

贵州省典型植烟土壤氮素矿化研究

张 恒, 王晶君, 孟 琳, 夏海乾, 石俊雄*

(贵州省烟草科学研究所, 贵阳 550081)

摘要:为明确贵州省典型植烟土壤的氮素矿化规律,以贵州省典型植烟土壤黄壤、石灰土、紫色土为研究对象,采用 Stanford 长期好气间歇淋洗培养法,研究了其土壤氮素矿化过程。结果表明,在好气性培养过程中,贵州省典型植烟土壤氮素矿化速率出现快速下降—缓慢下降—趋于稳定的变化过程,矿化速率表现为石灰土 > 黄壤 > 紫色土。土壤矿化氮累积量随着培养时间的推进而增加,矿化氮累积量表现为石灰土 > 黄壤 > 紫色土。矿化氮累积主要集中在培养的 0~63 d,占总矿化氮累积量的 78.42%~83.36%。土壤矿化氮量与土壤有机质含量存在显著或极显著的正相关关系,并能与培养时间通过多元回归的方法建立不同类型典型植烟土壤的矿化氮累积量预测模型。

关键词: 烤烟, 植烟土壤, 氮素矿化

中图分类号: S572.06

文章编号: 1007-5119 (2013) 03-0001-05

DOI: 10.3969/j.issn.1007-5119.2013.03.001

Nitrogen Mineralization of Typical Tobacco-growing Soils in Guizhou Province

ZHANG Heng, WANG Jingjun, MENG Lin, XIA Haiqian, SHI Junxiong*

(Guizhou Tobacco Science Research Institute, Guiyang 550081, China)

Abstract: In order to investigate the organic nitrogen mineralization of tobacco-growing soils, three typical tobacco-growing soils: Yellow soil, Calcareous soil and Purple soil were chosen to measure the nitrogen mineralization by using the Stanford aerobic incubation method. The results indicated that the soil mineralization rate showed a tendency to decrease significantly, decrease gently and tend to be stable under aerobic condition. The average mineralization rate was Calcareous soil > Yellow soil > Purple soil. The accumulation of the soil mineralizable N increased slowly with the incubation time under aerobic condition. The tendency of the accumulation of the mineralizable N was similar with that of the soil mineralization rate. The accumulation of the mineralizable N increased rapidly from 0 to 63 days, accounting for about 78.42%~83.36% of the total accumulation of the mineralizable N. The accumulation of the mineralizable N was positively correlated with soil organic matter content. Prediction models of the accumulation of the mineralizable N in different typical tobacco-growing soils were also constructed by using soil mineralizable N content, organic matter content, and incubation time.

Keywords: flue-cured tobacco, tobacco-growing soils, nitrogen mineralization

烤烟吸收的氮来源于土壤和肥料,并主要来源于土壤,土壤氮占到烟叶总吸收氮量的 60%以上,上部烟叶中,土壤氮所占比例更高达 80%左右^[1-3]。近年来,许多研究报道指出,通过减少施氮量和利用农艺措施能在一定程度上起到控氮降碱的作用^[4-6],但烤烟生产中依然存在着上部叶氮浓度和烟碱浓度超标的现象,究其原因主要是对植烟土壤的供氮特性了解不足,因此开展植烟土壤氮素矿化相关研究对平衡烟株氮素营养具有重要意义。

关于土壤氮素矿化的研究较多,付会芳等^[7]在比较旱地土壤淹水培养和通气培养的研究结果后,认为旱地土壤上进行土壤氮素矿化研究以好气培养法效果较好;严德翼等^[8]通过好气性培养指出,黄土区 0~28 d 矿化氮量淋溶褐土 > 红油土 > 黑垆土;马兴华等^[9]研究指出,水稻土氮素供应能力较高,棕壤和褐土氮素供应能力较低;Sollins 等^[10]、Reich 等^[11]研究指出,土壤中黏粒含量和有机质含量对土壤氮素矿化影响较大,有机质含量越高氮素

基金项目:贵州省烟草专卖局科研项目“我省主要植烟土壤氮素矿化特性与供氮潜力及应用研究”(05-06)

作者简介:张 恒,男,助理研究员,主要从事烟草营养方面的研究工作。E-mail: ftt0467@126.com。*通信作者, E-mail: sjx2196@163.com

收稿日期: 2012-07-31

修回日期: 2012-11-19

矿化的能力越强,黏粒含量越高氮素矿化能力越弱。近年来虽然在全国范围内也开展了一些相关研究^[12],但有针对性的开展贵州典型植烟土壤氮素矿化研究相对较少。本研究以贵州省典型植烟土壤为对象,开展了土壤氮素矿化速率、矿化氮累积、预测模型等方面研究,旨在为贵州烟草平衡施肥技术的补充完善提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 供试土壤

贵州省植烟土壤类型较多,主要以黄壤、石灰土和紫色土为主,植烟面积分别占到全省的75%、11%和7%^[13]。2008年于贵州9个主要植烟区采集土壤样品86份,其中典型植烟黄壤69份,石灰土11份,紫色土6份。样品于烤烟移栽前3~5 d采集,烟田均未施底肥,采样深度0~20 cm;采样点数根据取样面积和土壤养分的变异系数求得($n=cv/m^2$),随机、均匀的布置采样点;为了有效控制采样误差,每个地块取10~20个小样点,组成一个混合样。土壤样品基本理化性质详见表1。

表1 供试土壤性质

Table 1 Properties of soil samples

土壤类型	样本数/个	硝态氮/(mg·kg ⁻¹)	铵态氮/(mg·kg ⁻¹)	有机质/(mg·kg ⁻¹)	颗粒组成/%			pH
					2~0.02 mm	0.02~0.002 mm	<0.002 mm	
黄壤	69	17.46	19.42	26.95	39.93	46.03	14.04	5.89
石灰土	11	20.22	18.74	37.16	38.38	48.56	13.06	5.91
紫色土	6	14.67	21.33	17.76	41.39	43.99	14.62	5.74

采用高温外热重铬酸钾氧化-容量法,土壤机械组成采用比重计法^[19]。

1.4 数据分析

应用SPSS16.0统计软件,进行统计分析。

2 结果

2.1 土壤氮素矿化速率

图1结果显示,贵州省典型植烟土壤氮素矿化速率在培养的0~21 d迅速下降,22~84 d缓慢下降,85~119 d趋于稳定,且不同土壤间趋于一致。培养期间石灰土、黄壤、紫色土平均氮素矿化速率分别为2.62、2.37和1.95 mg/(kg·d),土壤氮素矿化速

1.2 试验方法

土壤氮素矿化的研究方法较多,本研究采用Stanford等^[14-17]提出的长期好气间歇淋洗法进行。具体方法为,取15.0 g土壤(2 mm)和等量石英砂(1~2 mm),加少量蒸馏水(3 mL左右),湿润后充分混匀,并转入60 mL塑料注射器中(底部预装有玻璃珠和20 g石英砂),上铺少量玻璃丝和20 g石英砂。用100 mL 0.01 mol/L CaCl₂溶液分4次等量淋洗土壤^[18],淋洗后加入25 mL无氮营养液[0.002 mol/L CaSO₄·2H₂O, 0.002 mol/L MgSO₄, 0.005 mol/L Ca(H₂PO₄)₂, 0.0025 mol/L K₂SO₄的混合液],盖上橡胶塞,在60 mm Hg柱的负压下抽去多余营养液,时间约1 h,而后用封口膜包扎注射器顶端,并在其上扎3个小孔,使其保持良好通气,培养期间用重量法维持水分。于培养1、2、3、5、7、9、12、15、17周收集淋洗液,并测定其中的NO₃⁻和NH₄⁺。

1.3 测定方法

铵态氮含量测定采用靛酚蓝比色法^[19],硝态氮含量测定采用紫外分光光度法^[20]。土壤有机质测定

率石灰土>黄壤>紫色土,石灰土与紫色土之间差异显著,两者与黄壤之间差异不显著。

2.2 土壤矿化氮累积

从土壤矿化氮累积量上来看(图2),土壤矿化氮累积量随培养时间的推进而逐渐增加,不同培养时间内矿化氮累积量表现为石灰土>黄壤>紫色土。石灰土、黄壤、紫色土总矿化氮累积量分别为227.40、209.47、163.40 mg/kg,石灰土与紫色土之间差异极显著,石灰土矿化氮累积量较紫色土增加39.17%,黄壤与紫色土之间差异显著,黄壤矿化氮累积量较紫色土增加28.20%。

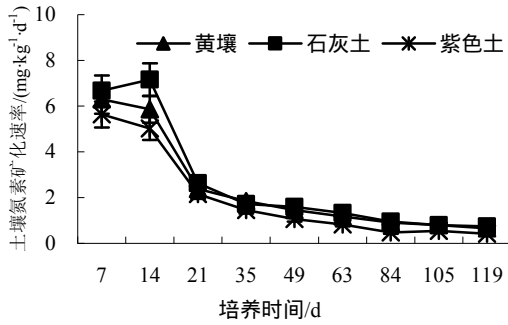


图1 不同典型植烟土壤氮素矿化速率变化

Fig.1 Change of mineralization rate of different typical tobacco planted soils

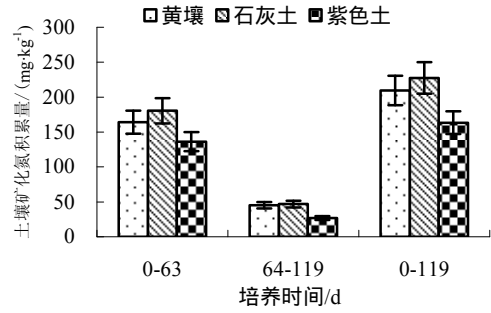


图3 不同培养阶段不同典型植烟土壤矿化氮积累量

Fig.3 Nitrogen mineralization accumulation in different incubating stage of different typical tobacco planted soils

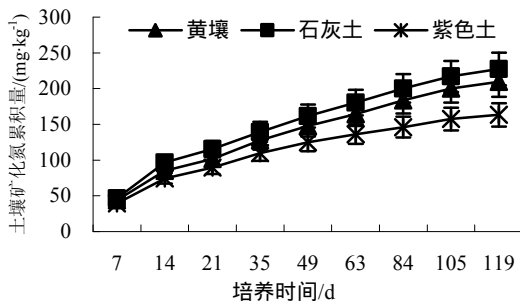


图2 不同典型植烟土壤矿化氮积累量变化

Fig.2 Change of nitrogen mineralization accumulation of different typical tobacco planted soils

以烤烟打顶时间(63 d)为分界点,对培养前期(0~63 d)和后期(64~119 d)土壤矿化氮累积量进行比较(图3),结果表明,矿化氮累积主要集中在培养前期,矿化氮累积量占培养期间总矿化氮累积量的78.42%~83.36%,培养后期矿化氮累积较少,矿化氮累积量占培养期间总矿化氮累积量的16.64%~21.58%。培养前期和后期,矿化氮累积量均表现为石灰土>黄壤>紫色土,石灰土与紫色土之间差异极显著,两者与黄壤之间差异不显著。

2.3 土壤有机质和黏粒含量与土壤矿化氮量的关系

土壤有机质与土壤黏粒含量均对土壤的氮素矿化产生影响。从偏相关分析结果来看(表2),土壤有机质含量与不同培养阶段土壤矿化氮量之间存在着显著或极显著的正相关关系,偏相关系数为0.335~0.652;土壤黏粒含量与土壤矿化氮量之间相关性无明显规律,且黏粒含量与土壤氮素矿化量之间相关性不显著。

表2 土壤矿化氮量与土壤有机质含量和土壤黏粒含量的偏相关系数

Table 2 Partial correlation coefficient between organic matter content and clay content with N mineralization accumulation

培养时间/d	矿化氮与土壤有机质	矿化氮与土壤黏粒
0~7	0.415**	0.011
8~14	0.335*	-0.080
15~21	0.378**	0.032
22~35	0.426**	0.140
36~49	0.648**	0.070
50~63	0.496**	-0.015
64~84	0.379**	0.358*
85~105	0.498**	0.064
106~119	0.652**	0.033

注:*代表显著相关,**代表极显著相关,下同。

2.4 土壤矿化氮累积量的预测

基于2.3分析结果,在预测矿化氮累积量时主要考虑了培养时间和土壤有机质含量两个因素。通过多元回归分析发现(表3),不同类型典型植烟土壤预测模型不同,典型植烟黄壤预测模型为 $Y=-15.405+1.322X_1+3.073X_2$ ($R^2=0.749$),石灰土预测模型为 $Y=19.496+1.411X_1+1.520X_2$ ($R^2=0.716$),紫色土预测模型为 $Y=-42.478+0.955X_1+5.940X_2$ ($R^2=0.665$),经T测验检测,不同土壤类型上预测值与实测值之间均无显著差异。

表3 土壤矿化氮累积量预测模型

Table 3 Nitrogen mineralization accumulation prediction model of different typical tobacco planted soils

土壤类型	预测模型	决定系数 R^2
黄壤	$Y=-5.405+1.322X_1+3.073X_2$	0.749**
石灰土	$Y=19.496+1.411X_1+1.520X_2$	0.716**
紫色土	$Y=-42.478+0.955X_1+5.940X_2$	0.665**

注:Y为矿化氮累积量(mg/kg), X_1 为培养时间(d), X_2 为土壤有机质含量(g/kg)。

3 讨论

土壤氮素矿化是土壤中微生物将有机态氮转化为可被植物直接吸收利用的无机态氮的过程,其矿化素的快慢(氮素矿化速率)与土壤有机质中易分解和难分解成分的相对数量有关,土壤有机质中难分解成分相对数量越多氮素矿化速率越慢,另外试验前对土样进行风干处理也可明显加速土壤中有机氮的矿化,且使土壤氮素释放的加速效应主要发生在开始培养的10 d之内^[21]。因此在本研究中,培养初期(0~21 d),由于土壤有机质中易分解成分较多,土壤样品的风干处理等因素,土壤氮素矿化速率较高,并随着易分解有机成分的锐减而迅速下降;在培养的中期(22~84 d)和后期(85~119 d),土壤中易分解有机质成分消耗殆尽,氮素矿化速率缓慢下降,并趋于缓和。另外由于土壤有机质含量的多少在很大程度上决定了土壤氮素矿化能力的强弱^[22],因此土壤有机质含量相对较高的石灰土,土壤矿化氮积累量相对较高,有机质含量较低的紫色土,土壤矿化氮积累量相对较低,黄壤居中。

土壤氮素矿化并非受单一因子作用,而是由诸多因素共同决定。刘强等^[23]对湖南省红黄泥土氮矿化特性研究发现,有机质和<0.005 mm黏粒含量与矿化氮量密切相关;朱兆良等^[24]则认为,土壤矿化氮量是土壤有机氮含量、生物分解性、矿化水热条件和时间等的函数。本研究中通过偏相关分析,分析了土壤矿化氮量与土壤有机质和黏粒含量之间的相关性,结果发现,土壤矿化氮量与土壤有机质含量之间存在极显著的正相关性,这与前人研究结果一致^[8,25],而矿化氮量与土壤黏粒含量之间的相关性并不显著,且无明显规律可循,这可能与本次研究中取样数量较大有关。因此,在建立矿化氮积累量预测模型时,主要考虑了土壤类型、培养时间和土壤有机质含量等因素。

在烤烟生产中,打顶前希望得到较多的氮素供应,以便促进烟株早生快发,打顶后希望减少氮素供应,以利于优质适产^[26-27]。贵州典型植烟土壤氮素矿化集中在培养前期(0~63 d),若以0~20 cm表

层黄壤、石灰土、紫色土容重1.21、1.25、1.27 g/cm³计^[28-30],矿化氮积累量可达397.52、451.06、346.00 kg/hm²,是贵州烤烟推荐氮肥用量(90 kg/hm²)的3~5倍,均能充分满足烤烟生长前期对氮素供应的需求;但值得注意的是,在培养后期(64~119 d),黄壤、石灰土、紫色土矿化氮积累量分别为109.41、117.46、69.05 kg/hm²,依然具有较强的氮素供应能力,从而带来烟株氮素积累过量,中、上部烟叶烟碱含量偏高等问题。因此,在贵州省烤烟生产中可考虑采用相应的农艺措施,降低后期土壤氮素供应量,提高烟叶质量^[31-32]。另外,在实际生产中,石灰土、黄壤植烟的氮肥投入量应低于紫色土植烟的氮肥投入量。

4 结论

贵州省不同类型典型植烟土壤氮素矿化在培养前期较强,并随着培养时间的推进而减弱,3种类型典型植烟土壤中,以石灰土氮素矿化能力最强,黄壤居中,紫色土最弱。

土壤有机质含量对贵州省典型植烟土壤氮素矿化产生显著和极显著的影响,并能与培养时间作为影响因素建立矿化氮积累量预测模型,典型植烟黄壤预测模型为 $Y=-15.405+1.322X_1+3.073X_2$,石灰土预测模型为 $Y=19.496+1.411X_1+1.520X_2$,紫色土预测模型为 $Y=-42.478+0.955X_1+5.940X_2$ 。

通过本研究,在摸清贵州省典型植烟土壤氮素矿化规律的基础上,建立了氮素矿化预测模型,对完善贵州省烤烟平衡施肥技术,提高施肥水平起到了积极作用。

参考文献

- [1] 刘卫群,郭群召,张福锁,等. 氮素在土壤中的转化及其对烤烟上部叶烟碱含量的影响[J]. 烟草科技, 2004(5): 36-39.
- [2] 陈萍,李天福,张晓海,等. 利用¹⁵N示踪技术探讨烟株对氮素肥料的吸收与分配[J]. 云南农业大学学报, 2003, 18(1): 1-4.
- [3] 马兴华,张忠锋,荣凡番,等. 高低土壤肥力条件下烤烟对氮素吸收、分配和利用的研究[J]. 中国烟草科学, 2009, 30(1): 1-4.

- [4] 纪成灿,王胜雷,许锡祥,等. 提高上部叶可用性和降低上部叶比例的农业措施[J]. 中国烟草科学, 2001, 22(4): 19-22.
- [5] 王广山,陈卫华,薛超群,等. 烟碱形成的相关因素分析及降低烟碱技术措施[J]. 烟草科技, 2001(2): 38-42.
- [6] 邓云龙,孔光辉,武锦坤,等. 云南烤烟上部叶片含氮化合物代谢规律研究[J]. 云南大学学报:自然科学版, 2001, 23(1): 65-70.
- [7] 付会芳,李生秀. 土壤氮素矿化与土壤供氮能力[J]. 西北农业大学学报, 1992, 20(增刊): 48-52.
- [8] 严德翼,周建斌,邱桃玉,等. 黄土区不同土壤类型及土地利用方式对土壤氮素矿化作用的影响[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版, 2007, 35(10): 103-109.
- [9] 马兴华,荣凡番,苑举民,等. 典型植烟土壤氮素矿化研究[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(3): 61-65.
- [10] Sollins P, Specher G, Glassmen C A. Net nitrogen mineralization from light-and heavy-fraction forest soil organic matter[J]. Soil Biol. Biochem, 1984, 16: 31-57.
- [11] Reich P B, David F, Grigal J. Nitrogen mineralization and productivity in 50 hardwood and conifer stands on diverse soils[J]. Ecology, 1997, 72: 335-347.
- [12] 李志宏,徐爱国,龙怀玉,等. 中国植烟土壤肥力状况及其与美国优质烟区比较[J]. 中国农业科学, 2004, 37(增刊): 36-42.
- [13] 冯勇刚,石俊雄. 贵州省烟草平衡施肥研究[M]. 贵阳: 贵州科技出版社, 2005.
- [14] Stanford G, Smith S J. Nitrogen mineralization potentials of soils[J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 1972, 36: 465-472.
- [15] Sierra J, Marban L. Nitrogen mineralization pattern of an Oxisol of Guadeloupe, French West Indies[J]. Soil Sci. Soc. Am. J, 2000, 64: 2002-2010.
- [16] Fierer N, Schimel J P. Effects of drying-rewetting frequency on soil carbon and nitrogen transformations[J]. Soil Biol Biochem, 2002, 34: 777-787.
- [17] Hatch D J, Bhogal A, Lovell R D. Comparison of different methodologies for field measurement of net nitrogen mineralization in pasture soils under different soil conditions[J]. Biol Fertile Soils, 2002, 32: 287-293.
- [18] 邵孝侯,胡霭堂. $0.01\text{mol}\cdot\text{L}^{-1}\text{CaCl}_2$ 作为土壤不同 N 素形态浸提剂的研究[J]. 土壤学报, 1991, 28(1): 32-38.
- [19] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 1999: 159-160.
- [20] 赵俊晔,于振文. 不同土壤肥力条件下施氮量对小麦氮肥利用和土壤硝态氮含量的影响[J]. 生态学报, 2006, 26(3): 815-822.
- [21] 沈其荣,沈振国,史瑞和. 有机肥氮素的矿化特征及其化学组成的关系[J]. 南京农业大学学报, 1992, 15(1): 59-64.
- [22] Wang W J, Smith C J, Chalk P M. Evaluating chemical and physical indices of nitrogen mineralization capacity with an unequivocal reference [J]. Soil Sci. Soc. Am. Proc, 2001, 65: 368-376.
- [23] 刘强,葛旦之,苏国栋. 湖南省红黄泥土壤氮矿化特性的研究[J]. 湖南农学院学报, 1989, 15(4): 24-34.
- [24] 朱兆良,文启孝. 中国土壤氮素[M]. 南京: 江苏科学技术出版社, 1992: 37-95.
- [25] 艾娜,周建斌,杨学云,等. 长期施肥及撂荒对土壤氮素矿化特性及外源硝态氮转化的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(9): 1937-1943.
- [26] 李文卿,陈顺辉,曾文龙,等. 氮肥施用与烤烟氮素营养关系研究[J]. 中国烟草科学, 2008, 29(4): 38-41.
- [27] 张本强,马兴华,王术科,等. 施氮方式对烤烟氮素吸收积累及品质的影响[J]. 中国烟草科学, 2011, 32(5): 56-62.
- [28] 蒋太明,魏朝富,谢德体. 贵州中部喀斯特地区黄壤持水性能的研究[J]. 水土保持学报, 2006, 20(6): 25-29.
- [29] 张文晖,傅瓦利,张洪,等. 岩溶山区不同土地利用方式对石灰土基本特性的影响[J]. 生态与农村环境学报, 2007, 23(3): 16-21.
- [30] 苏正安,张建辉,聂小军. 紫色土坡耕地土壤物理性质空间变异对土壤侵蚀的响应[J]. 农业工程学报, 2009, 25(5): 54-60.
- [31] 张恒,王晶君,夏海乾,等. 不同覆盖方式土壤矿化氮素量及其对烤烟生长的影响[J]. 贵州农业科学, 2009, 37(6): 44-47.
- [32] 孙健,李志宏,张云贵,等. 非豆科作物套种时间对减少烤烟后期氮素吸收量的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(5): 1243-1249.