه بررسی و تفکیک اثر نوع کود، سطوح مختلف کودی و تعداد سال کوددهی بر پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن در یک خاک آهکی (فاین، لومی، میکسد، ترمیک، تیپیک هاپل آرجید) در منطقه اصفهان بود. آزمایش در قالب طرح کرت‌های خرد شده و در سه تکرار انجام گردید. هر کرت اصلی به سه کرت خرد شده تقسیم گردید و اعمال تیمارها در سه سال متوالی به گونه‌ای بود که بخشی از کرت تنها در سال اول، بخشی دیگر در دو سال پیاپی و بخش سوم در سه سال متوالی تیمار کودی (کود گاوی یا لجن فاضلاب) مشابه (۲۵،۰ و ۱۰۰ مگاگرم بر هکتار) دریافت کردند. نمونه‌برداری مرکب از خاک، ۶ ماه پس از کوددهی سوم از عمق ۰ تا ۱۵ سانتی‌متری انجام شد. پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن با استفاده از روش انکوباسیون بلند مدت- آبشویی اندازه‌گیری شد. در پایان فصل کشت نیز بخش هوایی ذرت برداشت گردید. نتایج نشان داد پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن در تیمارهایی که کود گاوی و لجن فاضلاب دریافت کرده بودند، تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی هر دو این تیمارها نسبت به شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. اضافه کردن ۱۰۰ مگاگرم بر هکتار کود گاوی و لجن فاضلاب به خاک، پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن را نسبت به تیمار شاهد ۴ برابر و نسبت به تیمار ۲۵ مگاگرم در هکتار ۱/۷ برابر افزایش داد. هم‌چنین پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن در تیماری که سه سال پیاپی کود آلی دریافت کرده بود نسبت به تیمارهای دو سال کود دریافت کرده، یک سال کود دریافت کرده و شاهد، به ترتیب ۲/۱، ۲/۵ و ۵ برابر افزایش را نشان داد. بین پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن با پاسخ‌های گیاه ذرت مانند عملکرد (r=۰/۵۳۱) و جذب نیتروژن (r=۰/۵۶۸***) روابط معنی‌داری مشاهده شد. حاصل‌ضرب پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در ثابت سرعت معدنی شدن نیز با پاسخ‌های گیاه، مانند عملکرد (r=۰/۷۱۰***) و جذب نیتروژن ذرت (r=۰/۷۳۴***) روابط معنی‌داری را نشان داد. نتایج بیانگر آن است که الگوی تأثیرپذیری نیتروژن کل در تیمارهای مورد مطالعه، متفاوت از الگوی تغییرات پتانسیل معدنی شدن نیتروژن است.**

واژه‌های کلیدی: پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن، لجن فاضلاب، کود گاوی، سینتیک رده اول، ثابت سرعت، نگه‌داری

مقدمه

تأمین نیازهای غذایی افراد جامعه و امنیت غذایی با توجه به رشد روزافزون جمعیت و پدیده انفجار جمعیتی، یکی از دغدغه‌های اساسی در هر کشور می‌باشد و در این راستا

۱. دانشجوی سابق کارشناس ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان و در حال حاضر عضو هیئت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد ایلام

۲. به ترتیب استادیار و دانشیار خاک شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: farshid@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

کشاورزی پایدار (Sustainable agriculture) برای تأمین نیازهای غذایی حال و آینده بشر مورد توجه خاص تمامی متخصصان کشاورزی از جمله علوم خاک بوده و محور عمده تحقیقات و بررسی‌ها، ایجاد زمینه‌ها و بسترهایی است که منجر به پایداری تولید کشاورزی می‌گردد (۲۹).

قسمت عمده کشور ما دارای اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک است و عدم وجود پوشش گیاهی کافی سبب بازگشت مقدار کم بقایای گیاهی به خاک و در نتیجه کمبود مواد آلی در خاک و بالطبع کاهش نیتروژن آن گردیده است. نیتروژن یکی از عناصر پرمصرف مورد نیاز گیاه و یکی از مهم‌ترین اجزای همه کودهای آلی است. در کودهای آلی بخش عمده نیتروژن در قالب مولکول‌های آلی قرار گرفته است. از طرفی گیاه قادر به جذب نیتروژن آلی نیست. برای آن که نیتروژن به شکل قابل جذب گیاه درآید لازم است معدنی شود (۳).

اضافه کردن پس‌ماندهای صنعتی آلی و محصولات جانبی به زمین‌های کشاورزی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است. این امر از یک سو به دلیل افزایش انرژی مورد نیاز برای تولید کودهای شیمیایی و از سوی دیگر به علت هزینه زیاد و مشکلات زیست محیطی در نتیجه دفن بقایای آلی می‌باشد (۲۲).

در مطالعه معدنی شدن نیتروژن، مقدار نیتروژن معدنی رها شده بر اثر تجزیه مواد آلی تعیین می‌شود، که مفیدترین اطلاعات کمی در مورد مقدار نیتروژن در دسترس گیاه فراهم می‌شود (۲۲). یکی از اهداف مهم این نوع پژوهش‌ها به دست آوردن برآوردی مناسب از میزان پس‌ماندهای آلی است که باید به خاک اضافه گردد تا از یک سو سطح بهینه تولید محصول را به همراه داشته باشد و از سوی دیگر مانع از به وجود آوردن مشکلات زیست محیطی مانند تجمع نیترات در خاک و افزایش آبشویی نیترات به آب‌های زیرزمینی و سطحی گردد (۳۰).

نیتروژن آلی براثر فرایندی که معدنی شدن (Mineralization) نامیده می‌شود به وسیله فعالیت گروه وسیعی از موجودات هتروتروف و اتوتروف شامل باکتری‌ها، قارچ‌ها و اکتینومیست‌ها به شکل معدنی تبدیل می‌شود. در خاک‌های معدنی که دارای زه‌کشی مناسبی هستند، سالانه در حدود ۲ درصد از نیتروژن آلی به صورت معدنی در می‌آید (۱۴). معدنی‌شدن نیتروژن یک فرایند میکروبی نسبتاً کند است که عوامل متعددی مانند نوع خاک و ترکیبات اضافه شده به آن، دما، pH ، تهویه و رطوبت برآن مؤثر می‌باشند (۶).

در اکوسیستم‌های کشاورزی به دلیل نقش فعالیت‌های مدیریتی انسان بر ویژگی‌های خاک، تحولات نیتروژن نیز تحت تأثیر این فعالیت‌ها قرار می‌گیرد. معدنی شدن نیتروژن به دلیل وابستگی شدید آن به کیفیت و کمّیت مواد آلی، توده زنده میکروبی و عوامل محیطی به‌طور مستقیم و غیر مستقیم متأثر از فعالیت‌های انسان می‌باشد. تأثیر این فعالیت‌ها گاه به گونه‌ای است که اکوسیستم کشاورزی به سرعت رو به زوال می‌رود و گاه به گونه‌ای است که شاخص‌های کیفیت خاک با گذشت زمان ارتقا می‌یابند. لذا نوع و شدت تأثیر انسان بر تحولات چرخه نیتروژن به شدت مورد توجه پژوهشگران قرار گرفته است (۹ و ۳۶). مدیریت انسان در اکوسیستم‌های کشاورزی ممکن است شامل تغییر کاربری، نوع شخم، تناوب زراعی، استفاده از مواد شیمیایی، کودهای آلی و غیره باشد. معدنی‌شدن نیتروژن در اکوسیستم‌های طبیعی و اکوسیستم‌های کشاورزی نقش قابل توجهی در پایداری آن اکوسیستم دارد (۲۷).

استانفورد و اسمیت (۳۵) پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن و ثابت سرعت معدنی‌شدن را با انجام انکوباسیون در شرایط مناسب دما و رطوبت و با اندازه‌گیری مقدار نیتروژن معدنی‌شده در مدت زمان انکوباسیون تخمین زدند. پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن نیز طبق معادله سینتیکی مرتبه اول تخمین زده شد، نتایج نشان داد که سرعت معدنی‌شدن نیتروژن به مقدار نیتروژن قابل معدنی‌شدن و ریشه دوم زمان وابسته است (۳۵). چنین نتیجه‌گیری شد که معدنی‌شدن نیتروژن آلی در شرایط بهینه دما و رطوبت از سینتیک مرتبه اول پیروی می‌کند (۸ و۳۵).

ال قاروس و همکاران (۱۱) چهارده نوع خاک را به مدت ۱۶ هفته به روش استانفورد و اسمیت نگه‌داری (انکوباسیون) کرده و مقدار نیتروژن معدنی شده خالص را اندازه‌گیری کردند.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

نتایج نشان داد بالاترین پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن ۲۴۱ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، مربوط به خاکی بود که سال‌های زیادی تحت کشت و کار قرار نگرفته بود و کمترین مقدار پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن ۱۲۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک، مربوط به خاکی بود که لایه سطحی آن به وسیله فرسایش از بین رفته بود.

گوما و همکاران (۱۶) مقادیر ۰، ۴۰، ۸۰ و ۱۶۰ تن در هکتار لجن فاضلاب را به خاک اضافه کردند و خاک را به مدت ۱۲ هفته در دمای ۳۰ درجه سانتی‌گراد انکوباسیون کردند. مقادیر تجمعی نیتروژن معدنی شده برای تیمارها به ترتیب ۱۵/۴، ۸۳/۷، ۱۰۵/۱و ۱۶۵ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم به دست آمد و مقادیر مربوط به ثابت سرعت به ترتیب ۰/۲۱۴، ۰/۳۰۳، ۰/۴۳۹ و ۰/۳۰۹ بر هفته گزارش گردید.

با توجه به این‌که اضافه کردن کودهای آلی همانند لجن فاضلاب و کود گاوی به زمین‌های کشاورزی در سال‌های اخیر مورد توجه قرار گرفته است (۱و۲)، این تحقیق با هدف بررسی اثر کودهای آلی مختلف (لجن فاضلاب و کود گاوی)، سطوح مختلف کودهای آلی و آثار تجمعی و باقی‌مانده اعمال کودهای آلی مختلف بر پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن، عملکرد وجذب نیتروژن توسط گیاه ذرت انجام گردید.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه صنعتی اصفهان (لورک نجف آباد) واقع در۴۰ کیلومتری جنوب غربی شهر اصفهان انجام شد. این خاک متعلق به فامیل فاین لومی میکسد، ترمیک، تیپیک هاپل آرجید (fine loamy mixed, thermic, Typic Haplargid) می‌باشد. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه لورک در جدول ۱ ارائه شده است. میانگین دمای سالیانه هوا در ایستگاه لورک نجف آباد ۱۴/۵ درجه سانتی‌گراد و متوسط بارندگی ۱۴۰ میلی‌متر می‌باشد. این خاک آهکی (۳۹۵ گرم بر کیلوگرم، معادل کربنات کلسیم) بوده مقادیر ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دایم در این خاک به ترتیب ۲۳/۳ و۱۰/۵ درصد جرمی می‌باشند (۴).

طرح بررسی اثر لجن فاضلاب و کود گاوی بر خاک و گیاه از پاییز سال ۱۳۷۸ آغاز شد. برخی ویژگی‌های کودهای آلی استفاده شده در این تحقیق در جدول ۲ ارائه شده است. درسال ۱۳۷۸ مقادیر مختلف کودهای گاوی و لجن فاضلاب (۰، ۲۵ و ۱۰۰ تن در هکتار) اعمال شد. این طرح در قالب بلوک کاملاً تصادفی با سه تکرار در کرت‌هایی با مساحت ۴۵ متر مربع (۳×۱۵) اجرا شد. در سال ۱۳۷۹ هر کرت به دو قسمت (۳×۳) و (۳×۱۲) تقسیم شد و در قسمت بزرگ‌تر کوددهی مشابه سال اول اعمال گردید. درسال ۱۳۸۰، در هر کرت قسمت (۳×۱۲) به دو قسمت (۳×۳) و (۳×۹)تقسیم گردید و در قسمت بزرگ‌تر کوددهی مشابه سال‌های اول و دوم انجام گردید. بدین ترتیب هر کرت اصلی در سال سوم شامل سه قسمت بود که یک قسمت از هر کرت (۳×۳) یک سال، قسمت دیگر (۳×۳) دوسال پیاپی و باقی‌مانده هریک ازکرت‌ها (۳×۹) سه سال پیاپی کوددهی مشابه دریافت کرده بودند.

در پاییز هر سال، مقدار محاسبه شده کودهای آلی به کرت‌ها اضافه و تا عمق ۲۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. در هر یک از کرت‌ها ذرت (*Zea mays* L.) رقم ۷۰۴ به عنوان کشت بهاره و به صورت ردیفی کاشته شد. شش ماه پس از سومین کوددهی (بهار ۱۳۸۱)، نمونه برداری مرکب از عمق ۰تا ۱۵ سانتی‌متری خاک انجام شد. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی در پایان فصل رشد، نمونه‌ها در آون به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و عملکرد گیاه ذرت (وزن خشک گیاه در واحد سطح) تعیین گردید.

نمونه‌های خاک نیز پس از انتقال به آزمایشگاه و هوا خشک شدن (به مدت یک هفته در محیط آزمایشگاه)، به طور جداگانه کوبیده و از الک ۲میلی‌متری عبور داده شدند (۴ و ۸).

غلظت نیتروژن در نمونه‌های گیاهی،کودهای آلی و خاک با استفاده از دستگاه اتو کلتک مدل ۳۲۰۰ به روش کلدال اندازه‌گیری شد (۷). کربن آلی نمونه‌های خاک با استفاده از روش اکسایش تر (۲۵) اندازه‌گیری شد.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

جدول ۱. برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه (۴)

شن $g\ kg^{-1}$	سیلت $g\ kg^{-1}$	رس $g\ kg^{-1}$	بافت خاک	کربن آلیِ $g\ kg^{-1}$	CEC $cmol_c\ kg^{-1}$	pH	ECe $dS\ m^{-1}$
۱۳۶	۵۰۶/۸	۳۵۷/۲	SiCL	۵	۳۳/۶	۸/۳	۱/۶

pH خاک در گل‌اشباع و ECe در عصاره اشباع اندازه‌گیری شد.

جدول ۲. برخی خصوصیات شیمیایی کودهای‌آلی مورد استفاده

ویژگی	واحد	کودگاوی	لجن‌فاضلاب
pH	–	۸/۶	۶/۴
ECe	$dS\ m^{-1}$	۱۷	۹/۴
کربن‌آلی	$g\ kg^{-1}$	۲۴۹/۴	۱۷۹/۸
نیتروژن‌کل	$g\ kg^{-1}$	۱۳/۰۶	۱۹/۰۶

برای ارزیابی پتانسیل معدنی شدن نیتروژن از روش استانفورد و اسمیت (۳۵) استفاده شد. در این روش ۳۰ گرم خاک هوا خشک و الک شده را با شن ۲۰ مش اسید شویی شده با نسبت ۱:۲ (شن : خاک) به طور کامل مخلوط گردید سپس مخلوط خاک و شن به لوله‌های آبشویی انتقال یافت. پیش از شروع انکوباسیون نیتروژن معدنی موجود در نمونه‌های خاک به وسیله ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول ۰/۰۱ مولار کلرور کلسیم، که در مقادیر ۱۰ میلی‌لیتری به لوله آبشویی اضافه گردید، از سیستم خارج شد. در ادامه ۲۵میلی لیتر محلول غذایی بدون نیتروژن (محلولی که شامل سولفات کلسیم ۰/۰۰۲ مولار، سولفات منیزیم ۰/۰۰۲ مولار، فسفات دی هیدروژن کلسیم ۰/۰۰۵ مولار و سولفات پتاسیم ۰/۰۰۲۵ مولار) برای جبران عناصر پر مصرف خارج شده در آبشویی به خاک اضافه گردید و محلول اضافی به وسیله مکش ۰/۸ بار خارج گردید. لوله‌های آبشویی در داخل انکوباتور در دمای ۳۵ درجه سانتی‌گراد، به مدت ۲۲ هفته نگه‌داری شدند و هر روز به مدت ۵ دقیقه برای انجام تهویه درپوش بالایی برداشته شد. عمل آبشویی تا هفته دهم، هر دو هفته یک‌بار و پس از آن تا هفته بیست و دوم هر سه هفته یک‌بار با اضافه کردن ۱۰۰ میلی‌لیتر محلول کلرور کلسیم ۰/۰۱ مولار و اضافه کردن ۲۵ میلی‌لیتر محلول فاقد نیتروژن انجام شد.

نیتروژن معدنی موجود در عصاره استخراج شده با استفاده از روش تقطیر با بخار آب (Steam distillation) اندازه‌گیری شد (۲۱).

مدل استفاده شده برای مطالعه پتانسیل معدنی شدن نیتروژن معادله نمایی رده اول بود که توسط استانفورد و اسمیت ارائه گردیده است (۳۵).

$$N_{min} = N_{\circ}\,(۱-e^{-Kt}) \qquad [۱]$$

در این معادله N_{min} نیتروژن معدنی شده در زمان t ، N_0 و K به ترتیب پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن و ثابت سرعت معدنی‌شدن نیتروژن می‌باشند. مقادیر N_0 و K با استفاده از نرم‌افزار Curve Expert و با استفاده از روش آماری حداقل مجذورات تعیین گردید.

تجزیه و تحلیل آماری شامل تجزیه واریانس و مقایسه میانگین و تجزیه و تحلیل رگرسیون با استفاده از نرم‌افزار SAS انجام گردید

نتایج و بحث

۱. خصوصیات خاک مورد مطالعه و کودهای آلی

برخی ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه گردیده است. بافت خاک، لوم رس سیلتی بوده و pH آن در محدوده pH خاک‌های آهکی است. قابلیت هدایت الکتریکی آن نشان می‌دهد که خاک موردنظر، جزء خاک‌های غیرشور محسوب می‌شود. مقدار اندک کربن آلی خاک، نشان

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

دهنده فقر آن از نظر مواد آلی است. برخی خصوصیات شیمیایی کودهـای آلـی کـاربردی در جـدول ۲ نـشان داده شـده اسـت. کودگاوی در مقایسه با لجن فاضلاب دارای هـدایت الکتریکـی بیشتری می‌باشد. لجن فاضلاب نسبت به کـودگـاوی دارای pH اسیدی‌تـری اسـت. لجـن فاضـلاب دارای مقـدار نیتـروژن‌کـل بیشتری نسبت به کود گـاوی مـی‌باشـد ولـی کـودگـاوی دارای مقدار کربن‌آلی بیشتری است.

۲. اثر نوع کود بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن

در شکل ۱ روند زمانی معـدنی‌شـدن نیتـروژن بـرای هریـک از تیمارهای مورد مطالعه نشان داده شده است. در هر شکل تیمـار شاهد نیز آورده شده تا با تیمارهای کودی مقایـسه گـردد. مـدل نمـایی $N_{min} = N_0(1-e^{-Kt})$ بـه طـور موفقیـت‌آمیـز (بـا ضـریب هم‌بستگی معنی‌دار، $P< ۰/۰۰۱$) در تمام تیمارها برازش گردیـد و دو پارامتر N_0 و K به دست آمد.

پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0) در تیمار شاهد بـه طـور معنی‌داری کمتـر از تیمارهـای مربـوط بـه کـود گـاوی و لجـن فاضلاب می‌باشد. همان گونه که در جدول ۳ مشاهده مـی‌شـود پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در لجن فاضلاب اندکی بیـشتر از کود گاوی است، لیکن این تفاوت معنی‌دار نمی‌باشد. از آنجا که سطح ماده آلی در خـاک مـورد مطالعـه انـدک اسـت، بـه نظـر می‌رسد به دلیل عدم کاربرد کود آلی در تیمـار شـاهد، پتانـسیل معدنی شدن نیتروژن در آن نسبت به تیمارهـایی کـه کـود آلـی دریافت کرده‌اند پایین‌تر است. علی‌رغـم آن‌کـه مقـدار نیتـروژن موجود در لجن فاضلاب بیش از کود گاوی است، بین پتانـسیل معدنی‌شدن آنها اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود. این عـدم تفاوت معنـی‌دار بیـانگر آن اسـت کـه در کـود گـاوی و لجـن فاضلاب مقادیر به دست آمده پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن پس از یک نگه‌داری هوازی درازمدت اخـتلاف چنـدانی نـدارد. بـه عبارت دیگر علی‌رغم تفاوت در مقـدار کـل نیتـروژن دو کـود، بخش فعال نیتروژن این دو کود اختلاف زیادی ندارند.

برخی محققین اثر لجن فاضـلاب (۲۴ و۳۴) و کـود گـاوی (۱۲ و ۱۳) را بر افزایش معدنی‌شدن نیتروژن گزارش نموده‌انـد. حسن و همکاران (۱۸) اثر انواع کودهای آلی (کمپوسـت، لجـن فاضلاب و کود حیوانی) بر پتانسیل معدنی شدن نیتـروژن را در یک خاک رسی مورد مطالعه قرار دادند. نتایج آنها نشان داد کـه اثر افزایشی کودهای آلی بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن به این ترتیب است: لجن فاضلاب > کودحیوانی > کمپوست > شاهد. این نتایج مشابه نتایج به دست آمده در تحقیق حاضر مـی‌باشـد (جدول ۳). سرنا و پومارز (۳۱) نیز در مقایسه اثر انواع کودهای آلی بر معدنی شدن نیتروژن نـشان دادنـد کـه بیـشترین شـدت معدنی‌شدن نیتروژن در تیمار لجن فاضلاب حاصل شد. انجی و همکاران (۱۲) با بررسی اثر انواع کودهای آلی بر معـدنی‌شـدن نیتروژن، گزارش نمودند که معدنی‌شدن نیتروژن تا حـد زیـادی تحت تأثیر نوع کود مصرفی قرار می‌گیرد.

۳. اثر نوع کود بر خصوصیات مربوط به گیاه ذرت

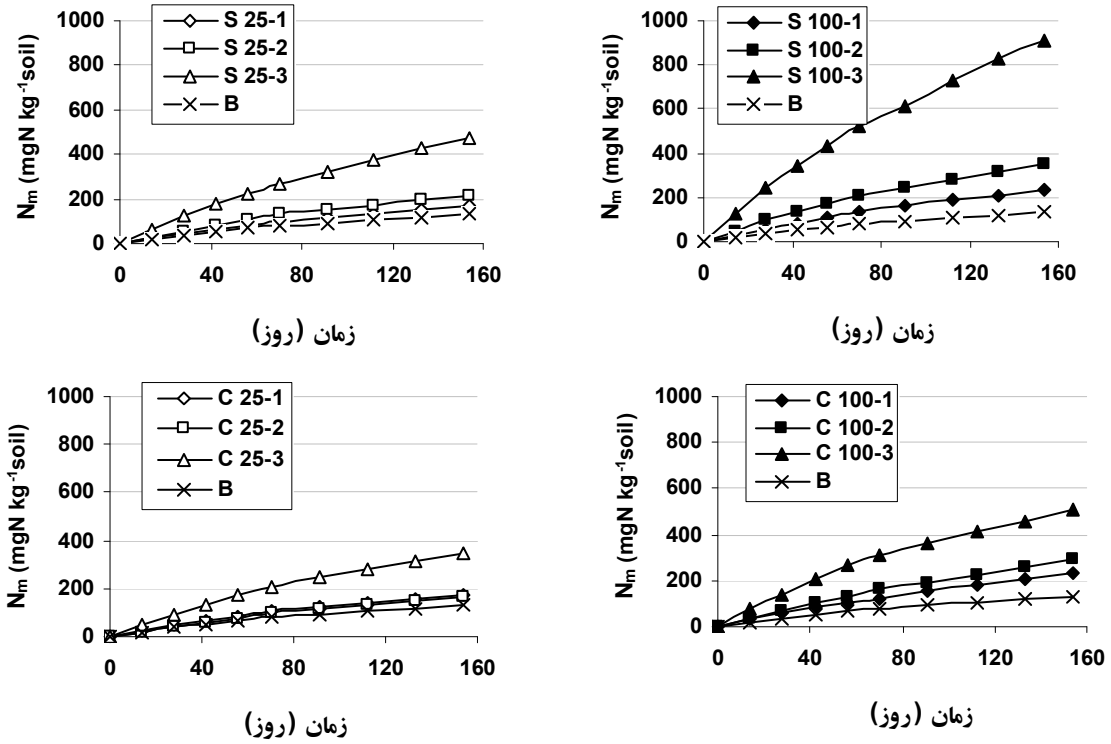
عملکرد (وزن خشک کل بخـش هـوایی) گیـاه ذرت در تیمـار شاهد به‌طور معنی‌داری از تیمارهایی که کودآلی دریافـت کـرده بودند کمتر بـود، در حـالی‌کـه تفـاوت معنـی‌داری بـین میـزان عملکرد در تیمارهایی که کود آلی دریافت کرده بودند مـشاهده نگردید (جدول ۳).

جدول ۳ اثر نوع کود بر جذب نیتروژن توسط گیـاه ذرت را نشان می‌دهد. در این‌جا نیز تفاوت معنی‌داری بین میزان جـذب نیتـروژن توسـط گیـاه ذرت در دو تیمـار کـود گـاوی و لجـن فاضلاب دیده نمـی‌شـود. ولـی در تیمـار شـاهد میـزان جـذب نیتروژن توسـط گیـاه کمتـر از تیمارهـایی اسـت کـه کـود آلـی دریافت کرده‌اند. در منـابع مختلـف نیـز بـه اثـر افزاینـده لجـن فاضـلاب (۵ و ۲۶) و کـود گـاوی (۲۰ و ۲۸) بـر عملکـرد و جذب نیتروژن توسط گیاهان مختلف بـه خـصوص گیـاه ذرت، اشاره گردیده است. لوپوی و همکـارن (۲۳) گـزارش کردنـد کـه اضافه کردن کود گاوی به خاک سبب افزایش معنی‌دار عملکـرد و جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت نسبت به تیمار شاهد می‌شود.

روند اثر نوع کود برجذب نیتروژن، تقریباً مـشابه رونـد اثـر

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]



شکل ۱. اثر نوع کود، سطوح کودی و تعداد سال کوددهی بر مقدار تجمعی نیتروژن معدنی شده (N_m) شاهد = B، کودگاوی = C و لجن فاضلاب = S، ۲۵ و ۱۰۰ سطوح کودی (مگاگرم بر هکتار)، ۲،۱ و ۳ تعداد سال کوددهی

جدول ۳. میانگین اثرسطوح مختلف دو نوع کود بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0)، عملکرد و جذب نیتروژن به وسیله ذرت در پایان سال سوم پس از شروع آزمایش

ویژگی / نوع کود	N_0 (mgN kg^{-1}soil)	عملکرد (Mg ha^{-1})	جذب نیتروژن (kg ha^{-1})
لجن فاضلاب	۵۷۳ a	۲۲/۶ a	۱۸۰/۸ a*
کود گاوی	۵۵۸ a	۱۸/۶ a	۱۳۹/۹ a
شاهد	۱۸۰ b	۴/۸ b	۲۷/۵ b

* : میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

نوع کود بر عملکرد گیاه ذرت می‌باشد (جدول ۳). به عبارت دیگر در تفسیر نتایج آزمون خاک می‌توان تا حدودی ازاین دو پارامتر (عملکرد و جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت) به جای یکدیگر استفاده کرد. تشابه تأثیرپذیری عملکرد ذرت و جذب نیتروژن از شاخص‌هایی چون N_0 به نوعی بر تشابه بین آنها دلالت می‌کند. تشابه این رفتارها حکایت از آن دارد که عملکرد گیاه ذرت در این مزرعه به شدت تحت تأثیر بخش فعال نیتروژن خاک یا نیتروژن لیبایل خاک است و نشان می‌دهد یکی از مهم‌ترین آثار اعمال کودهای آلی افزودن بخش فعال نیتروژن و در نتیجه تأمین دراز مدت نیتروژن گیاه است.

۴. اثر سطوح کودی بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن

جدول ۴ اثر سطوح مختلف کودی بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0) را نشان می‌دهد. همان طور که ملاحظه می‌شود،

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

پارامتر N_0 در تیمارهایی که ۱۰۰ مگاگرم بر هکتار کود دریافت کرده‌اند نسبت به تیمارهایی که ۲۵ مگاگرم بر هکتار دریافت کرده‌اند به صورت معنی‌داری بیشتر است و مقدار این عامل برای تیمار شاهد نیز به صورت معنی‌داری پایین تر از تیمارهایی است که سطوح ۲۵ مگاگرم در هکتار دریافت کرده‌اند.

از آنجا که مستقل از تفاوت نوع کود، سطوح بالای کود آلی (۱۰۰ مگاگرم بر هکتار) در مقایسه با سطوح پایین‌تر آن (۲۵ مگاگرم بر هکتار) مقادیر بیشتری نیتروژن آلی به خاک می‌افزاید، بنابراین افزایش N_0 در سطوح بالای کود آلی امری طبیعی به نظر می‌رسد. کمتر بودن مقادیر این عامل در تیمار شاهد به دلیل عدم ورود ترکیبات آلی کودی است که حاوی نیتروژن می‌باشد. نتایج تحقیقات سانی و همکاران (۳۴) نشان داد که با افزایش مقدار کاربرد لجن فاضلاب، معدنی‌شدن نیتروژن افزایش می‌یابد. آنان به این نتیجه رسیدند که شدت کاربرد لجن فاضلاب اثر معنی‌داری بر معدنی‌شدن نیتروژن دارد. هرناندز و همکاران (۱۹) گزارش کردند که با افزایش مقدار لجن اضافه شده به خاک، معدنی شدن نیتروژن افزایش می‌یابد. وونگ و همکاران (۳۷) اثر کاربرد سطوح متفاوت لجن فاضلاب را بر معدنی‌شدن نیتروژن مورد بررسی قرار دادند. نتایج نشان داد که با افزایش شدت کاربرد لجن فاضلاب از ۰ تا ۱۵۰ گرم بر کیلوگرم، معدنی شدن نیتروژن افزایش می‌یابد.

۵. اثر سطوح کودی بر ویژگی‌های گیاه ذرت

کاربرد ۱۰۰ مگاگرم بر هکتار بیشترین مقدار عملکرد را سبب گردید که به‌طور معنی‌داری بیشتر از عملکرد پس از کاربرد ۲۵ مگاگرم بر هکتار می‌باشد. تیمار ۲۵ مگاگرم بر هکتار با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). نیامانگارا و امززیوا (۲۶) نشان دادند که همراه با افزایش لجن فاضلاب از ۵ تا ۴۰ مگاگرم بر هکتار، رشد ذرت افزایش می‌یابد. پالادا و همکاران (۲۸) گزارش نمودند که ویژگی‌های مختلف گیاه اسفناج از جمله طول ساقه و تعداد برگ، پاسخ معنی‌داری به سطوح متفاوت کود گاوی نشان می‌دهد.

عکس العمل جذب نیتروژن به سطوح کودی نیز در جدول ۴ نشان داده شده است. سطح ۱۰۰ مگاگرم بر هکتار بیشترین مقدار جذب نیتروژن را سبب گردید که به صورت معنی‌داری بیشتراز سطح ۲۵ مگاگرم بر هکتار می‌باشد. تیمار ۲۵ مگاگرم بر هکتار نیز با تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴). مقایسه دوستون مربوط به عملکرد و جذب نیتروژن در جدول ۴ بار دیگر نشان دهنده تشابه تأثیرپذیری عملکرد و جذب نیتروژن از سطوح مختلف کودی می‌باشد، این تشابه قبلاً در مورد تأثیرپذیری این دو شاخص از نوع کود نیز مشاهده گردید.

۶. اثر دفعات کوددهی بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن

اثر دفعات کوددهی بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0) در جدول ۵ دیده می‌شود. N_0 در تیمار سه بار کود داده شده به صورت معنی‌داری بیشتر از تیمار دوسال کود داده شده می‌باشد، در حالی‌که بین تیمارهای یک و دو سال کود داده شده تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود. نکته جالب این که بین تیمار شاهد و تیماری که یک بار کود دریافت کرده نیز تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد.

مقایسه تأثیرپذیری شاخص N_0 از تکرار سال‌های کوددهی با آنچه در مورد نیتروژن کل خاک‌ها مشاهده گردید گویای یک تفاوت اساسی بین این دو شاخص است. چنان‌که پیش از این توضیح داده شد با افزایش دفعات کوددهی، نیتروژن کل خاک متناسب با دفعات کوددهی افزایش حاصل می‌کند و این افزایش با سطح قبل و بعد از آن در تمام موارد معنی‌دار است، حال آن که رفتار N_0 به گونه دیگری است. عدم وجود تفاوت معنی‌دار بین تیمار شاهد و تیماری که در نخستین سال کوددهی تنها یک‌بار کود دریافت کرده نشان می‌دهد سطح پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن که گویای بخش فعال نیتروژن است با گذشت زمان به سطح تیمار شاهد تنزل یافته و بنابراین اختلاف معنی‌دار بین نیتروژن کل در تیمار شاهد و تیمار یک‌بار کود خورده را باید به نیتروژن موجود در مولکول‌های غیر قابل تجزیه (یا به سختی تجزیه شونده) نسبت داد که حتی در یک دوره نگه‌داری هوازی ۲۲ هفته‌ای نیز آزاد نشده‌اند. این وضعیت

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

جدول ۴. اثر سطوح مختلف دو نوع کود بر پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن (N_0) ، عملکرد و جذب نیتروژن به وسیله ذرت (اعداد جدول میانگین اثر کود گاوی و لجن فاضلاب است).

سطح کود[1] / ویژگی	N_0 (mgN kg^{-1}soil)	عملکرد (Mg ha^{-1})	جذب نیتروژن (kg ha^{-1})
شاهد	۱۸۰/۳ c	۴/۸ b	۲۷/۴ b*
۲۵	۴۲۱/۷ b	۱۴/۲ b	۱۰۹/۷ b
۱۰۰	۷۲۰/۷ a	۳۲/۲ a	۲۵۵/۴ a

* : میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

۱. واحد وزنی تیمارهای کود آلی مگاگرم بر هکتار می‌باشد.

جدول ۵ . اثر تعداد سال کوددهی بر پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0) ، عملکرد و جذب نیتروژن به وسیله ذرت (اعداد جدول میانگین اثر کود گاوی و لجن فاضلاب است).

کوددهی / ویژگی	N_0 (mgN kg^{-1}soil)	عملکرد (Mg ha^{-1})	جذب نیتروژن (kg ha^{-1})
شاهد	۱۸۰/۳ c	۴/۸ b	۲۷/۴ b*
یک سال کوددهی	۳۶۸/۴ bc	۱۱/۴ b	۷۶/۷ b
دو سال کوددهی	۴۳۰/۲ b	۱۳ b	۹۳/۳ b
سه سال کوددهی	۹۱۵ a	۴۵/۳ a	۳۷۷/۵ a

* : میانگین‌هایی که در هر ستون در یک حرف مشترک هستند در سطح ۵ درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌دار ندارند.

به‌طور مشابه بین تیمارهایی که یک‌بار ودوبار کود داده شده‌اند نیز قابل رویت است. این یافته تأییدی بر نتایج فرانز لوبرز و همکاران (۱۵) است که اظهار داشتند با گذشت زمان مقدار نیتروژن لیبایل رو به کاستی می‌گذارد. در تحقیق حاضر تنها با گذشت ۳ سال از آخرین کوددهی تفاوت معنی‌داری بین تیمار شاهد و تیمار یک‌بار کود خورده مشاهده نمی‌شود. این یافته بار دیگر اهمیت تأثیرپذیری بخش فعال (لیبایل) نیتروژن آلی خاک و تفاوت الگوی رفتار آن از نیتروژن کل خاک را نمایان می‌سازد. یادآوری می‌گردد که اگرچه نیتروژن کل خاک شاخص ارزشمندی است، لیکن قادر نیست اختلافات واقعی بین تیمارهایی که در زمان‌های مختلف کوددهی شده‌اند را انعکاس داده و لذا احتمالاً تأثیرات تجمعی کوددهی را بر گیاه به خوبی نشان نمی‌دهد. مامو و همکاران (۲۴) نیز نشان دادند که کاربرد متوالی کمپوست به مدت سه سال، معدنی‌شدن نیتروژن را تا ۱۲ درصد افزایش می‌دهد. در حالی‌که با کاربرد کمپوست تنها در سال اول، معدنی‌شدن نیتروژن ۳ تا ۶ درصد افزایش می‌یابد.

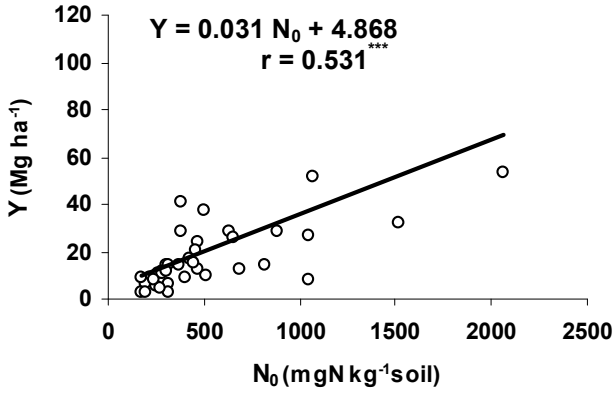
۸. اثر دفعات کوددهی بر ویژگی‌های مربوط به گیاه ذرت

ویژگی غلظت نیتروژن گیاه ذرت تا حدودی به پارامترهای مدیریتی کوددهی آلی حساس می‌باشد (جدول ۵).

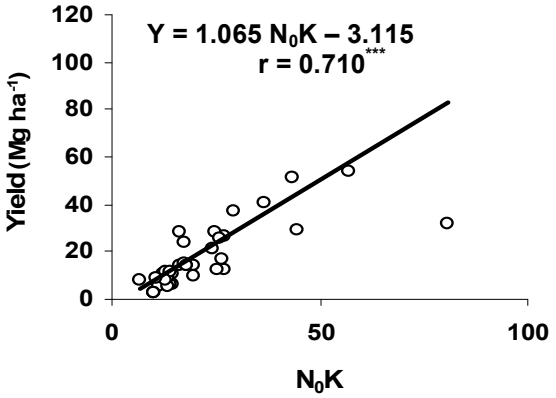
اثر دفعات کوددهی بر عملکرد گیاه ذرت در جدول ۵ نشان داده شده است. تیمار سه سال کود داده شده اختلاف معنی‌داری را با تیمارهای دیگر نشان می‌دهد (بیش از ۸ برابر تیمار شاهد). در حالی‌که این اختلاف بارز در غلظت نیتروژن گیاه ذرت مشاهده نشد (جدول ۵). تیمارهای شاهد، یک و دوسال کود داده شده تفاوت معنی‌داری را در عملکرد گیاه ذرت نشان ندادند (جدول ۵). دلگادو و همکاران (۱۰) به اثر دفعات کوددهی بر افزایش رشد گیاه ذرت اشاره نمودند. سیمون و

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]



شکل ۲. رابطه بین عملکرد گیاه ذرت (Y) و پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0)



شکل ۳. رابطه بین عملکرد گیاه ذرت (Y) و حاصل‌ضرب پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در ثابت سرعت معدنی شدن (N_0K)

زنت (۳۳) نشان دادند که کاربرد کمپوست لجن فاضلاب در دو سال متوالی، غلظت نیتروژن را در گیاه ذرت افزایش می‌دهد. اثر دفعات کوددهی بر جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت، مانند آنچه پیش از این درباره تأثیر نوع و سطح کود گفته شد، تشابه الگوی تغییرات عملکرد ذرت و جذب نیتروژن را نشان داد (جدول ۵).

۹. هم‌بستگی‌های ساده خطی بین پارامترهای گیاهی و پارامترهای سینتیکی معدنی‌شدن نیتروژن

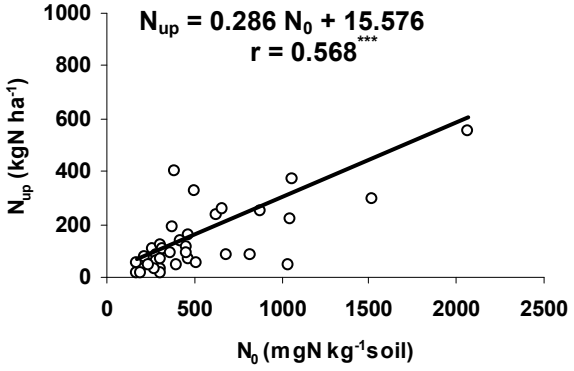
عملکرد گیاه ذرت رابطه معنی‌داری را با N_0 (r=۰/۵۳۱**) و حاصل‌ضرب N_0K (r=۰/۷۱۰***) نشان می‌دهد (شکل‌های ۲ و ۳). نکته قابل توجه هم‌بستگی بالاتر عملکرد گیاه ذرت با فاکتور N_0K که تلفیقی از دو پارامتر پتانسیل معدنی شدن و ثابت سرعت معدنی شدن نیتروژن می‌باشد نسبت به حالتی است که هر یک از این پارامترها به تنهایی وارد مدل می‌شوند. از آنجا که پارامتر N_0K حاصل‌ضرب دو پارامتر N_0 (نشان دهنده مقدار نیتروژن قابل معدنی‌شدن) و K (سرعت رهاسازی نیتروژن معدنی) است، اطلاعات بیشتری نسبت به N_0 (به تنهایی) در اختیار محققان قرار می‌دهد. برخی پژوهشگران معتقدند مقایسه پارامتر K برای تیمارهایی که دارای N_0های متفاوت هستند اطلاعات صحیحی به دست نمی‌دهد لذا آنان به جای مقایسه پارامتر K، مقایسه حالضرب N_0K را توصیه می‌کنند (۹ و ۳۲) به علاوه نتایج آنها نیز نشان داده است که N_0K نسبت به N_0 شاخص بهتری از فراهمی نیتروژن خاک می‌باشد (۹ و ۳۲). هانی و همکاران (۱۷) نیز رابطه نزدیک معنی‌داری را بین جذب نیتروژن توسط گیاه گندم و معدنی شدن نیتروژن (در طول ۲۴ روزنگه‌داری آزمایشگاهی) گزارش نمودند.

رابطه بین جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت با N_0 و N_0K در شکل‌های ۴ و ۵ ملاحظه می‌گردد. جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت رابطه معنی‌داری را با N_0 (r=۰/۵۶۸***) و N_0K (r=۰/۷۳۴***) نشان می‌دهد. هانی و همکاران (۱۷) نیز رابطه نزدیک معنی‌داری را بین جذب نیتروژن توسط گیاه گندم و معدنی‌شدن نیتروژن (در طول ۲۴ روزنگه‌داری آزمایشگاهی) گزارش نمودند. نکته قابل توجه، هم‌بستگی بالاتر جذب نیتروژن به وسیله ذرت با N_0K نسبت به حالتی است که هر یک از این پارامترها (N_0 یا K)به تنهایی وارد مدل می‌شوند.

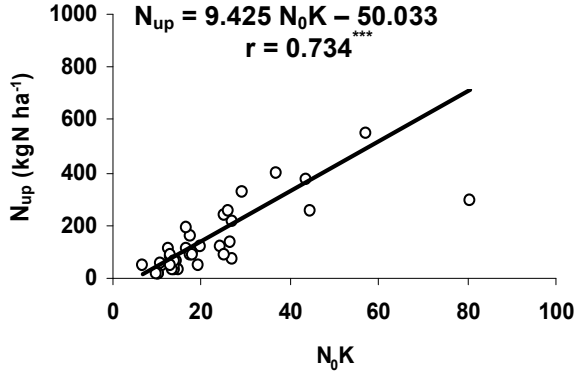
به طور کلی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کاربرد کودهای آلی (لجن فاضلاب و کودگاوی) سبب افزایش پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن و در نتیجه عملکرد و جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت می‌شود. الگوی تأثیرپذیری نیتروژن کل خاک‌ها متفاوت از الگوی تغییرات پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن بود که گویای اختلاف ماهیت ذخیره نیتروژن کل از ذخیره نیتروژن فعال خاک است. ویژگی‌های گیاهی عملکرد و جذب نیتروژن توسط گیاه

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]



شکل ۴. رابطه بین جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت (N_{up}) و پتانسیل معدنی شدن نیتروژن (N_0)



شکل ۵. رابطه بین جذب نیتروژن توسط گیاه ذرت (N_{up}) و حاصل‌ضرب پتانسیل معدنی شدن نیتروژن در ثابت سرعت معدنی شدن (N_0K)

ذرت با حاصل‌ضرب پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن در ثابت سرعت معدنی‌شدن که تلفیقی از دو پارامتر سینتیکی پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن و ثابت سرعت معدنی‌شدن است نسبت به حالتی که پتانسیل معدنی‌شدن نیتروژن و ثابت سرعت معدنی‌شدن به تنهایی وارد مدل می‌شوند، هم‌بستگی قوی‌تری نشان داد.

سپاسگزاری

هزینه انجام این تحقیق از محل اعتبارات پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین شده که بدین وسیله قدردانی می‌گردد. از جناب آقای مهندس صدر ارحامی نیز به دلیل همکاری ایشان در آزمایشگاه سپاسگزاری می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. براهیمی، ن. ۱۳۸۰. بررسی اثر کودهای آلی بر خصوصیات شیمیایی خاک و جذب عناصر به‌وسیله ذرت وگندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۲. خدیوی، ا. ۱۳۸۲. اثر کودهای آلی بر اشکال شیمیایی عناصر سنگین و جذب این عناصر توسط گندم. پایان نامه کارشناسی ارشد خاک‌شناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳. ملکوتی، م. ج. و م. همایی. ۱۳۷۳. *حاصلخیزی خاک‌های مناطق خشک (مشکلات و راه حل‌ها)*. انتشارات دانشگاه تربیت مدرس، تهران.

۴. نوربخش، ف. و م. افیونی، ۱۳۷۹. تخمین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم از روی برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴(۱) : ۱– ۹.

5. Adegbidi, H. G. and R. D. Briggs. 2003. Nitrogen mineralization of sewage sludge and composted poultry manure applied to willow in a greenhouse experiment. Biomass Bioenerg. 25(6): 665-673.
6. Bernal, M. P. and H. Kirchman. 1992. Carbon and nitrogen mineralization and ammonia volatilization from fresh, aerobically and anaerobically treated pig manure during incubation with soil. Biol. Fertil. Soils. 13: 135-141.
7. Bremner, J. M. and C. S. Mulvaney. 1982. Nitrogen-Total. PP. 595-624. *In*: A. C. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Amer. Soc. of Agron., Madison, WI. USA.
8. Campbell, C. A., B. H. Ellert and Y. W. Jame. 1993. Nitrogen mineralization potential in soils. PP. 340-349. *In*: M. R. Carter (Ed.), Soil Sampling and Methods of Analysis. Can. Soc. Soil Sci. Ottawa, Canada.
9. Campbell, C. A., G. P. Lafond, A. J. Leyshon, R. P. Zenter and H. H. Janzen. 1991. Effect of cropping practices on the initial potential rate of N mineralization in a thin chernozem. Can. J. Soil Sci. 71 : 43-53.
10. Delgado, A. M. M., C. M. A. Porcel, I. H. R. Miralles, E. M. Rodriguez, B. L. Beringola, J. V. Sanchez and A. M.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]

Delgado. 2002. Sewage sludge compost fertilizer effect on maize yield and soil heavy metal concentration. Revista Intern. de Contamination Ambiental. 18(3): 147-150.
11. El Gharous, M., R. L. Wsterman and P. N. Soltan pour. 1990. Nitrogen mineralization potential of arid and semi arid soils of Morroco. Soil Sci. Soc. Amer. J. 54: 438-443.
12. Eneji, A. E., T. Honna, , S. Yamamoto, T. Saito and T. Masuda. 2002. Nitrogen transformation in four Japanese soils following manure+urea amendment. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33(1&2) : 53-66.
13. Esse, P. C., A. Buerkert, P. Hiernaux and A. Assa. 2001. Decomposition of and nutrient release from ruminant manure on acid sandy soils in the Sahelian zone of Niger, West Africa. Agric. Ecosys. Environ. 83(1&2): 55-63.
14. Foth, H. D. and B. G. Ellis. 1988. Soil Fertility. John Wiley & Sons, New York, USA.
15. Franzluebbers, A. J., F. M. Hons and D. A. Zubberer. 1994. Long-term Changes in soil carbon and nitrogen pools in wheat management systems. Soil Sci. Soc. Amer. J. 58 : 1639-1645.
16. Gomah, A. H. M., S. I. Al-Nahid and H. A. Amer. 1989. Nitrogen mineralization in sludge-amended desert soil as affected by rate of sludge and wetting and drying cycles. Arid soil Res. and Rehabilitation 4: 417-429
17. Haney, R. L., F. M. Hons, M. A. Sanderson and A. J. Franzluebbers. 2001. A rapid procedure for estimating nitrogen mineralization in manured soil. Biol. Fertil. Soils 33: 100-104.
18. Hassen, A., N. Jedidi, M. Cherif, M. A. Hiri, A. Boudabous, O. V. Cleemput and O. Van Cleemput. 1998. Mineralization of nitrogen in a clayey loamy soil amended with organic wasts enriched with Zn, Cu and Cd. Bioresour. Technol. 64(1) : 39-45.
19. Hernandez, T., R. Moral, A. Prez-Espinosa, J. Moreno Caselles, M.D. Perez-Murica and C. Garcia. 2002. Nitrogen mineralisation potential in calcareous soil amended with sewage sludge. Bioresour. Technol. 83: 213-219
20. Kaboneka, S., W. E. Sabbe and A. Mauromoustakos. 1997. Carbon decomposition kinetics and nitrogen mineralization from corn, soybean and wheat. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 28 : 1359-1373.
21. Keeney, D. R. and D. W. Nelson. 1982. Nitrogen-inorganic forms. PP. 643-698. *In*: A. L. Page (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2. Amer. Soc. of Agron. Madison, WI. USA.
22. Kumar, K., C. J. Rosen and S. C. Gupta. 2002. Kinetics of nitrogen mineralization in soils amended with sugar beet processing by-product. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 33: 3635-3651.
23. Lupway, N. Z., I. Haque, A. R. Saka and D. E. K. A. Siaw. 1998. Lucanea hedgerow inter cropping and cattle manure application in the Ethiopian highlands.II. Maize yield and nutrient uptake. Biol. Fertil. Soils 28: 196-203
24. Mamo, M., C. G. Rosen and T. R. Halbach. 1999. Nitrogen availability and leaching from soil amended with municipal solid waste compost. J. Environ. Qual. 28(4) : 1074-1082.
25. Nelson, D. W. and L. P. Sommers. 1986. Total carbon, organic carbon and organic matter. PP. 539-579. *In*: A. L. Page, (Ed.), Methods of Soil Analysis. Part 2, Amer. Soc. of Agron., Madison, WI. USA.
26. Nyamangara, J. and J. Mzezewa. 1996. Maize growth and nutrient uptake in a Zimbabwean red clay soil amended with anaerobically digested sewage sludge. J. Appl Sci. South Africa. 2(2): 83-89.
27. Okigbo, B. N. 1991. Development of sustainable agriculture production system in Africa. International Institue of Tropical Agriculture, Ibedan, Nigeria.
28. Palada, M. C., A. M. Davis, S. M. A. Crossman and W. Colon. 2000. Growth and yield response of Malabar spinach to levels of dehydrated cow manure application. Proceeding of the 35th Annual Meeting, Caribbean Food Crops Society,Castries, st. lucia, 25-31 July 1999. 178-182. Puerto Rico.
29. Prassad, R. and J. F Power 1997. Soil Fertility Management for Sustainable Agriculture. CRC. Boca Raton, FL.
30. Rogers, B. F., U. Krogmann and L. S. Boyles. 2001. Nitrogen mineralization rates of soils amended with nontraditional organic waste. Soil Sci. 166: 353-363.
31. Serna, M. D. and F. Pomares. 1993. Evaluation of nitrogen availability in a soil treated with organic amendments. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24 (15&16) : 1833-1844.
32. Serna, M. D. and F. Pomares. 1992. Nitrogen mineralization of sludge amended soil. Bioresour. Technol. 39: 285-290.
33. Simon, L. and K. Szente. 2000. Effect of municipal sewage sludge compost on the nitrogen concentration , physiological parameters and yield of maize (*Zea mays* L.). Agrokemia es Talajtan. 49(1&2) : 231-246.
34. Soni, M. L., J. P. Singh and V. Kumar. 1994. Effect of sewage sludge application on the mineralization of nitrogen in soils. J. Indian. Soc. Soil Sci. 42(1): 17-21.
35. Stanford, G. and S. J. Smith. 1972. Nitrogen mineralization potential of soils. Soil Sci. Soc. Amer. J. Proc. 36: 465-472.
36. Unger, P. W. 1994. Residue management - what does the future hold. PP. 425-432. *In*: P. W. Unger (Ed.). Managing Agricultural Residues. Lewis Publishers, Boca Raton, FL.
37. Wong, J. W. C., K. M. Lai, M. Fang and K. K. Ma. 1998. Effect of sewage sludge amendment on soil microbial activity and nutrient mineralization. Environ. Intern. 24(8): 935-943.

[Downloaded from iutjournals.iut.ac.ir on 2024-10-12]

[DOR: 20.1001.1.24763594.1386.11.42.31.5]