

不同海拔高度下森林土壤中氮的矿化^{*}

庄舜尧^{1†} 刘国群¹ 徐梦洁² 王明光³

(1 土壤与农业可持续发展国家重点实验室(中国科学院南京土壤研究所), 南京 210008)

(2 南京农业大学公共管理学院, 南京 210095)

(3 国立台湾大学农化系, 中国台北 106)

NITROGEN MINERALIZATION IN FOREST SOILS VARYING IN ELEVATION

Zhuang Shunyao^{1†} Liu Guoqun¹ Xu Mengjie² Wang Mingguang³

(1 State Key Laboratory of Soil and Sustainable Agriculture, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008, China)

(2 College of Public Management, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

(3 Department of Agricultural Chemistry, National Taiwan University, Taipei 106, China)

关键词 氮矿化;可溶性有机氮;无机氮;海拔高度
中图分类号 S153.3 文献标识码 A

土壤中氮(N)的矿化过程是森林生态系统中的重要动态过程,影响着生态系统的生产力、结构及功能^[1]。氮的矿化过程会受到许多因素的影响,并且在不同的空间与时间上表现出不同的变化特征^[2,3]。随海拔高度的变化,土壤的温度水分均会随之改变,很多研究发现^[3~5]土壤中氮的矿化会随海拔高度的升高而增加,可能原因是(1)高海拔的枯落物可促进矿化,(2)低海拔土壤的低 pH 会抑制矿化,(3)高海拔氮库较大,(4)低海拔土壤水分含量相对较低,(5)土壤质地的差异以及(6)生物族群的差异。然而目前的证据还不足以很好解释高海拔土壤中高的氮矿化速率^[6]。因此,本研究旨在通过分析土壤中无机氮、可溶性有机氮及土壤净矿化作用速率的变化及其相互关系,以探讨台湾塔塔加高山地区森林土壤中氮的矿化与海拔高度的关系。

1 材料与方法

1.1 试验地概述

塔塔加地区位于台湾中部山区(120°53'E,

23°28'N),海拔约 2 600 m,2004 年降雨量为 3 050 mm,平均气温 10.0℃。本试验选择 2 个试验区,分别为台湾云杉林区、铁杉林区。云杉林区植被以台湾云杉(*Picea morrisonicola* Hay.)为优势树种,林内有少量的松树及阔叶树;台湾铁杉林区植被以台湾铁杉(*Tsuga chinensis* var. *formosana*)为优势树种,林内有玉山箭竹及铁杉幼苗。

1.2 土壤样品采集

在云杉与铁杉纯林中,选择海拔 2 400~2 600 m 区块,以每 50 m 高度平行确定 3 个采样点(图 1)。选择相近的海拔高度,相同植被,有相近的土壤性质及气候环境,以避免在大跨度海拔中,不仅土壤本身差异极大,并且地上植被也不同,海拔带来的影响因素极为复杂,不易理清海拔变化对土壤氮素转化的影响。

在所选择的两样区内共确定 30 个土壤采样点,每个样点再区分 O 层与 A 层土壤。土壤用干冰保存带回实验室分析处理。

1.3 土壤氮矿化的培养试验

本研究以实验室培养法来测定土壤的矿化情况(Potential net N mineralization)。过程简叙如下:

* 国家自然科学基金项目(40671109)和中国科学院创新前沿项目(ISSASIP0601)资助

† 通讯作者, E-mail: syzhuang@issas.ac.cn

作者简介:庄舜尧(1970~),男,博士,副研究员,主要从事土壤化学研究

收稿日期:2007-06-29;收到修改稿日期:2007-11-10

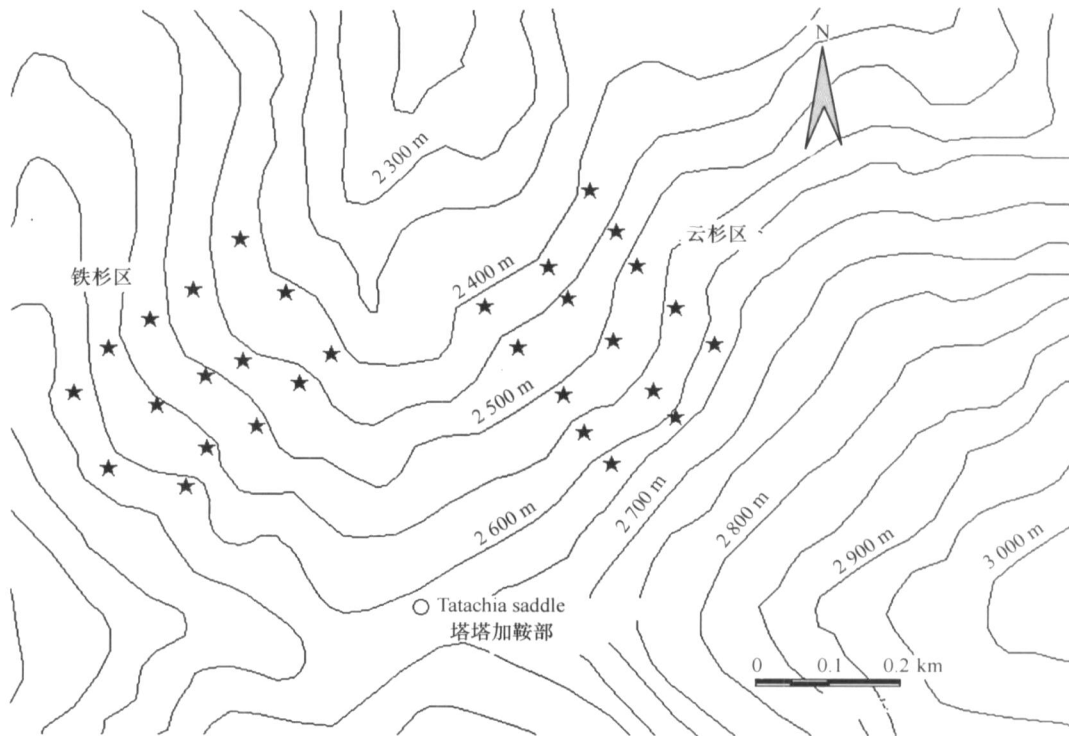


图 1 研究区及采样位置

将 10 g 新鲜土壤,放入 110 ml 的塑料杯中,在 25 下培养两周,由培养前后无机氮含量的差值来计算土壤净氮矿化量。

1.4 土壤基本性质分析

土壤 pH 用 (土水比 1:1) 电极测定; CEC 及可交换性阳离子由 $1 \text{ mol L}^{-1} \text{ NH}_4\text{OAc}$ 测定^[7]; 土壤质地由吸管法测定^[8]; 土壤无机氮的测定,用 $2 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$ 以 1:10 (w/w) 抽取,铵态氮用 Indophenol 比色法测定^[9]; 硝态氮用镉柱还原成 NO_2^- , 然后再比色测定^[10]; $2 \text{ mol L}^{-1} \text{ KCl}$ 萃取的可溶性有机氮测定采用 persulphate oxidation 方法^[11]。其他土壤基本性质分析参照文献 [12]。

2 结果与讨论

2.1 不同海拔下土壤氮含量及分布

表 1 给出了铁杉与云杉的 5 个不同海拔高度土壤 O 层的不同形态氮的含量。由表 1 可见无机氮、可溶性有机氮及总氮均表现出随海拔高度的上升而升高的趋势。其中可溶性有机氮占总氮比例为 1.41%~5.38%。然而, SON/TN 比值与海拔高度没有一致性,说明土壤有机氮组成与海拔并没有很强

的相关性。另外,不同萃取剂对于 SON 的萃取效率有一定差异。如 Zhong 和 Makeshin^[13] 发现 KCl 萃取的 SON 为 K_2SO_4 萃取的 1.2~1.4 倍,也高于水萃取的部分,但 KCl 与水萃取的 SON 之间往往有很好的相关性。

2.2 不同海拔下土壤的氮矿化

随海拔高度的增加,土壤氮的矿化量也随之增加 (图 2)。铁杉土壤 O 层、A 层的氮矿化速率分别为 $\text{N } 1.54 \sim 4.14$ 与 $0.51 \sim 2.50 \text{ mg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$, 而云杉土壤则为 $\text{N } 0.78 \sim 2.09$ 与 $0.37 \sim 1.23 \text{ mg kg}^{-1} \text{ d}^{-1}$ 。显然,铁杉土壤随海拔变化土壤氮的矿化速率要大于云杉土壤,说明铁杉土壤氮的转化对海拔的敏感性要大于云杉土壤。由此也可说明,植被是影响土壤氮转化的重要因素。

通常随海拔高度的增加,温度随之下降,土壤有机质的分解速率也会下降,但很多结果均显示,随海拔高度增加森林土壤中氮的矿化量也随之增加^[6,15,16]。本研究结果也表明氮的矿化随海拔高度的增加是提高的。有研究认为,高海拔土壤高的矿化势主要是由于其高的氮库及低的 C/N ^[6]。Bonito 等^[5] 则认为主要原因是高海拔森林处于氮饱和状态,而低海拔森林则处于氮制约状态。

表 1 不同形态氮随海拔高度的变化

样点	海拔 (m)	无机氮 (N mg kg ⁻¹)	可溶性有机氮 (N mg kg ⁻¹)	土壤总氮 (N g kg ⁻¹)	可溶性有机氮 / 总氮比 (%)
铁杉 H1	2 595 ~ 2 612	74.0 ±7.5	450 ±21	17.9 ±0.25	2.51
H2	2 545 ~ 2 560	46.1 ±4.1	306 ±15	6.54 ±0.37	5.10
H3	2 493 ~ 2 501	39.0 ±3.3	378 ±16	9.08 ±0.22	4.20
H4	2 454 ~ 2 462	28.1 ±4.2	291 ±12	6.01 ±0.14	4.48
H5	2 402 ~ 2 415	37.8 ±3.6	425 ±19	7.92 ±0.21	5.38
云杉 S1	2 601 ~ 2 613	44.6 ±5.6	328 ±18	13.4 ±0.23	2.45
S2	2 546 ~ 2 559	18.3 ±3.2	126 ±11	6.05 ±0.14	2.08
S3	2 502 ~ 2 512	14.0 ±3.1	149 ±9	4.86 ±0.12	3.06
S4	2 451 ~ 2 455	23.9 ±2.7	168 ±10	4.41 ±0.14	3.81
S5	2 408 ~ 2 411	16.1 ±2.9	75 ±6	5.32 ±0.21	1.41

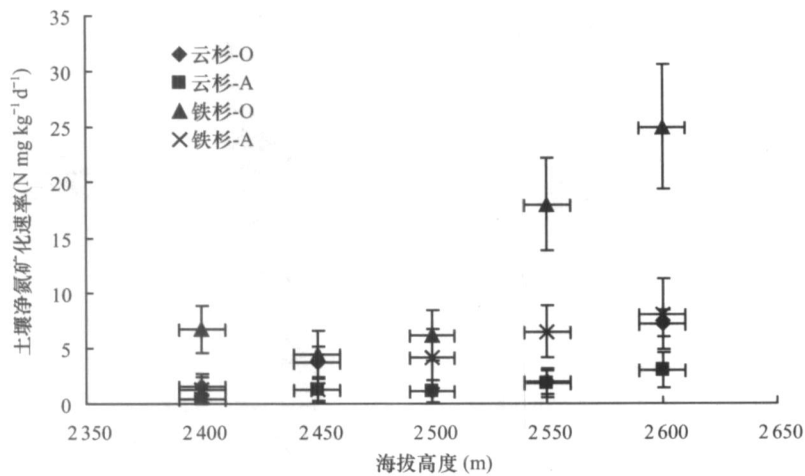


图 2 土壤净矿化速率随海拔高度的变化

2.3 土壤氮矿化与无机氮的关系

分析氮的矿化与初始无机氮含量之间的关系可以发现 (图 3), 两者之间呈现很好的线性相关 (p

< 0.001)。然而铁杉与云杉土壤具有不同的线性关系 (铁杉 $A = 0.446 4$, 云杉 $A = 0.162 6$), 说明两种土壤供氮能力存在显著的差异, 相同的无机氮

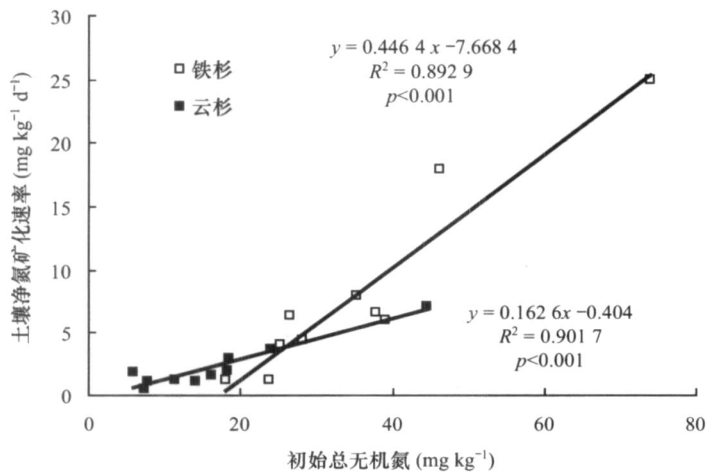


图 3 土壤氮矿化速率与土壤初始无机氮的关系

含量下,铁杉土壤有更高的氮矿化量潜力,可以提供更多的氮。实际上无机氮在土壤全氮中仅占很小一部分,不同形态的氮存在一平衡关系,无机氮是整个土壤供氮能力的表征,也因此会与氮的矿化速率之间有很好的关系。

2.4 可溶性有机氮在土壤氮矿化中的作用

许多研究认为可溶性有机氮(SON)在土壤氮的循环过程中起着极为重要的作用,但目前对其的作用机理了解还很有限。尽管SON占全氮的比例为1.41%~5.38%(表1),但在培养试验的2周内,却有20.4%~41.5%的SON被矿化了(表2),这部分氮最高可占被矿化氮的74.6%。同时,将初始SON含量与氮的矿化之间回归分析可见,两者呈很好的指数相关(图4)。由此,说明SON在氮的矿化过程中起重要作用。应该说,SON是土壤氮的一个有效养分库,在土壤氮转化过程中起承接作用。

表2 培养前后土壤可溶性有机氮的变化

样点	可溶性有机氮(初始) (N mg kg ⁻¹)	可溶性有机氮(最后) (N mg kg ⁻¹)	转化率 Rate (%)
铁杉 H1	450 ±21	358 ±15	20.4
H2	306 ±15	182 ±11	40.4
H3	378 ±16	285 ±13	24.6
H4	291 ±12	221 ±12	24.0
H5	425 ±19	259 ±16	39.0
云杉 S1	328 ±18	198 ±14	39.6
S2	126 ±11	94 ±8	25.2
S3	149 ±9	87 ±9	41.5
S4	168 ±10	104 ±6	37.7
S5	75 ±6	51 ±4	31.1

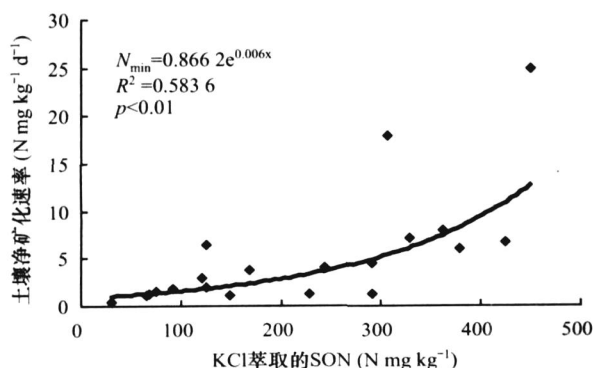


图4 土壤氮矿化与可溶性氮的关系

3 结论

随海拔高度的增加,土壤中总氮、无机氮及可溶性有机氮的含量均随之增加,氮的矿化也有类似的趋势。铁杉与云杉土壤中氮的矿化对海拔变化的响应存在明显的差异,不同的植被是影响土壤氮转化的一个因素。土壤无机氮可以很好地反映土壤氮矿化的潜力,是一个有效的指标。土壤可溶性有机氮在氮的矿化中起着重要作用。

参考文献

- [1] Vitousek P M, Aber J D, Howarth R W, *et al* Human alteration on global nitrogen cycling: sources and consequences *Ecological Application*, 1997, 7: 737 ~ 750
- [2] Powers R F. Nitrogen mineralization along an altitudinal gradient—Interactions of soil-temperature, moisture, and substrate quality. *Forest Ecology and Management*, 1990, 30: 19 ~ 29
- [3] Garten C T, van Miegroet H. Relationships between soil nitrogen dynamics and natural ¹⁵N abundance in plant foliage from Great Smoky Mountains National Park. *Canadian Journal of Forest Research*, 1994, 24: 1636 ~ 1645
- [4] Knoepp D J, Swank W T. Rates of nitrogen mineralization across an elevation and vegetation gradient in the southern Appalachians. *Plant and Soil*, 1998, 204: 235 ~ 241
- [5] Bonito G M, Coleman D C, Haines B L, *et al* Can nitrogen budgets explain differences in soil nitrogen mineralization rates of forest stands along an elevation gradient? *Forest Ecology and Management*, 2003, 176: 563 ~ 574
- [6] Garten C T. Potential net soil N mineralization and decomposition of glycine-¹³C in forest soils along an elevation gradient. *Soil Biology and Biochemistry*, 2004, 36: 1491 ~ 1496
- [7] Gillman G P. A proposed method for the measurement of exchange properties of highly weathered soils. *Australian Journal of Soil Research*, 1979, 17: 129 ~ 139
- [8] Jackson M L. *Soil Chemical Analysis, Advanced Course*. 2nd Ed. University of Wisconsin, Madison, WI 1979
- [9] Mellillo J. Nitrogen cycling in deciduous forest. *In: Clark F E, Rosswall T. eds. Terrestrial Nitrogen Cycles. Ecol Bull* 1981, 33: 427 ~ 429
- [10] Bundy A R, Meisinger J J. Nitrogen availability indices. *In: Weaver R W, Angle S, Bottomley P, et al. eds. Methods of Soil Analysis Part 2. Microbiological and Biochemical Properties*. Madison, WI: Soil Sci. Soc. of America, 1994. 951 ~ 984
- [11] Doyle A, Weintraub M N, Schimel J P. Persulfate digestion and simultaneous colorimetric analysis of carbon and nitrogen in soil extracts. *Soil Science Society of America Journal*, 2004, 68: 669 ~ 676
- [12] Page A L. *Methods of Soil Analysis: Part 2. Chemical and Microbiological Properties*. ASA and SSSA, Madison, Wisconsin,

- USA, 1982. 595 ~ 734
- [13] Zhong Z, Makeshin F. Soluble organic nitrogen in temperate forest soils. *Soil Biology and Biochemistry*, 2003, 35: 333 ~ 338
- [14] Murphy D V, MacDonald A J, Stockdale E A, *et al*. Soluble organic nitrogen in agricultural soils. *Biol Fertil Soils*, 2000, 30: 374 ~ 387
- [15] van Miegroet H, Cole H, Foster N W. Nitrogen distribution and cycling. In: Johnson D W, Lindberg S E eds. *Atmospheric Deposition and Forest Nutrient Cycling: A Synthesis of the Integrated Forest Study*. New York: Springer, 1992. 178 ~ 196
- [16] Kristensen H L, Henriksen K. Soil nitrogen transformation along a successional gradient from Calluna heathland to Quercus forest at intermediate atmospheric nitrogen deposition. *Applied Soil Ecology*, 1998, 8: 95 ~ 109

全国土壤质量标准化技术委员会在江苏成立

经国家标准化管理委员会批准,由江苏省质量技术监督局负责筹建的“全国土壤质量标准化技术委员会(SAC/TC404)”于2008年8月在南京成立,该技术委员会负责全国土壤质量标准的制定、修订工作,及国际土壤质量标准化技术委员会(ISO/TC190)制定的部分标准的转化与补充工作。

出席成立大会的有江苏省人民政府张桃林副省长、国家标准化管理委员会农业食品标准部郭辉主任、江苏省质量技术监督局张前副局长、中国科学院赵其国院士、中国科学院南京土壤研究所林先贵书记及沈仁芳常务副所长、江苏省标准化研究院蔡振华院长等领导,“全国土壤质量标准化技术委员会”主任委员林先贵,副主任委员金继运、张福锁、林玉锁、田有国,秘书长段增强,副秘书长顾长青及全体委员。大会由国家标准化管理委员会农业处徐长兴处长主持。

第一届委员会由33名专家组成,秘书处由中国科学院南京土壤研究所和江苏省标准化研究院共同承担。该标准化技术委员会下设7个分标委,分别负责本专业技术领域内标准化技术的归口工作。该标准化技术委员会及分标委的工作范围完全与国际标准化组织ISO/TC190土壤质量标准化工作范围相对应。

该标准化技术委员会的成立标志着我国土壤质量研究进入了更加规范的轨道,架起了与国际标准化组织之间的桥梁,必将有力推动我国土壤质量标准化、农业现代化与生态环境建设的进程。“全国土壤质量标准化技术委员会”集中了我国土壤学界及相关领域的杰出科学家,将针对我国土壤类型、利用方式、环境建设等方面的特点,在开展土壤环境基准等基础研究的基础上,逐步构建我国土壤质量的标准体系,推进土壤科学的发展,缩小与国际标准的差距。该标准化技术委员会的成立必将更有组织和更权威地规范从土壤采样、描述、分析(包括物理、化学、生物性质等)、表征到土壤培育,乃至土壤修复等系列且配套的国家标准,同时,也更紧密地将土壤质量标准体系与农产品质量安全标准体系有机地联系起来,促进土壤与农业科技成果的转化,提升我国农业清洁生产的技术水平,增强我国农产品国际竞争力,维护人体健康和农业的可持续发展,强化生态环境建设。