

杉木、马尾松、甜槠等林分下土壤 养分状况研究*

陈金林 俞元春 罗汝英 张纯清 胡永清 游为贵

摘要 对中等立地上杉木、马尾松、甜槠等林分的土壤养分状况进行了综合比较,结果表明:不同林分对土壤有机质及矿质养分的影响不尽相同,阔叶林能增加土壤有机质积累,改善土壤养分状况;马尾松林对提高土壤有效性 N、P、K 含量具有一定作用,特别是对提高有效 P 作用很大;杉木纯林不利于改善土壤养分状况及土壤理化性质;针阔混交林能改良土壤养分状况,尤其能较好地改良土壤有效性微量元素状况,防止地力衰退,有利于林业持续发展。另外,根际土中在早春时有较多的有效微量元素贮备,可供其后旺盛生长时期吸收,因而林分很少出现缺素症状。

关键词 杉木 马尾松 甜槠 微量营养元素 根际土壤养分

杉木、马尾松、甜槠都具有生长快、材质好、用途广、产量高等特点,是我国南方主要的林木树种。研究这些林分下土壤大量营养元素及微量营养元素的状况,揭示林木生长与土壤养分状况尤其是微量元素状况之间的相互关系,以便更好地做到合理利用土壤,防止地力衰退,保持林业持续发展,并为适地适树、科学造林及合理施肥提供依据。

1 调查区概况与研究方法

调查区选在福建省明溪县境内,其所在县位于福建西北部武夷山东南延伸支脉地带,116°47'~117°35' E, 26°08'~26°39' N 之间。属中亚热带季风气候,年均气温 15.8~18.4℃,极端最高温 38.5~39.2℃,极端最低温—8.1~—10.9℃;最冷月和最热月分别在 1 月(月均温 4.7~8.2℃)和 7 月(月均温 24.5~27.2℃);年均降雨量为 1 774.8 mm(雨季出现在 3~5 月),日照时数为 1 770 h,相对湿度平均为 80.83%,是我国南方重要林区之一。

1995 年 3 月在该区选择杉木[*Cunninghamia lanceolata* (Lamb.) Hook.]、马尾松(*Pinus massoniana* Lamb.)、甜槠[*Castanopsis eyrei* (Champ.) Tutch.]的幼林和中龄林样地进行土壤调查,同时对 15 年生杉木、马尾松、木荷(*Schima superba* Gardn et Champ)的混交林进行调查,所有样地海拔 300~550 m,不同林分均无黄化、紫斑、簇生、小叶病等缺乏营养元素的表现症状;样地土壤均为石英砂岩风化母质上发育的红黄壤,属中壤至重壤土,土层厚度中等,土壤容积密度小于 1.35 g/cm⁻³。在每块样地的上、中、下坡挖掘土壤剖面,将根系密集的 0~40 cm 样品作为根区土样,根系稀少的 40~65 cm 样品作为非根区土样,另外,将附着在根系上的土

1998—05—18 收稿。

陈金林副教授,俞元春,罗汝英,胡永清(南京林业大学森林资源与环境学院 南京 210037);张纯清,游为贵(福建省明溪县林委)。

* 本文为 1994~1996 年国家自然科学基金资助项目“南方森林生态系统微量元素状况”一部分(编号 39370563)。

壤(距根 3 mm 以内)抖落下来作为根际土样。各样地林木生长状况及土壤基本性状(上、中、下 3 个剖面的平均值)见表 1。

表 1 调查区各样地林木生长状况及土壤基本性状

林分类型	海拔 (m)	林龄 (a)	树高 (m)	胸径 (cm)	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	pH		容积密度 (g/cm ³)	物理性粘粒 (%)
							H ₂ O	KCl		
杉木幼林	300	4	3.26	4.21	0~40	35.00	4.43	4.00	1.16	43.48
					40~65	16.64	4.60	4.08	1.21	51.36
杉木中龄林	340	15	8.70	10.67	0~40	35.38	4.56	3.98	1.25	45.08
					40~65	18.47	4.62	4.17	1.30	54.71
马尾松幼林	420	5	3.03	4.17	0~40	35.17	4.48	3.95	1.18	42.11
					40~65	17.15	4.98	4.21	1.21	50.25
马尾松中龄林	450	20	9.36	14.78	0~40	38.90	4.60	3.90	1.12	44.13
					40~65	20.13	4.85	4.20	1.22	55.76
甜槠幼林	550	6	6.85	6.53	0~40	49.06	4.98	4.35	1.12	41.96
					40~65	23.15	5.24	4.68	1.19	46.57
甜槠中龄林	550	15	9.12	15.83	0~40	72.87	5.20	4.61	1.10	41.12
					40~65	31.10	5.90	5.13	1.18	43.71
杉木、马尾松、 木荷混交林	350	15	8.62	9.57	0~40	47.91	4.58	3.90	1.15	42.18
					40~65	17.46	4.79	3.94	1.21	49.35

土壤经处理后,测定其 pH 值、有机质含量、大量营养元素(全 N、全 K、全 Na、全 Ca、全 Mg、速效 N、速效 P、速效 K)含量及有效微量营养元素(B、Fe、Mn、Cu、Zn)含量。其中 pH 值用电位法测定;有机质采用石蜡浴加热—K₂Cr₂O₇ 容量法;全 N 用开氏法;水解性氮用碱解扩散法;速效 P 用 0.03 mol/L NH₄F—0.025 mol/L HCl 浸提—钼锑抗比色法;速效 K 用 1mol/L NH₄OAc 浸提—火焰光度法;另外,土壤经 HF—HClO₄ 消化,用火焰光度法测定全 K、全 Na,原子吸收分光光度法测定 Ca、Mg 含量;DTPA 浸提—原子吸收分光光度法测定有效 Fe、Cu、Zn 含量;1 mol/L NH₄OAc 浸提—AAS 法测定交换性 Mn;土壤中的有效硼采用姜黄素比色法测定^[1]。

2 结果与分析

2.1 各林分下土壤有机质状况

比较表 2 中的土壤有机质状况不难看出,各林分下土壤有机质含量均为上层土壤明显高于下层,而且,各土层中的有机质含量都是阔叶林大于针叶林。经方差分析^[2],各林分的上层土壤有机质含量差异极为显著($F=46.68^{**}$, $F_{0.01}=4.82$)。其中,阔叶幼林和中龄林土壤有机质含量分别极显著地高于其它同龄林分,阔叶幼林土壤有机质含量比马尾松、杉木幼林分别增长 39.49% 和 40.17%;阔叶中龄林土壤有机质含量比杉木×马尾松×木荷混交林、马尾松、杉木中龄林分别增长 52.10%、87.33% 和 105.96%。15 年生杉木×马尾松×木荷混交林土壤有机质含量也极显著地大于马尾松、杉木中龄林,混交林土壤有机质含量比马尾松、杉木纯林分别提高了 23.16% 和 35.42%。但是,杉木与马尾松土壤有机质含量之间无显著差异,另外,下层土壤有机质含量除阔叶中龄林较高外,其它林分间无明显差异。

表 2 各林分下土壤有机质及大量营养元素含量

林分类型	土层 (cm)	有机质 (g/kg)	养分全量(g/kg)					有效养分(mg/kg)		
			N	K	Na	Ca	Mg	N	P	K
杉木幼林	0~40	35.00	1.74	13.56	8.00	6.88	25.14	76.53	0.68	75.14
	40~65	16.64	0.84	13.62	8.01	6.01	24.24	36.88	0.13	48.17
杉木中龄林	0~40	35.38	1.78	16.08	12.46	5.13	7.26	78.02	0.75	83.56
	40~65	18.47	0.91	16.57	12.01	7.62	6.02	35.17	0.15	51.11
马尾松幼林	0~40	35.17	1.76	7.34	7.59	10.44	21.34	77.07	0.70	74.26
	40~65	17.15	0.86	9.67	7.94	13.69	24.80	38.46	0.29	58.32
马尾松中龄林	0~40	38.90	1.96	18.04	10.77	7.22	9.12	102.84	0.94	85.12
	40~65	20.13	0.98	21.26	11.82	10.40	6.98	41.25	0.41	61.33
甜槠幼林	0~40	49.06	2.45	23.93	13.05	8.57	13.98	130.11	0.76	92.31
	40~65	23.15	1.15	33.16	16.81	11.69	17.30	45.76	0.20	65.14
甜槠中龄林	0~40	72.87	3.64	23.35	10.79	11.42	26.21	180.77	1.27	98.45
	40~65	31.10	1.26	18.14	8.91	24.63	17.03	51.62	0.23	64.21
杉木、马尾松、木荷混交林	0~40	47.91	2.37	17.49	11.24	5.89	8.14	129.03	1.06	89.56
	40~65	17.46	0.96	19.31	12.27	7.91	9.35	43.31	0.22	61.87

由此可见, 林木生长对土壤有机质状况具有很大影响, 并且主要对上层土壤影响较大。阔叶林对土壤有机质的影响极为显著, 且随着林龄增加, 土壤有机质积累越为明显; 针叶林对土壤有机质状况的影响较弱, 尤其杉木纯林对累积土壤有机质的作用很慢; 针阔混交林可以较为显著地增加土壤有机质含量, 从而有利于改善土壤理化性质, 促进林木生长。

2.2 各林分下土壤大量营养元素状况

不同林木对土壤大量营养元素的影响不尽相同。从表 2 结果看出, 不同林分下土壤 K、Na、Ca、Mg 含量有上层土壤略低于下层土壤的趋势, 而且阔叶林土壤中这些元素的含量稍高于针叶林, 这除了受母质及土壤发育程度的影响外, 主要是受林木枯落物归还量及土壤淋溶作用强度的影响^[3]。由于针叶林枯落物所含的 K、Na、Ca、Mg 等灰分元素低于阔叶林枯落物, 通常情况下枯落物的分解速度为针叶树种慢于阔叶树种, 另外, 针叶林下土壤的淋溶作用一般强于阔叶林, 从而导致各林分土壤中 K、Na、Ca、Mg 全量发生一定变化, 但在同一地区(相同母质)不同林分土壤中的这些元素含量尚无发生明显变化。

对各林分上层土壤大量元素含量进行方差分析(表 3), 结果表明上层土壤全 N 及有效性 N、P、K 含量均存在极显著差异。阔叶林及针阔混交林土壤全 N 含量都极显著地

表 3 各林分土壤大量元素差异(F 值)

全 N	有效 N	有效 P	有效 K
65.57**	45.14**	28.14**	156.10**

注: $F_{0.05} = 3.00$, $F_{0.01} = 4.82$ 。

高于杉木、马尾松纯林; 阔叶林及针阔混交林土壤有效性 N、K 含量极显著地高于其它林分, 15 年生阔叶林土壤有效 P 含量极显著地高于其它林分, 针阔混交林土壤有效 P 含量较杉木纯林也有极显著的增加, 马尾松中龄林土壤有效性 N、P、K 含量与其幼林相比均有极显著的提高; 此外, 各林分随着林龄增加, 对上层土壤有效性 N、P、K 的改善作用逐渐增强。

总之, 阔叶林能很好地促进土壤全 N 及有效性 N、P、K 含量不断增加, 改善土壤大量营养状况; 针阔混交林土壤大量营养状况较马尾松及杉木纯林有明显的改善, 因此采用合适的混交林可以防止地力衰退; 马尾松林能提高土壤有效性养分含量、特别是有效 P 含量, 说明马尾松这一先锋树种可能会转化、利用土壤中的缓效态 P。

2.3 各林分土壤有效性微量元素状况

根据各林分下土壤有效性微量元素含量(表4),阔叶林分下土壤中的有效铁含量明显高于其它林分,杉木、马尾松幼林及中龄林土壤(0~40 cm)有效铁含量分别只有同龄阔叶林的43%、19%和74%、24%。但与土壤有效铁临界值4.5 mg/kg相比,各林分土壤(0~40 cm)有效铁含量丰富,特别是阔叶林下酸性土壤中有有效铁的不断积累,有可能导致铁与其它微量元素的比率(例如Fe/Mn)失衡^[4],应予高度重视。

表4 各林分下土壤有效性微量元素含量

林分类型	土层(cm)	有效性微量元素(mg/kg)				
		Fe	Mn	Cu	Zn	B
杉木幼林	根区土(0~40)	15.60	11.70	0.12	2.87	0.06
	根际土	23.31	18.70	0.16	3.64	0.11
	非根区土(40~65)	6.84	2.21	0.08	1.47	0.01
杉木中龄林	根区土(0~40)	10.48	2.57	0.08	2.19	0.15
	根际土	19.57	5.03	0.09	5.19	0.25
	非根区土(40~65)	3.34	0.65	0.12	1.94	0.05
马尾松幼林	根区土(0~40)	26.75	3.77	0.15	3.80	0.08
	根际土	77.48	5.58	0.07	12.40	0.26
	非根区土(40~65)	3.03	1.13	0.06	1.11	0.01
马尾松中龄林	根区土(0~40)	13.56	2.36	0.06	2.65	0.14
	根际土	20.79	4.13	0.05	3.23	0.22
	非根区土(40~65)	2.23	1.01	0.08	1.00	0.06
甜槠幼林	根区土(0~40)	35.55	17.68	0.08	5.65	0.17
	根际土	39.43	24.89	0.11	6.85	0.24
	非根区土(40~65)	28.16	13.81	0.11	3.90	0.11
甜槠中龄林	根区土(0~40)	54.76	55.35	0.19	23.80	0.32
	根际土	80.65	53.19	0.20	31.50	0.55
	非根区土(40~65)	24.51	37.33	0.12	13.70	0.28
杉木、马尾松、木荷混交林	根区土(0~40)	33.60	3.05	0.19	2.14	0.24
	非根区土(40~65)	14.10	1.41	0.14	1.00	0.18

各林分土壤交换态锰含量以阔叶林较高,而杉木、马尾松林下土壤交换态锰与临界值2~3 mg/kg相比,都处于平衡或相对不足状况^[4]。土壤中的有效铜含量较低,无论哪种林分,上、下层土壤的有效铜含量均低于临界值0.2 mg/kg^[4],因此,土壤都处于有效铜缺乏状态。土壤的有效锌含量为阔叶林>马尾松>杉木,上层及下层土壤的有效锌含量均高于1 mg/kg的临界值^[4],因而,各林分土壤尚不会出现有效锌供应不足现象。由表4的土壤有效硼状况可见,各土壤有效硼含量大多低于临界值0.3~0.5 mg/kg^[11],其中,杉木、马尾松林土壤都潜在着较为严重的硼素供应不足问题。但就调查区及周围林分情况看,尚无微量元素缺乏征兆,说明杉木、马尾松纯林对有效态铜、硼的“贫缺”具有较强的适应性。

杉木×马尾松×木荷混交林对土壤微量元素状况也有一定影响。混交林土壤有效铁含量较杉木、马尾松纯林均有所提高,上、下层土壤有效铁含量比杉木纯林增加230%和367%,比马尾松纯林增加154%和600%,极大地改善了杉木、马尾松林的有效铁状况;同样,混交林土壤交换态锰及有效铜、硼含量较杉木、马尾松纯林都有所提高,虽然提高幅度不是很大,但在一定程度上缓解了杉木、马尾松林下土壤有效性微量元素的不足;另外,混交林土壤有效锌含量

较杉木、马尾松纯林略有下降,说明混交林不利于土壤有效锌的积累。

另外,值得注意的是,对3月份采集的根际土样所作的分析显示(表4),除个别情况外,各林分根际土中有效硼、铁、锰、铜含量均有显著高于其表土层整体(根区土)中的趋势。这是因为,自前一年秋季以来,树木根细胞的死亡脱落,使根际聚集着大量根细胞组织的碎片,以及活根系不断分泌的细胞外酶,都含有微量元素,在不断分解活化;活根本身在此期间也不断分泌有机酸,对土壤中的微量元素化合物起溶解或螯合活化作用,从而在根际土中累积丰富的有效微量元素。采样时正值早春季节,温度尚低,林分刚开始萌动或缓慢生长,此时根系吸收微量元素的强度尚小,对土壤有效微量元素消耗不多,所以结果显示根际土中在早春时有较多的有效微量元素贮备,可供其后林木旺盛生长时期吸收。这大概是森林土壤很少使林分发生缺素症状的原因之一。

3 结 论

(1) 不同树种对土壤有机质状况的影响不同。中等立地条件下,阔叶林能极为显著地增加土壤有机质的积累,杉木、马尾松等针叶纯林对改善土壤有机质状况的作用甚微,针阔混交林能显著地提高土壤有机质含量,有利于改良土壤理化性质,加快林木生长。

(2) 马尾松林对提高土壤的有效性 N、P、K 含量,特别是提高有效性 P 作用很大;杉木纯林不利于改善土壤养分状况及土壤理化性质;阔叶林及针阔混交林能极大地改良土壤大量营养状况,从而可以防止地力衰退,保持林业持续发展。

(3) 各林木对土壤有效微量元素的影响不尽相同,通常情况下,阔叶林下土壤有效性铁、锰、锌含量较丰富,一般不易缺乏;杉木、马尾松林下土壤有效铜和有效硼含量虽然很低,但杉木、马尾松对此有较强的耐“贫缺”能力,不会出现明显的缺素征兆,同时,交换态锰的供应处在相对平衡状态,有效铁、锌含量能满足林木生长的需要。此外,通过林木混交可调节土壤有效性微量元素状况,因此,选择合理树种混交,调节林木结构,可以改善土壤养分状况,促进林木丰产。另外,根际土中在早春时有较多的有效微量元素贮备,可供以后林木旺盛生长时期吸收,故林分较少出现微量元素缺乏症状。

参 考 文 献

- 1 中华人民共和国林业部科技司编. 林业标准汇编(三). 北京: 中国林业出版社, 1991. 125 ~ 292.
- 2 西北农学院, 华南农学院主编. 农业化学研究法. 北京: 农业出版社, 1984. 179 ~ 185.
- 3 罗汝英. 森林土壤学(问题与方法). 北京: 科学出版社, 1983. 203 ~ 208.
- 4 Lindsay W L, Norvel W A. Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganese and copper. Proc. Soil Sci. Soc. Am., 1978, 42(3): 421 ~ 428.

Nutrient Status of Soils under *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus massoniana* and *Castanopsis eyrei* Stands

Chen Jinlin Yu Yuanchun Luo Ruying
Zhang Chunqing Hu Yongqing You Weigui

Abstract The status of soil nutrient in the southern forest ecosystem of China was synthetically studied. The main results showed that different forests had different effects on the status of soil organic matter and nutrient. Broad-leaved forest could accumulate organic matter and improve the nutrient status of soil. The forest of *Pinus massoniana* had active effects on available nutrient (nitrogen, phosphorus and potassium) of the soil, especially on available phosphorus. *Cunninghamia lanceolata* could not help improve the nutrient status, chemical and physical properties of the soil, while the forest mixed with conifer and broadleaf tree could improve the status of soil nutrient, especially for available micronutrient of soil, so the properly mixed forest was advantageous to the continued development of forestry. In addition it was found that the content of available micronutrient in the rhizosphere was higher in the early spring than that at other time, which could supply a need for the trees in growing season. So the supply of soil micronutrient in forest was scarcely insufficient.

Key words *Cunninghamia lanceolata* *Pinus massoniana* *Castanopsis eyrei* soil nutrient and micronutrient rhizosphere nutrient

Chen Jinlin, Associate Professor, Yu Yuanchun, Luo Ruying, Hu Yongqing (College of Forest Resources and Environment, Nanjing Forestry University Nanjing 210037); Zhang Chunqing, You Weigui (Forestry Commission of Mingxi County, Fujian Province).