

377-385

第17卷第4期
1997年7月

生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICA

Vol. 17, No. 4
Jul., 1997

关于杉木林下植被对改良土壤性质效用的研究

盛炜彤 杨承栋

(中国林业科学研究院林业研究所, 北京, 100091)

5791.270.2

A 摘要 为了防治连栽杉木人工林地力衰退, 本文重点论述通过间伐, 增大林内透光度, 降低林分郁闭度, 发育林下植被, 改良土壤理化性质和提高生物活性。研究表明, 在郁闭度 0.7 以下的林分中, 林下植被发育迅速, 间伐 4~5 a 后, 每公顷生物量可达到 4~5 t, 有效地提高了土壤中营养元素含量, 增加了土壤中三大类微生物数量, 并使微生物类群也发生了明显的变化, 有效地维护和恢复了土壤功能。

关键词: 杉木, 林下植被, 地力衰退, 土壤性质, 间伐, 土壤改良;

RESEARCH ON EFFECT OF AMELIORATING SOIL PROPERTIES BY UNDERGROWTH VEGETATION OF CHINA FIR

Sheng Weitong Yang Chengdong

(The Research Institute of Forestry, CAF, Beijing, 100091, China)

Abstract In order to prevent and remedy soil degradation of Chinese fir plantation, This paper discusses the following issues; increasing stand light intensity, decreasing canopy closure, developing undergrowth, ameliorating soil properties and enhance soil biological activity through thinning. Research results show that while canopy closure is less than 0.7, undergrowth vegetation can grow fast, Biomass have 4~5 t per hectare after thinning 4~5 years. It is obvious to enhance nutrient contents and amount of three kind of microorganism in soil. Undergrowth vegetation make genus of microorganism vary, enhance soil biological activity, maintain, and resume soil function obviously.

Key words: China fir, undergrowth vegetation, soil degradation, soil property, thinning.

杉木是我国特有的速生丰产树种, 约占我国人工林面积的 24%, 由于高度集约经营以及不合理的营林和耕作措施, 兼之该树种特有的生物学特性, 从而导致杉木人工林产量逐代下降, 第 2 代和第 1 代相比, 产量下降 10%~15%、第 3 代和第 1 代相比, 产量下降 40%~50%。有些地区 2 代杉木人工林成活率很低, 甚至不能成活, 严重地威胁到对有限可耕土地的永续利用^[1], 为了维护和恢复土壤功能, 本文重点论述通过

收稿日期: 1995-08-12, 修改稿收到日期: 1996-08-23。

间伐发育林下植物植被,改良土壤性质,防治地力衰退。

1 研究地区的自然概况

研究工作在江西省分宜县、中国林业科学院亚热带研究所实验中心大岗山下林场进行,实验地位于 27°30' N, 114°30' E, 年平均气温 17.5℃、年降水量 1597.3 mm, 属于丘陵地区,地带性植被为常绿阔叶林,土壤类型为红壤,母岩为页岩和砂页岩。

2 试验设计和研究方法

2.1 临时调查样地的设置

共计设置调查样地 53 块,每块样地首先按常规进行测树因子调查,然后按梅花形设置 5 个 1m×1m 的小样方,详细记录每个样方内的植物种类、株(丛)数、盖度、高度等,最后分灌木和草本两类以收获法测定生物量和死地被物量。

2.2 固定标准样地的设置

在前茬均为次生林、现为不同间伐强度的杉木林下,先后设置固定样地 7 块,每块地面积 400 m²,立地指数为 14 的样地 2 块,其中林下植被盖度大的和盖度小的样地各 1 块。立地指数为 16 的样地 3 块,其中林下植被盖度大的样地为 2 块,盖度小的样地 1 块,立地指数为 18 的样地 2 块,其中林下植被盖度大的和盖度小的样地各一块。在每个立地指数级内,林下植被盖度大的和盖度小的样地被联在一起,其小地形和母岩等立地条件基本一致。每块样地里设置 10 个 1m×1m 小样方,记录每个样方内植物的种类、株数、盖度、高度,并统计出每个样方内林下植被的总盖度。

2.3 土壤理、化及生物活性分析项目和方法

土壤水稳性团聚体组成(人工筛分法)、有机质(重铬酸钾法)、土壤腐殖质组成测定(焦磷酸钠提取-重铬酸钾法)、全 N(凯氏定 N 法)、水解 N(碱解扩散法)、速效 P(双酸法)、交换性 Ca⁺⁺、Mg⁺⁺(EDTA 容量法)、速效 K(火焰光度法)、磷酸酶活性测定(M. Кремер 和 Г. эрдей 法)、转化酶活性测定(T. A. шербакова 法)、H₂O₂ 酶活性测定(J. L. Johnson 与 K. L. Temple 法)、脲酶活性测定(G. Hoffmann 和 K. Teicher 法)、微生物分析法^[2~4];采用稀释平板法。

3 试验结果与讨论

3.1 杉木林下植物约有 140 种、80 个属和 45 个科,以蕨类植物为主,通过对调查结果进行聚类分析,杉木林下植被大致可分为 5 个类型。

3.1.1 铁芒箕类型 铁芒箕(*Dicranopteris dichotoma*(Thunb.) Bernh.), 常见的草本植物还有铁线蕨(*Adiantum* spp.), 乌韭(*Stenoloma Chusanum* Ch. Ching) 等, 灌木有槭木(*Loropetalum chinensis*(R. Br.) Oliver)、油茶(*Camellia oleifera* Abel.), 映山红(*Rhododendron mariesii* Hemsl. et wills.) 等。

3.1.2 狗脊类型 以狗脊(*Woodwardia japonica* (h. f.) Sm.) 为主, 常见的还有凸轴蕨(*Hetathelypteris* spp.), 复叶耳蕨(*Arachniodes* spp.), 淡竹叶(*Isoetes gracile* Brongn)、灌木种类有红淡(*Adinandra* spp.)、山榧(*Lindera reflexa* Hemsl.) 等。

3.1.3 蕨类类型 由多种大型蕨类组成, 常见的有中华短肠蕨(*Allantodia Chinensis*(Bak) Ching)、乌毛蕨(*Blechnum Orientale* L.)、鳞毛蕨(*Dryopteris* spp.)、鱼腥草(*Houttynia cordata* Thunb.) 等。

3.1.4 灌木-狗脊类型 林下植被除有发育的草本层(以狗脊为主)以外, 灌木层(以红淡、山、鼠刺为主)也高度发育。

3.1.5 灌木铁芒箕类型 由铁芒箕类型进一步发育成, 其组成类似于铁芒箕类型。从 42 个样地在各植被类型中的随机分布及其与地形、立地指数关系可以看出, 铁芒箕类主要生长在山脊、山坡上部, 立地指数小于 14 的立地上, 狗脊类型大多分布在中等立地条件, 一般位于山坡中下部和山洼上部, 立地指数为 14 和 16 的林分下; 蕨类类型分布在山洼和山坡下部, 立地指数大于 18 的立地上。

3.2 各林下植被类型与林分主要特征的关系

通过统计分析, 以表 1 中偏相关系数可知: 林下植被生物量与林分郁闭度呈切负相关, 林分郁闭度只有在 0.7 以下, 林下植被才会大量发育; 林龄反映着林分自然整枝和透光状况, 因而与林下植被生物量也

有密切的关系,林龄越大,林下植被越丰富;间伐后时间长度由于受间伐次数和间伐强度的影响,其关系比较复杂,但一般要在 2~3 a 后才有较多的林下植被产生。

表 1 林下植被生物量与主要林分特征的关系

Table 1 Relation of biomass of undergrowth vegetation with main feature of forest crop

林下植被类型 Type of coverage	关系式 Relation form	复相关系数 Total correlation coefficient	偏相关系数 Partial correlation coefficient
狗脊类型 <i>Woodwardia japonica</i>	$W = 964.2 - 1298 X_1 - 3.4 X_2 + 9.7 X_3 + 6.5 X_4$	$R = 0.6529$	$RX_1 = -0.4759, RX_2 = -0.0519$ $RX_3 = 0.1352, RX_4 = 0.0625$
铁芒萁类型 <i>Dicranopteris dichotoma</i>	$W = 2693.3 - 1759.1 X_1 + 31.5 X_2 + 71.2 X_3 + 6.4 X_4$	$R = 0.7557$	$RX_1 = -0.5212, RX_2 = 0.3424$ $RX_3 = -0.2212, RX_4 = 0.0252$
灌木-狗脊类型 <i>Shrub-Woodwardia japonica</i>	$W = 769.6 - 687.7 X_1 + 36.2 X_2 + 2.9 X_3$	$R = 0.4385$	$RX_1 = -0.2212, RX_2 = 0.4095,$ $RX_3 = 0.0134$

W: 生物量 Biomass, X_1 : 郁闭度 Canopy closure, X_2 : 间伐时间长度 Term after thinning, X_3 : 林龄 Tree age, X_4 : 为树高 Tree high.

3.3 不同立地指数条件下的间伐强度、林分密度与林下植被盖度

固定样地杉木林,经过不同强度间伐,出现不同种类、不同盖度的林下植被(表 2、3)。研究结果表明:通过间伐、降低林分密度、林下植被盖度均相应增加。

表 2 间伐强度、林分密度与林下植被发育

Table 2 The thinning intensity, Stand density and development of undergrowth vegetation in forest crop

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage (%)	造林时间 Plantating time	初植密度 Initial density (tree/hm ²)	间伐强度 Thinning intensity (%)	保留密度 Retain density (tree/hm ²)	平均树高 Average high (m)	平均胸径 Average diamiter (cm)
14	20	1970	2505	28.14	1800	11.5	12.6
14	65.8	1970	2505	38.32	1545	11.7	13.0
16	20	1968	2505	42.51	1440	13.0	14.6
16	69	1968	2505	61.68	960	13.2	15.5
16	65	1968	2505	53.29	1170	13.0	15.0
18	39	1968	2505	43.11	1425	15.0	18.5
18	75	1968	2505	67.07	825	15.3	21.0

(1) 林下植被盖度调查于 1992-08, 18 立地指数杉木林树高、胸径测量时间于 1994-08, 14 和 16 立地指数杉木林, 树高、胸径测定时间于 1992-11。

(2) 保留密度: 自 1988 年间伐之后, 再没有进行过间伐。

对植被样方的调查结果表明: 提高间伐强度, 增加林内透光度, 不仅可以增加林下草本和灌木的种类, 而且也可以相应地提高每个种的高度、盖度以及增加每个种在样地里出现的总株数。

3.4 林下植被类型与生物量及营养元素含量的关系

调查研究结果表明: 不同林下植被类型的生物量和营养元素的含量, 存在着明显的差异, 如表 4。

表 4 不同林下植被类型与营养元素含量

Table 4 Different type of undergrowth vegetation and contents of nutrient elements (kg/hm²)

林下植被类型 Type of undergrowth vegetation	生物量 Biomass	N	P	K	Ca	Mg	Total
铁芒箕 <i>Dicranopteris dichotoma</i>	4490	34.3	1.7	25.1	5.1	12.7	78.9
狗脊 <i>Woodwardia japonica</i>	5220	47.3	5.6	34.8	10.8	30.8	129.3
灌木-铁芒箕 <i>Shrub-Dicranopteris dichotoma</i>	5730	43.4	3.0	28.0	16.3	13.4	104.1
灌木-狗脊 <i>Shrub-Woodwardia japonica</i>	8270	58.2	7.2	40.9	29.9	29.9	165.4

3.5 不同林下植被盖度的林分,土壤中三大类微生物分布

通过对固定样地的研究结果表明:在不同立地条件、不同林下植被盖度的林分下,土壤微生物区系存在着明显的差异,如表 6。

试验结果表明:林下植被盖度大小与三大类微生物数量分布存在着较密切的正相关,在 0~5 cm 内尤为明显。林下植被盖度大小与微生物类群分布也存在明显的数量相关,尤以 0~5 cm 土层特别明显。

3.6 林下植被对土壤中固氮微生物的影响

对相似立地条件、18 立地指数、林下植被盖度不同样地中固氮微生物的分离和鉴定结果如表 5,在 0~5 cm 土层中,林下植被盖度 85% 样地,每克土壤中含有固氮菌 *Enterobacteria* 和 *Achromobaacteria* 的数量,是盖度 64% 样地中含量的 10 倍。在 5~10 cm 土层中,林下植被盖度 85% 样地中,每克土壤中含有 *Enterobacteria* 和 *Achromobaacteria* 的数量是 2500 个,而在林下植被盖度 64% 的样地里,则未见生长。

表 5 林下植被盖度对土壤中固氮微生物的影响

Table 5 Coverage of undergrowth vegetation influence on microorganism with fixation of nitrogen

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage (%)	土层深度 Depth (cm)	<i>Enterobacteria</i> and <i>Achromobaacteria</i> (number/g soil)
18	64	0~5	7000
		5~10	0
18	85	0~5	700000
		5~10	2500

* 原苏联科学院微生物研究所专家 Релькина Татьяна Васильевна 协助实验。

3.7 林下植被盖度不同林分下土壤酶活性状况^[6]

研究结果表明:在 3 个不同立地指数级样地里,林下植被盖度大的样地,无论是水解酶类活性,还是氧化还原酶类活性,都明显地高于盖度小的样地(如表 7),这显然是土壤微生物活性和土壤肥力提高的重要标志之一。

3.8 林下植被盖度与土壤的腐殖质组成

在 3 种不同立地指数样地里,土壤中腐殖质全碳量百分率、胡敏酸和富里酸总碳量百分率以及胡敏素含碳量百分率,均是林下植被盖度大的样地高于盖度小的样地,特别是在 0~5 cm 土层尤为明显。在 5~15 cm 土层内,14 立地指数条件下,出现相反情况,这可能与原立地条件差异影响有关。

腐殖质酸的主要结构单元,含有一定数量的羧基的酚型羟基^[4],正是这些基团,提高了森林土壤的代换性能和缓冲性能。

3.9 林下植被盖度与土壤水稳性团聚体的组成

研究结果表明:不同立地指数杉木林下植被盖度大小,与各级水稳性团聚体的含量,存在着密切的相关,研究结果如表 9。

3.10 林下植被盖度与土壤的主要化学性质^[7]

研究结果表明:林下植被通过根系代谢活动,枯落物分解,能直接增加土壤中有机养分和无机养分的

表 6 不同立地指数杉木林的林下植被盖度与土壤中微生物分布
Table 6 Coverage of undergrowth vegetation with different site index and distribution of soil

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage(%)	采样深度 Depth(cm)	microorganism (number/g soil)																
			细菌(10 ⁸) Bacteria		放线菌(10 ³) Actinomycetes		真菌(10 ⁴) Fungi		芽孢杆菌 Bacteria		灰色菌丝群 Streptomycete		青霉占 Fungi		曲霉占 Fungi		木霉占 Fungi		
			盖度	数量	盖度	数量	盖度	数量	盖度	数量	盖度	数量	盖度	数量	盖度	数量	盖度	数量	盖度
14	20	0~5	600.9	304.4	444.1	1.45	14.0	60.0	20.0	7.0									
		5~15	390.0	21.8	272	10.86	16.7	64.0	24.0	6.0									
14	65.8	0~5	622.9	520.4	543.9	12.8	24.0	50.0	13.0	23.0									
		5~15	421.5	94.0	323	19.64	28.5	45.0	20.0	25									
16	20	0~5	521.1	529.0	469	9.6	21.0	58.0	13.0	13.0									
		5~15	85.6	19.2	60.4	6.12	25.0	100	5.0	0.0									
16	69	0~15	964.1	751.0	709	22.3	38.0	53	20.0	21.0									
		5~15	955.0	206.5	505	10.8	40.0	75.7	13.5	10.0									
16	65	0~5	879.4	685.0	540	10.7	21.0	65.0	13.0	13.0									
		5~15	324.5	153.3	204	2.6	35.0	89	6.8	3.4									
18	39	0~5	760.2	717.0	408	5.0	30.0	65	17.0	17.0									
		5~15	390.8	27.7	700.7	7.1	15.0	65	16.0	11.0									
18	75	0~5	1707.5	858.0	921.3	60.0	60.0	50	15	20									
		5~15	515.8	198.6	239.8	8.7	46.0	50	22	20									

林下植被调查于1992年8月, 14、18地位指数样地三大类微生物分析于1992年4月;

16地位指数样地三大类微生物分析于1992年5月。

表 7 林下植被盖度与土壤酶活性

Table 7 Coverage of undergrowth vegetation and activity of soil enzyme

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage (%)	采样深度 Depth (cm)	磷酸酶活性 Phosphatase phenol (mg/g)	转化酶活性 Invertase glucose (mg/g)	脲酶活性 Urease NH ₃ -N (mg/g)	过氧化氢酶活性 Catalase (0.1 MKMnO ₄) ml/g
14	19.5	15	0.54	33.14	0.15	4.57
14	62	15	0.62	53.94	0.16	5.36
16	12.5	15	0.82	49.14	0.18	5.51
16	69	15	0.88	61.42	0.20	6.46
18	64	15	0.73	33.25	0.20	4.73
18	85	15	0.88	53.20	0.23	0.79

林下植被调查于 1990-10; 土壤样品采集于 1990-08。

表 8 林下植被盖度与土壤的腐殖质组成

Table 8 Coverage of undergrowth vegetation and humus composition of soil

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage (%)	采样深度 Depth (cm)	腐殖质全 C 量 Humus (c%)	HA+FA (Total C%)	HA (C%)	FA(C%)	胡敏素 Humic (C%)
14	19.5	0~5	1.977	1.089	0.178	0.905	0.893
		5~15	1.633	0.648	0.205	0.444	0.985
14	62	0~5	3.609	1.872	0.659	1.213	1.727
		5~15	1.501	0.575	0.187	0.388	0.946
16	12.5	0~5	1.864	1.134	0.213	0.921	0.730
		5~15	1.628	0.846	0.194	0.652	0.780
16	69	0~15	2.629	1.378	0.355	1.024	1.251
		5~15	1.951	0.875	0.238	0.623	1.094
16	53.5	0~5	2.440	1.414	0.372	1.042	1.026
		5~15	2.023	0.644	0.246	0.398	1.379
18	64	0~5	2.211	1.316	0.358	0.958	0.895
		5~15	1.697	0.829	0.226	0.603	0.868
18	85	0~5	3.540	1.945	0.746	1.199	1.595
		5~15	1.922	0.940	0.233	0.707	0.982

注: 林下植被盖度调查于 1990-10, 土壤样品采集于 1990-08。

表 9 林下植被盖度大小与土壤水稳性团聚体的组成

Table 9 Coverage of undergrowth vegetation and composition of soil waterstable aggregate

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage (%)	采样深度 Depth (cm)	水稳性团聚体各颗粒粒径组成百分率 (%)				有机质 OM (%)
			Granulometric composition of soil waterstable aggregate				
			5.0~2.0 (mm)	2.0~1.0 (mm)	1.0~0.5 (mm)	0.5~0.25 (mm)	
14	19.5	0~5	6.4	5.6	9.2	4.4	2.75
14	62	0~5	7.6	6.0	10.2	9.0	3.87
16	12.5	0~5	15.6	5.0	13.0	4.6	2.84
16	69	0~5	22.0	13.0	25.20	9.6	4.78

含量,特别是对 0~5 cm 土层养分含量影响较为明显、对 5~15 cm 土层土壤有机养分和无机养分含量影响逐渐减少,研究结果见表 10。

表 10 林下植被盖度与土壤的主要化学性质
Table 10 Coverage of undergrowth vegetation and main properties of soil

立地指数 Site index	林下植被盖度 Coverage (%)	采样深度 Depth (cm)	有机质 OM (%)	全 N Total N (%)	水解 N N		速效 P Available P (mg/kg)	速效 K K	pH (H ₂ O)	交换性盐 基总量 Exchangeable base (mmol/kg)	Ca ⁺⁺ $\left(\frac{\text{mmol}}{\text{kg}} \frac{1}{2} \text{Ca}^{++}\right)$	Mg ⁺⁺ $\left(\frac{\text{mmol}}{\text{kg}} \frac{1}{2} \text{Mg}^{++}\right)$
					N	P						
14	19.5	0~5	3.24	0.100	99.95	1.010	60.9	4.5	72.29	6.56	3.29	
		5~15	3.33	0.074	60.32	0.769	55.40	4.5	40.11	1.96	0.99	
14	62	0~5	3.40	0.11	105.95	1.090	60.70	4.4	114.19	9.97	4.51	
		5~15	2.97	0.064	54.03	0.868	61.26	4.4	76.88	3.16	1.16	
16	12.5	0~5	3.20	0.100	96.11	0.89	67.61	4.4	58.36	7.04	3.41	
		5~15	2.84	0.073	60.13	1.023	65.45	4.4	66.37	1.97	0.92	
16	69	0~5	3.68	0.14	137.23	1.75	73.11	4.4	100.18	13.76	8.95	
		5~15	3.28	0.072	72.24	0.512	71.67	4.4	45.25	4.18	1.45	
16	53.5	0~5	4.87	0.13	161.24	1.39	77.98	4.4	91.61	10.52	5.26	
		5~15	3.59	0.064	69.73	0.663	69.33	4.4	50.47	8.35	1.36	
18	64	0~5	4.06	0.110	160.38	1.31	63.16	4.4	87.51	8.37	9.92	
		5~15	2.94	0.060	60.98	0.92	57.26	4.5	55.83	3.16	1.08	
18	85	0~5	5.81	0.15	99.38	3.11	94.86	4.5	90.87	13.27	4.95	
		5~15	3.40	0.081	75.17	2.034	89.47	4.5	45.51	4.12	1.42	

注：林下植被调查于1990年10月，土壤样品采于1990年8月。

4 结论:

- 4.1 林下植被生物量与林分郁闭度呈密切的负相关,林分郁闭度在 0.7 以下时林下植被才能很好地发育。
- 4.2 提高间伐强度,不仅可以增加林下草本和灌木的种类,而且也可相应地提高每种的高度、盖度、增加出现的株数。
- 4.3 通过间伐,发育林下植被能明显地影响到土壤微生物区系组成、细菌中腊状芽孢杆菌的数量,放线菌、链霉菌中灰色菌丝群数量、真菌中青霉、曲霉和木霉所占的数量比例,均与林下植被盖度大小在数值上密切相关。
- 4.4 林下植被能明显地提高土壤中水解酶类和氧化还原酶类活性。
- 4.5 林下植被能明显地影响土壤中有机和无机养分含量,并在数值上与林下植被盖度大小密切相关。
- 4.6 林下植被对土壤性质的影响主要对 0~5 cm 土层效用较明显,而对 5~15 cm 土层明显减弱。

参 考 文 献

- 1 盛炜彤. 人工林地力衰退研究. 北京: 中国科学技术出版社, 49~71
- 2 中国科学院微生物研究所细菌分类组. 一般细菌常用鉴定方法. 北京: 科学出版社, 1978
- 3 邵立平等. 真菌分类学. 北京: 中国林业出版社, 1984. 297~322
- 4 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
- 5 Рудеуева Н П. Биологическая активность под горных лесов сибиря. Издательство «наука». Новосибирск, 1985, 32~43
- 6 杨承栋等. 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
- 7 Bowen G D, Nambiar E K S. Nutrition of plantation forest. *Nutrition of plantation forests*, Academic press limited reprinted, 1989. 488~505

敬 告 作 者

为了进一步促进学术交流和科研成果的应用与推广,《生态学报》自 1997 年第 1 期开始入编《中国学术期刊(光盘版)》,凡在《生态学报》上发表的论文,将同时在《中国学术期刊(光盘版)》上刊载。《中国学术期刊(光盘版)》免收作者版面费,并免费提供作者论文被引用率统计资料(联系地址:北京清华大学立斋《学术电子出版物》编辑部,邮编:100084,电话:62595612 或 62545086)。凡不同意自己论文在《中国学术期刊(光盘版)》上刊载的作者,请在来稿上注明。

本刊编辑部