نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۸۰۴-۷۹۴

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 794-804

بررسی اثر کیفیت بقایای گیاهی بر روند معدنی شدن نیتروژن در خاک در شرایط رطوبتی متفاوت

الهه برومند رضازاده[۱]، علیرضا کوچکی[۲*]، پرویز رضوانی مقدم[۲]، مهدی نصیری محلاتی[۲] و امیر لکزیان[۳]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۴
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۱/۱۰/۱۶

برومند رضازاده، ا.، کوچکی، ع.، رضوانی مقدم، پ.، نصیری محلاتی، م.، و لکزیان، ا. ۱۳۹۶. بررسی اثر کیفیت بقایای گیاهی بر روند معدنی شدن نیتروژن در خاک در شرایط رطوبتی متفاوت. بوم‌شناسی کشاورزی، ۹(۳): ۷۹۴-۸۰۴.

چکیده

به‌منظور بررسی روند تغییرات نیتروژن معدنی در خاک و چگونگی تأثیرپذیری آن از میزان رطوبت خاک و کیفیت بقایای گیاهی اضافه شده، تحقیقی در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در قالب طرح اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به اجراء درآمد. بقایای گیاهی شامل گندم (*Triticum aestivum* L.)، کلزا (*Brassica napus* L.)، ذرت (*Zea mays* L.)، سویا (*Glycin max* L.) و پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) بود و از خاک بدون بقایا نیز به عنوان شاهد استفاده شد. رطوبت خاک شامل سه سطح۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود. در این مطالعه از روش کیسه لاشبرگ استفاده شد و نمونه‌برداری در طی زمان با فواصل ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۹۰، ۱۴۰، ۱۹۰، ۲۴۰، ۲۹۰، ۳۴۰ و ۳۹۰ روز پس از شروع آزمایش صورت گرفت. نتایج نشان داد که کیفیت بقایا تأثیر به‌سزایی بر میزان نیتروژن معدنی خاک داشت و افزودن بقایای گیاهی سبب غیرمتحرک شدن آن شد. همچنین نیتروژن معدنی در خاک دارای بقایای گیاهی در ابتدای آزمایش (۵۰-۱۰ روز اول بسته به نوع بقایا) کاهش و سپس افزایش یافت. میزان غیرمتحرک شدن نیتروژن در خاک دارای بقایای گندم و پنبه (با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر) بیش از بقایای سایر گیاهان بود. در هیچ یک از خاک‌های دارای بقایای گیاهی، معدنی شدن خالص نیتروژن مشاهده نگردید و بالاترین میزان نیتروژن معدنی مربوط به خاک شاهد بدون بقایا بود. رطوبت خاک نیز به عنوان یکی از عوامل مهم تعیین‌کننده میزان تجزیه بقایا و فعالیت زیست‌توده میکروبی، معدنی شدن نیتروژن را تحت تأثیر قرار داد، به نحوی‌که با افزایش رطوبت خاک میزان نیتروژن معدنی نیز افزایش نشان داد.

واژه‌های کلیدی: ظرفیت زراعی، غیرمتحرک شدن، کیسه لاشبرگ، نسبت C:N

مقدمه

ماده آلی خاک یکی از منابع اصلی کربن، نیتروژن، فسفر و گوگرد خاک بوده (Ajwa & Tabatabai, 1994) و بخش عمده‌ای از ارزش مواد آلی به میزان رهاسازی نیتروژن توسط آن‌ها مربوط می‌شود (Zaccheo et al., 2002). پویایی نیتروژن بسته به ویژگی‌های خاک نظیر بافت و میزان رطوبت، محل قرارگیری بقایا (اختلاط بقایا با خاک یا قرارگیری سطحی) و ماهیت بقایای گیاهی به‌ویژه نسبت کربن به نیتروژن بقایا بسیار متفاوت است (Azam et al., 2005; Zaccheo et al., 2002; Mary et al., 1996; Shafiei et al., 2016).

وجود ترکیبات کربنی که به‌راحتی توسط میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس هستند، میزان معدنی شدن نیتروژن آلی را افزایش می‌دهد درحالی‌که بقایای گیاهی پایدارتر که از میزان لیگنین بالاتری

۱، ۲ و ۳- به ترتیب دانش‌آموخته دکتری اکولوژی گیاهان زراعی، استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات و استاد، گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول: Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51332

برخوردارند به دلیل دارا بودن اثرات حفاظتی، نیتروژن کمتری آزاد می‌سازند (Zaccheo et al., 2002). گرین و بلکمر (Green & Blackmer, 1995) دریافتند که اختلاط بقایای ذرت با خاک سبب غیرمتحرک شدن سریع نیتروژن معدنی موجود در طی فاز سریع تجزیه بقایا شد.

گزارش شده است که در طی تجزیه، نیتروژن بقایای گیاهی غنی از نیتروژن آزاد شده و در خاک تجمع می‌یابد (Azam et al., 1993; Soon & Arshad; 2002). همچنین اختلاط بقایای غیربقولات که در مرحله سبز بودن برداشت شده باشند و نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها کمتر از ۲۵ باشد نیز می‌تواند سبب آزادسازی بخش قابل توجهی از نیتروژن آن‌ها در طی تجزیه شود (Azam et al., 1993; Ibewiro et al., 2000). مندهام و همکاران (Mendham et al., 2004) با بررسی لگوم‌های پوششی و آبیون و همکاران (Abiven et al., 2005) با مطالعه معدنی شدن نیتروژن حاصل از بقایای بخش‌های مختلف گیاه اظهار داشتند که بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن کم در طی دوره تجزیه در خاک سبب معدنی شدن خالص نیتروژن می‌شود.

نتایج آزمایش رئیسی (Raeisi, 2006) نشان داد که میزان نیتروژن معدنی در خاک‌های دارای بقایای مختلف، تفاوت معنی‌داری داشت به‌طوری‌که مقدار نیتروژن معدنی در خاک شاهد نسبت به خاک دارای بقایای گندم بیشتر بود که این امر حاکی از غیرمتحرک شدن نیتروژن به‌دلیل نسبت بالای کربن به نیتروژن بقایای گندم می‌باشد. در مقابل، میزان نیتروژن معدنی در خاک یونجه (*Medicago sativa* L.) بیش از شاهد بود که نشان‌دهنده معدنی شدن خالص نیتروژن به دلیل کیفیت نسبتاً بالای بقایای یونجه بود.

کارا (Kara, 2000) در آزمایش خود تأثیر کیفیت بقایای گیاهی مختلف را بر معدنی شدن نیتروژن مورد بررسی قرار داده و مشاهده نمود که نیتروژن معدنی خاک در ۱۰ روز اول آزمایش به دلیل فعالیت بیولوژیکی بالاتر غیرمتحرک شد اما با ادامه انکوباسیون، میزان نیتروژن معدنی در تمامی تیمارها افزایش یافت. فرانسلوبرز و همکاران (Franzlubbers et al., 1994) نیز گزارش کردند که معدنی شدن خالص نیتروژن در بخش‌های مختلف بقایای لوبیا چشم بلبلی (*Vigna unguiculata* L. Walp.) متفاوت بود به‌نحوی‌که پس از ۶۸ روز، بالاترین میزان معدنی شدن (۷۱/۸ درصد) در گره‌ها (با نسبت کربن به نیتروژن ۶/۵۱) و کمترین آن (۲۴/۴ درصد) در ریشه و ساقه (به‌ترتیب با نسبت کربن به نیتروژن ۲۴/۶ و ۲۶/۳) مشاهده شد.

هنریکسن و برلند (Henriksen & Breland, 1999) اظهار داشتند که از نظر معدنی‌شدن یا غیرمتحرک شدن نیتروژن، تفاوت معنی‌داری بین بقایای گیاهی اضافه شده به خاک نشان داد. در آزمایش ایشان حداکثر غیرمتحرک شدن خالص (۲۱/۶ میلی‌گرم بر گرم کربن اضافه شده) در ساقه کلزا و حداکثر معدنی شدن خالص (۵۱/۳ میلی‌گرم نیتروژن بر گرم کربن اضافه شده) در بقایای شبدر سفید (*Trifolium repens* L.) مشاهده گردید.

از آن‌جایی که میزان آزادسازی نیتروژن توسط بقایای گیاهی و نیز تغییرات نیتروژن معدنی خاک تا حد زیادی به نوع بقایای اضافه شده و نیز میزان رطوبت خاک بستگی دارد، لذا هدف از این آزمایش بررسی تأثیر کیفیت بقایای پنج نوع گیاه زراعی و نیز شرایط رطوبتی خاک بر معدنی شدن نیتروژن بود.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به‌صورت اسپلیت پلات در زمان بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجراء شد. بقایای گیاهی استفاده شده شامل گندم، کلزا، ذرت، سویا و پنبه بود که پس از برداشت محصول از مزرعه جمع‌آوری گردید. از خاک بدون بقایا نیز به‌عنوان شاهد استفاده شد. رطوبت خاک شامل سطح ۳۰، ۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی بود که به روش وزنی اعمال گردید. بقایای گیاهی و رطوبت خاک به‌صورت فاکتوریل در کرت اصلی و زمان در کرت فرعی منظور شد. در این آزمایش از روش کیسه لاشبرگ[۱] استفاده شد و ۱/۲ گرم بقایای گیاهی خرد شده (به قطعات یک سانتی‌متری) شامل اندام هوایی و ریشه گیاه (نسبت اندام هوایی به ریشه در بقایای گیاهی در جدول ۲ آورده شده است) در داخل کیسه‌های توری (با منافذی به قطر ۰/۵ میلی‌متر) ریخته شده و درون ظرف‌های پلاستیکی حاوی ۱۰۰ گرم خاک عبور داده شده از الک دو میلی‌متری قرار داده شدند. برای تیمار شاهد از کیسه بدون بقایا استفاده گردید. سپس ظروف درون ژرمیناتور با دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد و شرایط تاریکی قرار گرفتند. به‌منظور تهویه مناسب و در عین حال، جلوگیری از خشک شدن سریع خاک، بر روی درب ظروف سوراخ‌هایی ایجاد و سپس درب ظرف‌ها بسته شد. خصوصیات خاک و بقایای گیاهی مورد استفاده در جداول ۱ و ۲ ارائه شده است.

۱- Litter bag

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

Table 1- Selected soil physical and chemical characteristics

شن Sand	رس Clay	سیلت Silt	pH	کربن آلی (درصد) Organic carbon (%)	نیتروژن کل (گرم بر کیلوگرم) Total nitrogen ($g.kg^{-1}$)	نیتروژن معدنی (گرم بر کیلوگرم) Mineral Nitrogen ($g.kg^{-1}$)	کربنات (گرم بر کیلوگرم) Carbonate ($g.kg^{-1}$)	ظرفیت نگهداری آب خاک (درصد) Water holding capacity (%)
32	16	52	8	0.8	0.6	0.014	152.5	18.4

جدول ۲- ویژگی‌های شیمیایی و نسبت ریشه به ساقه در بقایای گیاهی

Table 2- Chemical properties and root: shoot ratio of plant residues

خصوصیات بقایا Parameters	گندم Wheat	کلزا Oilseed rape	ذرت Maize	سویا Soybean	پنبه Cotton
کربن کل (گرم بر کیلوگرم) Total carbon ($g.kg^{-1}$)	393	400. 50	409.5	405	412.5
نیتروژن کل (گرم بر کیلوگرم) Total nitrogen ($g.kg^{-1}$)	3	5.9	4.7	7	4.3
نسبت کربن به نیتروژن Carbon to nitrogen ratio	131	67.88	87.13	57.84	95.93
لیگنین (درصد) Lignin (%)	10.17	11.81	16.9	13.97	17.53
سلولز (درصد) Cellulose (%)	41.22	46.86	24.88	41.42	50.28
همی سلولز (درصد) Hemi- cellulose (%)	30.11	13.58	26.75	14.93	15.13
نسبت ریشه به ساقه Root: shoot ratio	0.43	0.35	0.35	0.39	0.49

جهت اندازه‌گیری نیتروژن معدنی، نمونه‌برداری در طی زمان با فواصل ۱۰، ۲۰، ۵۰، ۹۰، ۱۴۰، ۱۹۰، ۲۴۰، ۲۹۰، ۳۴۰ و ۳۹۰ روز پس از شروع آزمایش صورت گرفت. در هر نمونه‌برداری بقایای گیاهی پس از خشک شدن خاک در معرض هوا جدا شده و سپس نیتروژن معدنی خاک با استفاده از دستگاه کجلدال و پس از عصاره‌گیری خاک با کلرید پتاسیم دو مولار (نسبت ۱ به ۱۰ خاک به کلرید پتاسیم) اندازه‌گیری شد. نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص و سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن به ترتیب با استفاده از معادلات ۱ و ۲ به‌دست آمد:

نیتروژن معدنی در روز صفر − نیتروژن معدنی در هر نمونه‌گیری = نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص معادله (۱)

طول دوره آزمایش/ میزان نیتروژن معدنی شده = سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن معادله (۲)

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد انجام شد. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel و SlideWrite استفاده گردید.

نتایج و بحث

میانگین مربعات میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در تیمارهای مختلف در جدول ۳ ارائه شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود نیتروژن معدنی به‌طور معنی‌داری ($p\leq$ ۰/۰۱) تحت تأثیر تمامی تیمارهای آزمایش قرار گرفت. از نظر تأثیر رطوبت خاک بر مقدار نیتروژن معدنی (شکل ۱) ملاحظه می‌شود که در هر سه تیمار رطوبتی در ابتدای دوره آزمایش، نیتروژن معدنی تقریباً ثابت بود و سپس افزایش نشان داد. بیشترین میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در پایان آزمایش مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن نیز مربوط به تیمار ۳۰ درصد ظرفیت زراعی بود (به‌ترتیب ۵۹/۹ و ۲۶/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک). سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن نیز در بین تیمارهای مختلف رطوبتی تفاوت معنی‌داری داشت به‌نحوی‌که به موازات خشک‌تر شدن خاک، سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن کاهش نشان داد (شکل ۲).

کمتر بودن میزان نیتروژن معدنی در تیمارهای رطوبتی پایین‌تر، می‌تواند به فعالیت کمتر زیست‌توده میکروبی در این تیمارها مربوط باشد. معدنی شدن نیتروژن که فرآیند تغییر شکل نیتروژن آلی به نیتروژن معدنی است، تا حد زیادی به شرایط خرد اقلیم خاک شامل رطوبت و دما که فعالیت زیست‌توده میکروبی خاک را تنظیم می‌کنند بستگی دارد. مناسب بودن رطوبت خاک سبب افزایش جمعیت و فعالیت زیست‌توده میکروبی خاک شده و بنابراین، میزان معدنی شدن نیتروژن افزایش می‌یابد (Nicolardot Stark & Firestone, 1996 et al., 1994, 2001;).

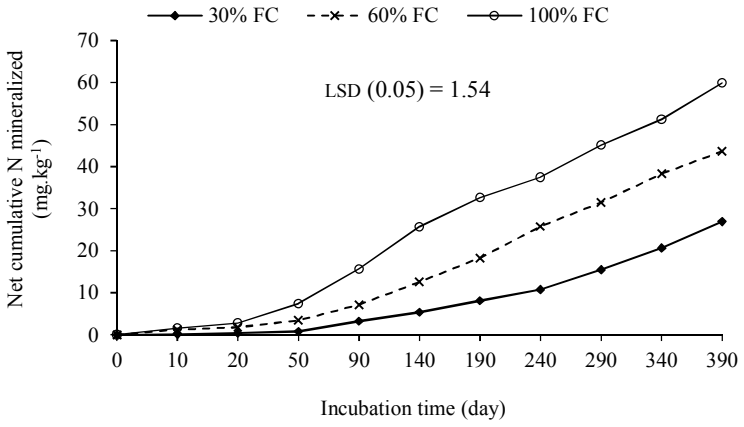
جدول ۳- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در تیمارهای مختلف رطوبت خاک، بقایای گیاهی و زمان

Table 3- Analysis of variance (mean of squares) of net cumulative mineral nitrogen in different treatments including soil moisture, plant residue and time

منبع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص Net cumulative mineral nitrogen
رطوبت خاک Soil moisture	2	9097.2 **
بقایای گیاهی Plant residue	5	5932.2 **
رطوبت × بقایا Moisture× residue	10	211.0 **
خطای اصلی Main error	18	26.5
زمان Time	10	8765.5 **
رطوبت × زمان Moisture× time	20	517.5 **
بقایا × زمان Residue× time	50	141.9 **
رطوبت × بقایا× زمان Moisture× residue× time	100	12.0 **
خطای فرعی Sub error	180	3.7

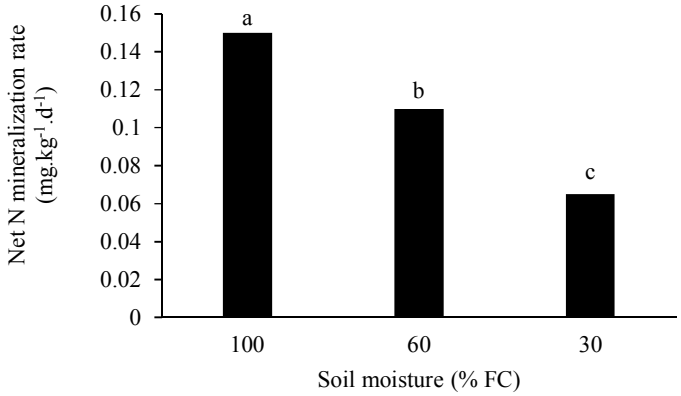
**: معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

**: significant at 1% probability level



شکل ۱- میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در رطوبت‌های مختلف خاک در طی ۳۹۰ روز

Fig. 1– Net cumulative N mineralized in different soil moistures in 390 days of incubation



شکل ۲- سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن در تیمارهای مختلف رطوبت خاک

Fig. 2- Net N mineralization rate in different soil moistures

میانگین‌های دارای حروف مشترک بر اساس آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

FC: ظرفیت زراعی

Means with the same letter are not significantly different at 5% level of probability level.

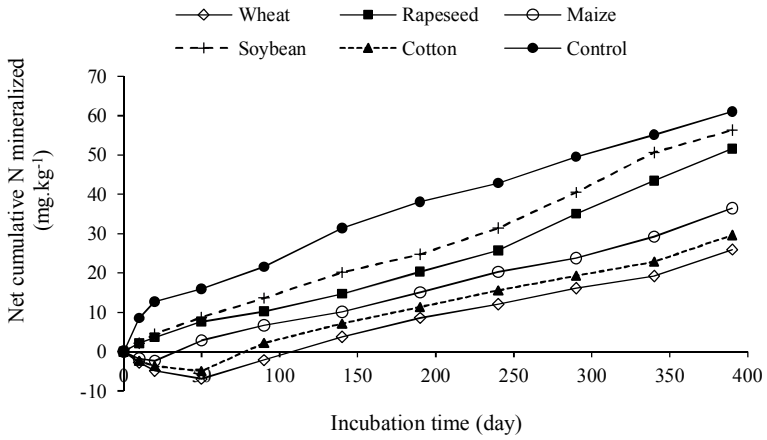
FC: Field Capacity

گزارش وانگ و همکاران (Wang et al., 2006) حاکی از آن بود که بالاترین میزان معدنی شدن نیتروژن در رطوبت‌های نزدیک به ظرفیت زراعی صورت پذیرفت. این پژوهشگران در طی آزمایش خود، معدنی شدن خالص نیتروژن را در خاک سه منطقه مختلف بررسی و مشاهده کردند که با افزایش رطوبت خاک، معدنی شدن نیتروژن نیز افزایش نشان داد. همچنین نیتروژن معدنی با گذشت زمان در خاک تجمع یافت. این امر در مطالعات سایر پژوهشگران نیز نشان داده شده است (Knoepp & Swank, 2002; De Neve & Hofman, 2003; Amador et al., 2005). روند افزایشی تجمع این عنصر در خاک در طی زمان به فقدان جذب توسط گیاه و عدم آبشویی در مطالعات آزمایشگاهی مربوط است (Sierra, 1997).

میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در خاک‌های دارای بقایای گیاهی و نیز خاک شاهد بدون بقایا در طی دوره آزمایش در شکل ۳ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، با گذشت زمان میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک شاهد بدون بقایا افزایش یافت و در روز ۳۹۰ ام به ۶۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم رسید، اما در خاک‌های دارای بقایای گیاهی روند مشاهده شده متفاوت بود. در این تیمارها تغییرات نیتروژن معدنی دارای دو فاز مشخص بود: مرحله اول که شامل غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی بود و مدت و شدت این دوره به نوع بقایا و بویژه میزان نیتروژن اولیه آن بستگی داشت. مرحله دوم که تا پایان آزمایش ادامه یافت، مرحله معدنی شدن بود. غیرمتحرک شدن نیتروژن برای بقایای با نیتروژن کمتر بیش از بقایای با نیتروژن بالاتر بود. حداکثر غیرمتحرک شدن برای بقایای گندم و پس از آن پنبه (به‌ترتیب ۷- و ۵/۲- میلی‌گرم بر کیلوگرم خاک) اتفاق افتاد.

تغییرات نیتروژن معدنی در طی زمان در مطالعات مختلف مورد مطالعه قرار گرفته است. پالم و همکاران (Palm et al., 2001) گزارش کردند زمانی‌که بقایای گیاهی با نسبت کربن به نیتروژن بیش از ۲۵ به خاک اضافه شوند، نیتروژن معدنی قابل دسترس خاک در طی چند هفته اول تجزیه غیرمتحرک می‌شود. اعظم و همکاران (Azam et al., 2005) نیز با بررسی روند آزادسازی نیتروژن معدنی در طی تجزیه بقایای گیاهی اظهار داشتند که در تیمارهای دارای بقایای گیاهی، میزان نیتروژن معدنی خاک در طی دو هفته اول آزمایش کاهش و سپس افزایش یافت. میزان غیرمتحرک شدن برای بقایای سسبانیا (*Sesbania* sp.) با پایین‌ترین نسبت کربن به نیتروژن، کمتر از گندم و ذرت بود. ساکالا و همکاران (Sakala et al., 2000) با مطالعه آزادسازی نیتروژن در خاک‌های دارای بقایای دال عدس (*Cajanus cajan* L.)، ذرت و مخلوط ذرت و دال عدس بیان داشتند که در چهار هفته اول در تمامی تیمارها غیرمتحرک شدن نیتروژن اتفاق افتاد. پس از گذشت چهار هفته در خاک‌های دارای بقایای دال عدس، معدنی شدن مجدد نیتروژن مشاهده شد هرچند که هنوز نسبت به خاک شاهد غیرمتحرک شدن خالص نیتروژن وجود داشت.

در مقابل در خاک‌های دارای بقایای ذرت و مخلوط ذرت و دال عدس، تا ۱۳۰-۱۱۰ روز غیرمتحرک شدن نیتروژن ادامه یافت و پس از این مدت معدنی شدن مجدد نیتروژن در تیمار مخلوط مشاهده گردید.

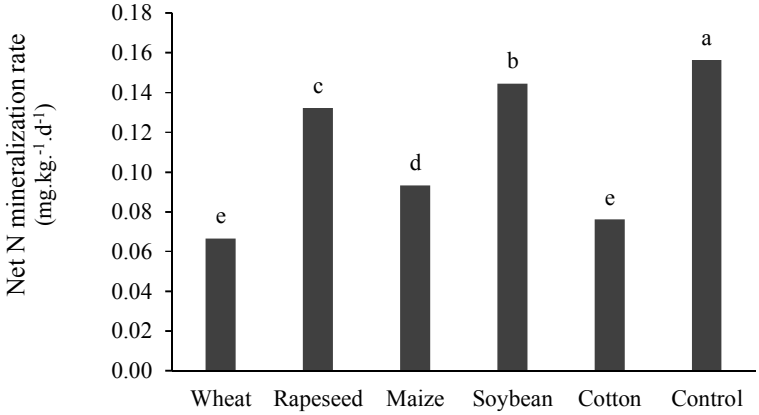


شکل ۳- میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک شاهد و خاک‌های دارای بقایای گیاهی مختلف در طی ۳۹۰ روز
Fig. 3- Net cumulative N mineralized in different amended soils and control in 390 days of incubation

غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی از فعالیت زیست‌توده میکروبی در طی تجزیه بقایا ناشی می‌شود. زمانی‌که بقایای گیاهی به خاک افزوده می‌شود، میزان زیست‌توده میکروبی خاک افزایش یافته که این افزایش با مصرف نیتروژن معدنی خاک که به‌راحتی برای میکروارگانیسم‌ها قابل دسترس است همراه می‌باشد. در بقایایی که از نسبت کربن به نیتروژن پایین‌تری برخوردارند، در حین تجزیه بقایا نیتروژن معدنی شده و به خاک اضافه می‌شود ولی در بقایای با نسبت کربن به نیتروژن بالا، نیتروژن معدنی آزاد شده از بقایا توسط میکروارگانیسم‌ها مصرف شده و غیرمتحرک شدن ادامه می‌یابد. در ادامه با گذشت زمان و تجزیه بخش‌های با تجزیه‌پذیری بالا، بخشی از زیست‌توده میکروبی از بین رفته که این امر سبب بازچرخش نیتروژن موجود در پیکره آن‌ها و افزایش نیتروژن معدنی خاک می‌گردد.

هموونگ و همکاران (Hemwong et al., 2008) گزارش کردند که کاهش نیتروژن معدنی خاک در تیمار اختلاط بقایا در روز ۱۴ که همزمان با افزایش نیتروژن زیست‌توده میکروبی خاک بود نشان می‌دهد که تجزیه بقایای گیاهی به‌دلیل بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن از نظر نیتروژن دچار محدودیت‌هایی گردید. پس از آن معدنی شدن بالای خالص نیتروژن با کاهش نیتروژن زیست‌توده میکروبی همراه بود که نشان می‌دهد نیتروژن معدنی شده از بازچرخش نیتروژن میکروبی حاصل شده است (Ambus & Jensen, 2001). فرانسلوبرز و همکاران (Franzlubbers et al., 1994) گزارش کردند که نیتروژن معدنی شده تجمعی با اندازه زیست‌توده میکروبی فعال همبستگی منفی نشان داد و حداقل نیتروژن معدنی همزمان با حداکثر اندازه زیست‌توده میکروبی فعال مشاهده شد که به‌عقیده پژوهشگران ناشی از غیرمتحرک شدن نیتروژن توسط زیست‌توده میکروبی جدید بوده است.

همچنین در تمامی دوره ۳۹۰ روزه آزمایش، میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در تیمارهای دارای بقایای گیاهی کمتر از خاک شاهد بدون بقایا بود (شکل ۳). در بین تیمارهای دارای بقایای گیاهی در پایان آزمایش، بالاترین میزان نیتروژن معدنی در خاک دارای بقایای سویا و کمترین آن در خاک با بقایای گندم مشاهده گردید (به‌ترتیب ۵۶/۳ و ۲۵/۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم). از نظر سرعت معدنی شدن نیتروژن نیز پس از تیمار شاهد بدون بقایا، بالاترین سرعت مربوط به خاک دارای بقایای سویا (۰/۱۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم بر روز) و کمترین آن مربوط به بقایای گندم و پنبه بود که اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل ۴).



شکل ٤- سرعت معدنی شدن خالص نیتروژن در خاک شاهد بدون بقایا و خاک‌های دارای بقایای گیاهی مختلف

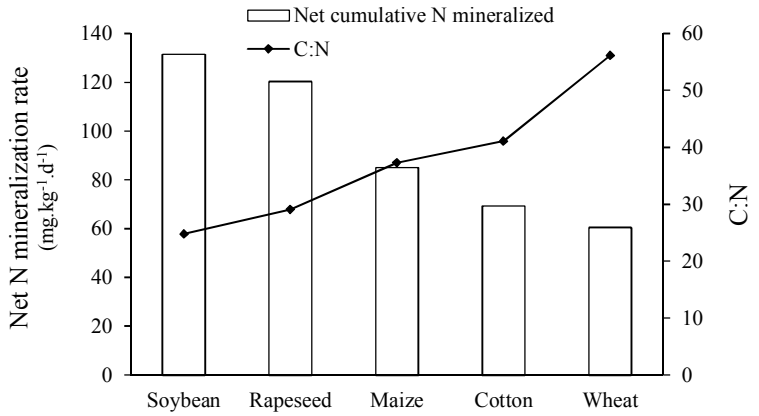
Fig. 4- Net N mineralization rate in different amended soils and control

میانگین‌های دارای حرف مشترک به لحاظ آماری در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار نیستند.

Means with the same letter are not significantly different in 5% probability level.

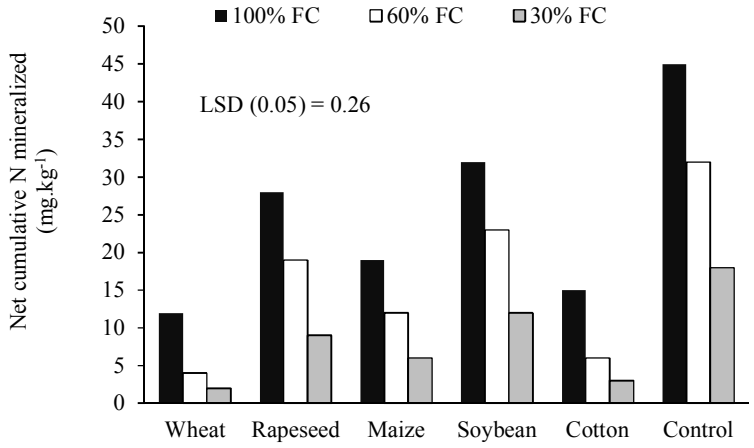
از آن‌جایی که بقایای گیاهی مورد استفاده در این آزمایش در مرحله رسیدگی و پس از برداشت محصول از مزرعه جمع‌آوری شده و نیز ترکیبی از اندام‌های هوایی و ریشه گیاه بودند، نسبت کربن به نیتروژن آن‌ها بالا بود و به همین علت در کل دوره آزمایش معدنی شدن خالص نیتروژن مشاهده نگردید، اما در مقایسه بین پنج نوع بقایای گیاهی، ملاحظه می‌گردد که با کاهش کیفیت بقایا و افزایش نسبت کربن به نیتروژن، میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در پایان آزمایش و نیز سرعت معدنی شدن نیتروژن کاهش نشان داد (شکل‌های ۵ و ۶).

اثر متقابل رطوبت خاک و بقایای گیاهی بر نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص در شکل ۶ نشان داده شده است. همان‌گونه که مشاهده می‌شود، بالاترین میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی در خاک شاهد و رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی حاصل شد. در خاک‌های دارای بقایای گیاهی نیز بالاترین نیتروژن معدنی‌شده تجمعی در خاک دارای بقایای سویا و رطوبت ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی و کمترین آن در خاک دارای بقایای گندم با رطوبت ۳۰ درصد ظرفیت زراعی به‌دست آمد. پایین بودن رطوبت خاک به عنوان یک عامل اصلی در فعالیت زیست‌توده میکروبی و نیز بالا بودن نسبت کربن به نیتروژن بقایای گندم عواملی هستند که سبب می‌گردند نیتروژن معدنی شده تجمعی در این تیمار نسبت به سایر تیمارهای مورد بررسی کمتر باشد.



شکل ٥- رابطه بین کیفیت بقایای گیاهی مختلف و نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص

Fig. 5- Relationship between different residue quality and net cumulative N mineralized



شکل ٦- اثر متقابل رطوبت خاک و بقایای گیاهی مختلف بر میزان نیتروژن معدنی شده تجمعی خالص

FC: ظرفیت زراعی

Fig. 6– Interactive effects of soil moisture and different plant residues on net cumulative N mineralized

FC: Field Capacity

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی، نتایج این آزمایش نشان داد که کیفیت بقایا تأثیر به‌سزایی بر میزان نیتروژن معدنی خاک داشته و بقایای با نسبت کربن به نیتروژن بالاتر سبب غیرمتحرک شدن نیتروژن معدنی خاک گردید. رطوبت خاک نیز که از عوامل مهم تعیین‌کننده میزان تجزیه بقایا و فعالیت زیست‌توده میکروبی خاک است، نقش مهمی در معدنی شدن نیتروژن ایفاء نمود به‌طوری‌که در تیمارهای با رطوبت بالاتر میزان نیتروژن معدنی بیشتر بود.

منابع

Abiven, S., Recous, S., Reyes, V., and Oliver, V. 2005. Mineralisation of C and N from root, stem and leaf residues in soil and role of their biochemical quality. Biology and Fertility of Soils 42: 119-128.

Ajwa, H.A., and Tabatabai, M.A. 1994. Decomposition of different organic materials in soils. Biology and Fertility of Soils 18: 175-182.

Amador, J.A., Görres, J.H., and Savin, M.C. 2005. Role of soil water content in the carbon and N dynamics of *Lumbricus terrestris* L. burrow soil. Applied Soil Ecology 28: 15-22.

Ambus, P., and Jensen, E.S. 2001. Crop residue management strategies to reduce N losses-interaction with crop N supply. Communications in Soil Science and Plant Analysis 32: 981-996.

Azam, F., Simmons, F.W., and Mulvaney, R.L. 1993. Mineralization of N from plant residues and its interaction with native soil N. Soil Biology and Biochemistry 25: 1787-1792.

Azam, F., Sajjad, M.H., Lodhi, A., and Qureshi, R.M. 2005. Changes in forms of N During decomposition of leguminous/non-leguminous plant residues in soil and fate of ^{15}N-labelled fertilizer applied to wheat (*Triticum aestivum* L.). Asian Journal of Plant Sciences 4: 392-400.

De Neve, Hartmann, R., and Hofman, G. 2003. Temperature effects on N mineralizing: changes in soil solution composition and determination of temperature coefficients by TDR. European Journal of Soil Science 54: 49-61.

Fosu, M., Kühne, R.F., and Vlek, P.L.G. 2007. Mineralization and microbial biomass dynamics during decomposition of four leguminous residues. Journal of Biological Sciences 7: 632-637.

Franzlubbers, K., Weaver, R.W., Juo, A.S.R., and Franzluebbers, A.J. 1994. Carbon and nitrogen mineralization from cowpea plants part decomposing in moist and in repeatedly dried and wetted soil. Soil Biology and Biochemistry 26: 1379-1387.

Green, C.J., and Blackmer, A.M. 1995. Residue decomposition effects on nitrogen availability to corn following corn or

soybean. Soil Science Society of America Journal 59: 1065-1070.

Hemwong, S., Cadisch, G., Toomsan, B., Limpinuntana, V., Vityakon, P., and Patanothai, A. 2008. Dynamics of residue decomposition and N_2 fixation of grain legumes upon sugarcane residue retention as an alternative to burning. Soil and Tillage Research 99: 84-97.

Henriksen, T.M., and Breland, T.A. 1999. Evaluation of criteria for describing crop residue degradability in a model of carbon and nitrogen turnover in soil. Soil Biology and Biochemistry 31: 1135-1149.

Ibewiro, B., Sanginga, N., Vanlauwe, B., and Merckx, R. 2000. Nitrogen contributions from decomposing cover crop residues to maize in a tropical derived savanna. Nutrient Cycling in Agroecosystems 57: 131-140.

Kara, E.E. 2000. Effects of some plant residues on nitrogen mineralization and biological activity in soils. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 24: 457-460.

Knoepp, J.D., and Swank, W.T. 2002. Using soil temperature and moisture to predict forest soil nitrogen mineralization. Biology and Fertility of Soils 36: 177-182.

Mary, B., Recous, S., Darwis D., and Robin, D. 1996. Interactions between decomposition of plant residues and nitrogen cycling in soil. Plant and Soil 181: 71-82.

Mendham, D.S., Kumaraswamy, S., Balasundaran, M., Sankaran, K.V., Corbeels, M., Grove, T.S., O'Connell A.M., and Rance, S.J. 2004. Legume cover cropping effects on early growth and soil nitrogen supply in eucalypt plantations in south-western India. Biology and Fertility of Soils 39: 375-382.

Nicolardot, B., Fauvet, G., and Cheneby, D. 1994. Carbon and nitrogen cycling through soil microbial biomass at various temperatures. Soil Biology and Biochemistry 26: 253-261.

Nicolardot, B., Recous, S., and Mary, B. 2001. Simulation of C and N mineralization during crop residue decomposition: a simple dynamics model based on the C:N ratio of the residue. Plant and Soil 228: 83-103.

Nicolardot, B., Bouziri, L., Bastian, F., and Ranjard, L. 2007. A microcosm experiment to evaluate the influence of location and quality of plant residues on residue decomposition and genetic structure of soil microbial communities. Soil Biology and Biochemistry 39: 1631-1644.

Palm, C.A., Gachengo, C., Delve, R., Cadisch, G., and Giller, K.E. 2001. Organic inputs for soil fertility management in tropical agroecosystems: application of an organic resource database. Agriculture, Ecosystems and Environment 83: 27-42.

Raiesi, F. 2006. Carbon and N mineralization as affected by soil cultivation and crop residue in a calcareous wetland ecosystem in Central Iran. Agriculture, Ecosystems and Environment 112: 13-20.

Shafiei, S., Golchin, A., and Delavar, M.A. 2016. Effect of residue nitrogen concentration and time duration on carbon mineralization rate of alfalfa residues in regions with different climatic conditions. Journal of Agroecology 8(3): 397-416. (In Persian with English Summary)

Sakala, W.D., Cadisch, G., and Giller, K.E. 2000. Interactions between residues of maize and pigeonpea and mineral N fertilizers during decomposition and N mineralization. Soil Biology and Biochemistry 32: 679-688.

Sierra, J. 1997. Temperature and soil moisture dependent of N mineralization in intact soil cores. Soil Biology and Biochemistry 29: 1557-1563.

Soon, Y.K., and Abboud, S. 2002. Comparison of the decomposition and N and P mineralization of canola, pea and wheat residues. Biology and Fertility of Soils 36: 1017-1026.

Stark, J.M., and Firestone, M.K. 1996. Kinetic characteristics of ammonium oxidizer communities in a California oak woodland-annual grassland. Soil Biology and Biochemistry 28: 1307-1317.

Wang, C., Wan, S., Xing, X., Zhang, L., and Han, X. 2006. Temperature and soil moisture interactively affected soil net N mineralization in temperate grassland in Northern China. Soil Biology and Biochemistry 38: 1101-1110.

Zaccheo, P., Cabassia, G., Riccab, G., and Crippaa, L. 2002. Decomposition of organic residues in soil: experimental technique and spectroscopic approach. Organic Geochemistry 33: 327-345.

Journal of Agroecology
Vol. 9, No. 3, Fall 2017, p. 794-804

نشریه بوم شناسی کشاورزی
جلد ۹، شماره ۳، پاییز ۱۳۹۶، ص. ۸۰۴-۷۹۴

Net Nitrogen Mineralization as Affected by Residue Quality and Soil Moisture

E. Boroumand Rezazadeh[1], A. Koocheki[2*], P. Rezvani Moghaddam[2], M. Nassiri Mahallati[2] and A. Lakzian[3]

Submitted: 04-09-2012
Accepted: 05-01-2013

Boroumand Rezazadeh, E., Koocheki, A., Rezvani Moghddam, P., Nassiri Mahallati, M., and Lakzian, A. 2017. Net nitrogen mineralization as affected by residue quality and soil moisture. Journal of Agroecology 9(3): 794-804.

Introduction

Soil organic matter is one of the main sources of carbon, nitrogen, phosphorus and sulfur and the agronomic value of organic materials depends on their nitrogen release. Nitrogen dynamics varies considerably depending on soil properties (e.g. soil texture and moisture content), residue location (incorporation or surface placement residues) and intrinsic characteristics of residues, especially carbon to nitrogen ratio. The presence of carbonaceous compounds easily accessible by microorganisms increases organic nitrogen mineralization whereas more recalcitrant organic residues with large amounts of lignin reduce nitrogen release. Nitrogen content of residue which is rich in N releases and accumulates in soil during decomposition. Considerable portion of nitrogen content of non-leguminous residues harvested at green stage, with C/N ratio lower than 25, might be also released when the residues are incorporated into the soil.

Material and Methods

In order to study the nitrogen mineralization patterns of residues with different qualities and soil moisture contents, an experiment was conducted at Faculty of Agriculture, Ferdowsi university of Mashhad, Iran as slit-plot in time arrangement based on a completely randomized design with three replications. Five mature plant residues including wheat (*Triticum aestivum* L.), oilseed rape (*Brassica napus* L.), maize (*Zea mays* L.), soybean (*Glycine max* L.) and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) were used. Un-amended soil was considered as control. Soil moisture consisted of three levels of 30, 60 and 100 percentage of field capacity. Litterbag method was used and sampling was conducted in 10, 20, 50, 90, 140, 190, 240, 290, 340 and 390 days after incubation (25°C and darkness) to measure mineral nitrogen. Net cumulative N mineralized was calculated as the difference between mineral nitrogen in each sampling and at day 0 and net N mineralization rate was defined as mineralized nitrogen divided by incubation period. Data analysis was performed using Minitab 16. Means were compared by Duncans' test at a significance level of 0.05.

Results and Discussion

Results indicated that soil mineral nitrogen was almost the same in all three levels of soil moisture in early day of the experiment and increased during incubation period. Mineral nitrogen was significantly affected by residue quality and soil moisture content. Soil moisture as a key factor in residue decomposition and microbial biomass activity affected nitrogen mineralization as the highest (59.9 $mg.kg^{-1}$) and lowest (26.9 $mg.kg^{-1}$) mineral nitrogen was found in soil moisture content of 100 and 30% FC, respectively. Net cumulative N mineralized was increased in un-amended control soil during the incubation period and reached to 61 $mg.kg^{-1}$ in day 390 but a different trend was observed in amended soils. In these treatments mineral nitrogen changes had two distinct phases: the first phase included mineral nitrogen immobilization and the intensity and duration of this phase was related to residue type and especially their initial nitrogen content. The second phase lasted to the end of the incubation period, included nitrogen mineralization. Soil amendment with plant residue led to soil nitrogen immobilization. The highest immobilization was observed in soils containing wheat (-7 $mg.kg^{-1}$) and cotton (-5.2 $mg.kg^{-1}$) residues (containing high carbon to nitrogen ratio). No net N mineralization was found in amended soils. The highest net N mineralization rate was found in control followed by soils amended with soybean residues (0.14 $mg.kg^{-1}.d^{-1}$) and the lowest in soils amended with wheat and cotton.

Conclusion

1, 2 and 3- PhD in Crop Ecology, Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding and Professor, Department of Soil Sciences, Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran, respectively.
(*- Corresponding author Email: akooch@um.ac.ir)
DOI:10.22067/jag.v9i3.51332

Results of the present study indicated that the net N mineralization rate and soil mineral nitrogen was significantly affected by residue quality and residues with higher nitrogen content led to nitrogen immobilization. Soil moisture also played an important role in nitrogen mineralization as higher mineral nitrogen was found in soils with higher moisture content.

Keywords: C:N Ratio, Field Capacity, Immobilization, Litterbag, Net Cumulative-N Mineralized