

岷江上游茂县退化生态系统及人工恢复植被地上生物量及净初级生产力

孔维静^{1, 2}, 郑 征^{1*}

(1. 中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部, 云南 昆明 650223; 2. 中国科学院研究生院, 北京 100039)

摘 要:测定了岷江上游四川茂县退化灌丛和退化草丛及 5 种人工恢复植被(连香树林、油松林、华山松林、日本落叶林和云南松林)的地上生物量和生产力。灌、草丛生物量生产力采用样方收获法测定, 人工林采用生物量回归模型和生产力方程。地上生物量与胸径关系模型的相关性都达到极显著。退化灌丛和草丛的生物量分别为 51.06 t/hm²和 5.76 t/hm², 5 种人工林的地上生物量在 75.8~ 150.55 t/hm², 地上生产力在 10.36~ 18.17 t/hm²·a⁻¹。人工恢复植被比退化植被的生物量增加, 生产力显著提高。5 种恢复模式中云南松、华山松和日本落叶松在当地显示了良好的生长特性, 适合在当地退化生态系统恢复中推广。

关键词:纵向岭谷区; 岷江上游; 恢复; 生物量; 生产力

中图分类号: X171.4

文献标识码: A

人类活动正在对生态系统产生巨大影响, 生态系统的退化已经成为当前的一个严重的环境问题^[1]。岷江上游位于青藏高原东缘纵向岭谷区高山峡谷地带, 是我国具有国际意义的生物多样性中心——川西高山峡谷区的核心部分, 近几十年来的活动导致了该区生态系统的严重退化, 森林覆盖率已由解放初的 30% 下降到 1980 年代的 18%, 形成了大面积的采伐迹地和退化灌丛, 环境恶化^[2]。从 1980 年代起, 中国科学院成都生物研究所和当地政府开始在当地以多种恢复模式进行植被恢复试验, 经过 20 a 的生长, 各种恢复植被已经显示了一定的生态效益, 然而生态过程是非常复杂的, 哪种恢复模式对生态系统的恢复更有利呢? 这对恢复工作顺利进行和恢复模式推广来说是非常重要的。

植物群落的生物量生产力是研究森林物质生产和群落养分动态的基础, 自 20 世纪 60 年代开始实行国际生物学计划(IBP)以来, 生态系统生物量生

产力的研究一直是生态学研究的一个重要方向^[3-5]。对于退化生态系统恢复成功的标准, 生物量、生产力是其中一个非常重要的评价指标^[6]。我国对退化生态系统恢复的研究最早是在广东小良热带北缘进行的, 植被恢复发现, 退化生态系统恢复后, 其生物量与生产力均有较大的增加^[7]。岷江上游退化生态系统的恢复开始于 1980 年代, 但对恢复植被的评价工作并没有开展。本研究通过对 5 种人工恢复群落生物量生产力的研究为评价不同恢复模式的恢复效应提供依据。

1 试验点自然概况

试验点位于岷江上游左岸一级支流大沟流域中段, 海拔 1 500~ 3 090 m。据中国科学院成都生物研究所茂县生态站(103°51'E, 31°37'N)多年气象观测资料, 该地区年均温 8.9 °C, ≥10 °C 积温为

收稿日期(Received date): 2004- 02- 11; 改回日期(Accepted): 2004- 05- 20。

基金项目(Foundation item): 中国科学院重大项目(KSCX1- 07- 03)、国家重点基础研究发展计划(973) (2003CB415100) 和国家自然科学基金项目(30170168)。[Founded by key project of CAS(KSCX1 - 07- 03) and the National Key Project for Basic Research (No. 2003CB415100) and the Chinese Natural Sciences Foundation(No. 30170168).]

作者简介(Biography): 孔维静(1978-), 男, 山东人, 中国科学院西双版纳热带植物园在读硕士研究生, 主要从事恢复生态学研究。[Kong Weijing(1978-), male, Born in Shandong Province, graduate student of Xishuangbanna Tropical Botanical Garden. Main research field: restoration ecology. Phone: 0871- 5142055.]

* 通讯作者(Author for correspondence), E-mail: Zhengz@xtbg.ac.cn

2 690.8度,年降雨量 900 mm,年蒸发量 795.8 mm,属暖温带气候。该区海拔 1 750~2 400 m 的地带性植被为暖温带的辽东栎(*Quercus liaotungensis* Koidz.)林,常与油松(*Pinus tabulaeformis* Carri.)、糙皮桦(*Betula utilis* D. don)、红桦(*Betula albo-sinensis* Burkil.)、山杨(*Populus davidiana* Dode.)等组成混交林(四川森林编辑委员会,1990)。该区域在 1950~1960 年代尚存有辽东栎萌生林,经近 30 a 的砍伐,森林覆盖率由 60% 下降到 1985 年的 14.4%。破坏后的植被退化为次生的以辽东栎、榛等落叶阔叶树为主的灌丛^[17],主要种类有辽东栎、毛榛(*Corylus mandshurica* Maxim.)、川榛(*C. heterophylla* var. *szechuenensis* Franch.)、喜阴悬钩子(*Rubus mesogaeus* Focke.)、小果蔷薇(*Rosa cymosa* Tratt.)、绢毛蔷薇(*Rosa sericea* Lindl.)、匍匐子(*Cotoneaster adpressus* Bios)、箭竹(*Sinarundinaria nitida* (Mitford) nakai)等,以毛榛、川榛、辽东栎为主,与其他灌木种类形成不同群落,群落年龄一般 5~9 a,高度 1.5~2.5 m,盖度约 70%~80%。退化草丛只在局部存在,主要种类有香青(*Anaphalis sinica* Hanç.)、酸模(*Rumex acetosa* L.)、水杨梅(*Geum aloppecum* Jacq.)、天名精(*Carpesium abrotanoides* L.)、大蓟(*Cephalanoplos setosum* (Willd.) Kitam.)、密花香薷(*E. densa* Benth.)、多花落新妇(*Astilbe myriantha* Diels)等,以香青、天名精、酸模为主,与其他草本种类形成群落,群落高度一般 0.2~0.5 m,盖度约 50%~70%,草本多为一年生。为改善当地生态环境,近 20 a 来当地政府兴建了一些人工纯林和混交林,如连香树(*Cercidiphyllum japonicum* Sieb. et Zucc.)、油松、日本落叶松(*Larix kaempferi* Lamb.)、云南松(*Pinus yunnanensis* Franch.)、华山松(*Pinus armandi* Franch.)林等。

2 研究方法

2.1 生物量测定

2.1.1 人工林地上生物量测定

2001~09,在 5 种恢复植被即连香树林、油松林、华山松林、日本落叶松林和云南松林有代表性的地区设置面积 $20 \times 20 (\text{m}^2)$ 的观测样地,样地基本情况见表 1。对样地内胸径 $\geq 5 \text{ cm}$ 的树木进行每木检尺,根据 5 种人工林中胸径的径级分配,选取样木。

样木为各群落的主要种类即连香树、油松、华山松、日本落叶松和云南松。由于各林中径级差异不大,分别选取 5~7 株样木用于建模。为了保护样地,不直接砍伐样木,测量每株样木在 0.3 m, 1.3 m, 2 m 及每隔 1 m 处的直径,分段计算出各样木树干体积,根据各树种的基本密度,换算出树干生物量^[9-11]。同时,观测每株样木的枝数,选取 10 条样枝,伐下分别称量枝、叶鲜重,取样烘干,计算每一样木 10 个枝条的枝和叶的平均干重。各样木的枝数乘以样枝平均干重、叶平均干重得到各样木的枝、叶生物量。分别建立 5 种树种干、枝、叶生物量与胸径的关系。各人工林树木处于速生期,花果质量很小,在此忽略。根据生物量模型和样地调查数据,计算样地中每株乔木生物量,加总得出各样地乔木地上总生物量。观测期:2001~2003 年每年生长季结束的 9 月。

下层(灌木层和草本)生物量测定,设 $3 \times 3 (\text{m}^2)$ 样方 3 个,收获法测定下层生物量。连香树、油松、华山松等 3 种林下层灌木、草本数量极其稀少,没有测定。各林地上生物量等于乔木层和下层地上生物量之和。

2.1.2 退化灌丛、草丛生物量测定

选择有代表性的退化灌丛、草丛,分别设 $3 \times 3 (\text{m}^2)$ 和 $2 \times 2 (\text{m}^2)$ 的样方 9 个。收获法测定其地上、地下生物量。

2.1.3 凋落量

在 5 种人工群落样地中分别设置面积 0.25 m^2 的凋落物收集框 12 个,编号。于每月底收取凋落物一次,分别装入编号的布袋。每袋分为叶、枝、花、果和杂物(碎屑), 105°C 下烘干,称重,计算凋落量。观测期从 2001~09~2003~09。

2.2 生产力测定

2.2.1 人工林乔木层生产力

按照生产力方程: $NPP = \Delta B + L + G$,用样地 2001 至 2003 年连续 2 a 的平均生物量增量(ΔB)、平均凋落量(L),计算乔木净初级生产量(NP)^[3]。 ΔG 为叶虫食量,没有观测。

2.2.2 人工林下层生产力

对 2001 年测定人工林灌丛生物量时砍伐的样方作标记,2002、2003 年每年 9 月生长季末皆伐该样方,测定样方内新生长的地上生物量。人工林下层生产力为测定的 2002、2003 年 2 a 新生长的地上生物量的平均。

2.2.3 人工林净初级生产力

乔木层、下木层(灌木、草本层)生产力之和为人工林净初级生产力。

2.2.4 退化灌木、草本净初级生产力

测定灌木生物量时,统计各株灌木的年轮,计算平均年龄。用其生物量除以平均年龄得灌木生物量的年平均增量,以此作为灌木的年生产量和生产力。草本多为一年生,其生物量作为其生产力。

表 1 5 种人工林样地基本情况

Table 1 The basic information of five artificial forests

项 目	连香树林	油松林	华山松林	日本落叶松林	云南松林
海拔(m)	2 050	2 060	2 080	2 070	2 060
坡度	14°	17°	7°	17°	5°
坡向	西北	西北	西北	西北	西北
林龄(a)	19	23	23	19	23
密度(株/ hm ²)	2 425	3 925	4 950	1 375	1 425
树种组成*	连 华= 8 2	油 连 华= 7 2 1	纯林	纯林	云 连= 7. 3
郁闭度	0. 5	0. 7	0. 9	0. 6	0. 5
平均胸径(cm)	9. 4	8. 0	9. 1	9. 76	13. 9
平均树高(m)	8. 2	6. 4	7. 83	8. 32	8. 45
材积(m ³ / hm ²)	102. 2	97. 4	132. 9	55. 3	177. 6
林下植被	林下无灌木,草本少量盖度约 5%。	林下无灌草	林下无灌草	灌木主要有川榛、喜阴悬钩子、辽东栎等。盖度 70%。草本少	灌木主要有喜阴悬钩子、川榛。草本几乎没有。

* 连: 连香树 华: 华山松 油: 油松 云: 云南松。

3 结果分析

3.1 5 种人工林生物量回归模型

单株木生物量常用 $W = aD^b$ 或 $W = a(D^2H)^b$ 进行估算^[3],由于胸径测量准确,树高测量误差大,所以用 $W = aD^b$ 对各人工林样木树干、枝、叶生物量与胸径进行回归, D 为样木胸径, a 、 b 为由标准木计算得的参数, H 为树高。表 2 为各人工林主要树种树干、枝、叶器官的回归方程,各回归方程的相关系数都达到极显著水平($P < 0. 01$),因此这些模型在估算中具有较高的可靠性。

3.2 5 种人工林及退化植被生物量

表 3、表 4 分别为 5 种人工林乔木层地上生物量及人工林地上总生物量。人工林乔木层地上生物量存在差异: 云南松> 华山松> 油松> 连香树> 日本落叶松; 地上总生物量云南松> 华山松> 油松> 日本落叶松> 连香树。各人工林只有日本落叶松林和云南松林林下有下层,其生物量分别占地上总生物量的 29. 4% 和 4. 2%,其他三种人工林都经过了人工抚育,灌木层、草本层不存在,生物量为 0。落叶松人工林为林灌互作栽培模式,下层地上生物量

占人工林地上总生物量的比例接近 30%,云南松林林下只有少量灌木生长,下层占地上总生物量的比例小。

表 2 5 种人工林树干、枝、叶生物量回归模型

Table 2 The trunk and branch and leaves biomass regression model of five artificial forests

树 种	径级范围(cm)	器 官	回归方程	相关系数
连香树	5. 1~ 16. 4	干	$W_{\text{树干}} = 0. 07 D^{2. 2511}$	0. 954* *
		枝	$W_{\text{树枝}} = 0. 0022 D^{3. 5044}$	0. 904* *
		叶	$W_{\text{树叶}} = 0. 0002 D^{4. 0482}$	0. 838* *
油松	5. 0~ 18. 0	干	$W_s = 0. 0967 D^{2. 126}$	0. 949* *
		枝	$W_b = 0. 0689 D^{2. 1435}$	0. 924* *
		叶	$W_l = 0. 0133 D^{2. 4283}$	0. 902* *
华山松	5. 1~ 20. 9	干	$W_s = 0. 2002 D^{1. 8721}$	0. 921* *
		枝	$W_b = 0. 0833 D^{2. 2039}$	0. 829* *
		叶	$W_l = 0. 3574 D^{1. 2092}$	0. 966* *
日本落叶松	5. 5~ 17. 6	干	$W_s = 0. 1052 D^{2. 1991}$	0. 996* *
		枝	$W_b = 0. 0724 D^{2. 1921}$	0. 965* *
		叶	$W_l = 0. 0018 D^{3. 1658}$	0. 965* *
云南松	5. 9~ 21. 8	干	$W_s = 0. 1933 D^{2. 0804}$	0. 909* *
		枝	$W_b = 0. 0077 D^{2. 9034}$	0. 909* *
		叶	$W_l = 0. 0145 D^{2. 3313}$	0. 947* *

* * $P < 0. 01$ 。

地表枯落层占人工林地上总生物量的比例在 8.27%~14.35% 间, 针叶由于自身特性分解较慢, 导致枯落物层积累量大, 因此占总生物量的比例也较大, 5 种人工林中华山松林所占的比例最高, 云南松林虽然占有的比例最小, 但野外观测时发现样地内枯落层被当地居民取走积肥, 因此测定值小于正常值, 人为干扰仍在影响着当地的生态系统。

5 种人工林乔木枝占地上总生物量的比例都超过了 25%, 这可能与各人工林林龄都较小有关。

由于林龄不同, 各林乔木生物量必然存在差异。林龄相同的三种常绿针叶林林中, 乔木地上生物量云南松林> 华山松林> 油松林, 云南松林和华山松林乔木地上生物量分别比油松林乔木地上生物量高 35.4% 和 27.6%。由于林龄和环境条件比较一致, 因此油松的生长能力低于华山松和云南松。日本落叶松和连香树林龄相同, 落叶松林地上总生物量比连香树林大 26.1%, 日本落叶松林是保留次生灌丛的造林方式, 次生灌丛是当地原始植被破坏后, 人为重复砍伐干扰形成的暂时相对稳定的植被, 保留退化植被的造林方式对群落恢复的作用还需更深入的研究。

表 5 是退化灌丛和退化草丛的生物量。当地植被破坏后形成的退化灌木和退化草本总生物量分别仅为 51.06 t/hm² 和 5.76 t/hm², 远小于各人工群落的地上生物量。如果按照根冠比 0.2 来估算各人工林地上地下生物量比例^[12], 那么人工恢复植被生物量比退化灌丛生物量高 89.9%~253.8%, 人工行为对当地退化生态系统生态恢复的作用是非常显著的。

退化灌丛和退化草丛的生物量地上/地下分别为 2.26 和 0.25。当地农民冬季砍伐灌木烧火取暖, 地下部分被保留, 因此退化灌丛地下与地上生物量之比较大。

3.3 人工林乔木地上生物量年增量与乔木地上净初级生产力

表 6 是 5 种人工林乔木地上生物量年增量。5 种人工林乔木地上生物量年增量, 云南松> 华山松> 连香树> 日本落叶松> 油松。油松林乔木地上生物量年增量显著低于其他 4 种人工林, 华山松、连香树和日本落叶松林地上年增量相近。

表 7 为 5 种人工林的乔木地上净初级生产力, 云南松林> 华山松林> 日本落叶松林> 连香树林> 油松林。日本落叶松林和连香树林年凋落量分别为

5.22 t/hm²·a⁻¹ 和 4.17 t/hm²·a⁻¹, 因此虽然连香树林乔木层地上生物量年增量大于日本落叶松林, 而乔木层地上净初级生产力却小于日本落叶松林。云南松林不仅具有最大的生物量, 乔木层地上生物量年增量及地上净初级生产力也最大。

表 3 5 种人工林乔木不同器官及乔木层总生物量(t/hm²)
Table 3 The organs and total biomass of tree layer in five artificial forest communities

群落类型	干	枝	叶	地上总生物量
连香树林	37.45	23.37	8.14	68.95
油松林	47.16	35.06	13.91	96.13
华山松林	53.19	47.83	20.51	121.53
日本落叶松林	29.09	19.67	5.72	54.47
云南松林	81.96	36.74	13.08	131.78

表 4 5 种人工林地上总生物量(t/hm²) 与年均生长量(t/hm²)
Table 4 The total biomass of five artificial forest communities and annual average biomass

群落类型	乔木层	下层	枯落层	群落生物量	年均生产量
连香树林	68.95	0	6.85(9.04)	75.80	3.99
油松林	96.13	0	15.04(13.53)	111.17	4.83
华山松林	121.53	0	20.36(14.35)	141.89	6.17
日本落叶松林	54.47	28.06	13.03(13.6)	95.56	5.03
云南松林	131.78	6.32	12.45(8.27)	150.55	6.55

* () 内表示的值为枯落层占地上生物量的比例

表 5 退化灌草生物量(t/hm²)
Table 5 The biomass of the secondary shrub and herbage(t/hm²)

植被类型	地上部分	地下部分	地下/地上	总量	年均生长量
退化灌木	15.68	35.38	2.25	51.06±5.79	7.29
退化草本	4.62	1.14	0.25	5.76±1.69	5.76

3.4 人工林地上净初级生产力

生物量反映的是群落生长的积累量, 与森林年龄有关, 而净初级生产力表示生产速度, 能衡量群落生产能力的高低。表 8 是 5 种人工林的地上净初级生产力, 云南松林> 日本落叶松林> 华山松林> 连香树林> 油松林; 日本落叶松林和云南松林下层地上年净初级生产力分别为 2.4 t/hm²·a⁻¹ 和 0.7 t/hm²·a⁻¹, 日本落叶松林由于下层存在, 虽然其乔木层地上净初级生产力小于华山松林, 而群落净初级生产力大于华山松林。

表 6 5 种人工林乔木生物量年增量($t/hm^2 \cdot a^{-1}$)

Table 6 Biomass and annual accumulation of five artificial communities ($t/hm^2 \cdot a^{-1}$)

群落类型	乔木层生物量年增量			
	干	枝	叶	总量
连香树林	4. 02	3. 74	1. 47	9. 24
油松林	3. 41	3. 01	1. 03	7. 45
华山松林	4. 13	4. 37	1. 03	9. 53
日本落叶松林	4. 66	3. 14	1. 22	9. 02
云南松林	6. 02	3. 87	1. 18	11. 07

表 7 5 种人工林乔木净初级生产力($t/hm^2 \cdot a^{-1}$)

Table 7 The annual net primary production of tree layer in five artificial communities ($t/hm^2 \cdot a^{-1}$)

群落类型	干	枝	叶	花	果	总量
连香树林	4. 02	3. 80	5. 42	0. 07	0	13. 41
油松林	3. 30	2. 53	3. 70	0. 08	0. 11	10. 42
华山松林	4. 13	4. 43	5. 78	0. 05	0. 12	15. 15
日本落叶松林	4. 66	8. 08	1. 30	0. 006	0. 04	14. 24
云南松林	6. 02	3. 93	6. 32	0. 11	0. 14	16. 91

表 8 5 种人工林净初级生产力($t/hm^2 \cdot a^{-1}$)

Table 8 The annual net primary production of five artificial communities($t/hm^2 \cdot a^{-1}$)

群落类型	乔木层	灌木层	总量
连香树林	13. 03	0	13. 03
油松林	10. 36	0	10. 36
华山松林	15. 15	0	15. 15
日本落叶松林	13. 89	2. 4	16. 29
云南松林	17. 47	0. 7	18. 17

如果按照 0. 2 估算植被地下地上生产力之比^[12], 则 5 种人工林生产力为 12. 4~ 21. 8 $t/hm^2 \cdot a^{-1}$ 。据文献综述^[13], 热带雨林净初级生产力为 10~ 35 t/hm^2 , 平均为 20 t/hm^2 , 暖温带混交林的净初级生产力为 6~ 25 t/hm^2 , 平均为 10 t/hm^2 。四川茂县 5 种人工恢复林的净初级生产力均高于暖温带混交林群落的平均值, 其中云南松群落的地上年净初级生产力还稍高于热带雨林群落的平均值。

同样如果按照 0. 2 估算植被地下地上生产力之比, 各人工群落净初级生产力是当地退化灌丛生产力的 1. 71~ 2. 99 倍, 人工恢复群落大大提高了当地植被的生产力。云南松、华山松、日本落叶松 3 种人工林群落在当地具有高的生产力, 对退化生态系统

的恢复有利, 适宜在当地推广种植。

4 结 语

1. 5 种人工林地上生物量在 75. 8 t/hm^2 ~ 150. 55 t/hm^2 , 与当地退化灌丛相比, 人工恢复植被生物量比当地退化灌丛生物量高 89. 9%~ 253. 8%, 人工恢复植被显著提高了退化生态系统的生物量。在退化生态系统的恢复中人工干预对系统功能的尽快恢复起着重要的作用。

2. 5 种人工林的地上生物量: 云南松林> 华山松林> 油松林> 日本落叶松林> 连香树林。地上净初级生产力: 云南松林> 日本落叶松林> 华山松林> 连香树林> 油松林。华山松、云南松和日本落叶松在当地显示了良好的生长特性, 具有高的生物量、生产力, 适合在当地退化生态系统恢复中推广。

参考文献(References):

[1] Chen Lingzhi, Chen Weliu, Han Xingguo, *et al.* Research on degraded ecosystems of China[M]. Beijing: The Science and Technology Press of China, 1995. [陈灵芝, 陈伟烈, 韩兴国, 等. 中国退化生态系统研究[M]. 北京: 中国科学技术出版社, 1995.]

[2] Liu Wensheng. Plant community structure of several degraded ecosystems during their restoration in upper reaches of Minjiang River[D]. Sichuan, China. 2003, 6. [刘文胜. 岷江上游退化生态系统恢复过程中植物群落结构的比较研究[D]. 中国科学院西双版纳热带植物园, 2003, 6.]

[3] Feng Zongwei, Wang xiaoke, Wu Gang. Biomass and productivity of Chinese forest ecosystems[M]. Beijing: Science Press, 1999. [冯宗炜, 王效科, 吴刚. 中国森林生态系统的生物量生产力[M]. 北京: 科学出版社, 1999.]

[4] Yan Changrong, Chen Lingzhi, Huang Jianhui, *et al.* A study on nutrient cycling of pine stands in eastern part of China[J]. *Acta phytocologica sinica*, 1999, 23(4): 351~ 360. [严昌荣, 陈灵芝, 黄建辉, 等. 中国东部主要松林营养元素循环的比较研究[J]. 植物生态学报, 1999, 23(4): 351~ 360.]

[5] Fang Jingyun, Liu Guohua, Xu Songling. Biomass and net production of forest vegetation in China[J]. *Acta Ecologica Sinica*, 1996, 16(5): 497~ 508. [方精云, 刘国华, 徐嵩龄. 我国森林植被的生物量和净生产量[J]. 生态学报, 1996, 16(5): 497~ 508.]

[6] Ren Hai, Peng Shaolin. Restoration ecology[M]. Beijing: Science Press, 2001, 19. [任海, 彭少麟. 恢复生态学导论[M]. 北京: 科学出版社, 2001, 19.]

[7] Yu Zuoyue, Peng Shaolin. Research on recovery ecology in tropical and subtropical degraded ecosystem[M]. Guangdong Science and Technology Press, Guangdong, 1997. [余作岳, 彭少麟. 热带亚热带退化生态系统植被恢复生态学研究[M]. 广州: 广东科技出版社, 1997.]

- [8] Chengdu Institute of Biology, CAS. [中科院成都生物研究所. 岷江上游半干旱区水源涵养林水土保持林营造技术与小流域综合治理专题研究[R]. 1991.]
- [9] Wang Zhan, Zhang Songyun. China Larch[M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 1982. [王战, 张颂云. 中国落叶松[M]. 北京: 中国林业出版社. 1992.]
- [10] Chen Junqing, Yang Jaju, Liu Peng. Chinese Timber Chorography[M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 1992. [陈俊卿, 杨家驹, 刘鹏. 中国木材志[M]. 北京: 中国林业出版社. 1992.]
- [11] Timber Industry Graduate School of China Forestry Science Academy. Physimechanical characteristic of main timber species [M]. Beijing: China Forestry Publishing House. 1982. [中国林业科学研究院木材工业研究所. 中国主要树种的木材物理力学性质[M]. 北京: 中国林业出版社. 1982.]
- [12] Han Xingguo, Li Linghao, Huang Jianhui. An introduction to biogeochemistry[M]. Beijing: Chinese High Education Press. 1999. [韩兴国, 李凌浩, 黄建辉. 生物地球化学循环概论[M]. 北京: 高等教育出版社. 1999.]
- [13] Lieth R, Whittalcev RH. Modeling the Primary productivity of the world. In Primary primary productivity of Biosphere[M]. New York: Springer-Verlag, 1975, 237~ 263.

The Aboveground Biomass and Net Primary Productivity of Degraded and Artificial Communities in Maoxian, Upper Reach of Minjiang River

KONG Weijing, ZHENG Zheng

(Kunming Branch of Xishuangbanna Tropical Garden, CAS, Kunming, 650223, China;

Post-graduate School, Chinese Academy of Science, Beijing 100039)

Abstract: In this paper discussed biomass of degraded shrub and herbage and aboveground biomass, net primary productivity (NPP) of five artificial forests, *Pinus yunnanensis* and *larix kaempferi* and *Pinus armandi* Franch. , *Cercidiphyllum japonicum* and *Pinus Mandii* Franch. in Maoxian, upper reach of Minjiang River Sichuan. Biomass and NPP of degraded shrub and herbage were measured in sample method, and artificial forests in regression model and NPP equation. The model between aboveground biomass and DBH is fine because of its high significance. Biomass of degraded shrub and herbage is 51. 06 t/hm² and 5. 76 t/hm² respectively. Results of biomass and NPP are as follows: aboveground biomass of five artificial forest varies between 75. 8 t/hm² ~ 150. 55 t/hm²; and the aboveground NPP varies between 10. 36~ 18. 17 t/hm²•a⁻¹. Artificial forests greatly improve the biomass of local ecosystem, and enhance NPP markedly. Model forests of *Pinus yunnanensis* and *arix kaempferi* and *Pinus armandi* Franch. are fit to popularize because of their growth characteristic and high primary productivity.

Key words: Longitudinal Range-Gorge Region; Upper Reach of Minjiang River; restoration; biomass; net primary productivity