

杉木混交林近自然经营效果研究

王青天

(安溪县林业局, 福建 安溪 362400)

摘要:对3种不同树种组成的杉木混交林采用近自然经营方式和常规经营方式,对比分析不同经营方式下林分生长、林内环境及林地土壤理化性质的变化。结果表明,与常规经营方式相比,近自然经营的林分平均树高、平均胸径、平均冠幅、平均枝下高、平均单株材积和平均蓄积量等指标明显高于常规抚育的林分,各项指标分别提高了7.90%、10.20%、7.10%、16.98%、30.91%和26.50%;同时林内灌木植被生长旺盛,林分总生物量增加 $49.71 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$;林地土壤理化性质各指标均得到明显改善,表现出较高的保水保肥能力。

关键词:杉木;混交林;近自然经营;经营效果

中图分类号:S791.27

文献标志码:A

文章编号:1001-7461(2014)01-0095-05

Effectiveness Study on the Close-to-nature Management for Mixed Forest of Chinese Fir

WANG Qing-tian

(Forestry Bureau of Anxi County, Anxi, Fujian 362400, China)

Abstract: Three mixed forests of Chinese fir with different species, which were managed with close-to-nature mode (CNM) and conventional mode (CM) respectively, were selected for the analysis of stand growth, forest environment and forest soil physicochemical property changes. The results indicated that all the stand indicators of forests managed with CNM were higher than those of forests managed with CM, the stand average tree height, average diameter at breast height, average crown width, average height under branch, average individual volume and average volume increased by 7.90%, 10.20%, 7.10%, 16.98%, 30.91%, and 26.50%, respectively. The shrub and grass vegetation showed vigorous growth in the CNM forests, and the total stand biomass increased $49.71 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$. The indicators of forest soil physicochemical properties in CNM forests were significantly improved, which showed a higher ability to conserve water and fertilizer than that of forests managed with CM.

Key words: Chinese fir; mixed forest; close-to-nature management; management effectiveness

杉木(*Cunninghamia lanceolata*)是我国南方主要用材林树种,杉木混交林近自然经营,能克服人工林地力衰退,调整林分结构,促进林木生长,提高林分蓄积量,改善人工林生态环境等问题^[1-2]。近自然林业源于中欧德国^[3],在20世纪90年代就传入我国,可表达为在确保森林结构关系自我保存能力的前提下遵循自然条件的林业活动,是兼容林业生产和森林生态保护的一种经营模式,其经营的目标林分是混交林—异龄林—复层林,经营手段是接

近自然林业经营法^[4]。1998年,福建省安溪县林业局为了提高杉木混交林经营技术水平,提高林分的生产力,充分发挥森林的生态效益,引进森林近自然经营技术^[5-7],开展了杉木混交林近自然经营研究,为生态高效经营杉木混交林提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验地设在福建省安溪县官桥镇内村大湖山,

收稿日期:2013-05-24 修回日期:2013-07-08

基金项目:福建省自然科学基金项目(2012J01120)。

作者简介:王青天,男,高级工程师,研究方向:森林培育。E-mail: 13959790872@126.com

属南亚热带海洋性季风气候,四季分明,雨水充沛,气候温暖湿润,年平均气温 19.6℃,降水量 1 800 mm,空气相对湿度 83%左右,1 月份平均气温 14℃,极端低温 -1℃,7 月份平均气温 26℃,极端高温 36℃。全年 $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 活动积温 7 000℃,无霜期 342 d。造林地属杉木采伐迹地,海拔 468~562 m,坡位下,坡向西南,坡度 21°,土壤为红壤,土层厚 55~65 cm,腐殖质厚度 18~29 cm,肥力中等,pH 值 4.7~5.5,立地条件属Ⅲ类地,适宜杉木混交林的生长。

造林前杉木采伐迹地,植被为黄瑞木(*Adinandra millettii*)、盐肤木(*Rhus chinensis*)、白茅(*Imperata cylindrica*)、芒萁骨(*Dicranopteris dichotoma*)等,高度 40~166 cm。1998 年春,采用清杂劈草、块状整地营造杉木、马尾松(*Pinus massoniana*)、木荷(*Schima superba*)混交林,穴规格 50 cm×40 cm×30 cm,株行距 2 m×2 m,混交比例 1:1:1,造林密度 2 500 株·hm⁻²。

1.2 材料

选择不同树种组成的杉木混交林分:杉木马尾松林分(A)、杉木木荷林分(B)、杉木马尾松木荷林分(C),3 种林分的造林初植密度为 2 500 株·hm⁻²。研究 3 种混交林在近自然块状抚育经营方式与常规全面抚育经营方式下的经营效果。对比分析 2 种不同经营方式下林分在生长量、生物量、土壤物理性质方面的变化。

1.3 方法

1.3.1 近自然块状抚育经营 对林分幼树采用树冠范围内单株抚育,将穴周边影响幼树生长的草本、灌木、乔木和藤本进行清除,让其余不影响幼林生长的草本、灌木、乔木任其自然竞争,天然淘汰。把清除的杂物放在幼树的根兜附近,待期腐烂,提高土壤肥力,促进林分生长。

1.3.2 常规抚育经营 将幼林林分进行全面垦复,全部清除杂草灌木,将清除的杂物放在林地表层,待一定时间腐烂,可增加土壤肥力,促进林木生长。

1.3.3 试验设计与实施 每种混交林分别设置 3 组对比试验,3 种混交林分共设置 9 组近自然块状抚育经营与常规抚育经营重复试验,共 18 个样地(每个样地面积约 1 hm²,依林地山场分布,面积大小不完全一致)。

杉木混交林近自然块状抚育经营和常规抚育经营,幼树均连续抚育 3 a,每年抚育 2 次(第 1 次 5~6 月份抚育、第 2 次 8~9 月份抚育),结合抚育进行施肥,每株每次施 0.1~0.3 kg 尿素和 0.1~0.3 kg 复合肥。林木郁闭后,每年对杉木混交林自然生长进行抽样观察^[8]。林龄达到 10 a 时,为了提高林分生长量,于 2008 年 9 月份对不同试验林进行下层抚育间伐^[9-10],各树种的间伐比例,按福建省森林抚育间伐技术规定,间伐株数为 21%~30%,保留株数为 70%~79%(表 1)。

表 1 不同经营方式各林分的抚育强度

Table 1 Intensity of tending operations in different management modes forests

经营方式	林分类型	造林面积 /hm ²	郁闭度 /%	间伐强度 (按株计)/%	间伐株数 (株·hm ⁻²)	保留株数 (株·hm ⁻²)
近自然抚育经营	A. 杉木马尾松	3.3	0.97	26	599	1 706
	B. 杉木木荷	3.3	0.98	28	652	1 678
	C. 杉木马尾松木荷	3.4	0.99	30	707	1 649
	合计/平均	10.0	0.98	28	653	1 678
常规抚育经营	A. 杉木马尾松	3.3	0.95	21	474	1 781
	B. 杉木木荷	3.3	0.97	25	570	1 710
	C. 杉木马尾松木荷	3.4	0.98	28	652	1 678
	合计/平均	10.0	0.97	26	565	1 723

1.3.4 外业调查与室内分析 2012 年 11 月份,分别在不同经营方式的林分内设立临时样地,选择立地条件基本相同,同样坡向、同样坡位的好、中、差 3 个样地,每块面积 25.8 m×25.8 m,调查测定因子有生长量、生物量、林地土壤理化性状。

1.3.4.1 生长量的调查 在 2 种不同经营方式的林分内,对每个样地的树木进行每木检测,测定树高、胸径、冠幅和枝下高,按福建省林木二元材积公式计算每个树种平均木单株材积,再按各树种平均木单株材积乘以相应树种的单位面积株数,计算出

各林分单位面积蓄积量。

$$V_{\text{杉木}} = 0.000\ 058\ 061\ 860 D^{1.955\ 335\ 1} H^{0.894\ 033\ 04} \quad (1)$$

$$V_{\text{马尾松}} = 0.000\ 062\ 341\ 803 D^{1.855\ 149\ 7} H^{0.956\ 824\ 92} \quad (2)$$

$$V_{\text{阔叶树}} = 0.000\ 052\ 764\ 291 D^{1.882\ 161\ 1} H^{1.009\ 316\ 6} \quad (3)$$

式中:V 表示材积(m³),H 为树高(cm),D 为胸径(cm)。

1.3.4.2 林分内植被结构调查与温湿度测定 在 2 种不同经营方式的林分内设立临时样地,调查植被灌草的生长状况及林内温度和湿度,在各林分内

外随机选择 2 个观测点,用温湿度计测定林内与林外的空气温度和湿度,分析林分内外温湿度的变化。

1.3.4.3 林分生物量的调查测定 在不同经营方式的林分生长量调查的基础上,对各林分每树种分别选取标准木 3~5 株,将标准木伐倒,按 Monsi 分层切割法,分别测定地上的干(含皮)、枝、叶及地下根系的鲜生物量,其中地下部分生物量采用全挖法分根桩、粗根(>4 mm)、细根(<4 mm)称重。同时,采集各组分样品 500 g 带回室内烘干,测定其含水量,计算各组分干重(生物量),进而计算各类型林分单位面积生物量。

1.3.4.4 土壤肥力的调查测定 在不同经营方式的各林分样地中,按 S 型路线分别挖出深度 40 cm 的土壤剖面 4 个,按照“林业调查技术手册”逐项调查记载剖面的土层厚度、土层质地和结构。然后用 100 cm³ 的环刀分层(0~20 cm,20~40 cm)取样,同时采集各层次混合土样约 500 g 带回室内,按森林土壤国标分析方法测定土壤的理化性质。

2 结果与分析

2.1 不同经营方式对林分生长量的影响

杉木混交林近自然块状抚育经营方式和常规抚育经营方式林分生长量调查结果见表 2。可以看出,不同树种组成的杉木混交林,近自然块状抚育经营方式的林分生长量各因子均优于常规抚育经营方式。与常规抚育经营方式相比,近自然块状抚育经营方式下,林分的平均树高提高了 7.90%,平均胸径增加 10.20%,平均冠幅增大 7.10%,平均枝下高增加 16.98%,平均单株材积增加 30.91%、平均蓄积量增加 26.50%。

对数据作 *t* 检验,结果显示,近自然抚育方式的林分树高($t_{\text{树高}}=2.586^*$)、胸径($t_{\text{胸径}}=3.222^{**}$)、冠幅($t_{\text{冠幅}}=2.398^*$)、枝下高($t_{\text{枝下高}}=2.141^*$)、材积($t_{\text{材积}}=3.584^{**}$)和蓄积($t_{\text{蓄积}}=9.163^{**}$)等生长量指标均显著或极显著地高于常规抚育的林分。表明近自然块状抚育经营的林分能改善林地的生长条件,林木生长快,林分产量高。

表 2 不同经营方式林分生长量对比

Table 2 The amount of stand growth in different management modes forests

经营方式	林分类型	现有密度/ (株·hm ⁻²)	平均树高 /m	平均胸径 /cm	平均幅冠 /m	枝下高 /m	单株材积 /m ³	蓄积量 /m ³
近自然抚育经营	A. 杉木马尾松	1 706	9.76	12.01	3.01	1.02	0.056	95.54
	B. 杉木木荷	1 678	10.18	13.23	3.12	1.26	0.071	119.14
	C. 杉木马尾松木荷	1 649	11.62	13.98	3.82	1.45	0.089	146.23
	平均	1 678	10.52	13.07	3.32	1.24	0.072	120.30
常规抚育经营	A. 杉木马尾松	1 781	9.43	11.01	2.86	0.89	0.046	81.93
	B. 杉木木荷	1 710	9.69	11.85	3.02	1.03	0.055	94.05
	C. 杉木马尾松木荷	1 678	10.12	12.71	3.43	1.25	0.065	109.07
	平均	1 723	9.75	11.86	3.10	1.06	0.055	95.02

2.2 不同经营方式对林分内环境的影响

调查显示(表 3),近自然块状抚育经营的林分内,林下植被黄端木、盐肤木、白茅、芒萁骨生长枝叶茂盛,地表层凋落物厚,覆盖率高;而常规抚育经营的林分内,林下植被稀疏,枯枝落叶量少,地表层凋落物薄,覆盖率低。与常规抚育方式相比,近自然块状抚

育经营的不同树种组成的 3 种混交林分,灌木平均高度增加 37.27%;草本植物的高度增加 44.19%,枯枝落叶物平均厚度增加 28.57%,枯落物覆盖率平均提高 8.14%;林内平均温度高 0.2℃,林内相对湿度增加 0.5%。这表明,近自然块状抚育经营的林分水土保持能力较强^[11-13],林内生态环境较好。

表 3 不同经营方式各林分的林内环境对比

Table 3 Stand environmental factors in different management modes forests

经营方式	林分类型	灌木高度 /m	草本高度 /m	枯落物厚度 /cm	枯落物覆盖率 /%	林内温度 /℃	林内相对湿度 /%
近自然抚育经营	A 杉木马尾松	1.38	0.56	22	91	19.5	82.0
	B. 杉木木荷	1.50	0.61	26	93	19.7	82.5
	C. 杉木马尾松木荷	1.65	0.69	29	95	20.0	83.0
	平均	1.51	0.62	27	93	19.7	82.5
常规抚育经营	A 杉木马尾松	0.98	0.40	18	82	19.2	81.5
	B. 杉木木荷	1.11	0.43	20	85	19.5	82.0
	C. 杉木马尾松木荷	1.22	0.47	26	92	19.7	82.5
	平均	1.10	0.43	21	86	19.5	82.0

2.3 不同经营方式对林分生物量的影响

林分生物量的测定结果显示(表4),与常规抚育经营方式相比,近自然块状抚育经营林分的平均总生物量增加了 $49.71 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。不同树种组成的林分在不同经营方式下,林分生物量的变化为:近自然块状抚育经营的 A 林分总生物量增加 $10.15 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其中地上生物量增加 $9.21 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,地下生物量增加 $0.94 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$;近自然块状抚育经营的 B 林分总生物量增加 $15.69 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其中地上生物

量增加 $14.03 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,地下生物量增加 $1.66 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$;近自然块状抚育经营 C 林分总生物量增加 $23.87 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,其中地上生物量增加 $21.46 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$,地下生物量增加 $2.41 \text{ t} \cdot \text{hm}^{-2}$ 。

对 2 种不同抚育方式的总生物量指标进行差异性检验,结果表明,2 种不同抚育间的生物量达极显著差异水平($t_{\text{生物量}} = 10.349^{**}$)。可见,近自然块状抚育经营的杉木混交林,能够增加林分生物量^[14]。

表 4 不同经营方式对林分生物量的影响

Table 4 Forest stand biomass in different management modes forests

$\text{t} \cdot \text{hm}^{-2}$

林分类型	树种	地上部分				地下部分				总生物量
		干	枝	叶	合计	根桩	粗根	细根	合计	
近自然抚育经营	A. 杉木马尾松	39.96	7.52	6.10	53.58	3.18	1.91	0.85	5.94	59.52
	B. 杉木木荷	49.43	9.38	7.60	66.41	3.97	2.38	1.06	7.41	73.82
	C. 杉木马尾松木荷	60.67	11.51	9.33	81.51	4.87	2.93	1.30	9.10	90.61
	平均	50.02	9.47	7.68	67.17	4.01	2.41	1.07	7.48	74.65
常规抚育经营	A. 杉木马尾松	33.09	6.25	5.03	44.37	2.73	1.64	0.63	5.00	49.37
	B. 杉木木荷	39.02	7.36	6.00	52.38	3.13	1.88	0.74	5.75	58.13
	C. 杉木马尾松木荷	45.11	8.48	6.46	60.05	3.63	2.19	0.87	6.69	66.74
	平均	39.07	7.36	5.83	52.26	3.16	1.90	0.75	5.81	58.07

2.4 不同经营方式对土壤性质的影响

2.4.1 不同经营方式林分的土壤化学性质比较 表 5 可看出,近自然块状抚育经营的各林分土壤化学性质的各指标,不论是 0~20 cm,还是 20~40 cm,均比常规抚育经营林分的指标高。以土层 0~20 cm 为例,近自然块状抚育经营的林地土壤 pH 值、有机质含量、全 N、全 P、全 K 以及速效 N、P、K,分别比常规抚育经营方式提高了 1.86%~1.96%、5.29%~9.79%、2.94%~4.00%、4.76%~5.17%、1.79%~3.70%、1.96%~2.25%、6.00~9.52%、1.54%~

3.54%。分析原因,近自然块状抚育经营的林分在幼林抚育时,对单株树冠范围内进行抚育,对其周围的草灌如影响幼树生长则进行清除或打枝等,如不影响幼树生长则任其自然生长,抚育后的杂草灌木等放在幼树穴边,可保持幼树穴内水分,尤其杂草灌木等腐烂后,可以改善土壤养分,提高土壤 N、P、K 元素含量,增加土壤肥力,促进幼林生长。而常规抚育经营的林分幼林抚育时,进行全面除草、除灌,林地地表层缺少覆盖物保护,保水功能差,土壤 N、P、K 元素少,土壤肥力差,从而影响幼树的生长^[15]。

表 5 不同经营方式林分土壤化学性质比较

Table 5 Forest soil chemical properties in different management modes forests

林分类型	树种	取土层样深度/cm	pH 值	全量含量/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)			速效含量/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)			有机质/($\text{g} \cdot \text{kg}^{-1}$)
				N	P	K	N	P	K	
近自然抚育经营	A 杉木马尾	0~20	5.2	1.04	0.61	5.60	91	4.6	117	31.08
		20~40	5.0	0.96	0.59	5.30	85	4.0	80	20.46
	B. 杉木木荷	0~20	5.3	1.05	0.63	5.70	98	4.8	108	32.96
		20~40	5.1	0.97	0.61	5.40	90	4.2	84	24.36
	C 杉木马尾松木荷	0~20	5.4	1.07	0.66	6.10	104	5.3	132	36.80
		20~40	5.2	1.02	0.64	5.80	92	4.6	107	28.12
	平均	0~20	5.3	1.05	0.63	5.80	98	4.9	119	33.61
		20~40	5.2	0.98	0.61	5.50	89	4.3	90	24.31
常规抚育经营	A. 杉木马尾	0~20	5.1	1.00	0.58	5.40	89	4.2	113	29.52
		20~40	4.9	0.91	0.54	5.20	83	3.8	83	18.32
	B. 杉木木荷	0~20	5.2	1.02	0.60	5.60	96	4.5	106	30.02
		20~40	5.1	0.94	0.56	5.30	89	4.0	95	21.23
	C. 杉木马尾松木荷	0~20	5.3	1.04	0.63	5.90	102	5.0	130	33.86
		20~40	5.2	0.98	0.59	5.60	95	4.3	108	25.33
	平均	0~20	5.2	1.02	0.60	5.60	96	4.6	116	31.13
		20~40	5.1	0.94	0.56	5.36	89	4.0	95	21.63

2.4.2 不同经营方式林分的土壤物理性质比较
表 6 可看出,近自然块状抚育经营的各林分土壤物理性质的各指标,不论是 0~20 cm,还是 20~40 cm,均比常规抚育经营林分高。以土层 0~20 cm 为例,常规抚育经营林地的土壤容重比近自然块状抚育经营的土壤容重增加 2.86%。近自然块状抚育经营林分的最大持水量、毛管持水量、田间持水

量、毛管孔隙度、非毛管孔隙度、总孔隙度、通气度分别比常规抚育经营的林分提高 9.44%、9.33%、5.02%、6.24%、6.84%、7.62%、4.35%。这表明,近自然块状抚育经营不仅能改善地力状况,促进林分养分的良性循环,还能改良土壤结构、调节土壤的水肥气热,增强土壤保肥保水的能力。

表 6 不同经营方式林分土壤物理性质比较
Table 6 Forest soil physical properties in different management modes forests

林分 类型	树种	土层取 样深度 /cm	土壤 容重 /(g·cm ⁻³)	最大 持水量 /%	毛管 持水量 /%	田间 持水量 /(t·hm ⁻²)	毛管 孔隙度 /%	非毛管 孔隙度 /%	总孔隙度 /%	通气度 /%
近自然抚育经营	A. 杉木马尾松	0~20	1.07	39.02	32.56	27.80	34.84	6.91	41.75	14.93
		20~40	1.11	35.61	29.59	26.73	32.84	6.68	39.52	14.20
	B. 杉木木荷	0~20	1.05	41.98	34.69	28.10	36.43	7.66	45.65	16.79
		20~40	1.10	37.63	30.73	26.90	33.80	7.59	41.39	15.94
	C. 杉木马尾松木荷	0~20	1.03	43.57	35.43	28.16	36.49	8.38	44.87	17.21
		20~40	1.08	40.13	32.82	27.62	35.45	7.90	43.353	16.99
	合计/平均	0~20	1.05	41.52	34.23	28.02	35.92	7.65	44.09	16.31
		20~40	1.11	37.79	31.05	27.08	34.03	7.39	41.42	15.71
常规抚育经营	A. 杉木马尾松	0~20	1.09	36.70	30.31	26.72	33.04	6.97	40.01	14.49
		20~40	1.12	32.12	26.06	23.41	29.19	6.79	35.98	14.07
	B. 杉木木荷	0~20	1.08	37.45	30.81	26.01	33.28	7.17	40.45	15.60
		20~40	1.11	34.11	27.82	24.30	30.88	6.98	37.86	15.03
	C. 杉木马尾松木荷	0~20	1.07	39.66	32.81	27.30	35.11	7.33	42.449	16.81
		20~40	1.10	36.00	29.62	25.12	32.58	7.02	39.60	15.93
	合计/平均	0~20	1.08	37.94	9.33	26.68	33.81	7.16	40.97	15.63
		20~40	1.11	34.08	11.57	24.28	30.88	6.95	37.81	15.01

3 结论与讨论

研究结果表明,与常规抚育经营方式相比,不同树种组成的杉木混交林采用近自然块状抚育经营方式能明显改善林木的生长,15 a 生林分生长量各指标均显著增加。近自然块状抚育经营的杉木混交林分生长根系发达,林木生长较好,树冠茂盛,林分蓄积量高。

杉木混交林采用近自然块状抚育经营方式,可以形成复层林分,林下灌、草生长茂盛,地表枯枝落叶物多,有利于保持土壤水分,从而促进土壤微生物活动,加快了有机质的分解,土壤肥力得到了提高。研究结果表明,与常规抚育经营方式相比,近自然块状抚育经营林分的土壤理化性质各指标均不同程度地得到改善,这对于防治地力衰退,改善林地生态环境,实现林地可持续利用有现实意义。

参考文献:

[1] 王青天. 闽南山地杉木马尾松木荷混交林培育效果研究[J]. 福建林学院学报,2012,32(4):3 21-325.
WANG Q T. Study on the growth effect of mixed forest with *Cunninghamia lanceolata*, *Pinus massoniana* and *Schima su-*

perba in mountainous region of south Fujian[J]. Journal of Fujian College of Forestry,2012,32(4):321-325. (in Chinese)
[2] 林同龙. 杉木人工林近自然经营技术的应用效果研究[J]. 中南林业科技大学学报,2012,3(32):11-16.
LIN T L. Application effect research on intimate natural forestry management techniques for *Cunninghamia lanceolata* plantation[J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology,2012,3(32):11-16. (in Chinese)
[3] 许新桥. 近自然林业理论概述[J]. 世界林业研究,2006,19(1):11-13.
XU X Q. Survey on theory of nature-approximate forestry[J]. World Forestry Research,2006,19(1):11-13. (in Chinese)
[4] 张鼎华,叶章发,王伯雄,等. “近自然林业”经营法在杉木人工幼林经营中的应用[J]. 应用与环境生物学报,2001,7(3):219-223.
ZHANG D H, YE Z F, WANG B X, *et al.* Application of “nature-approximating forestry” management method in young Chinese fir plantation[J]. Chinese Journal of Applied and Environmental Biology,2001,7(3):219-223. (in Chinese)
[5] 杨梅,黄晓露. 引入近自然林业理念 促进森林培育学科的发展[J]. 广西农业科学,2010,41(5):508-510.
YANG M, HUANG X L. Introducing the close-to-nature forestry theory for promoting the development of silviculture[J]. Guangxi Agricultural Sciences,2010,41(5):508-510. (in Chinese)

- LI M L, ZHUANG S H, ZONG N. Effect of tutin on several physiol-biochemical indexes of armyworm [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2003, 31(6): 54-58. (in Chinese)
- [6] 马希汉, 郭新荣, 李孟楼. 马桑籽提取物对黑肩毛胸榆叶甲取食及生殖的研究[J]. 西北林学院学报, 1995, 10(1): 64-67.
MA X H, GUO X R, LI M L. Influence of the seed extract of *Coriaria sinica* on the behaviour of feed and reproduction of *Pyrrhalta maculicollis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 1995, 10(1): 64-67. (in Chinese)
- [7] MIYAMOTO K, KOSHIURA R, YOSHIDA T, *et al.* Relationship between the structures and the antitumor activities of tannins [J]. Chem. Pharm. Bull, 1987, 35(2): 814-822.
- [8] 崔俊, 张雁冰, 朱献民, 等. 秦岭马桑籽化学成分研究[J]. 西北林学院学报, 2008, 23(3): 176-178.
CUI J, ZHANG Y B, ZHU X M, *et al.* Chemical constituents from the seed of *Coriaria nepalensis* [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2008, 23(3): 176-178. (in Chinese)
- [9] 张雁冰, 李玲, 刘宏民, 等. 马桑化学成分研究[J]. 郑州大学学报, 2005, 37(1): 75-77.
ZHANG Y B, LI L, LIU H M, *et al.* Study on chemical constituents of *Coriaria sinica* Maxim [J]. Journal of Zhenzhou University, 2005, 37(1): 75-77. (in Chinese)
- [10] RIBAN M J. Constituents of *Coriaria mytilifolia* [J]. Bull. Soc. Chim. France, 1964(1): 87-91.
- [11] KIYOSHI T, FUMIAKI U, ATAE A, *et al.* Synthetic studies on a picrotoxane, coriamyrtin I, the grignard reaction of 5-(2-Methyl-1, 3-dioxo-2-cyclopentyl) methyl-2, 5 H-furanone with isopropylmagnesium bromide and stereochemistries [J]. Chem. Pharm. Bull, 1983, 31(6): 1943-1957.
- [12] 郭新荣, 李亚峰, 李孟楼. 马桑倍半萜内酯的生物活性研究[J]. 西北林学院学报, 2009, 24(6): 133-135.
GUO X R, LI Y F, LI M L, *et al.* The study on biological activity of coriaria lactone I [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2009, 24(6): 133-135. (in Chinese)
- [13] 崔俊. 羟基马桑毒素的结构与杀虫毒性关系的研究[D]. 杨凌, 西北农林科技大学, 2007.
- [14] 庄世宏, 宗娜, 李孟楼. 马桑毒素 B 对试虫马氏管及中肠组织的影响[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2007, 35(7): 128-130.
ZHUANG S H, ZONG N, LI M L, *et al.* Tutin's effect on poisoned larvae's malpighian tubules and midgut tissue [J]. Journal of Northwest A&F University: Natural Science Edition, 2007, 35(7): 127-130. (in Chinese)
- [15] 四川医学院马桑研究小组. 桑寄生和马桑治疗精神分裂症的初步研究[J]. 中草药通讯, 1973(5): 33-38.
- [16] 四川医学院马桑研究小组. 羟基马桑毒素生产工艺的研究[J]. 中草药通讯, 1978(8): 14-16.
-
- (上接第 99 页)
- [6] 林思祖, 黄世国. 论中国南方近自然混交林营造[J]. 世界林业科学, 2001, 2(14): 73-78.
LIN S Z, HUANG S G. A establishment and management of nature-approximating mixed forests in South China [J]. World Forestry Research, 2001, 2(14): 73-78. (in Chinese)
- [7] 孟锐. “近自然”林业理论及其在我国的应用空间[J]. 四川林业科技, 2012, 33(3): 32-58.
- [8] 何宗明, 林思祖, 俞新妥, 等. 杉木人工林自然生长模型的研究[J]. 福建林学院学报, 1997, 17(3): 231-234.
HE Z M, LIN S Z, YU X T, *et al.* Study on stand natural growth model of Chinese fir plantation in ordinary growing area of Fujian [J]. Journal of Fujian College of Forestry, 1997, 17(3): 231-234. (in Chinese)
- [9] 张鼎华, 叶章发, 范必有, 等. 抚育间伐对人工林土壤肥力的影响[J]. 应用生态学报, 2001, 12(5): 672-676.
ZHANG D H, YE Z F, FAN B Y, *et al.* Influence of thinning on soil fertility in artificial forests [J]. Chinese Journal of Applied Ecology, 2001, 12(5): 672-676. (in Chinese)
- [10] 张连金, 惠刚盈, 孙长忠, 等. 马尾松人工林首次间伐年龄的研究[J]. 中南林业科技大学学报, 2011, 6(31): 22-27.
ZHANG L J, HUI G Y, SUN C Z, *et al.* The first thinning age of *Pinus massoniana* plantation [J]. Journal of Central South University of Forestry & Technology, 2011, 6(31): 22-27. (in Chinese)
- [11] 李海防, 王金叶, 刘兴伟, 等. 广西猫儿山主要林型水源涵养功能研究[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(1): 50-53.
LI H F, WANG J Y, LIU X W, *et al.* Evaluation on water conservation function of typical forest ecosystems in Maoer Mountain [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(1): 50-53. (in Chinese)
- [12] 孟玉珂, 刘小林, 袁一超, 等. 小陇山林区主要林分凋落物水文效应[J]. 西北林学院学报, 2012, 27(6): 48-51.
MENG Y K, LIU X L, YUAN Y C, *et al.* Hydrological effect of litter layers of the main forest types in Xiaolongshan Forest Region [J]. Journal of Northwest Forestry University, 2012, 27(6): 48-51. (in Chinese)
- [13] 张君玉, 程金花, 张洪江, 等. 晋西黄土丘陵区 3 个树种人工林枯枝物的持水特性[J]. 西北农林科技大学学报: 自然科学版, 2012, 40(10): 69-74.
ZHANG J Y, CHENG J H, ZHANG H J, *et al.* Reserves and water capacity characteristics of three kinds of litter in Loess Hilly Region of West Shanxi Province [J]. Journal of Northwest A & F University: Natural Science Edition, 2012, 40(10): 69-74. (in Chinese)
- [14] 董林水, 陈礼光, 郑有善, 等. 木荷马尾松混交林生物量与生产力的研究[J]. 江西农业大学学报, 2001, 23(2): 244-247.
DONG L S, CHEN L G, ZHENG Y S, *et al.* A study on the biomass and productivity of mixed plantations of *Schima superba* and *Pinus massoniana* [J]. Acta Agriculturae Universitatis Jiangxiensis, 2001, 23(2): 244-247. (in Chinese)
- [15] 曹汉洋. 杉木、马尾松、木荷纯林及其混交林的土壤养分状况[J]. 南京林业大学学报, 1998, 22(2): 45-48.
CAO H Y. Research on nutrient status of pure Chinese fir, masson pine, *schima Superba* and mixed forests [J]. Journal of Nanjing Forestry University, 1998, 22(2): 45-48. (in Chinese)