

离子交换树脂袋法测定鼎湖山季风常绿阔叶林土壤有效氮的初步研究

郁梦德¹ 莫江明² 孔国辉¹

(¹中国科学院华南植物研究所, 广州 510650)

(²中国科学院华南植物研究所鼎湖山森林生态系统定位研究站, 肇庆 526070)

摘要 本文用离子交换树脂袋法(Ion exchange resin bag method), 测定了鼎湖山季风常绿阔叶林土壤有效氮动态。结果表明, 鼎湖山季风常绿阔叶林土壤有效氮主要由铵态氮($\text{NH}_4^+\text{-N}$)组成, 且具有明显的季节性变化, 两种不同深度(0-10cm, 10-20cm)土层比较, 硝态氮($\text{NO}_3^-\text{-N}$)年平均值在10-20cm土层显著地高于在0-10cm的土层($p=0.05$); 铵态氮年平均值在10-20cm土层则趋向低于在0-10cm的土层。

关键词 有效氮; 季风常绿阔叶林; 鼎湖山; 离子交换树脂袋法

ASSESSING SOIL NITROGEN AVAILABILITY IN DINGHUSHAN MONSOON EVERGREEN BROADLEAF FOREST BY ION EXCHANGE RESIN BAG METHOD

Yu Mengde¹ Mo Jiangming² Kong Guohui¹

(¹ South China Institute of Botany, Academia Sinica, Guangzhou 510650)

(² Dinghushan forest Ecosystem Research Station, South China Institute of Botany, Academia Sinica, Zhaoqing 526070)

Abstract Soil available nitrogen in Dinghushan monsoon evergreen broadleaf forest assessed by using ion exchange resin bags showed significantly seasonal variations depending on different forms of available nitrogen and on different depths of the soil. Ammonium ($\text{NH}_4^+\text{-N}$) was found to be the major form of the available nitrogen, and nitrate ($\text{NO}_3^-\text{-N}$) in the soil at 10-20cm depth was significantly higher than that at 0-10cm depth ($p=0.05$), however, ammonium in the soil at 10-20cm depth tended to be lower than that at 0-10cm depth.

Key words Available nitrogen; Monsoon evergreen broadleaf forest; Dinghushan; Ion exchange resin bag method

氮素是植物从土壤中需求量最大的元素, 也是植物生长的限制因素之一。然而, 森林土壤中

大部分的氮素以有机态存在。这些有机态的氮只有通过氮矿化, 变为非有机态氮, 才能被植物吸收。可见, 研究土壤氮素矿化及其影响因素对于了解森林生态系统的生产力、营养循环和制订森林管理计划方面具有重要的意义。鼎湖山季风常绿阔叶林是南亚热带代表性的森林类型。研究者们已经报道了许多有关这个森林生态系统各个方面的研究论文^[1,2]。然而, 对于该系统土壤部分的研究却报道较少, 而对于土壤氮素矿化方面更是空白。本文为鼎湖山季风常绿阔叶林土壤氮素矿化动态及其影响因素研究的一部分, 其目的是研究该森林土壤的有效氮动态情况。

1 材料和方法

本研究在鼎湖山生物圈保护区(东经 112°33', 北纬 23°10')进行。保护区具有季风性气候。年平均降雨量为 1927mm, 其中 75% 分布在 3 月到 8 月份, 而 12 月到 2 月仅占 6%^[3]。年平均相对湿度为 80%。年平均温度为 21.4℃, 最冷月(1 月)和最热月(7 月)的平均温度分别为 12.6℃ 和 28.0℃^[3]。

研究样地设在南亚热带季风常绿阔叶林, 海拔 250—300m, 为锥栗(*Castanopsis chinensis*)、荷木(*Schima superba*)、厚壳桂(*Cryptocarya chinensis*)群落^[4]。林冠重叠、稠密。群落结构复杂, 可分为 6 层, 其中乔木三层, 灌木一层, 草本及苗木一层, 藤本及附生植物一层。乔木层主要由锥栗、荷木、厚壳桂、黄果厚壳桂(*Cryptocarya concinna*)和华润南(*Machilus chinensis*)等树种组成, 其它层树种主要有: 杖枝省藤(*Calamus rhabdocladius*)、罗伞树(*Ardisia quinquegona*)和沙皮蕨(*Hemigramma decurrens*)等^[4]。

研究样地的母岩为沙页岩。土壤为赤红壤, 土层较厚, 一般超过 60cm, pH 值为 3.8 左右, 有机质含量 5.4%, 全 N 0.2%(表 1)。

表 1 鼎湖山季风常绿阔叶林土壤理化性质

Table 1 Soil properties in monsoon evergreen broadleaf forest of Dinghushan (mean, SE)

土层深度 Soil depth(cm)	有机质 Organic matter(%)	全氮 Total N (%)	C/N	pH	容重 Density	田间持水量 Water content(%)
0—10	7.24 (0.74)	0.25 (0.02)	16.81 (0.70)	3.76 (0.07)	1.06	29.99
10—20	3.46 (0.41)	0.13 (0.01)	15.02 (1.02)	3.81 (0.05)	1.37	24.50
平均 Mean	5.35 (0.58)	0.19 (0.01)	15.91 (0.86)	3.79 (0.06)	1.21	27.25

本研究采用离子交换树脂袋法估测氮素的硝化和矿化速率^[5,6]。此方法曾在同一地区的一个中美合作课题研究中使用过, 其可靠性已得到了证实^[7]。在实验开始时, 准备 40 个离子交换树脂袋^[5]。这些袋由尼龙林做成, 每袋放约 12g 树脂, 然后装订好^[5,6]。在 1992 年 9 月 15 日, 把这 40 个装有树脂的尼龙袋埋在随机选择的 20 个试验点(每点两个), 在每个点, 其中一个袋埋在深度为 2 到 7cm, 另一个袋埋在 12 到 17cm 的土壤里。这些树脂袋于 1992 年 12 月 15 日取出, 放在冰盒内带回实验室, 然后存放在冰箱内直到提取为止。1992 年 12 月 14 日到 1993 年 3 月 14 日; 1993 年 3 月 15 日到 1993 年 6 月 14 日; 1993 年 6 月 15 日到 1993 年 9 月 14 日, 重复以上试验。

1992年9月15日,在同一林地随机选择的10个点,用土壤钻在每点取两钻,然后按两层(0-10cm, 10-20cm)分开。在同一层的两钻土混合,这样10个点共有10个样品,最后带回实验室以便作土壤理化分析。在1993年12月9日重复以上取样。

有效氮分析,在提取前,附在袋里的根和土壤均小心地用手取走。然后,这些树脂用100ml 1mol/L的氯化钾提取^[8]。铵态氮和硝态氮用比色法测定^[9]。土壤理化性质用劳家桎主编的土壤农化分析手册中描述的方法测定^[8]。

在数据统计方面,采用对比学生氏t (paired t-test)分析土壤有效氮在不同土层深度的差异。

2 结果

有效氮在两种不同深度的土层中均表现出明显的季节性变化(图1)。然而,这些变化根据有效氮的不同组份和不同土层深度而有所不同。铵态氮在试验的两种土层中,其季节性变化十分相似:高峰期均出现在秋季(0-10cm土层为 $27.17\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂;10-20cm土层为 $17.42\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂),低峰期则在夏季($6.88\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂和 $11.75\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂)。硝态氮在两种土层中均在秋季最低(4.44 和 $4.22\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂),但其高峰期,在土层为0-10cm的土壤中发生在冬季($7.41\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂,在10-20cm的土层中则在夏季($12.62\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂)。

尽管有效氮具有明显的季节性变化,但总有效氮在每个季节中都主要由铵态氮组成(图2),并且这种铵态氮在总有效氮中的绝对组成优势,不因土层深度的不同而改变。例如,在秋季,铵态氮在0-10cm的土层中占总有效氮的86%,在10-20cm的土层也占总有效氮的80%。

两种不同深度的土层比较可见,有效氮的差异亦随季节的不同而异(图1)。总有效氮在0-10cm的土层中年变幅在 $12.63-31.61\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂之间,这个变幅比在10-20cm的土层高(21.65 至 $24.36\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂)。这种现象表明,土壤环境因子的变幅在0-10cm

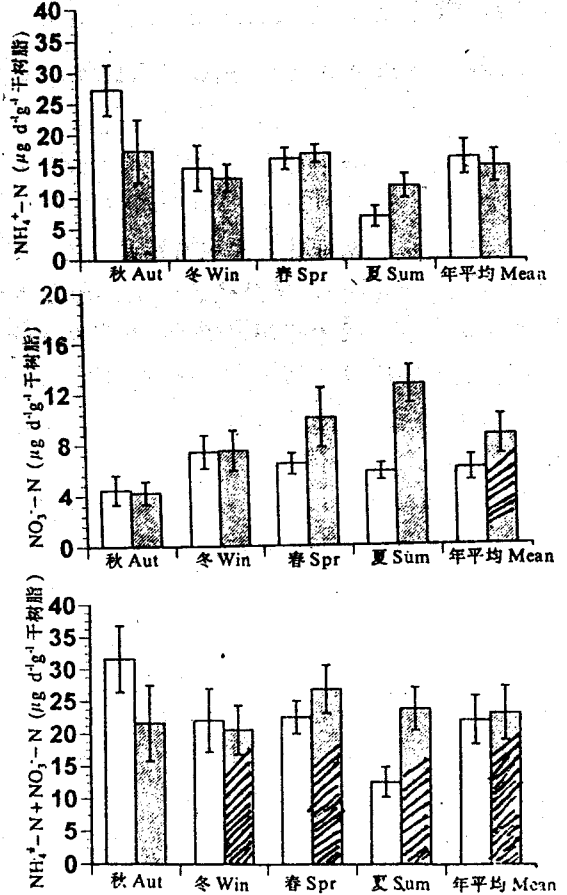


图1 鼎湖山季风常绿阔叶林土壤有效氮动态

Fig. 1 Dynamics of soil available N in a monsoon evergreen broadleaf forest of Dinghushan at soil depths of 0-10cm (□) and 10-20cm (▨)

Autumn: from Sept. 15 to Dec. 14 1992;

Winter: from Dec. 15, 1992 to Mar. 14, 1993;

Spring: from Mar. 15 to Jun. 14, 1993;

Summer: from Jun. 15 to Sept. 14, 1993

土层的高于在 10-20cm 土层, 然而, 就年平均值来说, 铵态氮在 0-10cm 土层 ($16.24\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂) 趋向高于在 10-20cm 土层 ($14.81\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂)。硝态氮的表现则相反 (0-10cm 土层为 $6.01\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂; 10-20cm 土层为 $8.61\mu\text{g d}^{-1}\text{g}^{-1}$ 干树脂), 且其差异达显著水平 ($p=0.05$), 表明了 10-20cm 土层更有利于硝化细菌活动。正是由于铵态氮和硝态氮年平均值的相反表现, 总有效氮年平均值在两种土层中的差异不明显。

3 讨论

尽管土壤有效氮素供应与森林生产力之间具有密切的关系^[9], 然而, 对于森林尤其是热带亚热带森林土壤有效氮动态方面的研究, 仅在近期才为人们所重视。据报道, 在印度一个热带森林中, 有效氮具有明显的季节性变化, 其高峰期在秋季, 低峰期在夏季^[10]。这与本研究铵态氮以及总有效氮的结果相似。

氮素矿化是一个微生物参与的过程, 因此研究地区的温度和湿度的季节性变化, 是产生氮素矿化的季节性变化的重要因素^[10]。但是, 在半干旱的热带森林生态系统中, 土壤温度年变幅比较小, 这种季节性变化主要是受土壤湿度的季节性变化影响。造成以上提及的季节性变化相似的原因, 可能是本区和印度林均具有季风性气候。这种季风性气候引起土壤经历干湿交替循环。土壤干湿交换循环提高林地有效氮的水平^[11-13]。在本研究中, 雨季(夏季)土壤潮湿, 而进入秋季(旱季)土壤干旱, 这种湿旱交替形成了土壤铵态氮水平的提高。铵态氮在秋季处于最高峰的另一原因, 是因为在此期间硝化速率最低(图 1)。硝化是铵态氮在微生物的作用下转变为硝态氮的过程, 微生物种类组成受季节性变化影响^[14]。

本研究的结果, 铵态氮在 0-10cm 土层的年平均值趋向高于在 10-20cm 土层的年平均值(图 1)。这种现象显然与土壤的理化性质的差异有关(表 1)。Raghubanshi 在一个热带森林的研究中发现, 氮素矿化受土壤理化性质影响, 土壤的氮素矿化速率与土壤有机质和全氮成正比关系^[10]。然而, 两种土层比较, 硝态氮却在 10-20cm 土层高于在 0-10cm 土层, 这可能与 0-10cm 土层具有低的 pH 值有关(表 1)。低的 pH 值对硝化细菌的生长具有抑制作用^[15]。土壤硝化速率在低于 pH6.0 后显著下降^[16]。因此, 总有效氮在本研究样地中以铵态氮为主(本研究样地的 pH 为 3.8 左右, 表 1, 图 2)。这种以铵态氮占优势的结果与 Jordan 等在一个热带雨林中的研究结果一致^[17]。

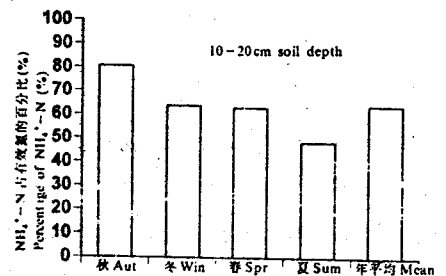
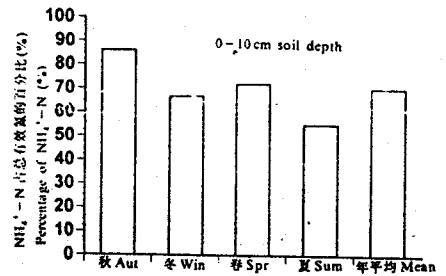


图 2 $\text{NH}_4^+\text{-N}$ 占总有效氮的百分比分布图

Fig. 2 Seasonal variation of $\text{NH}_4^+\text{-N}$ percentage in the total available N for season duration, see Fig. 1

参考文献

- 1 Kong G H et al. Dinghushan Biosphere Reserve, ecological research history and perspective. Science Press, New York, 1993
- 2 Mo J M et al. Nitrogen distribution in vegetation of a subtropical monsoon evergreen broadleaf forest in China. *Tropics*, 1994, 3:143-153
- 3 黄展帆, 范征广. 鼎湖山的气候. 热带亚热带森林生态系统研究, 第1集, 1982, 11-23
- 4 王铸豪等. 鼎湖山自然保护区的植被. 热带亚热带森林生态系统研究, 第1集, 1982, 77-141
- 5 Anderson J M, Ingram J S I. *Tropical soil biology and fertility: a handbook of methods*. CAB International, Wallingford, Oxford, England, 1989
- 6 Binkley D, Matson P. Ion exchange resin bag method for assessing forest soil nitrogen availability. *Soil Sci Soc Am J*, 1983, 47:1050-1052
- 7 Mo J M. Nutrient dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB Reserve of subtropical China. Master Thesis, University of Illinois, Urbana-Champaign, IL, USA, 1994
- 8 劳家钰主编. 土壤农化分析手册. 农业出版社, 1988
- 9 Pastor J, Aber J D, McLaugherty C A. Aboveground production and N and P cycling along a nitrogen mineralization gradient on Blackhawk, Wisconsin. *Ecology*, 1984, 65(1):256-268
- 10 Raghubanshi A S. Effect of topography on selected soil properties and nitrogen mineralization in a dry tropical forest. *Soil Biol. Biochem*, 1992, 24:145-150
- 11 Birch H F. The effect of soil drying on humus decomposition and nitrogen availability. *Plant and Soil*, 1958, 10:9-31
- 12 Miller R D, Johnson D D. The effect of soil moisture tension on carbon dioxide evolution, nitrification, and nitrogen mineralization. *Soil Sci Soc Am Proc*, 1964, 28:644-647
- 13 Marrs R H et al. Nitrogen mineralization and nitrification in terra firme forest and savanna soils on Klha de Maraca, Roraima, Brazil. *Journal of Tropical Ecology*, 1991, 7:123-137
- 14 蚊伟民等. 鼎湖山自然保护区及电白人工林土壤微生物特性的研究. 热带亚热带森林生态系统研究, 第2集, 1984, 59-68
- 15 Keeney D R. Prediction of soil nitrogen availability in forest ecosystems: A literature review. *For Sci*, 1980, 26: 159-171
- 16 Alexander M. *Introduction to soil microbiology*. John Wiley and Sons, Inc, New York, 1977, 467p
- 17 Jordan C F, Todd R L, Escalante G. Nitrogen conservation in a tropical rainforest. *Oecologia*, 1979, 39:123-129