第 41 卷 第 2 期
2005 年 3 月

林 业 科 学
SCIENTIA SILVAE SINICAE

Vol. 41, No. 2
Mar., 2005

坡耕地退耕还林后的植被恢复

万雪琴 胡庭兴 张 健 李贤伟 宫渊波
(四川农业大学生态林业工程省级重点实验室 雅安 625014)

关键词: 坡耕地; 退耕还林; 植被恢复; 生活型; 生物多样性; 群落发展
中图分类号:S718.54 文献标识码:A 文章编号:1001-7488(2005)02-0191-04

Vegetation Restoration of Hillside Fields after Conversion of Farmland to Forests

Wan Xueqin Hu Tingxing Zhang Jian Li Xianwei Gong Yuanbo
(*The Provincial Key Laboratory of Ecological Forestry Engineering, Sichuan Agricultural University Ya'an* 625014)

Abstract: Public welfare forest is the most important model of vegetation restoration in the Conversion of farmland to forests in Sichuan Province. It can well represent and reflect the characteristics and laws of vegetation restoration in hillside fields. Therefore an *Alnus cremastogyne* forest community developed via converting hillside fields to forest, was investigated by contrast with a weed community on abandoned hillside fields. The results indicated that: 1) In Sichuan Basin and surrounding regions of it, vegetations restored so rapid that the average DBH (diameter at breast height), tree height of *A. cremastogyne* tree crown density, ground vegetation coverage respectively reached 5.2 cm, 6.1 m, 0.7 and 100 percent for 3 years and after converting hillside fields to forest. 2) With vegetation restoring, community gradually developed mosaic spatial pattern and vertical stratification, simultaneously distribution of plant population changed from regular to clumped, and spatial heterogeneity of community increased. 3) Community biodiversity remarkably increased in the process of vegetation restoration in hillside fields. During the period, species richness of both commnuities changed from 20 to 39, Shannon-Wiener diversity index was 4.205 and 5.021 respectively, while Pielou equitability index dropped little. 4) Plant species frequently and dramatically altered, which mainly showed that therophytes declined rapidly from 16 to 10, while perennial ones dramatically increased from 2 to 26, and 8 of them are phanerophytes. 5) The pathway of community development approximately was from annual herbs to shrubs + perennial herbs to trees + shrubs and herbs + perennial herbs, finally to natural mixed forests, such driving force was mainly from interspecific competition.

Key words: hillside fields; conversion of farmland to forests; vegetation restoration; life form; biodiversity; community development

生态公益林建设是坡耕地恢复森林植被最重要的模式,但对退耕还林后的植被恢复特点和规律的研究却很少报道。本文选择在四川省退耕还林工程中普遍发展的桤木生态公益林为研究对象,对其植被恢复特点和规律进行了探讨。

1 试验地概况

选择坡耕地退耕还林后形成的桤木(*Alnus cremastogyne*)生态林和弃耕 1 年形成的杂草群落为研究对象。试验地位于四川西缘山地区的天全县境内,东经 102°45′,北纬 30°03′,海拔 800 m,坡度 26°,坡向西北,坡位中部,母质为砂岩风化物,土壤类型为紫色土,属亚热带季风湿润气候区,年平均降雨量 1 735.6 mm,蒸发量 922.6 mm,降雨时数 236 d;年均温 15.1 ℃,1 月平均气温 5.1 ℃,7 月平均气温 24.1 ℃。桤木林退耕前的耕作制度为油菜-玉米-红苕-蔬菜;耕作措施为人工翻耕除草。造林时间为 2000 年 3 月,初植株行距为 3 m × 4 m。造林后基本无人为干扰,处于自然生长状态。杂草群落与桤木林相邻,其土壤、坡度、坡向、坡位均同于桤木林;弃耕前的耕作制度为油菜-玉米-红苕,于 2002 年秋红苕采收后弃耕;调查时草本盖度为 100%。

2 研究方法

鉴于 2 个群落相似的立地条件,可以把杂草群落看作是桤木林造林当年夏末的植物群落,即这 2 个在空间上分离的群落可以认为是坡耕地退耕还林后,植物群落的 2 个不同发展阶段。运用典型抽样法选取样地,并用相邻格子样方法进行群落调查(刘灿然等,1998;叶万辉等,1998)。通过预备调查分析,确定样地面积为 500 m^2,每个样地分为 5 个 10 m × 10 m 样方调查乔木和灌木;并在每个样方内选取有代表性的 4 个 1 m × 1 m

收稿日期:2003-06-17。
基金项目:国家教育部"九五"资助项目;国家科技部"十五"资助项目。

小样方调查草本。调查内容包括:乔木的种名、胸径、树高、郁闭度;灌木的种名、地径、树高、盖度;草本的种名和盖度。调查时间为 2003 年 5 月。这里将重要值($I.V.$) 定义为:

$I.V. =$ (相对盖度 + 相对频度)/2 其中:相对盖度: $C_{ri} = C_i / \sum C_i \times 100\ \%$。种盖度: $C_j = \sum c_j / f \times 100\ \%$, c_j 为种 i 在第 j 个小样方内的盖度。相对频度: $F_{ri} = F_i / \sum F_i \times 100\ \%$。频度: $F_i = f_i / f \times 100\ \%$, f 为 1 m × 1 m 小样方数目,这里是 20, f_i 为种 i 出现的样方数。

群落多样性的测度选用丰富度指数(S)、均匀度指数和物种多样性指数 3 类(马克平等, 1995;尚玉昌, 2002;孙儒泳等,2002),其计算公式如下。

多样性指数:Simpson 指数 $D = 1 - \sum P_i^2$;Shannon-Wienner 指数 $H' = - \sum P_i \log_2 P_i$;均匀度指数:Pielou 均匀指数 $J = (- \sum P_i \log_2 P_i) / \log_2 S$。式中: P_i 为第 i 个物种的重要值。

3 结果分析

3.1 群落组成 在试验区,坡耕地退耕还林当年,草本层即可完全覆盖地表,并在随后的 3 年里,发生频繁的物种更替,同时乔木层迅速形成。弃耕半年的杂草群落在调查时的覆盖度达 100 %,共有 20 种草本植物(表 1),其中 1 年生植物 16 种,多年生植物 4 种。群落的优势种为繁缕、猪殃殃、大婆婆纳、野青茅、剪刀草和播娘蒿等,其中前三者均为蔓生草本,覆盖度较大。而退耕还林 3 年后形成的桤木林群落中,桤木的保存率为 100 %,平均胸径为 5.2 cm,平均树高为 6.1 m,郁闭度达 0.7,草本层盖度为 100 %。群落由 39 种植物组成(不包括栽培种桤木)(表 2),其中 1 年生植物 10 种,多年生植物 29 种,优势种为蔓出卷柏、糯米团、问荆、茅叶荩草等。前两者为多年生蔓生草本,在群落中的覆盖度较大。杂草群落以禾本科和菊科植物为主,而桤木林群落则以菊科、禾本科、莎草科和蕨类植物为主。

表 1 杂草群落的物种组成及重要值①

Tab. 1 Plant species and their important values of the weed community %

序号 No.	种名/生活型 Species/life form	相对盖度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value	序号 No.	种名/生活型 Species/life form	相对盖度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value
1	繁缕 *Malachium aquaticum*/Th	9.77	7.58	8.68	11	问荆 *Equisetum arvense*/Ch	4.14	5.30	4.72
2	猪殃殃 *Galium aparine*/Th	7.77	7.58	7.68	12	荠菜 *Capsella bursa-pastoris*/Th	4.03	5.30	4.67
3	大婆婆纳 *Veronica persica*/Th	7.68	7.58	7.63	13	车前 *Plantago asiatica*/G	2.52	3.78	3.15
4	野青茅 *Deyeuxia arundinacea*/Th	7.48	7.58	7.53	14	荩草 *Arthraxon hispidus*/Th	2.99	3.03	3.01
5	剪刀草 *Clinopodium gracile*/Th	7.33	6.82	7.08	15	多头苦荬 *Ixeris polycephala*/Th	2.72	3.03	2.88
6	播娘蒿 *Descurainia sophia*/Th	7.62	5.3	6.46	16	大巢菜 *Vicia sativa*/Th	2.53	3.03	2.78
7	酸膜叶蓼 *Polygonum lapathifolium*/Ch	6.12	6.06	6.09	17	小白酒草 *Conyza canadensis*/Th	3.27	2.65	2.96
8	胜红蓟 *Ageratum conyzoides*/Th	5.03	6.82	5.93	18	齿缘苦荬 *Ixeris dentate*/G	3.08	2.65	2.86
9	早熟禾 *Poa annua*/Th	5.44	5.30	5.37	19	狗尾草 *Setaria viridis*/Th	3.40	2.28	2.84
10	看麦娘 *Alopecurus aequalis*/Th	4.48	6.06	5.27	20	秋鼠麦菊草 *Gnaphalium hypoleucum*/Th	2.59	2.27	2.43

①Th:1 年生植物,G:地下芽植物,Ch:低位芽植物,Ph:高位芽植物,详见"3.4 生活型谱"。Th: therophytes, G: geophytes, Ch: chamaephytes, Ph: phanerophytes, details in the section of 3.4 Life form spectrum. 下同。The same below.

3.2 群落结构 退耕还林后,群落的空间异质性增强,并逐步形成镶嵌的空间格局。在调查中发现,杂草群落中种群的分布比较均匀,而桤木群落中的蕨类植物、莎草、苔草主要分布在树冠下,菊科、禾本科植物则集中分布于林隙。这是因为:1)长期的耕作使坡耕地的立地条件较为一致,也使杂草种子的分布较为均匀;2)弃耕或退耕为物种的侵入和生长提供了条件;3)退耕初期较弱的种间、种内竞争,使物种的分布趋于随机;4)桤木冠层和根系的扩大,使光、热、水等资源在群落中的分布不均,导致草本层形成镶嵌性的空间格局。在垂直结构上,杂草群落没有明显的层次性,而桤木林除了具有乔木层和草本层的分层结构外,草本层本身也具有一定的层次性。这主要表现为:以卷柏、问荆、地瓜等组成的最下层;糯米团、蛇莓、空心莲子草、中华水芹等组成的第 2 层;红足蒿、小飞蓬等菊科植物,蕨类植物和莎草、苔草等莎草科植物构成的第 3 层。2 个群落在空间结构上的差异,揭示了退耕还林后,随着群落的发展,光、温、水等资源在群落中的分配由相对均匀变为不均匀,原先相对均质的生境的异质性增强。在这一过程中,建群种桤木的生长起主导作用。

3.3 种的多样性 退耕还林后,群落生物多样性显著增加。桤木群落的丰富度指数为 39,比杂草群落的 20

表 2　桤木林群落的物种组成及重要值

Tab. 2　Plant species and their important values of the *Alnus cremastogyne* forest community　%

序号 No.	种名/生活型 Species/life form	相对盖度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value	序号 No.	种名/生活型 Species/life form	相对盖度 Relative coverage	相对频度 Relative frequency	重要值 Important value
1	蔓出卷柏 *Selaginella davidii*/Ch	7.51	5.98	6.74	21	车前 *Plantago asiatica*/G	1.90	1.80	1.85
2	糯米团 *Memorialis hirta*/Ch	7.98	5.39	6.68	22	秋鼠麦菊草 *Gnaphalium hypoleucum*/Th	1.72	1.80	1.76
3	问荆 *Equisetum arvense*/Ch	7.14	5.98	6.56	23	小白酒草 *Conyza canadensis*/Th	1.02	2.40	1.71
4	茅叶荩草 *Arthraxon prionode*/Ch	7.26	3.59	5.43	24	牛膝 *Achyranthes bidentata*/Ph	0.82	2.40	1.61
5	剪刀草 *Clinopodium gracile*/Th	6.34	3.59	4.97	25	芒 *Miscanthus sinensis*/Ch	1.35	1.80	1.57
6	蛇莓 *Duchesnea indica*/Ch	7.27	2.4	4.84	26	溪边凤尾蕨 *Pteris excelsa*/Ch	1.27	1.80	1.53
7	中华水芹 *Oenanthe sinense*/G	4.40	4.79	4.60	27	油芒 *Spodiopogon cotulifera*/Ch	1.27	1.80	1.53
8	酸模叶蓼 *Polygonum lapathifolium*/Ch	4.07	4.19	4.13	28	苍耳 *Xanthium sibiricum*/Th	1.25	1.80	1.52
9	地瓜 *Ficus tikoua*/Ch	2.80	4.19	3.49	29	多头苦荬 *Ixeris polycephala*/Th	1.17	1.80	1.49
10	中华鳞盖蕨 *Mcrolepia strigosa*/Ch	3.52	2.99	3.26	30	钝萼铁线莲 *Clematis peterae*/Ph	1.54	1.19	1.37
11	空心莲子草 *Alternanthera philoxeroides*/Ch	2.35	3.59	2.97	31	打碗花 *Calystegia hederacea*/Th	0.92	1.80	1.36
12	白茅 *Imperata cylindrical*/Ch	1.70	3.59	2.64	32	青蒿 *Artemisia apiacea*/Th	1.39	1.19	1.29
13	硬干子草 *Capillipedium glaucopsis*/Ch	2.26	2.99	2.62	33	碎米莎草 *Cyperus iria*/Ch	1.17	1.19	1.18
14	葎草 *Humulus scandens*/Ph	3.25	1.80	2.52	34	肖梵天花 *Urena lobata*/Ph	1.17	1.19	1.18
15	大巢菜 *Vicia sativa*/Th	2.63	2.4	2.51	35	红棕苔草 *Carex digyne*/Ch	1.08	1.19	1.14
16	荩草 *Arthraxon hispidus*/Th	1.27	2.99	2.13	36	青龙藤 *Biodia henryi*/Ph	1.02	1.19	1.11
17	茜草 *Rubia cordifolia*/Ph	1.81	2.40	2.10	37	假淡竹叶 *Centotheca lappacea*/Ch	0.92	1.19	1.05
18	齿缘苦荬 *Ixeris dentate*/G	1.54	2.4	1.97	38	长芒苔草 *Carex davidii*/Ch	0.82	1.19	1.00
19	狗尾草 *Setaria viridis*/Th	0.9	2.99	1.94	39	假烟叶树 *Solanum verbascifolium*/Ph	0.82	0.64	0.73
20	红足蒿 *Artemisia rubripes*/Ph	1.40	2.40	1.90					

几乎高出 1 倍;香农 - 威纳指数提高 19.4%。群落物种多样性提高的原因有:1) 退耕后产生的“过剩资源”有利于杂草种子的生长和外来物种的侵入;2) 人为干扰的减少,特别是土壤翻耕和人工除草的停止,有利于群落的发育;3) 群落空间异质性的增强,为新种的入侵创造了有利的小生境;4) 群落植物种的增多,结构的复杂化为小型动物提供了良好的栖息地,从而促进动物多样性的提高。2 个群落的均匀度指数均较高,分别为 0.973 和 0.950,但差异不显著(表 3)。这说明群落生物多样性的提高是靠物种数目的增加,而不是提高个体在各种群中分配的均匀度实现的。这可能是因为在退耕还林初期,群落的均匀度指数本身就较高的缘故。生物多样性的提高,反映了坡耕地退耕还林后,生态系统稳定性提高和生态功能增强。

表 3　退耕还林后植物群落的生物多样性

Tab. 3　Biodiversity of the communities after conversion of cropland to forests

植物群落 Community	丰富度 Species richness	辛普森指数 Simpson's index	香农 - 威纳指数 Shannon-Wiener index	均匀度指数 Equitability index
杂草群落 Weed community	20	0.942	4.206	0.973
桤木林群落 *Alnus cremastogyne* forest community	39	0.964	5.021	0.950

3.4　生活型谱　鉴于 C. Raunkiaer 的生活型分类系统在区分地上芽植物和地面芽植物的实践中有较大难度,且只能对有花植物进行分类(尚玉昌,2002;孙儒泳等,2002)的不足,对其做以下调整:与原系统相同,以植物体在不利时期对恶劣条件的适应方式为分类基础,但将原系统以芽的高低和保护方式为依据扩展为以芽的高低和地上部分是否枯死为依据。据此将高等植物划分为四大生活型类群,即:1) 高位芽植物(phanerophytes, Ph) 和 2)1 年生植物(therophytes, Th) 定义不变;3) 低位芽植物(chamaephytes, Ch) 是在不利季节地上部分(可以是芽、枝或叶) 不枯死的非高位芽多年生植物,包括原地上芽植物,地面芽植物和在不利季节地上部分不枯死的苔藓和蕨类植物;4) 地下芽植物(Geophytes, G) 是指在不利季节地上部分枯死的多年生植物,包括原地下芽植物和在不利季节地上部分枯死的苔藓和蕨类植物。并把高位芽和低位芽植物合称为地上芽植物。修改后 1) 生活型间界线明确,分类系统更简洁,更易于掌握和应用;2) 适用于所有高等植物,包括苔藓、蕨类、裸子和被子植物;3) 保留了原系统简单实用和生态学意义明确的优点。

本文用修改后的分类系统建立两群落的生活型谱(表 4)。从中可以看出,在退耕还林后的植被恢复过

程中,群落的生活型谱发生了显著变化。杂草群落以 1 年生植物为主,低位芽和地下芽植物较少,高位芽植物缺乏。桤木林群落的 1 年生植物较杂草群落少 7 种,而低位芽植物则多 16 种,并出现 8 种高位芽植物。坡耕地上频繁的耕作使多年生植物难以完成其生活史,从而逐渐在坡耕地上消失,使土壤中 1 年生植物的种子占绝对优势。退耕后 1 年生植物种子迅速萌发并抢占群落空间,这就是杂草群落中 1 年生植物占绝对优势的原因。随着群落的发育,地上芽植物逐渐侵入,并以其高竞争力抢占资源,淘汰 1 年生植物,这就是桤木林群落中 1 年生植物少,而地上芽植物多的原因。另外,亚热带的气候条件决定了该地区的地带性植物以地上芽植物为主,而退耕还林则为其入侵、繁殖创造了条件。

表 4 退耕还林后植物群落的生活型谱

Tab. 4 Life form spectrum of the communities after conversion of cropland to forests

植物群落 Community	高位芽植物 Phanerophytes	低位芽植物 Chamaephytes	地下芽植物 Geophytes	1 年生植物 Therophytes
杂草群落 Weed community	0	2	2	16
桤木林群落 *Alnus cremastogyne* forest community	8	18	3	10

3.5 群落发展 坡耕地退耕还林后形成的植物群落的发育主要表现在植物种的频繁更替和生境的异质化。如果把杂草群落看成是退耕还桤木生态林后第 1 年夏季的植物群落,它在 3 a 后即发展成桤木林群落,那么在此期间有 9 个物种消失,11 个种得以保留;同时新增 28 种植物(表 1,2)。这种高强度的物种更替反映出退耕还林初期,群落生境的激剧改变和剧烈的种间竞争。群落发展的特点是地上芽植物替代地下芽植物和 1 年生植物。杂草群落中,1 年生植物有 16 种,占物种总数的 80.0 %,而桤木林群落中,地上芽植物 26 种,占物种总数的 66.7 %,其中包括假烟叶树、肖梵天花 2 种灌木和青龙藤、钝萼铁线莲、葎草、茜草 4 种多年生攀缘藤本。地上芽植物增加,尤其是高位芽植物的出现,有利于群落向立体结构更复杂、异质性更强的阶段发展。从生活型谱的变化可以推测群落发展的大致途径是:1 年生草本→桤木 + 多年生草本→桤木 + 灌木 + 多年生草本→以桤木为优势树种的常绿阔叶混交林。坡耕地退耕还生态公益林后,气候、土壤、生物等自然因子的综合作用成为植物群落发展的动因和决定因素,而人为干扰几乎可以忽略。群落发展的主要驱动力是种间竞争,即植物在对空间、光、热、水、肥等资源的竞争过程中的优胜劣汰。这样形成的群落只有建群种是人工起源的,其他物种则是自然起源的,从而使人工植被逐渐向自然生态系统发展。

4 小结

生态公益林是四川省退耕还林工程中最主要的植被恢复模式之一。它可以较好地反映四川省盆周山地丘陵区坡耕地退耕还林后的植被恢复特点和规律。由于该区自然气候条件,尤其是水热和土壤条件优越,坡耕地上的植被恢复属于次生内因性进展演替,恢复十分容易、迅速。在退耕还桤木林初期,植被恢复主要表现为乔木层的形成和草本层的繁荣,3 年生桤木林的平均胸径达到 5.2 cm,平均高达到 6.1 m,郁闭度为 0.7,草本盖度为 100 %;群落的复杂性和异质性明显增强,物种多样性也由杂草群落的 20 种增加到桤木林群落 39;群落中草本层中的种间竞争激烈,植物种的更替频繁、剧烈,短生植物由 16 种迅速减小为 10 种,地上芽植物由 2 种增加到 26 种,其中包括 8 种高位芽植物。这预示着该群落和生态系统尚处于内环境急剧变化的发育初级阶段,其发展的路径尚不明了,但可以推断其将向群落立体层次、结构更复杂,生态系统功能(如初级生产、生物多样性保育、水土保持和水源涵养等)逐渐加强的较高阶段发展。本试验只对坡耕地退耕还林初期的群落发展进行了初步研究,所得结论具有地域和时间上的限制性;试验中的植物群落的长期演替方向、途径和演替过程中的物种组成、群落空间结构和生态系统中的各种生态过程的动态规律需要长期连续的定位研究来探索。

参 考 文 献

刘灿然,马克平,于顺利,等.1998.北京东灵山地区植物多样性研究Ⅻ:几种类型植物群落临界抽样面积的确定.生态学报,18(1):15 - 23

马克平,黄建辉,于顺利,等.1995.北京东灵山地区植物多样性的研究Ⅱ:丰富度、均匀度和物种多样性指数.生态学报,15(3):268 - 277

尚玉昌.2002.普通生态学(第二版).北京:北京大学出版社,(1):243 - 320

孙儒泳,李庆芬,牛翠娟,等.2002.基础生态学.北京:高等教育出版社,137 - 174

叶万辉,马克平,马克明,等.1998.北京东灵山地区植物群落多样性研究Ⅸ:尺度变化对α多样性的影响.生态学报,18(1):10 - 14