

# 河南省淮河流域伏牛山区主要生态恢复演替序列构建

吴明作<sup>1</sup>, 杨喜田<sup>1</sup>, 赵勇<sup>1</sup>, 闫东锋<sup>1</sup>, 安树青<sup>2</sup>

1. 河南农业大学林学院, 郑州 450002; 2. 南京大学生命科学院, 江苏 南京 210093

**摘要:**为构建河南省淮河流域内伏牛山区的主要植被类型在生态恢复过程中的演替序列,选取了登封市、鲁山县、确山县和泌阳市4个典型地点,利用空间代替时间方法调查了不同演替系列的主要群落类型,采用排序并结合演替度、分层频度等分析方法构建了该区域的演替序列。结果表明:河南省淮河流域伏牛山区生态恢复过程中的植被群落可分为5种类型,即生态林封禁抚育群落、灌草坡封禁保护群落、梯田耕作经济林群落、梯田经济林弃耕群落、禁牧禁樵生态林群落;群落稳定性大小依次为栎类林、经济林与人工针叶林;植被演替可构建为自然恢复、人工种植后的自然恢复、人工经济林、进展与逆行等4个演替序列;其基本序列可识别为草丛、灌丛、人工林、经济林弃耕恢复林、栎类幼龄林、栎类中龄林等,演替度平均值分别为1.06、5.33、6.19、11.09、12.86、12.26;阔叶树种通常具有较大的分层频度,表明其良好的进展性与稳定性,以其为主要种类所构成的群落类型基本上均处于演替序列中的后期阶段;因此,可以将阔叶林以及特殊条件下的人工林设定为该区域生态恢复的目标植被类型。将几种演替分析方法综合运用,可以较全面地从区域微观尺度上揭示植被的演替过程,能较好地阐明植被演替过程;研究结果可以为生态恢复过程中植被动态与水文生态功能动态相关性、流域生态功能区划、生态恢复目标的制定与过程设计、以及流域生态保护策略制定等提供依据。

**关键词:**生态恢复;演替序列;演替度;分层频度;淮河流域;河南省

中图分类号:Q948.15

文献标志码:A

文章编号:1674-5906(2014)01-0022-08

**引用格式:**吴明作, 杨喜田, 赵勇, 闫东锋, 安树青. 河南省淮河流域伏牛山区主要生态恢复演替序列构建[J]. 生态环境学报, 2014, 23(1): 22-29.

WU Mingzuo, YANG Xitian, ZHAO Yong, YAN Dongfeng, AN Shuqing. Succession sere construction of main ecological restoration practices in Funiu Mountainous regions in Huaihe River reaches in Henan province [J]. Ecology and Environmental Sciences, 2014, 23(1): 22-29.

对河流源头及其上游地区的植被特征特别是生态恢复过程中的群落演替规律进行研究,不仅可以从区域微观尺度上揭示群落演替过程,还可通过不同演替阶段植被的水文生态学等过程分析(王盛萍等, 2010),阐明演替过程与其生态服务功能的动态相关性(刘树华等, 2011; 胡婵娟和郭雷, 2012; 徐佳等, 2012),为流域生态功能区划与防护林建设(王盛萍等, 2010)生态恢复目标的制定与过程设计(Prokushkin et al, 2010; 张鸿龄等, 2012)生态系统服务功能评估(刘树华等, 2011; 胡婵娟和郭雷, 2012; 徐佳等, 2012)生态保护策略制定(Andrea et al, 2006; 杨振意等, 2012)等提供依据。

对于植被演替已有诸多报道(王盛萍等, 2010; 胡婵娟和郭雷, 2012; 杨振意等, 2012),涉及到不同的生境条件与植被类型(Sambuua 和 Mironycheva, 2010; 俞筱押和李玉辉, 2010)不同演替阶段的群落结构与种群特征(龚直文等, 2010; 李帅锋等, 2011; 魏振荣等, 2010)群落演替与生境关联性(张

鸿龄等, 2012; 王金满等, 2012; 温仲明等, 2009),以及演替过程中的功能变化(刘树华等, 2011; 胡婵娟和郭雷, 2012; 徐佳等, 2012; 赵勇等, 2009; 杨宁等, 2013)等;但基本上均是通过时空替换、演替模型分析、数量排序与聚类选择演替阶段(俞筱押和李玉辉, 2010; 龚直文等, 2010; 李帅锋等, 2011; 魏振荣等, 2010; 温仲明等, 2009; 张会儒和汤孟平, 2009; 程小琴和赵方莹, 2010),有些采用赋值时人为主观性较大(温仲明等, 2009; 高润梅和郭晋平, 2010),少有采用不同年份的数据(Nick Cutler, 2010; 张金瑞等, 2009);在构建演替序列时考虑的方法与因素采用多种方法的较少(巨天珍等, 2012)。

本文利用空间代替时间方法,对河南省境内淮河流域伏牛山区的典型地点登封市、鲁山县、确山县和泌阳市的主要植被类型进行调查,利用聚类与排序分析方法,结合演替度、分层频度与密度调查,以及植物种类的生物学特征分析等方法进行演替

基金项目:国家林业局林业公益性行业科研专项(201104068; 201104049);国家科技部重大专项(2008ZX07526-002-03)

作者简介:吴明作(1965年生),男,副教授,博士,主要从事生态系统生态过程监测与功能评价研究。E-mail: mingzuowu@hotmail.com

收稿日期:2013-08-16

规律分析，定量指示典型植物群落所处的演替阶段，构建植被演替序列，分析植物群落演替过程与特征，以期为进一步进行演替过程的水文生态学及其与演替进程的相关性研究提供基础。

### 1 研究地点概况与研究方法

#### 1.1 研究地点概况

研究范围为河南境内淮河流域的洪汝河与沙颍河水系上游的伏牛山区，位于东经 111°55'~114°10'、北纬 32°40'~34°30'之间，主要包括平顶山市和漯河、周口、郑州、驻马店等市的局部，总面积约 21 970.6 km<sup>2</sup>，占淮河流域山丘区面积的 28%。伏牛山区属北亚热带向暖温带过渡地带，年平均气温 10.7~12.9 °C，年降水量 600~1 400 mm，年际变幅大，且南坡降水大于北坡，全年降水集中于 6—8 月，3 个月的降雨量占全年的 60%左右。伏牛山区的岩石多为花岗岩、片麻岩、安山岩及砂岩，土壤包括棕壤、褐土、黄棕壤、水稻土 4 个土类，棕壤、棕黄壤、褐土、淋溶褐土、碳酸盐褐土、黄棕壤、黄褐土、黄刚土、黄棕壤性水稻土等 9 个亚类。

伏牛山区共有维管束植物 175 科 892 属 2 879 种(含 10 亚种、206 变种、12 变型)，共有鸟类 213 种，两栖类 14 种，爬行类 31 种，鱼类 67 种，昆虫 939 种。根据《中国植被》分类系统，植被可分为 7 个植被型 13 个植被亚型 123 个群系，针叶林包括常绿针叶林(含 6 个群系)和落叶针叶林(含 1 个群系)，阔叶林包括落叶阔叶林(含 23 个群系)和常绿半常绿阔叶林(含 5 个群系)，针阔混交林(含 2 个群系)，竹林包括单轴型竹林(含 3 个群系)和合轴型

竹林(含 2 个群系)，灌丛(含 30 个群系)和灌草丛(含 3 个群系)，草甸包括典型草甸(含 12 个群系)和湿生草甸(含 2 个群系)，沼泽植被(含 6 个群系)和水生植被和水生植被(含 13 个群系)。

#### 1.2 研究方法

##### 1.2.1 样地调查

利用空间代替时间方法，在淮河流域内伏牛山区选取典型地点登封市、鲁山县、确山县和泌阳市，每个地点分别设置如下样地：草丛、灌木丛、针叶林、针阔叶混交林、阔叶林；样地面积为草丛 1 m×1 m，灌草丛或灌木丛 2 m×2 m 或者 5 m×5 m，幼龄林 5 m×5 m，疏林地 10 m×10 m，其它林地 20 m×20 m(北方地区)或 30 m×30 m(南方地区)。代表性样地的基本情况见表 1。

按群落生态学基本方法，乔木群落进行每木及其中的草本与灌木情况调查；其它群落主要调查植物种类、组成、高度、盖度、密度、频度等。

调查分层频度时，在样地内机械或随机设置 25~50 个样方，在每个小样方中按高度分层标准调查各树种在各层出现的频度、株数，辅以调查平均年龄与平均高度(巨天珍等, 2012)。

##### 1.2.2 指标计算

重要值计算公式(张金屯, 2004)为：

重要值=(相对密度+相对频度+相对显著度或相对盖度)/3

$$D_j = \frac{\sum_{i=1}^p I_i d_i}{P} V$$

表 1 样地基本情况  
Table 1 Outline of samples

地点	群落名称	坡位	坡向	坡度(°)	主要种类
登封	侧柏林	下	北	30	侧柏( <i>Platycladus orientalis</i> )、榆树( <i>Ulmus pumila</i> )、胡枝子( <i>Lespedeza bicolor</i> )
	栎树-侧柏林	中	西	15	栓皮栎( <i>Quercus virabilis</i> )、侧柏( <i>Vitex negundo</i> var <i>heterophylla</i> )
	构树-椿树林	上	西南	28	构树( <i>Broussonetia papyrifera</i> )、臭椿( <i>Ailanthus altissima</i> )、酸枣( <i>Ziziphus jujuba</i> var <i>spinosa</i> )
	刺槐林	下	南	20	刺槐( <i>Robinia pseudoacacia</i> )、山毛桃( <i>Prunus davidiana</i> )、荆条
	胡枝子-荆条	下	北	30	胡枝子、荆条、酸枣、艾蒿( <i>Artemisia lavandulaefolia</i> )
鲁山	麻栎林	中	东北	35	麻栎( <i>Quercus acutissima</i> )、荆条、羊胡子草( <i>Carex lanceolata</i> )
	麻栎薪炭林	中	正东	25	麻栎、山合欢( <i>Albizia kalkora</i> )
	麻栎-油桐林	中	正南	30	麻栎、油桐( <i>Vernicia fordii</i> )、胡枝子、荩草( <i>Arthraxon hispidus</i> )、艾蒿
	荆条灌丛	坡顶	-	5	山合欢( <i>Albizia kalkora</i> )、酸枣、荆条、白茅( <i>Imperata cylindrica</i> )
	草丛	下	正东	5	野菊()、结缕草( <i>Zoysia japonica</i> )、白茅
泌阳	黑松林	中	正北	20	黑松( <i>Pinus thunbergii</i> )、杜梨( <i>Pyrus betulaefolia</i> )、艾蒿
	黑松-油桐混交林	中	正西	3	黑松、油桐、火炬松( <i>Pinus taeda</i> )、麻栎、结缕草
	火炬松-麻栎混交林	中	正西	2	火炬松、结缕草
	麻栎林	下	正西	2	麻栎、荆条、结缕草
	荆条灌丛	中	西	20	荆条、地柏( <i>Sabina procumbens</i> )
确山	麻栎林	中	西北	5	麻栎、黄连木( <i>Pistacia Chinensis</i> )、盐肤木( <i>Rhus chinensis</i> )
	荆条灌丛	中	平地	0	山合欢、软枣( <i>Diospyros lotus</i> )、荆条
	杂草	下	东	25	稗草( <i>Echinochloa crusgalli</i> )、酢浆草( <i>Oxalis corniculata</i> )、鸡毛根( <i>Saccharum spontaneum</i> )

演替度是描述植物群落演替程度的一个数量指标,其计算式(巨天珍等,2012;张金屯,2004)为:

式中: $D_j$ 为第  $j$  个群落(样方)的演替度; $l_i$ 为种  $i$  的寿命,通常依生活型确定,即 1 年生植物为 1,2 年生植物为 2,地上芽植物、地面芽植物和隐芽植物等于 10,大灌木和小乔木为 50,中乔木和大乔木为 100; $P$  为种数; $V$  为植被率,如果为 100% 则等于 1; $d_i$  为种  $i$  的优势度。

分层频度计算公式(巨天珍等,2012)如下:

$$f = M/N$$

式中: $f$  为分层频度; $M$  某种出现在某层中的样方数; $N$  为样方总数。

$$\text{分层更新密度}(N \cdot \text{hm}^{-2}) = \frac{\text{分层株数合计}}{\text{样方面积} \times \text{样方数}} \times 10\ 000$$

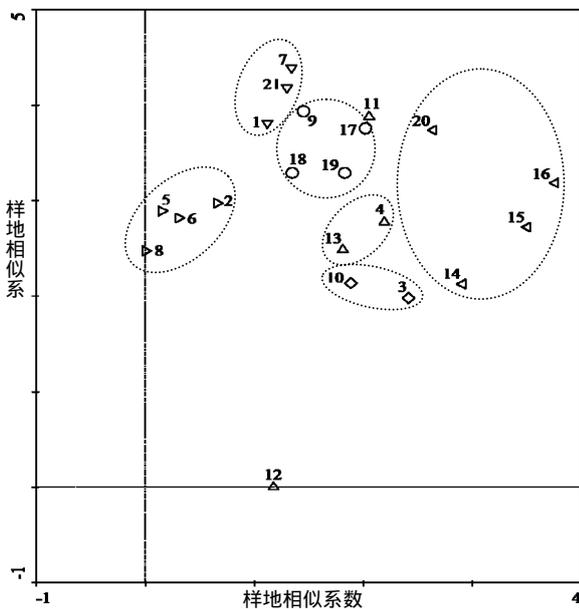


图 1 乔木群落的 DCA 排序图  
Fig.1 Ordination of forest stands

1.2.3 群落排序

群落排序采用效果相对较好的除趋势对应分析法(DCA)(程小琴和赵方莹,2010;巨天珍等,2012),用 CANOCO 4.5 分析软件完成。分析过程中,因为所调查的草本群落与灌木群落无论从外貌上还是种类组成上均极易区别,故两类群落所属的样方未参与排序。在有乔木种类组成的群落样方中,基于调查地区植物群落组成复杂,偶见种较多,为便于计算又不损失过多信息量,去掉孤种,以及相对重要值 2% 的物种,以样地为实体,树种重要值为属性进行排序;排序分析的其他条件按软件缺省值。

2 结果与分析

2.1 群落排序与类型划分

运用 CANOCO 中的 DCA 进行排序的结果见图 1,图 1 中编号顺序代表群落类型编号。

由图 1 可知,所调查样方大致可分为如下几种类型:1)人工经济林(图中编号 4、11-13);2)人工种植松林(图中编号 14-16、20);3)人工侧柏、刺槐林(图中编号 2、5、6、8);4)人工林恢复林(图中编号 3、10);5)栎类幼龄林(图中编号 9、17-19);6)栎类林中龄林(图中编号 1、7、21)。

因为所调查的森林群落类型有自然恢复、人工恢复、人工经营等,且立地条件变化多样,故在种类组成、各种类在群落中的地位等均有较多差异,同时因为部分群落间并无完全清晰界线,因此利用 DCA 排序等方法进行群落排序与分类,虽可基本划分出大致类型,但并不总是理想的,需要与实际情况进行综合分析(程小琴和赵方莹,2010;巨天珍等,2012)。结合实地调查的群落结构与种类组成、生长发育状况,再考虑去掉的草本群落与灌木群落等因素,以及人为干扰状况、干扰去除年限等因素,所调查的典型群落类型划分为如下几种:

- 1) 生态林封禁抚育恢复群落,包括栎类幼龄林、栎类中龄林;
- 2) 灌草坡封禁保护恢复群落,包括灌木丛、草本群落;
- 3) 梯田耕作经济林退化群落,包括人工经济林;
- 4) 梯田经济林弃耕恢复群落,包括杂木林;
- 5) 禁牧禁樵生态林恢复群落,该类型可划分为 2 种亚类型:①疏林补植促进恢复群落包括人工侧柏林、人工刺槐林;②荒坡造林促进恢复群落包括人工种植松林。

2.2 群落演替度分析

按上述群落类型划分,统计各类型的演替度平均值,结果见图 2,图 2 中的演替类型 1~7 分别代表草本、灌木、人工侧柏林、经济林弃耕恢复林、人工种植松林、栎类幼龄林、栎类中龄林。

由图 2 可以看出,演替度可以反映不同群落类型总的演替趋势,即从草本-灌木-自然恢复林(或针阔叶混交林)-栎类林逐渐增加。侧柏林由于尚未完

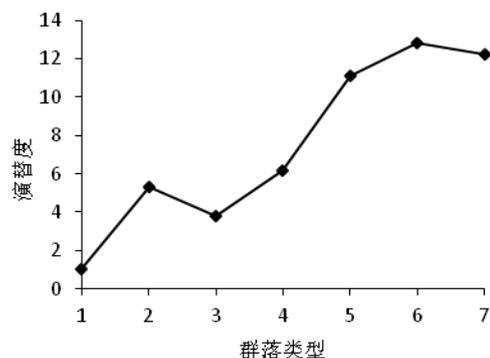


图 2 不同群落类型的演替度  
Fig.2 Degree of succession of different communities

全郁闭、种植时间较短，灌木较少，草本层发育较好，故其演替度值相对灌木丛的有所下降；弃耕恢复林分因立地条件很差，土壤瘠薄多石砾，乔木层郁闭度小，灌木及草本也不发育，而人工种植松林因种植时间较长，已有部分阔叶树种侵入，群落结构较好，各层均发育良好，已演替成为针阔叶混交林，故其演替度数值比自然恢复林的要大些；栎类幼龄林由于郁闭度较大，林下植被少，而栎类中龄林则由于林下植被相对较多，故后者的演替度值也有所下降。

从图 2 的曲线走向来看，在总的上升趋势下的几个下降的群落类型，也表示了存在着不同程度的人为干扰，从而使群落的演替进程受到一定阻滞，但具体是否如此，需要进行具体分析。由此也可认为，演替度只能表示一个总体趋势，说明演替的大致序列，对于具体的群落类型，也可能在一定程度上指示演替的其他途径，需要结合其他方法使用。

2.3 分层频度分析

分析不同群落内各组成种类的分层频度与分层密度数据，可以了解群落各组分的变化趋势，从而可以分析群落的演替动态趋向，对于构建群落演替序列具有指示意义。统计不同类型群落组分分层频度与分层密度，结果分别见表 2~表 6。因草本群落与灌木群落无乔木种类组分，数据无指示意义，故此处只分析含有乔木成分的群落；因数据较多，各群落组分具有一定相似性，故各表只给出代

表 2 人工侧柏林的分层频度与分层密度  
Table 2 Stratification frequency and its density of man-made *Platycladus orientalis* stand

层次	分层频度			分层密度/(株·hm <sup>-2</sup> )		
	侧柏	麻栎	榆树	侧柏	麻栎	榆树
更新层	1.00	0.80	0.80	4500	6875	6875
演替层	0.20	-	-	2500	-	-
主林层	1.00	-	-	11000	-	-

表性群落的数据。

由表 2~表 6 可知，从分层频度与分层密度 2 个数据综合分析可看出，人工针叶林基本上均不具有稳定性，经济林弃耕恢复林具有一定的稳定性，而 2 种栎类林均具有较好的稳定性。

人工侧柏林群落中，虽然侧柏在各个层次均具

表 4 弃耕恢复林的分层频度与分层密度  
Table 4 Stratification frequency and its density of restoration stand on abandoned plowed soil

层次	分层频度			分层密度/(株·hm <sup>-2</sup> )		
	构树	椿树	杜梨	构树	椿树	杜梨
更新层	1.00	0.33	-	76667	7500	-
演替层	1.00	-	0.33	3333	-	2500
主林层	0.33	0.67	0.33	2500	3750	2500

表 5 栎类幼龄林的分层频度与分层密度  
Table 5 Stratification frequency and its density of young *Quercus* spp. stand

层次	分层频度				分层密度/(株·hm <sup>-2</sup> )			
	麻栎	刺槐	油松	油桐	麻栎	刺槐	油松	油桐
更新层	0.60	0.47	0.07	0.13	19000	4500	167	333
演替层	0.40	0.27	0.07	0.27	12500	833	167	1667
主林层	0.20	-	0.20	-	500	-	667	-

表 6 栎类中龄林的分层频度与分层密度  
Table 6 Stratification frequency and its density of middle aged *Quercus* spp. stand

层次	分层频度				分层密度/(株·hm <sup>-2</sup> )			
	麻栎	刺槐	山合欢	黄连木	麻栎	刺槐	山合欢	黄连木
更新层	0.29	0.21	0.14	0.21	1786	8393	714	2143
演替层	0.07	-	0.14	0.14	357	-	357	1071
主林层	0.29	-	0.14	-	893	-	357	-

有较大的频度，但麻栎与榆树的频度也较大，且后两者在更新层的密度较大(表 2)，属于进展种，同时由于侧柏生长较缓慢，在未来的生长中极有可能竞争不过麻栎与榆树，最终可能被由麻栎与榆树组成的群落类型所取代。

人工种植的松林群落，种植时间很长(调查时已有 40~50 年)，构树等阔叶树种在群落中更新层中的频度与密度均较大，属于进展种类，而黑松等针叶树种虽在演替层与主林层中占有一定优势，但在更新层中的频度与密度均较低，属于衰退种类(表 3)，实际上，该类型的群落已有麻栎、杜梨等种类进入演替层，实际调查时这些树种均表现出良好的生长状况与较强的生活力，由此可以推测，2 个群落最终将被由这些阔叶树种组成的群落类型所取代。

弃耕恢复林的演替度虽然比人工种植松林的要低些，但从演替度数据来看，其树种组成与更新

表 3 人工种植松林的分层频度与分层密度  
Table 3 Stratification frequency and its density of man-made *Pinus* spp. stand

层次	分层频度								分层密度/(株·hm <sup>-2</sup> )							
	黑松	火炬松	构树	榆树	山合欢	麻栎	杜梨	黄连木	黑松	火炬松	构树	榆树	山合欢	麻栎	杜梨	黄连木
更新层	0.07	-	0.40	0.27	0.33	0.20	0.20	0.07	167	-	2833	1000	1333	667	1833	167
演替层	0.33	-	-	-	-	0.07	0.20	-	1167	-	-	-	-	333	833	-
主林层	0.47	0.13	-	-	-	-	-	-	2000	333	-	-	-	-	-	-

演替表现出相对稳定性。构树属于进展种类,臭椿基本可以认为属于巩固种类,从现状上看,杜梨属于衰退种类(表 4),因此可以认为,该群落最终可能由构树与臭椿组成。

实际调查的栎类幼龄林具有多种不同的类型:

1) 全部由麻栎所组成,是由原来的柞蚕生产林弃用后自然恢复的林分,其各层次均由麻栎组成,属于稳定恢复的类型;2) 由麻栎等栎属树种侵入到其他林分中形成的混交林但以栎属种类为主要成分。表 5 即是第 2 种类型,由表 5 可知,原来以油松(*Pinus tabulaeformis*)为主的针叶林已被麻栎等阔叶树种成功侵入,油松已基本成为衰退种类,麻栎属于进展种类,同时也是巩固种类,刺槐表现出进展种类的特征,但在更新层与演替层中的密度均较小,使得其在演替层中的优势没有麻栎的大,故在更新演替进程中将难以进入主林层,油桐因为成年个体的高度比较小,本身难以进入由栎类树种形成的高大的主林层,故虽然可以划归为巩固种,但不会占据主林层。因此可以认为,栎类幼龄林将维持原有的主要成分,保持相当的稳定性,最终形成栎类纯林。

栎类中龄林与其幼龄林一样也有 2 种类型,表 6 也是成功侵入的一种类型,但侵入时间要长些,由表 6 可知,麻栎、刺槐、黄连木均属于进展种类,山合欢属于稳定种类。但结合分层频度与分层密度 2 个数据可以看出,刺槐在更新层的密度较大,但比较难于进入演替层与主林层,黄连木进入演替层的比例也在减小,山合欢在各层频度虽然相同,但进入演替层与主林层的密度在减小,麻栎虽然进入演替层时密度也减少,但占据了主林层的地位,故可以认为,该类型基本可以保持以麻栎为主,但不排除在环境条件不适合麻栎生长时,可能演替成为阔叶混交林。

#### 2.4 群落演替序列构建

将群落类型划分的结果与上述演替度、分层频度等结果结合起来,再根据典型群落调查的实际生长状况、群落种类组成的生物学与生态学特性等情况,可以构建淮河流域伏牛山区典型植物群落类型的基本演替序列。以下构建的各序列图中,虚框表示代表性群落(实际调查的典型植物群落),实框为演替阶段。

##### 2.4.1 自然恢复演替序列

在人为干扰去除之后,植物群落开始自然恢复,淮河流域伏牛山区植物群落自然恢复的基本演替序列见图 3。一般情况下,各种农作物种植的弃荒地(弃耕地)在 1~2 年即成为草丛群落,经过 4~5 年后各种灌木即可侵入,在海拔较高处往往为胡枝

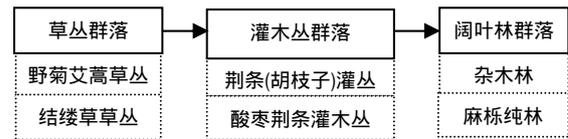


图 3 自然恢复演替序列

Fig.3 Succession sere by natural restoration

子,在比较干旱处往往为荆条、酸枣等种类,之后由各种阔叶种类侵入,如果条件适宜,这些阔叶林群落多数被各种栎类树种侵入并最终形成栎类纯林;如果其他阔叶树种较早侵入,或者条件不适宜栎类树种生长,则可能形成杂木林或者纯林。

##### 2.4.2 人为种植后的自然恢复演替序列

弃耕地一般为各种草丛群落,人工种植各种树种(主要为针叶树种)后任其自然恢复,其恢复的演替序列见图 4。图 4 只表示了针叶林种植后的自然恢复状况,且起点只表示了弃耕地类型。

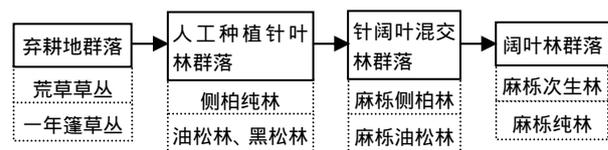


图 4 人工种植后的自然恢复演替序列

Fig.4 Succession sere by natural restoration on planted stand

人工种植地原来可能为弃耕地,也可能为其他灌木丛或者针叶林、阔叶林及各种混交林,人工种植前需要砍伐或者整地,故原来不同类型的用地在种植前均会变化为与弃耕地类似,故可认为其他类型的群落在进行人工种植前后的变化基本相同。

在淮河流域的伏牛山区,人工种植可收获木材等的用材林一般均为针叶林,这些群落如果保持人工经营,则可以一直保持针叶林群落状态;如果没有人工经营措施而任其自然恢复,一般情况下可由麻栎等栎类树种侵入,也可由山合欢、榆树、黄连木、化香(*Platycarya strobilacea*)等树种侵入,从而形成针叶阔叶混交林。由于在本研究区域内,阔叶树种往往生长较快,且多数高度较高,林冠开敞,对针叶树种有一定的遮荫作用,从而可以影响针叶树种的生长,经过一段时间后,侵入的阔叶树种占优势而逐渐排挤针叶树种,形成以阔叶树种为主的混交林,进一步逐渐形成阔叶杂木林或者纯林,在淮河流域的伏牛山区,常见的是各种栎类纯林。

人工种植的经济林也可能是阔叶树种形成的油桐、油茶(*Camellia oleifera*)等阔叶经济林,该林分具有一定的稳定性,弃用后的自然恢复过程往往比较缓慢,但其自然恢复的一般序列与图 4 基本一致。

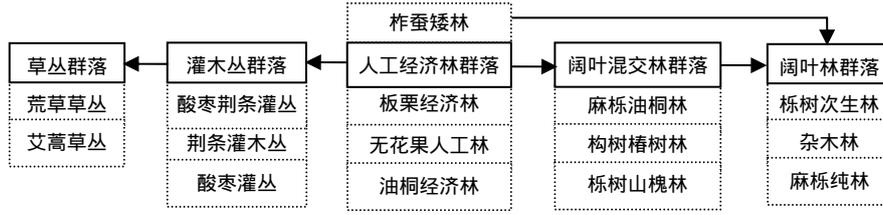


图 5 人工经济林的演替序列

Fig.5 Succession sere of planted economic forest stand

2.4.3 人工经济林的演替序列

图 5 表示了人工经济林经营过程中可能发生自然恢复的进展演替序列或者进一步受到破坏后的逆行演替序列。这类经济林在保持人工经营状况下可以长期维持原来类型，在有不断的进一步干扰时(如收获砍伐再施以放牧等干扰)，可能退化形成灌木丛直到草丛群落，在南部地区降雨量较大的地区甚至可以退化到光石板状态，此时再任其自然恢复将十分困难，必须施加人工辅助措施；如果没有人工经营及其他干扰，则随着生长与树冠逐渐稀疏，其他的阔叶种类可以不断侵入，形成各种混交林，最终可能形成不同类型的杂木林，如果有栎类树种

成功侵入，则一般形成栎类纯林。

2.4.4 植物群落的进展演替与逆行演替序列

综合群落类型划分、不同状况下不同植物群落的演替序列，可以构建淮河流域伏牛山区植物群落演替的基本序列，见图 6，图 6 中包括了可能的进展演替与逆行演替的不同途径。

图 6 中中间的序列表示了淮河流域伏山区植物群落演替的基本序列，其自然恢复过程一般是向着栎类纯林方向进展演替，但在局部合适环境条件下，也可以是由油桐、黄连木等组成的纯林，或者停留在混交林阶段。在淮河流域的伏牛山区，顶极植物群落一般是由麻栎、栓皮栎等栎类树种组成的

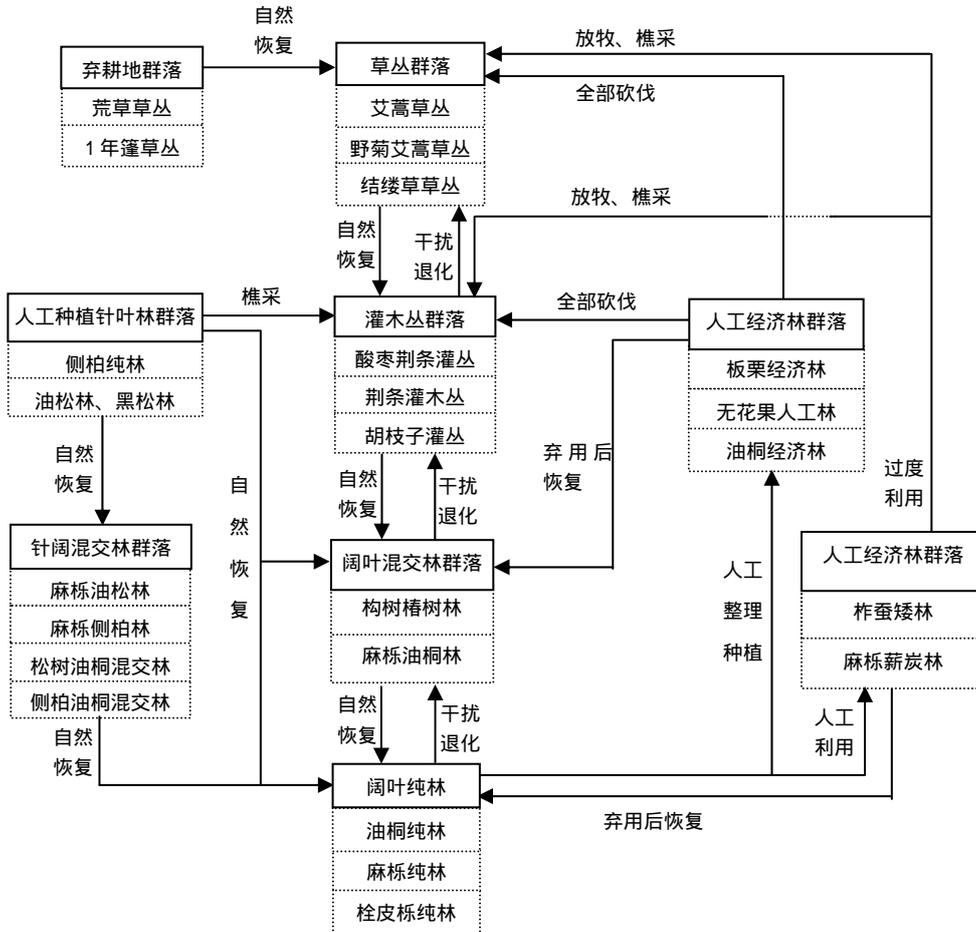


图 6 淮河流域伏牛山区植物群落的进展演替与逆行演替序列

Fig.6 Progressive and retrogressive succession sere in Funiu mountainous region in Huaihe River retches in Henan Province

纯林;局部条件下可能存在阔叶混交林,或者针叶纯林。

人工经济林中有一种比较特殊,即人工利用麻栎、槲栎(*Quercus aliena*)等栎类林分进行养蚕,该利用方式为矮林作业,一般 1~2 年需要修枝整理以维持萌芽矮林,此类型群落一般直接由各种栎类林形成,当不再使用后,由于栎类强大的无性繁殖能力,可以直接恢复至栎类纯林,但如果有人为砍伐、放牧等进一步干扰,则一般会逆行演替成为灌木丛或者草丛。

### 3 结论与讨论

利用空间代替时间方法,结合演替度、分层频度与密度调查,对河南省境内淮河流域伏牛山区的典型地点登封市、鲁山县、确山县和泌阳市的主要植被类型进行了调查,构建了植被演替序列,主要结论如下。

1) 河南境内淮河流域伏牛山区生态恢复过程的典型植被可划分为 5 种类型,即生态林封禁抚育恢复群落、灌草坡封禁保护恢复群落、梯田耕作经济林退化群落、梯田经济林弃耕恢复群落、禁牧禁樵生态林恢复群落。

2) 分层频度与分层密度综合分析表明,人工针叶林基本上均不具有稳定性,经济林弃耕恢复林具有一定的稳定性,而 2 种栎类林均具有较好的稳定性。

3) 构建了河南境内淮河流域伏牛山区典型植物群落类型的 4 个基本演替序列,分别是自然恢复演替序列、人为种植后的自然恢复演替序列、人工经济林的演替序列、植物群落的进展演替与逆行演替序列。

本文认为未来研究可在以下几个方面进行深入研究。

1) 虽然有研究分别利用排序、聚类或 Markov 过程等方法进行了群落演替序列构建(张鸿岭等, 2012; 张会儒和汤孟平, 2009; 程小琴和赵方莹, 2010; 高润梅和郭晋平, 2010; Nick Cutler, 2010; 巨天珍等, 2012), 但综合性的分析与序列构建相对较少。本文利用群落排序、类型划分与演替度、分层频度等定量分析进行了植被恢复过程中的演替序列构建,但仍然需要结合传统的调查分析,如何在植被数量特征调查的基础上,运用适当模型综合进行序列构建,可使研究更精确也更有说服力。

2) 演替机理的深入研究。本文是在植被结构与功能调查的基础上,针对各植被类型及其主要建群种类的生物生态学特征,分析其演替的动态变化过程与特征,但对于演替过程中的种类变化特征特别是幼苗动态与演替的机理研究未涉及,这也是未

来演替研究的热点。

3) 构建演替序列后,可在此基础上进行不同演替进程的植被与近地表层功能特征、植被与水保持功能等的交互作用,植被的水文生态学过程及其控制作用等进行深入研究,本文因篇幅等原因未进行深入分析,当在未来研究中逐步深入。

### 参考文献:

- ANDREA D K, PETER B, WALTER S, et al. 2006. Predicting tree regeneration in *Picea abies* snag stands [J]. *European Journal of Forest Research*, 125: 163-179.
- NICK Cutler. 2010. Long-term primary succession: a comparison of non-spatial and spatially explicit inferential techniques[J]. *Plant Ecology*, 208:123-136.
- PROKUSHKIN S G, SHKIKUNOV V G, BUGAENKO T N. 2010. Ecological conditions on the post-solifluction areas and their role in the forming of primary succession [J]. *Contemporary Problems of Ecology*, 3(2):180-189.
- SAMBUUA A D, MIRONYCHEVA T N P. 2010. Vegetative successions around the Sayan-Shush Reservoir [J]. *Contemporary Problems of Ecology*, 3(2): 190-195.
- 俞筱押,李玉辉. 2010. 滇石林喀斯特植物群落不同演替阶段的溶痕生境中木本植物的更新特征[J]. *植物生态学报*, 34(8):889-897.
- 刘树华,李浩,陆宏芳. 鼎湖山南亚热带森林生态系统服务价值动态[J]. *生态环境学报*, 2011, 20(6/7):1042-1047.
- 巨天珍,王彦,任海峰,等. 2012. 小陇山国家级自然保护区次生林分类、排序及演替[J]. *生态学杂志*, 31(1): 23-29.
- 张会儒,汤孟平. 2009. 金沟岭林场混交林 TWINSPLAN 分类及演替序列分析[J]. *南京林业大学学报: 自然科学版*, 33(1):34-42.
- 张金屯. 2004. 数量生态学[M]. 北京: 科学出版社. 赵勇,吴明作,樊巍,等. 2009. 太行山丘陵区群落演替过程中碳储量变化特征[J]. *水土保持学报*, 23(4):208-212.
- 张金瑞,高甲荣,何明月,等. 2009. 水库不同封育年限灌丛群落结构及演替规律[J]. *生态环境学报*, 18(2):648-652.
- 张鸿岭,孙丽娜,孙铁珩,等. 2012. 矿山废弃地生态修复过程中基质改良与植被重建研究进展[J]. *生态学杂志*, 31(2):460-467.
- 徐佳,刘普灵,邓瑞芬,等. 2012. 黄土坡面不同植被恢复阶段的减流减沙效益研究[J]. *地理科学*, 32(11):1391-1396.
- 李帅锋,刘万德,苏建荣,等. 2011. 季风常绿阔叶林不同恢复阶段乔木优势种群生态位和种间联结[J]. *生态学杂志*, 30(3):508-515.
- 杨宁,邹冬生,杨满元,等. 2013. 衡阳紫色土丘陵坡地植被不同恢复阶段土壤微生物量碳的变化及其与土壤理化因子的关系[J]. *生态环境学报*, 22(1):25-30.
- 杨振意,薛立,许建新. 2012. 采石场废弃地的生态重建研究进展[J]. *生态学报*, 32(16): 5264-5274.
- 温仲明,焦峰,李静. 2009. 黄土丘陵区纸坊沟流域植被自然演替阶段的识别与量化分析[J]. *水土保持研究*, 16(5):40-44.
- 王盛萍,张志强,张化永,等. 2010. 黄土高原防护林建设的恢复生态学基础[J]. *生态学报*, 30(9):2475-2483.
- 王金满,杨睿璇,白中科. 2012. 草原区露天煤矿排土场复垦土壤质量演替规律与模型[J]. *农业工程学报*, 28(14):229-235.
- 程小琴,赵方莹. 2010. 门头沟区煤矿废弃地自然恢复植被数量分类与排序[J]. *东北林业大学学报*, 38(11):75-79.
- 胡婵娟,郭雷. 2012. 植被恢复的生态效应研究进展[J]. *生态环境学报*, 21(9):1640-1646.
- 高润梅,郭晋平. 2010. 文峪河上游河岸林的演替分析与预测[J]. *生态学报*, 30(6): 1564-1572.
- 魏振荣,肖云丽,李锐. 2010. 巴山山地退耕地植被自然恢复过程及物种多样性变化[J]. *中国水土保持科学*, 8(2):99-104.
- 龚直文,顾丽,亢新刚,等. 2010. 长白山森林次生演替过程中林木空间格局研究[J]. *北京林业大学学报*, 32(2):92-99.

## Succession sere construction of main ecological restoration practices in Funiu Mountainous regions in Huaihe River reaches in Henan province

WU Mingzuo<sup>1</sup>, YANG Xitian<sup>1</sup>, ZHAO Yong<sup>1</sup>, YAN Dongfeng<sup>1</sup>, AN Shuqing<sup>2</sup>

1. Forestry College of Henan Agriculture University, Zhengzhou, 450002, Henan, China;

2. Life Science School of Nanjing University, Nanjing, 210093, Nanjing, China

**Abstract:** To understand succession sere of main vegetations in ecological restoration process in Funiu mountainous region in Huaihe River reaches, we surveyed the main communities in 4 selected typical sites in Dengfeng City, Lushan County, Queshan County and Beiyang City, Henan Province, using the spatial-temporal substitution method. The ordination method, index of succession degree and stratification frequency was used to analyze the succession sere. The results showed that the main ecological restoration vegetations can be classified into 5 types, i.e. enclosure and banned ecological tending forest community, enclosure and banned sloppy shrub or grass community, terraced farming economic forest community, abandoned terraces farming economic forest community, banned grazing and firewood ecological forest community, and the community stability order is oak forest, economic forest and artificial planted coniferous forest. Succession sere can be divided into 4 types including natural restoration sere, natural restoration after artificial planting sere, artificial planted economic forest sere and progressive or retrogressive sere. The basic sere can be identified as grass community, shrub community, man planted forest stand, natural restoration stand of abandoned artificial planted economic forest, young *Quercus* spp. stand, and middle aged *Quercus* spp. stand, their average index of succession degree were 1.06, 5.33, 6.19, 11.09, 12.86 and 12.26, respectively. The deciduous trees have higher stratification frequency, better progressive and stable characteristics, which indicted the community composed mainly with these deciduous trees is the latter process in the restoration sere. Thus, deciduous trees, or some artificial planted forest in certain conditions can be defined as the ecological restoration target in this region. This paper studied the vegetable succession process using comprehensive methods at micro-scale, which can demonstrated the vegetable succession further. The result could be applied as a basic support for the study of vegetation succession and its hydro-ecological relationship, river reaches ecological regionalization, restoration aim and procedure design, and ecological conservation strategy establishing.

**Key words:** ecological restoration; succession sere; degree of succession index; stratification frequency; Huaihe River reaches; Henan Province