

缙云山森林土壤速效 N、P、K 时空特征研究

杨万勤, 钟章成*, 陶建平, 何维明

(西南师范大学生命科学学院, 重庆 400715)

摘要: 研究了缙云山森林生态系统内 4 个演替阶段群落的土壤速效 N、P、K 的时空特征, 结果表明: ①除灌草丛的速效 K 外, 速效 N、P、K 含量在不同群落的土壤剖面上均具有明显的层次性, 即腐殖质层(A) > 沉积层(B) > 母质层(C)。②A、B 两层的速效 N、K 含量随群落演替方向升高, 即灌草丛 < 针叶林 < 针阔混交林 < 常绿阔叶林, 速效 P 含量则为: 针叶林 < 针阔混交林 < 灌草丛 < 常绿阔叶林。C 层速效 N、P、K 含量似乎与群落演替规律无必然联系。③各群落内 A、B 层土壤速效 N、P、K 含量均表现出明显的季节动态, 动态规律因元素类型和土壤层次而有差别。

关键词: 速效 N、P、K; 时空特征; 森林土壤; 缙云山

Study on temporal and spatial characteristics of available soil nitrogen, phosphorus, and potassium among the forest ecosystem of Mt. Jinyun

YANG Wan-Qin, ZHONG Zhang-Cheng, TAO Jian-Ping, HE Wei-Ming (College of Life Science, Southwest China Normal University, Chongqing 400715)

Abstract: Temporal and spatial distribution characteristics for the availability of soil nitrogen, phosphorus, and potassium among four successional communities of forest ecosystem on Mt. Jinyun are studied in this paper. The results showed that, (1) Except for available potassium of shrub-grassland, the content of nitrogen, phosphorus and potassium of soil profiles in different communities has evident gradients, i. e., humus horizon(A) > illuvial horizon(B) > parent material horizon(C); (2) The content of available nitrogen and potassium of A and B horizons increases along the successional direction, i. e., shrub-grassland < coniferous forest < coniferous-broad-leaved mixed forest < evergreen broad-leaved forest. Except for shrub-grassland, the content of available phosphorus of A and B horizons also increases with the successional direction, i. e., coniferous forest < coniferous-broad-leaved mixed forest < evergreen broad-leaved forest. The content of available nitrogen, phosphorus and potassium of C horizons shows no certain relationships with the successional law; (3) The content of available N, P, and K of A and B horizons in various plant communities has evident seasonal fluctuations, the fluctuations depend on the element types and soil horizons.

Key words: available nitrogen; phosphorus and potassium; temporal and spatial distribution characteristics; forest soil; Mt. Jinyun

文章编号: 1000-0933(2001)08-1285-05 中图分类号: S714 文献标识码: A

N、P 和 K 是植物生长发育的三大基本营养元素, 土壤速效 N、P 和 K 的水平对于植物的生长起着关键作用。研究表明, 植物的物种组成和结构与营养元素的循环有关^[1,2]。Jack-son 等) 和 Schlesinger 等的研究表明, 速效营养元素的空间异质性与植物个体的规模有关^[3,4]。其它研究则表明, 土壤理化性质(包括速效

基金项目: 国家自然科学基金重点资助项目(资助号: 39330050)

收稿日期: 1999-10-06; 修订日期: 2000-05-30

作者简介: 杨万勤(1962), 男, 四川乐山人, 博士, 讲师。主要从事植物生态和土壤生态研究

* 通讯联系人

万方数据

N、P、K)与植物群落演替密切相关^[5,6]。可见,土壤速效 N、P、K 的分布特征,对于了解森林生态系统的土壤肥力和营养元素循环有重要意义。

目前,已有学者分别报道过土壤速效 N、P、K 的空间特征^[7]和动态特征^[8,9]。我国的亚热带常绿阔叶林是全球性常绿阔叶林分布面积最大发育最为典型的植被类型,而中亚热带常绿阔叶林是我国亚热带地区最典型的植被类型^[10],但目前尚无人对其土壤速效 N、P、K 的时空特征作系统研究,因此,本项研究试图以缙云山森林土壤为研究对象,探讨土壤速效 N、P、K 的剖面特征、随群落演替的变化特征及其季节动态,以期为中亚热带地区的森林土壤培肥提供科学依据。

1 研究地区的自然概况

缙云山位于重庆市北部约 40km 的北碚境内(位于 29°47'N,106°20'E),属典型的亚热带季风性气候,海拔 900m 左右,年降雨量 1143mm,土壤为酸性黄壤。其环境特点及植被概况已有报道^[10]。样地资料见表 1。

表 1 缙云山森林生态系统各演替阶段样地概况
Table 1 Outline of successional communities of forest ecosystem on Mt. Jinyun

样地 Plots	地点 Sites	海拔(m) Altitude	坡向 Orientation	坡度 Slope	土层厚(cm) Earth depth	群落类型 Community type	郁闭度 Canopy density
S1	少龙寺 Shaolongshi	600	SE57°	19°	20~60	灌丛 Shrub-grassland	0%
S2	松林坡 Songlinpo	575	SE0°	25°	25~80	马尾松纯林 <i>Pinus massoniana</i> forest	65%
S3	接官亭 Jieguanting	735	SE20°	32°	25~70	马尾松-川灰木混交林 <i>P. massoniana</i> - <i>Symplocos setchuensis</i> mixed forest	75%
S4	洛阳桥 Luoyangqiao	745	SE90°	5°	>100	常绿阔叶林 Evergreen broad-leaved forest	85%

2 材料和方法

2.1 材料

于 1996 年 3 月下旬、6 月下旬、10 月上旬、12 月下旬,分别在 4 个样地中以对角线方式设置 5 个样点,按土壤剖面取腐殖质层(A)、沉积层(B)和母质层(C)中央的土样,分别装于采集袋中,带回实验室,分出杂物,风干,磨碎,过 1mm 筛(分析测量时根据测定指标再过不同规格的筛),分别装于广口瓶中,待测。

2.2 分析方法

土壤含水量的测定:称 10.00g 土样于铝盒,105℃下烘 6h,冷却,称重。有机质的测定:称取过 0.25mm 筛的土样 0.1000g 于硬质试管,加入 10ml0.4NK₂CrO₇,170~180℃的石蜡中油浴 5min,冷却,转移,滴定。速效 N 的测定:称取过 0.25mm 筛的土样 2.00Ag 和 1.0gZn-FeSO₄(1:5)于扩散皿外室,在扩散皿内室加入 2%的硼酸指示剂溶液 2ml,在外室边缘涂上阿拉伯树胶,使毛玻璃与皿边完全粘合,加入 10ml1.8N NaOH 溶液于皿的外室,立即盖严、摇匀,固定,于 40℃的烘箱中培养 24h 后取出,用半微量滴定管滴定。速效 P 的测定:钼锑抗比色法;速效 K 的测定:火焰分光光度法;全 N 的测定:凯氏定氮法;全 P 的测定:钼蓝比色法;全 K 的测定:火焰分光光度法^[11]。

3 结果与讨论

3.1 土壤速效 N、P、K 含量的剖面特征

表 2 表明,速效 N、P 含量在 4 个演替群落的土壤剖面上均呈规律性分布的特点,即腐殖质层(A)>沉积层(B)母质层(C)。速效 K 含量除在灌草丛表现为:母质层(C)>腐殖质层(A)>沉积层(B)外,在其它 3 个群落中也表现出同样的规律。表 3 表明,速效 N、P、K 含量均与土壤厚度呈极显著($P<0.01$)或显著($P<0.05$)负相关,可见速效 N、P、K 含量在森林土壤中具有明显的层次性。这是由于该样地虽为永久固定样地,但因其靠近居民点,山民刈铁芒萁(*Dicranopteris dichotoma*)和搜集枯落物为生活燃料,引起地表植

被破坏,且铁芒萁为一种根系多年生草本植物,其保蓄 K 元素能力较差,而 K 是极易流失的元素,所以导致表层土壤速效 K 的淋失。

表 2 缙云山森林土壤速效 N、P、K 含量的时空特征*

Table 2 Temporal and spatial characteristics of the content of available soil nitrogen,phosphorus and potassium among forest ecosystem on Mt. Jinyun

样地 Plots	土层 Soil horions	速效 N				速效 P				速效 K			
		Available nitrogen(mg/kg)				Available phosphourus(mg/kg)				Available potassium(mg/kg)			
		春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季	春季	夏季	秋季	冬季
		Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter	Spring	Summer	Autumn	Winter
S ₁	A	47.6	35.4	41.7	34.9	18.8	21.1	27.5	20.1	35.0	31.1	33.9	29.5
	B	21.7	19.3	19.5	17.8	11.7	13.5	14.4	12.3	29.2	27.5	28.5	26.2
	C	15.0	15.3	14.8	14.5	5.1	5.5	4.9	4.7	42.5	40.7	41.7	31.2
S ₂	A	70.7	61.8	68.7	59.4	9.4	11.8	17.2	10.5	54.6	45.7	47.9	43.8
	B	22.1	19.5	20.3	18.8	3.4	3.9	5.2	3.7	33.4	31.5	32.7	29.4
	C	20.0	17.4	18.7	16.9	2.1	2.0	2.3	2.1	24.8	23.8	22.5	21.7
S ₃	A	79.9	69.5	75.3	65.2	13.1	14.7	21.1	13.7	78.4	71.2	75.5	69.5
	B	38.1	35.5	37.7	34.8	3.5	4.9	5.3	3.9	39.4	35.9	37.6	35.3
	C	25.7	25.5	24.7	23.3	2.6	2.7	2.5	2.4	35.0	34.2	33.5	34.7
S ₄	A	137.4	121.5	129.9	117.6	35.0	38.9	42.5	37.5	80.0	72.7	78.5	71.9
	B	46.1	40.8	43.5	37.9	15.6	18.7	19.4	18.1	48.5	45.5	47.2	42.7
	C	23.7	24.1	23.5	22.9	2.5	2.7	2.6	2.3	32.0	31.8	32.4	31.5

* 表中所列数据为样地中 5 个样点的平均值。The data in the table are average means of five samples。

3.2 土壤速效 N、P、K 在不同群落中的变化规律

从表 2 可知,A、B 两层的速效 N、K 含量随群落演替而逐渐上升,即灌草丛(S₁)<马尾松林(S₂)<马尾-川灰木混交林(S₃)<常绿阔叶林(S₄)。A、B 两层的速效 P 含量表现为:马尾松纯林(S₂)<马尾松-川灰木混交林(S₃)<灌草丛(S₁)<常绿阔叶林(S₄),排除灌草丛后,速效 P 含量仍随群落演替方向升高。从整个演替系列来看,A、B 两层的速效 N、P、K 含量均以顶极群落-常绿阔叶林最高。但为何灌草丛的速效 P 含量高于针叶林和针阔混交林呢?根据对该样地的背景调查知道,该样地曾经人工种植香樟(*Cinmenomurn camphora*),生长不好,死亡较多,最后为铁芒萁所替代而成。香樟的死亡必然归还大量的包括 P 在内的营养元素到土壤中,从而增加土壤速 P 含量,相对 N、K 而言,P 的流失相对较弱,而铁芒萁对 P 的吸收较木本植物少,因此,灌草丛的土壤速效 P 相对较高。另外,正如速效 K 的剖面特征一样,由于其受人为干扰活动的影响,因而减少了它与其它 3 个演替群落的可比性。

C 层速效 N、P、K 含量与群落演替规律并无必然的联系(表 2)。表 3 显示,速效 N、P、K 含量均与土壤厚度呈显著($P<0.05$)或极显著($P<0.01$)负相关,即随土层加深,速效 N、P、K 含量降低。这是由于 C 层处于土壤底层,受植被的影响相对较弱,从而使该层的速效 N、P、K 含量的规律性与群落演替规律之间没有必然的联系。

森林土壤养分的主要来源是土壤母岩母质的风化及凋落物养分的归还,而凋落物的归还是十分明显的^[12,13]。表 3 显示,土壤速效 N、P、K 含量与凋落物厚度并不显著相关,决定土壤速效 N、P、K 含量的最主要因素是凋落物归还到土壤的有机质的多少。森林的年凋落物量以针叶林→针阔混交林→常绿阔叶林的顺序递增^[12,13],其归还到土壤中的有机质和养分增加,因此,土壤速效 N、P、K 含量依马尾松林→马尾松-川灰木混交林→常绿阔叶林的顺序增加,这与夏汉平等的研究结果一致^[13]。铁芒萁群落(灌草丛)则因其受到人为活动的干扰而减少了其可比性。

3.3 土壤速效 N、P、K 的季节动态

A、B 两层的速效 N、P、K 含量在 4 个演替群落中都具有明显的季节变化规律,但 3 种元素的变化规律不尽相同(表 2)。4 个演替群落的速效 N、K 含量在春季最高,秋季次之,冬季最低。即春季>秋季>夏季>

冬季。A、B 两层间速效 N、K 含量之差在春季最大,秋季次之,夏季的差值最小。A、B 两层相比较,A 层速效 N、K 含量的季节动态更明显,即 A 层速效 N、K 含量的季节之间的变幅较 B 层大。A、B 两层的速效 P 含量也具有明显的季节动态规律,但与速效 N、K 的规律略有不同。A、B 两层的速效 P 含量的高低顺序的 4 个季节中为:秋季>夏季>冬季>春季。A、B 两层的速效 P 含量的季节变化规律较 B 层更明显,即 A 层的季节变幅较大。除 C 层速效 N 含量在马尾松林(S₂)表现出与 A、B 层速效 N 同样的季节变化规律外,C 层速效 N、P、K 含量的季节动态均不明显。

表 3 土壤速效 N、P、K 含量与其它理化性质的相关系数(n=15)

Table 3 Correlation coefficients between available soil nitrogen,phosphorus and potassium, and other physiochemical characteristics

	土壤厚度 Soil depth	凋落物厚度 Litters thickness	含水量 Content of water	有机质含量 Content of organic matter	全 N Total N	全 P Total P	全 K Total K
速效 N 含量 ^①	-0.881 **	0.410	0.881 **	0.972 **	0.970 **	0.911 **	0.329
速效 P 含量 ^②	-0.706 *	0.108	0.587 *	0.775 **	0.872 **	0.833 **	0.316
速效 K 含量 ^③	-0.564 *	0.357	0.739 **	0.750 **	0.723 *	0.758 **	0.200

* P<0.05 显著水平 Level of significance; * * P<0.01 极显著水平 Level of very significance;①Content of available N;②Content of available P;③Content of available K

土壤速效 N、P、K 含量的高低与凋落物的季节动态、土壤生物活性、土壤速效 N、P、K 的淋失及植物的吸收等相关^[13,14]。土壤速效 N、K 含量的季节动态为:春季>秋季>夏季>冬季,这与凋落物的季节动态一致^[15,16],同时与春秋季节为土壤过氧化氢酶、转化酶和蛋白酶的活性高峰^[17]有关。另外,夏季则因植物吸收的 N、K 较多,而养分的淋失量也大,冬季则因土壤酶活性较低,N、K 的矿质比较低,因此,冬、夏季土壤速效 N、K 含量较低。P 易被土壤、微生物和凋落物所固定,不易被活化和淋失^[18],因此,土壤速效 P 含量的季节动态与 N、K 不同,其以夏、秋季较多,冬春季较低,这与土壤酸性磷酸酶活性的季节动态是一致的^[17],这表明,土壤速效 P 主要是通过酸性磷酸酶对土壤全 P 和有机质的活化而释放出来的。

4 结语

本文仅通过土壤剖面取样法对缙云山森林生态系统中 4 个演替阶段群落的速效 N、P、K 含量进行了初步研究,结果表现,在排除了人为活动的干扰后,土壤速效 N、P、K 含量在土壤剖面上具有明显的层次性,A、B 两层速效 N、P、K 含量随群落演替方向升高,常绿阔叶林的土壤速效 N、P、K 含量最高,这表明,土壤速效 N、P、K 含量受植被的影响很大,但土层愈深,受植被的影响愈弱。植被对土壤速效 N、P、K 含量影响的最直接因素是通过凋落物归还到土壤中的有机质来实现的,保护和提高土壤有机质含量或许是森林土壤培肥的最有力措施。A、B 两层的土壤速效 N、P、K 含量具有明显的季节变化规律,不同元素和不同土壤层次的动态规律不同。但无论如何,土壤速效 N、P、K 含量的季节动态特征以及随群落演替的变化特征或许可以为林业经营和管理人员提供一个“适时、适地、适肥”施肥的依据。

参考文献

[1] Rboertson G P &. Vitowsek P M. Nitrification potentials in primary and secondary succession. *Ecology*,1981,**62**, 376~386.

[2] Vitousek P M,Matson P A &. Van Cleve K. Nitrogen availability and nitrification during succession,primary,secondary and old field seres, *Plant and Soil*,1989,**115**,229~239.

[3] Jackson R B &. Caldwell M M. The scale of nutrient heterogeneity around individval plants and its quantification with geostatistics, *Ecology*,1993,**74**. 612~614.

[4] Schlesinger W H, Reynolds J F, Cunningham G L, *et al.* Biological feedbacks in global desertification, *Science*, 1990,**247**,1043~1048.

[5] Tilman D. Plant Strategies and the Dynamics and Structure of Plant Communities. Princeton University Press, Princeton, NJ, 1988.

[6] Armeson J J, Pickett S T A &. McDonell M J. Spatial heterogeneity during succession: A cyclic model of invasion and exclusion, *Ecological Heterogeneity* (eds. J. Kosola &. S. T. A Pickett), 99. 256~269. Springer Verlag, New

York. 1991.

[7] Gross K L, Pregitzer K S & Burton A J. Spatial variation in nitrogen availabilclity in three successional plant communities. *Journal of Ecology*, 1995, **83**, 357~367.

[8] 莫江明, 郁梦德, 孔国辉. 鼎湖山马尾松人工林土壤硝态氮和铵态氮动态研究. *植物生态学报*, 1997, **21**(4): 335~341.

[9] Vaughn C E, Michael Center D & Milton B Jones. Seasonal fluctuations in nutrient availability in som northern. California annual rages soils. *Soil Science*, 1986, **141**(1): 43~51.

[10] 钟章成编. 常绿阔叶林生态学研究. 重庆: 西南师范大学出版社, 1988. 1~49, 167~176.

[11] 劳家桢. 土壤农化分析手册. 北京: 农业出版社, 1988. 203~299.

[12] 赵其国, 王明珠, 等. 我国热带亚热带森林凋落 物及其对土壤的影响. *土壤*, 1991, **23**(1): 8~15

[13] 夏汉平, 余清发, 张德强. 鼎湖山 3 种林型下的土壤酸度和养分含量差异及其季节动态变化特性. *生态学报*, 1997, **17**(6): 645~653.

[14] 张家武, 廖利平, 等. 马尾松火力楠混交林凋落物动态及其对土壤养分的影响. *应用生态学报*, 1993, **4**(4): 367~372.

[15] 温远光, 韦盛章, 秦武明. 杉木人工林凋落物动态及其与气候因素的相关分析. *生态学报*, 1990, **10**(4): 367~272.

[16] Mo J M, Brown S, *et al.* Nutrient dynamics of a human-impacted pine forest in a MAB reserve of subtropical China. *Biotropica*, 1995, **27**(3): 290~304.

[17] 杨万勤, 李瑞智, 韩玉萍. 缙云山天然次生林的土壤酶活性的分布特征. 见: 董鸣, M. J. A. Werger 主编. *生态学研究文集*. 重庆: 西南师范大学出版社, 1999. 171~179.

[18] 张万儒, 黄雨霖, 等. 四川西部冷杉林下森林土壤动态的研究. *林业科学*, 1979, **15**(3): 178~193.