

浙江省丽水不同前茬杉木林土壤性质与林木生长*

杨承栋¹ 张小泉¹ 魏以荣² 冯福娟³ 何金训² 焦如珍¹ 李永慈⁴

(1 中国林业科学研究院林业研究所, 北京 100091)

(2 浙江丽水林场, 浙江丽水 323000)

(3 浙江林业学校, 浙江丽水 323000)

(4 中国林业科学研究院资源信息所, 北京 100091)

摘要 重点论述浙江省丽水地区花岗岩立地条件下不同前茬的杉木林的土壤性质变化及其与林木生长的关系。研究表明, 前茬是马尾松、阔叶树和灌丛的杉木生长量均比连茬杉木林高, 树龄 5 a 后, 差异十分显著。在不同前茬的杉木林土壤中细菌、真菌和固氮菌数量以连茬杉木林土壤最低, 只是放线菌数量并不低; 和其他不同前茬的杉木林土壤相比, 连茬杉木林土壤中转化酶活性和脲酶活性较低, 连茬杉木林土壤速效磷含量明显低于其他不同前茬杉木林样地土壤, Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 含量也有类似的规律。逐步回归分析结果显示, 不同前茬杉木林土壤转化酶活性、速效氮、速效钾及 Mg^{2+} 含量与林木生长呈正相关, 有机质、脲酶及过氧化氢酶活性与林木生长呈负相关。

关键词 不同前茬; 酶活性; 地力衰退; 杉木林; 土壤性质

中图分类号 S791 27, S714 文献标识码 A

杉木人工林地力衰退、土壤性质逐代恶化及产量下降, 严重威胁着我们对有限可利用林地的永续经营, 引起我国林业工作者普遍关注。已有不少研究工作论述杉木连茬土壤性质恶化、林木生长量大幅度下降的状况及其原因机理^[1-4], 然而对不同前茬的杉木林土壤性质变化特征及其与林木生长关系的报道甚少。为了进一步阐明杉木人工林地力衰退的原因机制, 探索防治杉木人工林地力衰退的技术途径, 本文将重点论述不同前茬的杉木人工林土壤性质变化及其与林木生长的关系。

1 试验地概况

试验地位于浙南山区, 长江下游丽水市以北, 地理位置在东经 119 52 ~ 119 58、北纬 28 23 ~ 28 27 之间的仙霞岭东支括苍山脉, 试验样地位于海拔 500 ~ 710 m 之间, 平均海拔高度 637.85 m, 属于中亚热带季风区, 年平均气温 18.1℃, 年平均降水量 1 392.8 mm。试验样地母岩为花岗岩, 土壤质地为粘壤土。土壤类型为红黄壤, 地带性植被为常绿阔叶林, 壳斗科、山茶科、樟科等常绿乔木为主要建群种。

研究样地分布在同一山体的中坡, 少数样地分布在中上坡; 土层厚度 80 ~ 100 cm, 平均土层厚度超过 96 cm, 各样地表土层厚度 21 ~ 80 cm, 平均厚度 33.7 cm。各样地平均坡度 35.5°。

2 研究方法

在浙江省丽水林场相似立地条件、不同前茬的杉木林中, 设置详测调查研究样地 14 块, 其中前茬是马尾松的杉木林样地 3 块, 前茬是檫木林的杉木林样地 2 块, 前茬是灌丛的杉木林样地 3 块, 前茬是灌丛的杉、阔混交林样地 2 块, 前茬是次生林的杉木林样地 2 块以及连茬杉木林样地 2 块; 样地面积为 20 m × 20 m, 在每块样地内作测树因子调查、每木检尺, 测 25 株树高、5 株优势树高, 分别作一株优势树和一株平均木的解析木; 采用多点混合采样法, 在每块样地内采集 9 个点的土壤混合样品, 比较研究不同前茬的杉木林样地、杉木与阔叶树混交林样地的土壤组成、性质变化及其与土壤功能变化的关系。

土壤化学分析样品采于 1992 年 9 月; 微生物区系样品和生物化学研究样品于 1993 年 6 月采于与

* 国家八五攻关专题(85-018-07-03)和中英合作项目

作者简介: 杨承栋, 研究员, 博士生导师

收稿日期: 2003-08-23; 收到修改稿日期: 2004-04-20

化学分析样品相同的样地, 其中土壤微生物样品, 利用浙江林业学校微生物实验室, 将当天采的新鲜土壤样品及时进行土壤微生物区系分析; 土壤化学和土壤生物化学样品分别于采样当年完成分析。土壤有机质采用重铬酸钾法, 速效磷采用双酸法, Ca^{2+} 和 Mg^{2+} 采用原子吸收分光光谱法, 速效钾采用火焰光度计法, 多酚氧化酶采用法, 转化酶采用法, H_2O_2 酶采用 Johson 与 Hoffman 和 Teicher 法, 磷酸酶采用和法, 脲酶采用 Hoffman 和 Teicher 法^[5]; 土壤微生物区系采用稀释平板法^[6-8]。

3 结果与讨论

3.1 不同前茬的杉木林生长状况

表 1 表明, 前茬为次生林的杉木林, 为灌丛的杉、阔混交林, 为灌丛的杉木林, 为檫树的杉木林以及为马尾松的杉木林与连茬杉木林在前 5 年林木生长相比, 平均优势高提高幅度分别为 -26.83%、0%、1.70%、15.85%、4.15%, 平均胸径提高的幅度分别为 6.82%、18.18%、57.72%、40.90%、57.72%, 平均树高提高的幅度为 29.41%、29.41%、23.38%、

15.10%、24.10%, 每 hm^2 材积增高的幅度分别为 -14.18%、-24.76%、86.54%、22.35%、77.64%。

若比较前 10 年连茬杉木林与不同前茬的杉木林生长差异, 则发现差异更为明显; 前茬为次生林的杉木林, 为灌丛的杉、阔混交林, 为灌丛的杉木林, 为檫树的杉木林以及为马尾松的杉木林与连茬杉木林相比较, 平均优势高提高的幅度分别为 34.65%、25.98%、8.19%、27.56%、19.69%, 平均胸径提高的幅度分别为 28.57%、62.5%、60.71%、59.82%、50%, 平均树高提高的幅度分别为 36.05%、51.16%、48.83%、47.67%、35.58%, 每 hm^2 材积提高的幅度分别为 53.82%、115.68%、144.13%、146.18%、111.23%; 比较计算结果显示, 不同前茬的杉木林生长及其与连茬杉木林生长的差异主要表现在树龄 5 a 之后, 差异最明显表现在胸径生长, 材积差异的顺序如下: 前茬为檫树的杉木林 > 前茬为灌丛的杉木林 > 前茬为灌丛的杉阔混交林 > 前茬为马尾松的杉木林 > 前茬为次生林的杉木林 > 连茬杉木林。从提高林木产量角度出发, 在杉木林采伐迹地上轮栽檫树, 再轮栽杉木; 或直接培育杉木与阔叶树的混交林, 均是防治杉木连茬产量下降可供选择的技术途径。

表 1 不同前茬的杉木林生长状况¹⁾

Table 1 Growth of Chinese fir forest different in preceding vegetation

前茬林分 Preceding stand	林分 Stand	样地 数 Plot	树龄 Age (a)	平均优势高 Average dominant height (cm)		平均胸径 Average diameter at breast height (cm)		平均树高 Average height (m)		平均单株材积 Average timber volum/tree (m^3)		每 hm^2 株数 (Tree hm^{-2})	材积 Timber volume ($\text{m}^3 \text{hm}^{-2}$)	
				5 a	10 a	5 a	10 a	5 a	10 a	5 a	10 a		5 a	10 a
				马尾松 Masson pine	杉木 Chinese fir	3	12	4.27	7.60	3.47	8.40		3.45	5.83
檫树 Sassafras	杉木 Chinese fir	2	12	4.75	8.10	3.10	8.95	3.20	6.35	0.00198	0.0242	2.600	5.09	62.48
灌丛 Shrubs	杉木 Chinese fir	3	11	4.17	6.87	3.47	9.00	3.43	6.40	0.00288	0.0226	2.758	7.76	61.96
灌丛 Shrubs	杉、阔混交林 Chinese fir with broad-leaved forest	2	11	4.10	8.00	2.60	9.10	3.60	6.50	0.00142	0.0241	2.387	3.13	54.74
次生林 Secondary forest	杉木 Chinese fir	2	14	3.00	8.55	2.35	7.20	3.60	5.85	0.00129	0.01435	2.725	3.57	39.04
杉木 Chinese fir	二代杉木 Chinese fir of second rotation	2	14	4.10	6.35	2.20	5.60	2.78	4.30	0.00118	0.00714	3.555	4.16	25.38

1) 表中数据为平均值 Data in table is mean

依据立地条件与林木生长的关系,在大气候条件基本一致的区域,决定一个局部地区的森林生产力,主要是看其地形条件和土壤条件。地形条件主要指海拔高度、坡位、坡向和坡度^[9]。不同前茬的杉木林样地位于同一山体,其海拔高度比较接近,处于560~710 m范围内,平均海拔高度637.85 m,在中亚热带均处于杉木林适生的海拔高度即300~800 m的高度范围^[9],也就是说,从海拔高度去分析,不同前茬杉木林的生长量应该比较接近。不同前茬杉木林所处坡位:除一块前茬是灌丛的杉木林样地和一块前茬是灌丛的杉、阔混交林样地位于中上坡之外,其余12块样地均处于山地的中坡。关于坡向:大部分样地均位于阴坡或半阴坡,仅前茬是马尾松、檫树的杉木林样地是位于阳坡,连茬杉木林样地位于半阴坡,鉴于杉木适生于温暖湿润的气候条件下,位于阴坡或半阴坡杉木林的生长应该要优于其他坡向的生长,也就是说,相比之下,连茬杉木林处于较好的坡向条件之下;研究样地的坡度:除前茬是马尾松的杉木林样地坡度为22.5外,其他各样地的坡度均在32~38之间,相比之下,前茬是马尾松的杉木林位于较好的坡度,但其林木生长量却远低于前茬是灌丛的杉木林生长量,表明坡度影响不至于导致连茬杉木林生长量最低。与坡度、坡位关系密切的各样地土层厚度和表土层厚度,不同前茬杉木林样地土壤均属于厚土层和厚腐殖质层,连茬杉木林的土层厚度和表土层厚度不低于其他前茬杉木林。

上述研究结果表明,无论从样地的地形条件,还是从样地的土体构型去分析,连茬杉木林样地均处

于较好的立地条件之下,林木生长量与其他不同前茬杉木林相比应当较高才符合立地条件与林木生长关系的正常规律,然而样地调查结果却正好相反,这显然表明了由于前茬是一代杉木林,使土壤性质发生恶化超过其他不同前茬杉木林土壤,从而导致处于较好立地条件下的连茬杉木林生长量较低。

有鉴于此,本文对不同前茬的杉木林样地土壤化学性质、土壤微生物区系及生物化学活性进行了研究。

3.2 不同前茬杉木林土壤化学性质变化

土壤养分是决定林木生长的重要因子。表2表明,连茬杉木林土壤有机质含量略高于前茬是檫树的杉木林及前茬是灌丛的杉、阔混交林土壤;由于森林土壤有机质含量和土壤速效氮含量存在着密切的相关性^[10],因此测得不同前茬杉木林土壤速效氮含量变化规律类似于土壤有机质含量变化规律;连茬杉木林土壤速效钾含量不低于其他不同前茬杉木林土壤。因此,从土壤有机质、速效氮、速效钾的含量分析,不至于造成连茬杉木林生长量最低。土壤速效磷含量在连茬杉木林土壤中最低,只有其他不同前茬杉木林土壤中速效磷平均含量的27%;连茬杉木林土壤 Ca^{2+} 含量低于或远低于其他不同前茬杉木林土壤, Mg^{2+} 含量在连茬杉木林土壤中较低,远低于前茬是灌丛的杉、阔混交林土壤,也远低于自然生长的灌丛下土壤含量。因此,连茬杉木林土壤速效磷、 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 的含量较低,很可能是引起林木生长量下降的主要因子。

表2 不同前茬杉木林土壤化学性质¹⁾

Table 2 Soil chemical properties of Chinese fir forests different in preceding vegetation

前茬林分 Preceding stand	林分 Stand	树龄 Age (a)	采样深度 Depth (cm)	有机质 O M (g kg ⁻¹)	水解氮	速效磷	速效钾	pH		交换性 Ca^{2+}	交换性 Mg^{2+}
					Available N (mg kg ⁻¹)	Available P (mg kg ⁻¹)	Available K (mg kg ⁻¹)	H ₂ O	KCl	Exchangeable Ca ²⁺ (mmol kg ⁻¹)	Exchangeable Mg ²⁺ (mmol kg ⁻¹)
马尾松 Masson pine	杉木 Chinese fir	12	0~45	35.57	70.88	2.945	27.25	5.05	4.08	7.36	2.84
檫树 Sassafras	杉木 Chinese fir	12	0~45	23.50	52.26	1.173	38.31	5.00	4.08	8.27	2.48
灌丛 Shrubs	杉木 Chinese fir	11	0~45	41.47	80.82	1.927	45.22	4.98	4.02	13.62	4.84
灌丛 Shrubs	杉、阔混交林 Chinese fir with broad-leaved forest	11	0~45	23.00	58.35	1.636	48.91	5.13	4.10	15.27	6.82

续表

前茬林分 Preceding stand	林分 Stand	树龄 Age (a)	采样深度 Depth (cm)	有机质 O M (g kg ⁻¹)	水解氮	速效磷	速效钾	pH		交换性 Ca ²⁺	交换性 Mg ²⁺
					Available N (mg kg ⁻¹)	Available P (mg kg ⁻¹)	Available K (mg kg ⁻¹)	H ₂ O	KCl	Exchangeable Ca ²⁺ (mmol kg ⁻¹)	Exchangeable Mg ²⁺ (mmol kg ⁻¹)
杉木 Chinese fir	二代杉木 Chinese fir of second rotation	14	0~ 45	25 80	61 15	0 511	52 12	5 25	4 10	5 13	2 24
次生林 Secondary forest	杉木 Chinese fir	14	0~ 45	37 20	64 00	1 498	30 73	4 85	4 12	3 05	1 35
灌丛 Shrubs	灌丛 Shrubs	天然生长 Natural growth	0~ 45	46 90	70 92	2 064	98 80	4 88	4 03	3 94	4 20

1) 表中数据为平均值 Data in table is mean

3.3 不同前茬杉木林土壤微生物区系变化

比较表 3 中不同前茬的杉木林土壤微生物区系研究结果,发现连茬杉木林土壤细菌数量最少,前茬是檫树的杉木林土壤中细菌较多,不过远低于相似立地条件天然生长的灌丛下土壤,说明杉木生长可能影响土壤细菌繁殖。固氮菌数量也是以连茬杉木林土壤中最少,而且远低于其他不同前茬杉木林土壤,连茬杉木林土壤中速效氮含量较少,显然与固氮菌较少是有着密切的关系;真菌数量在连茬杉木林

和前茬是马尾松的杉木林土壤中较少,连茬杉木林土壤细菌和真菌数量较少,显然要影响到有机物的分解、转化与合成,使土壤功能受到削弱,影响林木生长。放线菌数量在天然生长的灌丛及前茬为马尾松的杉木林土壤中较少,但在连茬杉木林土壤中,放线菌数量并不少,很可能与连茬杉木林土壤性质恶化时,土壤功能自身调控有关,因为放线菌可分泌大量抗生素物质,拮抗杉木生长过程中所产生的有毒物质,维护和恢复土壤功能。

表 3 不同前茬杉木林土壤主要微生物数量¹⁾

Table 3 Main microorganism biomass in Chinese fir forest soil different in preceding vegetation

前茬林分 Preceding stand	林分 Stand	树龄 Age (a)	采样深度 (cm)	细菌 Bacteria (g ⁻¹)	放线菌 Actinomycete (g ⁻¹)	真菌 Fungus (g ⁻¹)	固氮菌 Nitrogen fixer (g ⁻¹)
马尾松 Masson pine	杉木 Chinese fir	12	0~ 20	17 2 10 ⁵	22 1 10 ⁴	2 4 10 ⁴	11 2 10 ⁵
檫树 Sassafras	杉木 Chinese fir	12	0~ 20	28 5 10 ⁵	46 4 10 ⁴	17 8 10 ⁴	8 8 10 ⁵
灌丛 Shrubs	杉木 Chinese fir	11	0~ 20	13 8 10 ⁵	53 8 10 ⁴	18 3 10 ⁴	12 2 10 ⁵
次生林 Secondary forest	杉木 Chinese fir	14	0~ 20	22 4 10 ⁵	55 8 10 ⁴	7 8 10 ⁴	10 4 10 ⁵
杉木 Chinese fir	二代杉木 Chinese fir of second rotation	14	0~ 20	11 4 10 ⁵	50 4 10 ⁴	5 4 10 ⁴	6 1 10 ⁵
灌丛 Shrubs	灌丛 Shrubs	天然生长 Natural growth	0~ 20	43 9 10 ⁵	38 4 10 ⁴	16 1 10 ⁴	14 3 10 ⁵

1) 表中数据来自每个样地中 9 个采样点土壤混合样品的分析测定资料 Data from mixed sample, which is from nine place in each plot

3.4 不同前茬杉木林土壤生物化学活性变化

表4表明,比较不同前茬杉木林土壤酶活性,发现多酚氧化酶活性最高的样地是发生在前茬是灌丛的杉、阔混交林土壤中,其次是连茬杉木林土壤,说明杉木林或杉、阔混交林生长会引起土壤中氧化还原酶活性升高,过氧化氢酶活性变化也有类似的规律。因此,从土壤的氧化还原酶活性高低这个角度去分析,连茬杉木林土壤氧化还原酶活性相比之下较高,林木生长量不应该最低。因为土壤氧化还原酶活性,是土壤生物活性的一种体现。磷酸酶活性变化,前茬为灌丛的杉木林和相似立地条件的灌丛林地的土壤磷酸酶活性较高,但尚看不出不同前茬杉木林土壤磷酸酶活性变化和磷酸含量呈正比例变化的关系,土壤磷酸酶活性最低的样地是杉木生长量最高、前茬为擦树的杉木林,连茬杉木林土壤速效磷含量很低,但其土壤磷酸酶活性并非明显低于其他不同前茬杉木林土壤,表明磷酸酶活性不是导致

连茬杉木林产量较低的主要因子。不同前茬杉木林土壤脲酶活性变化与土壤中速效氮含量呈明显的相关,连茬杉木林、前茬为擦树的杉木林,以及前茬为灌丛的杉、阔混交林土壤中脲酶活性较低,而前茬为擦树的杉木林与其他不同前茬杉木林相比林木生长量最高,因此脲酶活性较低也许不是导致连茬杉木林生长量最低的主要因子。连茬杉木林土壤中转化酶活性明显低于其他不同前茬的杉木林土壤,只有其他不同前茬的杉木林样地和灌丛样地土壤转化酶活性的42%,是5个不同前茬杉木林土壤转化酶活性强度平均值的46%。转化酶活性过低,这显然要影响到土壤中各种有机物的分解与转化,从而直接或间接地要影响到各种代谢活动的正常进行,土壤转化酶活性的高低,通常是森林土壤生产力的重要标志^[11~14]。该研究结果表明,连茬杉木林土壤转化酶活性较低也许是导致连茬杉木林生长量较低的主要原因之一。

表4 不同前茬杉木林土壤酶活性变化¹⁾

Table 4 Variation of soil enzyme activities of Chinese fir forest soils different in preceding vegetation

前茬林分 Preceding stand	林分 Stand	树龄 Age (a)	采样深度 Depth (cm)	多酚氧化酶 Polyphenol oxidase (Pupurogallin, mg g ⁻¹)	转化酶 Invertase (Glucose, mg g ⁻¹)	磷酸酶 Phatases (Phenol, mg g ⁻¹)	脲酶 Urease (NH ₃ -N, mg g ⁻¹)	过氧化氢酶 Catalase (0.1mol L ⁻¹ KMnO ₄ , ml g ⁻¹)
马尾松 Masson pine	杉木 Chinese fir	12	0~45	0.256	27.59	4.674	0.877	1.539
擦树 Sassafras	杉木 Chinese fir	12	0~45	0.269	20.15	2.391	0.671	1.545
灌丛 Shrubs	杉木 Chinese fir	11	0~45	0.355	23.51	9.880	1.225	1.344
灌丛 Shrubs	杉、阔混交林 Chinese fir with broad-leaved forest	11	0~45	0.637	14.47	4.940	0.543	2.041
杉木 Chinese fir	二代杉木 Chinese fir of second rotation	14	0~45	0.511	9.89	4.781	0.614	1.946
次生林 Secondary forest	杉木 Chinese fir	14	0~45	0.400	21.96	4.781	1.110	2.000
灌丛 Shrubs	灌丛 Shrubs	天然生长 Natural growth	0~45	0.168	33.45	9.560	0.782	1.616

1) 表中数据为平均值 Data in table is mean

3.5 不同前茬杉木林生长与土壤化学性质及生物化学活性变化的相关分析

为了确切地弄清在不同前茬杉木林土壤中究竟何种因子是影响杉木林生长的主要因子, 不同因子各自的影响程度如何, 本文采用逐步回归前进法进行回归分析^[15]。用 10 年生杉木林每 hm^2 材积作因变量, 用土壤的化学性质及土壤酶活性作自变量 (X_1 : 多酚氧化酶, X_2 : 转化酶, X_3 : 磷酸酶, X_4 : 脲酶, X_5 : 过氧化氢酶, X_6 : 有机质, X_7 : 水解氮, X_8 : 速效磷, X_9 : 速效钾, X_{10} : Ca^{2+} , X_{11} : Mg^{2+}), 在 0.5 显著水平下, 自变量一次进入模型的顺序, 依次为过氧化氢酶、 Mg^{2+} 、水解氮、有机质、转化酶、 K^+ 、脲酶, 表明这 7 个自变量因子是影响不同前茬杉木林生长的主要因子, 其偏相关系数平方值分别是 0.205、0.114、0.107、0.213、0.109、0.096、0.037; 模型的相关系数平方值到最后一个自变量脲酶进入后, 其值达到 0.8806。该计算结果表明, 用逐步回归前进法进行回归分析, 揭示土壤化学性质和土壤生物化学活性变化与林木生长关系, 所获得的模型是可靠的, 模型的精度是相当高的。

为了表明进入模型的 7 个自变量因子对杉木生长的确切影响, 本文以模型中参数的系数值为依据, 最终得到逐步回归的方程模型为: $Y = 6.990 + 0.134X_2 - 1.763X_4 - 0.543X_5 - 0.138X_6 + 0.075X_7 + 0.039X_9 + 0.174X_{11}$ 。

该方程的回归系数值显示, 与不同前茬杉木林生长呈正相关的主要因子是土壤转化酶活性、土壤中 Mg^{2+} 含量、土壤中速效氮或速效钾含量, 对杉木生长产生抑制作用的因子是土壤脲酶活性、土壤有机质含量和土壤过氧化氢酶活性。

关于土壤酶与土壤生产力之间的关系很多学者曾有论述。土壤酶活性可以作为土壤生物活性和土壤肥力的指标^[11]。周礼恺^[13]报道了土壤转化酶活性来自植物的根系和微生物, 也来自蚯蚓。笔者在做外业样地土壤剖面调查中, 未曾发现一只蚯蚓, 也就是说, 不同前茬杉木林土壤中转化酶活性主要来自杉木生长和土壤微生物繁殖, 连茬杉木林土壤中转化酶活性较低, 显然是与土壤中真菌、细菌和固氮菌数量较少、与连茬杉木林长势较差有着分不开的关系。^[14]发现, 在野豌豆与燕麦混合播种的土壤中, 作物产量和土壤转化酶活性存在密切的相关 ($r = 0.75$)。笔者对江西大岗山从高海拔 950 m 山地黄棕壤到低海拔 280 m 处红壤等不同土

壤类型剖面所作的调查研究中发现, 不同土壤类型均表现出同样的特征, 随着土壤剖面深度增加, 土壤转化酶活性像土壤肥力一样呈下降趋势^[16]。本文实验结果显示: 所有不同前茬杉木林土壤转化酶活性及林木生长量均远高于连茬杉木林土壤, 逐步回归分析结果进一步揭示出不同前茬杉木林样地土壤转化酶活性确实与杉木林生长量呈十分明显的正相关, 因此连茬杉木林土壤转化酶活性较低显然是导致连茬杉木林生长量最低的主要原因之一。

过氧化氢酶活性与林木生长呈负相关, 这很可能与过氧化氢酶在分解土壤有毒物质的同时, 加速了土壤有机质中有效成分分解的速率, 这样势必导致土壤功能下降, 影响林木正常生长。

不同前茬杉木林土壤脲酶活性与林木生长呈负相关, 这也许与该酶活性加速了土壤中脲素或类似组成的有机物分解, 释放出氨, 从而引起土壤功能下降有关。

4 结 论

1) 对不同前茬杉木林的研究结果显示, 前茬是檫树及灌丛的杉木林样地, 其林木蓄积量较高, 连茬杉木林蓄积量最低。

2) 连茬杉木林生长过程中土壤速效磷含量相比之下较低。然而, 回归分析结果表明, 磷不是导致林木生长量较低的主要因子。杉木中龄林经营中施用钙镁磷肥能提高林木生长量; 本文研究结果表明, 真正促进林木生长的营养元素不是钙镁磷肥中的磷, 而是镁。

3) 有机质含量是土壤生产力高低的重要标志。本研究发现, 不同前茬杉木林土壤有机质与林木生长成负相关, 很可能是杉木生长过程中, 其根系或枯落物在分解中产生了某种对林木生长有毒的物质, 故需要进一步对杉木人工林土壤有机质的组成、结构进行分析, 以揭示有机质抑制林木生长的作用机理。

4) 土壤转化酶活性与不同前茬杉木林生长呈显著的正相关。连茬杉木林土壤转化酶活性明显低于其他不同前茬杉木林土壤, 显示土壤生产力下降幅度较大, 导致连茬杉木林生长量较低。然而, 如何提高不同前茬杉木人工林土壤转化酶活性, 需要做深入研究。

5) 对不同前茬杉木林施用氮肥、钾肥和镁肥, 是防治杉木林地力退化、提高林木生长量的重要技

术途径。

6) 在杉木林采伐迹地上轮栽马尾松、阔叶树或营造杉、阔混交林,也是维护和恢复森林土壤功能、防治林木生长量下降的重要途径。

7) 林分密度对杉木生长、林木的蓄积量有着一定的影响。本研究的不同前茬的杉木样地,其中连茬杉木林样地的林分密度明显高于其他不同前茬的杉木林样地,主要原因是因为连茬杉木林长势明显低于其他不同前茬的杉木林,树龄 14 a 时林分尚未郁闭,无须间伐;而其他不同前茬的杉木林,则由于林分郁闭时期正常,及时进行了间伐,致使这些不同前茬杉木林的林分密度明显低于连茬杉木林。

参考文献

- [1] 俞新妥. 杉木连栽林地土壤生化特性及土壤肥力研究. 福建林学院学报, 1989, 9(3): 263~ 271. Yu X T. Research on soil biochemical properties and soil fertility of successive rotation of Chinese fir (In Chinese). Journal of Fujian College of Forestry, 1989, 9(3): 263~ 271
- [2] 杨承栋, 张小泉, 焦如珍. 杉木连栽土壤组成、结构、性质变化及其对杉木生长的影响. 林业科学, 1996, 32(2): 175~ 181. Yang C D, Zhang X Q, Jiao R Z. Variation of chemical properties, biochemical, microorganism activities and function in soil of successive rotation of Chinese fir and their influence on growing (In Chinese). Scientia Silvae Sinicae, 1996, 32(2): 175~ 181
- [3] 盛炜彤. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1999. Sheng W T. Research on the Degradation of Timber Plantation (In Chinese). Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1999
- [4] 何智英. 杉木连栽林地地力衰退问题的研究. 见: 盛炜彤主编. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 1992. 243~ 250. He Z Y. Study on problems of soil degradation in continuous cropping Chinese fir plantation. In: Sheng W T. ed. Research on the Degradation of Timber Plantation (In Chinese). Beijing: Chinese Science and Technology Press, 1999
- [5] . . . : - , 1990
- [6] 许光辉, 郑洪元. 土壤微生物分析方法手册. 北京: 农业出版社, 1978. Xu G H, Zheng H Y. Handbook of Analytical Method on Soil Microorganism (In Chinese). Beijing: Agricultural Press, 1978
- [7] 邵力平, 等. 真菌分类学. 北京: 中国林业出版社, 1988. 297~ 322. Shao L P, et al. Fungus Classification (In Chinese). Beijing: Chinese Forestry Press, 1988. 297~ 322
- [8] 中国科学院南京土壤研究所微生物室. 土壤微生物研究法. 北京: 科学出版社, 1985. 85~ 176. Microorganism Department, Institute of Soil Science, Chinese Academy of Sciences. ed. Soil Microorganism Research Method (In Chinese). Beijing: Science Press, 1985. 85~ 176
- [9] 杨承栋. 对我国森林立地分类与评价问题的几点看法. 林业科学, 1991, 27(1): 60~ 64. Yang C D. Opinion on China forest site classification and evaluation (In Chinese). Scientia Silvae Sinicae, 1991, 27(1): 60~ 64
- [10] 杨承栋, 张万儒. 卧龙自然保护区森林土壤有机质的研究. 土壤学报, 1986, 23(1): 30~ 39. Yang C D, Zhang W R. Study on the organic matter of the forest soil in Wolong Natural Reserve (In Chinese). Acta Pedologica Sinica, 1986, 23(1): 30~ 39
- [11] . . . , 1985. 8~ 62
- [12] . . . : ty , 1961. 96~ 193, 380~ 401
- [13] 周礼恺. 土壤酶学. 北京: 科学出版社, 1987. 237~ 239. Zhou L K. Soil Enzymology (In Chinese). Beijing: Science Press, 1987. 237~ 239
- [14] T A. . . : c , 1983
- [15] 唐守正. 多元统计分析方法. 北京: 中国林业出版社, 1989. Tang S Z. Multistatistical Analytical Method (In Chinese). Beijing: Chinese Forestry Press, 1989
- [16] 杨承栋, 王丽丽, 祁月清. 江西大岗山东侧森林土壤性质与肥力的关系. 林业科学研究, 1993, 6(5): 504~ 509. Yang C D, Wang L L, Qi Y Q. The relationship between forest soil properties and fertility in the eastern site of Dagang Mountain, Jiangxi Province (In Chinese). Forest Reserch, 1993, 6(5) : 504~ 509

SOIL PROPERTIES AND FOREST GROWTH IN CHINESE FIR FOREST SOILS DIFFERENT IN PRECEDING VEGETATION IN LISHUI OF ZHEJIANG PROVINCE

Yang Chengdong¹ Zhang Xiaoquan¹ Wei Yirong² Feng Fujuan³ He Jinxun² Jiao Ruzhen¹ Li Yongci⁴

(1 *The Research Institute of Forestry, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*)

(2 *Lishui Forestry Farm, Lishui, Zhejiang 323000, China*)

(3 *Zhejiang Forestry School, Lishui, Zhejiang 323000, China*)

(4 *Research Institute of Forest Resource Information Techniques, The Chinese Academy of Forestry, Beijing 100091, China*)

Abstract Forest growth in relation to variation of soil properties variety in Chinese fir forest soils derived from granite with different preceding vegetation in Lishui region of Zhejiang Province. Research results show that no matter what kinds of preceding vegetation the Chinese fir forest had, such as masson pine, broad-leaved forest or shrub, the first rotation of Chinese fir grew faster than the second rotation of Chinese fir. And five years later, the difference in growth became very obvious. The soil under Chinese fir of a second rotation was the lowest in population of bacteria, fungi and azotobacters, but not in that of actinomyces. Compared with other soils different in preceding vegetation, it was lower in activities of invertase and urease. Its content of available P was significantly lower than the others, and so were its contents of calcium and magnesium. Stepwise regression analyses results show that tree growth was positively correlated with invertase activity, available N, available K, and Mg^{2+} contents and negatively with soil organic matter, urease activity, catalase activity in the Chinese fir forest soils different in preceding forest stand.

Key words Different preceding vegetation; Enzyme activity; Soil degradation; Chinese fir; Soil properties