

سنیتیک معدنی شدن نیتروژن آلی خاک در دو سطح دمایی و رطوبتی

صاحب سودایی مشاعی، ناصر علی اصغرزاده و شاهین اوستان

به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، استادیار و استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز.

ssoodaie78@gmail.com

مقدمه

دانستن سرعت معدنی شدن نیتروژن از منابع مختلف آلی یک فاکتور کلیدی برای تعیین نیاز کودی نیتروژن با حداقل اثرات منفی زیست محیطی است. بیش از ۹۷ درصد نیتروژن خاک به شکل آلی است (۱۰). فرآیند معدنی شدن نیتروژن یکی از مهم‌ترین فرآیندهای چرخه نیتروژن است که بخشی از آن در خارج از سلول‌های زنده به وسیله آنزیم‌های برون سلولی و بخشی از آن در داخل سلول‌های میکروبی زنده انجام شده و نخستین محصول معدنی نیتروژن دار آمونیوم می‌باشد (۴). سیئرا (۵) دریافت که با افزایش دما و کاهش پتانسیل آب، معدنی شدن نیتروژن (آمونیفیکاسیون) افزایش می‌یابد و تاثیر دما بیشتر از تاثیر رطوبت خاک است.

برای درک مبانی واکنش‌های یونی در خاک، مطالعات سنیتیکی اساسی و اجتناب‌ناپذیر می‌باشند (۹). مدل‌سازی سنیتیک معدنی شدن نیتروژن در خاک معمولاً مستلزم پیش‌بینی جزء فعال از نیتروژن آلی یا کل (به اصطلاح نیتروژن قابل معدنی شدن بالقوه) و ثابت سرعت می‌باشد (۳). اهداف این تحقیق؛ برآزش مدل‌های سنیتیکی با داده‌ها و انتخاب بهترین مدل، تعیین بیشترین مقدار نیتروژن معدنی شده در طول انکوباسیون و مشخص نمودن تأثیر دما و رطوبت بر سرعت معدنی شدن نیتروژن آلی می‌باشد.

مواد و روشها

خاک مورد آزمایش از عمق ۰-۱۵ سانتی‌متری مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز (ایستگاه تحقیقات خلعت‌پوشان) نمونه‌برداری گردیده و پس از عبور دادن از الک ۲ میلی‌متری، تیمارهای رطوبتی (۵۰٪ و ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای) با اضافه کردن آب مقطر تنظیم گردید. و آنگاه به مدت ۹۰ روز در دو سطح دمایی ۸ و ۲۵ درجه سانتیگراد در انکوباتورهای جداگانه نگهداری شدند. در روزهای ۰ (اولیه)، ۲، ۴، ۹، ۱۶، ۲۳، ۳۰، ۴۵، ۶۵ و ۹۰ پس از شروع انکوباسیون (۸)، پنج گرم خاک از گلدان‌ها نمونه‌برداری شد و سپس به آن ۵۰ میلی‌لیتر محلول سولفات پتاسیم یک درصد اضافه گردید و به مدت یک ساعت شیک شد (با سرعت ۱۹۰ دور در دقیقه). بعد از عصاره‌گیری، مقادیر آمونیوم و نیترات موجود در عصاره‌ها به روش اسپکتروفتومتری اندازه‌گیری گردید (۲) و معدنی شدن نیتروژن با استفاده از فرمول
$$N_{min}(mgN/kg) = [(NO_3^- - N) + (NH_4^+ - N)]_a - [(NO_3^- - N) + (NH_4^+ - N)]_b$$
 که در آن $[(NO_3^- - N) + (NH_4^+ - N)]_a$ مقادیر نیترات و آمونیوم تیمارها در هر زمان اندازه‌گیری و $[(NO_3^- - N) + (NH_4^+ - N)]_b$ مقادیر نیترات و آمونیوم اولیه تیمارها و N_{min} ، کل نیتروژن معدنی شده هستند (۲) مقدار نیتروژن قابل معدنی شدن بالقوه (N_0) و ثابت‌های سرعت (h,p,k) با استفاده از روش رگرسیون غیر خطی که توسط اسمیت و همکاران (۸) ارائه شده برآورد شدند، با استفاده از نرم‌افزار Excell و Curve Expert (V. 1.3) داده‌ها با مدل‌های سنیتیکی مختلف برآزش داده شد (جدول ۱) و ضرایب همبستگی و ثابت‌های معادله‌های مربوط محاسبه گردید.

جدول ۱- مدل‌های سنتیکی برازش یافته به داده‌ها

شماره	مدل	معادله	منبع
۱	مرتبه صفر (خطی)	$N_{min} = b_0 + k_0t$	Addiscott(1983)
۲	نمایی	$N_{min} = N_0e^{kt}$	Ringuelet and Bachmeire (2002)
۳	لگاریتمی	$N_{min} = N_0 + k \ln(t)$	Marion and Black(1987)
۴	توانی	$N_{min} = N_0t^k$	Broadbent (1986)
۵	مرتبه اول	$N_{min} = N_0[1 - e^{-kt}]$	Stanford and smith(1972)
۶	سه‌موی	$N_{min} = N_0t/(kN_0 + t)$	Juma et al. (1984)
۷	مدل گمپرتز	$N_{min} = N_0e^{-\text{hexp}(-kt)} - N_0e^{-h}$	Simard and Ndayegamiye (1993)
۸	مدل مرتبه صفر - مرتبه اول	$N_{min} = N_0[1 - e^{-kt}] + k_0t$	Bonde and Rosswall(1987)
۹	مدل الوویچ	$N_{min} = (1/k)\ln(N_0/k)\ln t$	Sparks (1988)

نتایج و بحث

مدل‌های سنتیکی ذکر شده در جدول شماره ۱ برای داده‌های نیتروژن معدنی شده برازش یافته و پارامترهای موجود در مدل و ضرایب همبستگی آنها محاسبه شد. مدل‌های سنتیکی مرتبه اول ($N_{min} = N_0[1 - e^{-kt}]$)، گمپرتز ($N_{min} = N_0e^{-\text{hexp}(-kt)} - N_0e^{-h}$) و ترکیب مرتبه صفر - مرتبه اول ($N_{min} = N_0[1 - e^{-kt}] + pt$) دارای ضریب همبستگی بیشتر و خطای استاندارد کمتر بوده که به عنوان بهترین مدل‌های برازش یافته تعیین شدند. لذا، پارامترهای مربوط به این سه مدل محاسبه شده و در جداول (۳، ۲ و ۴) ارائه شده‌اند. در مدل سنتیکی مرتبه اول (جدول ۲) مقدار نیتروژن معدنی شده (N_{min}) در دامنه‌ای بین ۴۸/۳ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم برای تیمار دمایی ۸ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای و ۶۵/۲۵ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم برای تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد. ظرفیت فراهمی نیتروژن خاک (N_0k) بین ۴/۱۳ تا ۵/۹۸ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم در روز بدست آمد. مقادیر k در دامنه‌ای بین ۰/۰۷۳ تا ۰/۱۲۲ (day^{-1}) بدست آمد. مدل سنتیکی گمپرتز (جدول ۳) مقدار نیتروژن معدنی شده (N_{min}) در دامنه‌ای بین ۴۷/۷ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم برای تیمار دمایی ۸ درجه سانتیگراد و ۶۲/۰۱ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم برای تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد. این مدل دارای ضریب همبستگی (r) ضعیف و خطای استاندارد مدل بالا می‌باشد. در مدل سنتیکی ترکیب مرتبه صفر - مرتبه اول (جدول ۴) مقدار نیتروژن معدنی شده (N_{min}) در دامنه‌ای بین ۴۱/۹۸ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم برای تیمار دمایی ۸ درجه سانتیگراد و ۵۲/۷۵ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم برای تیمار دمایی ۲۵ درجه سانتیگراد و رطوبت ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای حاصل شد. ظرفیت فراهمی نیتروژن خاک (N_0k) و نیتروژن قابل معدنی شدن بالقوه (N_0)، به ترتیب، در دامنه‌ای بین ۶/۷ تا ۴/۹۶ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم در روز و ۴۴/۴ تا ۳۲/۷۹ میلی‌گرم نیتروژن بر کیلوگرم خاک محاسبه گردید. سبیه و همکاران (۲۰۰۳) با استفاده از مدل سینتیکی مرتبه اول و رطوبت ۸۵٪ ظرفیت مزرعه‌ای و انکوباسیون ۵۶ هفته‌ای، نیتروژن معدنی شده کل (N_{min}) را در دامنه‌ای بین ۸۸ تا ۲۳۵ میلی‌گرم در کیلوگرم برای خاک‌هایی که کود دامی به آنها اضافه شده بود بدست آوردند، و ثابت سرعت را در دامنه‌ای بین ۰/۰۳۲ تا ۰/۰۸۸ (day^{-1}) بدست آمد. سیمارت و اندیگامی (۹) مدل گمپرتز را برای خاک‌های مرتعی استفاده کردند و N_0 را در دامنه ۱۲۹ تا ۱۰۹۸ میلی‌گرم در کیلوگرم برآورد کردند و ثابت تناسب (h) را نیز در دامنه‌ای بین ۲/۱۲ تا ۷/۷۷ بدست آوردند. زمان انکوباسیون روی ضرایب مدل تأثیر دارد. به طوری که با افزایش زمان انکوباسیون مقدار N_0 افزایش می‌یابد و به همراه آن ثابت سرعت کاهش می‌یابد ولی حاصلضرب N_0k اغلب ثابت می‌ماند (۳).

بهترین مدل برازش یافته با داده‌های معدنی شدن نیتروژن، مدل سینتیکی ترکیب مرتبه صفر - مرتبه اول می‌باشد. برخی محققین انحراف داده‌ها از سنتیک مرتبه اول را به وجود منابع متفاوت مواد آلی (از لحاظ ترکیبی و انرژی) در خاک نسبت می‌دهند که این منبع نیتروژن را می‌توان به منبع سریع و منبع کند تقسیم کرد که بعد از اتمام واکنش سریع، معدنی شدن کند آغاز می‌شود. این مدل ترکیبی می‌توان این فرایند را توجیه کند بطوری که

قسمت دوم معادله (مرتبه صفر) مربوط به واکنش سریع می باشد.

جدول ۲- فاکتورهای محاسبه معدنی شدن نیتروژن با مدل $N_{min}=N_0[1-e^{-kt}]$

SE	$T_{1/2}$ (day)	r	N_0k mg/(kg.day)	k (day ⁻¹)	N_0 (mg/kg)	N_{min} (mg/kg)	تیمارها دما (C ⁰) رطوبت (FC%)	
۰/۵۸	۹/۴۹	۰/۹۷۵	۴/۱۳	۰/۰۷۳	۵۶/۵۹	۵۶/۴۹	۵۰	۸
۰/۶۳	۵/۷۷	۰/۹۷۱	۵/۸۹	۰/۱۲۲	۴۸/۳۲	۴۸/۳۰	۸۵	
۰/۲۶	۷/۲۲	۰/۹۷۳	۵/۷۲	۰/۰۹۶	۵۹/۶۱	۵۹/۵۷	۵۰	۲۵
۰/۵۳	۷/۲۲	۰/۹۶۹	۵/۹۸	۰/۰۹۶	۶۲/۲۹	۶۲/۲۵	۸۵	

جدول ۳- فاکتورهای محاسبه معدنی شدن نیتروژن با مدل $N_{min}=N_0e^{-hexp(-kt)}-N_0e^{-h}$

SE	$T_{1/2}$ (day)	r	h	N_0k mg/(kg.day)	k (day ⁻¹)	N_0 (mg/kg)	N_{min} (mg/kg)	تیمارها دما (C ⁰) رطوبت (FC%)	
۶/۲۸	۹/۱۱	۰/۹۷۵	۰/۰۹۳	۴۸/۲۵	۰/۰۷۶	۶۳۴/۹۸	۵۶/۳۲	۵۰	۸
۴/۴۲	۵/۳۸	۰/۹۷۱	۰/۱۵۵	۴۲/۸۶	۰/۱۲۹	۳۳۲/۲۵	۴۷/۷۰	۸۵	
۵/۴۵	۷/۰۰	۰/۹۶۸	۰/۱۰۱	۶۱/۱۰	۰/۰۹۹	۶۱۷/۲۶	۵۹/۲۹	۵۰	۲۵
۵/۶۹	۷/۰۰	۰/۹۶۹	۰/۱۰۰	۵۸/۶۴	۰/۰۹۹	۶۵۱/۵۵	۶۲/۰۱	۸۵	

جدول ۴- فاکتورهای محاسبه معدنی شدن نیتروژن با مدل $N_{min}=N_0[1-e^{-kt}] + pt$

SE	$T_{1/2}$ (day)	r	p mg/(kg.day)	N_0k mg/(kg.day)	k (day ⁻¹)	N_0 (mg/kg)	N_{min} (mg/kg)	تیمارها دما (C ⁰) رطوبت (FC%)	
۰/۵۷	۱۹/۲۵	۰/۹۹۰	۰/۱۲۲	۵/۵۲	۰/۰۳۶	۳۷/۳۴	۴۵/۹۰	۵۰	۸
۰/۵۳	۱۷/۷۷	۰/۹۹۴	۰/۱۲۲	۴/۹۶	۰/۰۳۹	۳۲/۷۹	۴۱/۹۸	۸۵	
۰/۲۴	۲۰/۳۴	۰/۹۹۴	۰/۱۰۶	۶/۲۶	۰/۰۳۴	۴۴/۷۵	۵۲/۳۹	۵۰	۲۵
۰/۵۱	۲۱/۶۶	۰/۹۹۳	۰/۱۱۹	۶/۷۰	۰/۰۳۲	۴۴/۴۰	۵۲/۷۵	۸۵	

منابع

- [1] Addiscott, T.M., 1983. Kinetics and temperature relationships of mineralization and nitrification in Rothamsted soils with differing histories. Soil Sci., 34: 343-353.
- [2] Alef, K. and P. Nannipieri. 1995. Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry. Academic Press, Harcourt Brace and Company Publishers.
- [3] Benbi, D. K. and J. Richter. 2002. A critical review of some approaches to modeling nitrogen mineralization. Biol. Fertil. Soils. 35:168-183.
- [4] Loll, M.J. and J.M. Bollage. 1983. Protein transformation in soil. Advances in Agron., 36: 351-379.
- [5] Sierra, J. 1997. Temperature and moisture dependence of N mineralization in intact soil cores. Soil Biol. Biochem., 29: 1557-1563.
- [6] Sbih, M., A. N'Dayegamiye and A. Karam. 2003. Evaluation of carbon and nitrogen mineralization rates in meadow soils from dairy farms under transit to biological cropping systems., Can. J. Soil Sci., 83: 25-33.
- [7] Simart, R.R., and A. N,Dayegamiye.1993. Nitrogen mineralization potential of meadow soils. Can. J. Soil Sci. 73: 27-38.
- [8] Smith, J.L., R.R Schnabel, B.L McNeal and G.S. Campbel, 1980. Potential errors in the first-order model for estimating soil nitrogen mineralization potential. Soil Sci.Soc.Am.J. 44:996-1000.
- [9] Sparks, D. L. 1988. Kinetics of Soil Chemical Process. Academic Press, INC.
- [10] Tate,III, R.L. 2000. Soil Microbiology. John Wiley and Sons. Inc. N.Y., USA.