文章编号: 1008- 2786- (2010) 2- 234- 06

东祁连山地次生林演替过程中种群格局动态

赵成章, 姚 强, 郝 青, 董小刚
(西北师范大学地理与环境科学学院, 甘肃 兰州 730070)

摘 要: 在野外实地调查基础上, 采用 TWINSPAN和 DCA对乌鞘岭旱泉沟流域次生植物群落进行了数量分类和排序, 从植物群系组成、植物群落与环境的生态关系方面, 研究石羊河上游封山禁牧区植被群落的分布格局, 用以确定该区植被演替序列, 并给予合理的环境解释。研究结果表明: (1)采用 TWINSPAN数量分类方法, 将植被划分为 7个群落类型; (2)对于特定的研究区域茶树沟, 制约群落类型、植物种分布格局的主要因素是水分和热量; (3) DCA排序图明显反映出排序轴的生态意义, 第一轴基本上突出反映了湿度变化, 沿第一轴从左到右, 湿度逐渐增大; 第二轴主要表现了温度梯度, 沿第二轴从下到上, 温度逐渐降低。(4)次生林的演替序列为山杨树→桦树→青海云杉, 其自然演替顶级为青海云杉。

关键词: 次生林; 演替过程; 种群格局; 分类; 排序; 乌鞘岭
中图分类号: Q948 文献标识码: A

人类活动对环境的影响以及退化生态系统的恢复和重建已成为现代生态学研究最引人注目的趋势之一[1, 2]。研究退化生态系统恢复与重建问题的恢复生态学(Restoration ecology)受到了世界各国的普遍重视。近 20年来, 多元分析技术在群落生态学中的应用发展很快, 显示出它在退化环境治理中明显的指导作用[3- 5]。其中分类和排序是最为常用的植被数量分析方法, 已成为现代植被生态研究必不可少的手段[6], 被广泛应用于植被生态研究[7]。在实际研究中发现, 分类和排序两者结合使用可深刻解释植物种、植物群落与环境间的生态关系。

乌鞘岭位于我国三大高原的交汇地区[8], 也是不同气候区的过渡地带, 因此这里的物种较为丰富, 这对保护脆弱的环境、人类的持续发展等都具有极重要的作用。但由于人类活动的干扰, 当地的植被群落结构趋于简单、功能衰退, 大量物种濒临绝境甚至消失。生态的破坏反过来又引发了环境的持续恶化, 使当地居民生存和发展的自然基础受到了极大的威胁。要恢复当地正常的生态秩序就必须对生态系统进行重建, 而重建的第一步就是植被恢复[9]。20世纪 80年代末期, 祁连山自然保护局建立以来, 对乔木林区施行了封育禁伐; 1999年国家实施天保工程以来, 当地林业部门采取以封山禁牧为主的措施, 对部分草地和灌木林地进行抚育更新。经过近 20 a的休养生息, 天然林保护区形成了较为复杂的次生植被格局。然而当地气候条件严酷, 次生植被生态系统十分脆弱, 植被恢复演替面临反复性。只有认识次生植被形成过程中群落的结构组成、演变动态, 以及主要植物种群的替代序列, 揭示植被演替与生境、人类活动的关联性, 深化对不同植物群落的性质及其格局与生境关系的理解[10, 11], 进而探索人类干预的方法、强度和途径, 才能促进天然植被向气候顶级格局的演替。有鉴于此, 本文定量分析了乌鞘岭自然保护区近几十年来, 植被恢复演替过程中

收稿日期(Received date): 2009- 10- 08; 改回日期(Accepted): 2009- 01- 20。
基金项目(Foundation item): 国家十一五科技支撑计划项目(2007BAD46B07), 西北师范大学知识与科技创新工程项目(NWNU- KJCXGC- 03- 20; NWNU- KJCXGC- 03- 46)资助。[Key Projects in the National Science & Technology Pillar Program in the Eleventh Five-year Plan Period(2007BAD46B07); Knowledge and Sci- Tech innovation projects in the Northwest Normal University(NWNU- KJCXGC- 03- 20; NWNU- KJCXGC- 03- 46).]
作者简介(Biography): 赵成章(1968-), 男, 甘肃武威人, 博士, 教授。主要从事恢复生态学与生态经济方面的研究。[Zhao Chengzhang, master, professor, research restoration ecology and ecological economy.] E- mail: zhaocz@nwnu.edu.cn

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

群落的种类组成、结构特征、分布格局, 特别是次生林演替的梯度规律, 为祁连山自然保护区林草生态系统的恢复与重建提供林论和实践依据。

1　研究对象和方法

1.1　研究区域概况

乌鞘岭位于石羊河上游的甘肃省天祝藏族自治县中部, 属祁连山东延冷龙岭分支 (102°44′～ 102°56′ E, 37°09′～ 37°15′N), 东西长约 17 km, 南北宽约 10 km, 主峰海拔 3 562 m, 是半干旱区向干旱区过渡的分界线, 也是东亚季风到达的最西端, 属青藏高原、黄土高原和内蒙古高原的交汇地带。境内气候复杂, 日照时数平均 2 500～ 2 700 h, 平均气温 - 8～ 4℃, 相对无霜期 90～ 140 d, 平均降雨量 265～632 mm, 年平均蒸发量 1 600 mm。属大陆性高原季风气候[8]。该区物种丰富, 天然植被以草地、灌木林地和乔木林为主, 是研究地理过渡区植被演替的一个理想场所。

1.2　样地选择与研究方法

2008- 08以乌鞘岭林场茶树沟护林站的封育林地为研究对象, 在向当地居民和林业局工作人员充分了解的基础上结合历史资料, 对研究地区旱泉沟流域进行全面踏查。在海拔 2 459～ 2 761 m 的范围内, 对整个群落进行调查。在代表着群落恢复演替的不同阶段的样地上, 随机取了 28个样方, 其中乔木样方 (10 m × 10 m) 14个, 灌木样方 (4 m × 4 m) 8个, 草本样方 (1 m × 1 m) 6个, 并分别在每个乔木样方内取灌木样方 4个 (4 m × 4 m), 在每个灌木样方内取 1个草本样方 (1 m × 1 m)。在每个样方中记录种类组成, 种的盖度、多度、高度, 乔木的胸径、冠幅、等数量指标。同时记录每个样方的海拔、坡度、坡向等环境特征。28个样方共记录 107个植物种, 把频度 < 5%、盖度 < 5%的偶见种剔除后剩余的 96种, 得 28 × 96的原始数据矩阵。用该 96个种的数据进行分类和排序。

数量分类采用双向指示种分析法 (Two-way Indicator Species Analysis, TWINSPAN), 排序用除趋势对应分析法 (Detrended Correspondence Analysis, DCA), 前者采用 PCORD4软件包中 Hill (1979) 设计的 TWINSAPN 进行群落分类, 后者用 CANOCO 分析软件完成。

乔木种群演替趋势采用分层频度法, 即人为将所有乔木树种按胸径 (*D*) 和高度 (*h*) 分为主林层 (*D* > 15 *cm*)、演替层 (*D* < 15 *cm*, *h* > 1.5 *m*) 和更新层 (*h* < 1.5 m) 3个层次, 然后按树种分层统计出其频度[12, 13]。

1.3　数据处理

对每个样方分别计算乔木、灌木和草本植物的重要值:

乔木重要值 = (相对盖度 + 相对频度 + 相对优势度) /300

灌木重要值 = (相对频度 + 相对优势度) /200

草本重要值 = (相对频度 + 相对优势度) /200

2　结果分析

2.1　TWINSPAN 分类

对旱泉沟流域的 28样方进行 TWINSPSAN 等级分类, 划分为 9个组, 但结合实际生态意义, 最终归并为 7个组 (图 1), 代表 7个群落类型。7个群丛的基本特征如下:

ⅳ 银露梅 + 金露梅 - 早熟禾 + 艾蒿群丛 (*Asso. Potentilla glabra* + *Potentilla fruticosa* - *Poa annua* + *Artemisia princeps*) 包括样方 1、6。伴生种有鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina*)、密花香薷 (*Elsholtzia densa*)、火绒草 (*Leontopodium*)、赖草 (*Leymus secalinus*) 等。海拔 2 468～ 2 625 m, 主要分布在北向阴坡, 总盖度 66%。

㈦老灌草 - 马先蒿群丛 (*Asso. Geranium wilfordii* - *Pedicularis artselaeri*) 包括样方 10。伴生种有麻黄 (*Ephedra saxatilis*)、披碱草 (*Elymus dahuricus*)、珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*)、圆穗蓼 (*Polygonum macrophyllum*)、毛茛 (*Ranunculus japonicus*)。海拔 2 530 m, 总盖度 100%。

㈣山杨树 - 小檗 + 忍冬 - 赖草 + 乳白香青群丛 (*Asso. Populus davidiana* - *Berberis brachypoda* + *Lonicera kansuensis* - *Leymus secalinus* + *Anaphalis lactea*) 包括样方 7、8、9。伴生种有珠芽蓼、阴山扁蓿豆 (*Melissitus ruthenicus* var. *inschanius*)、菟丝子 (*Cuscuta chinensis*)、冰草 (*Agropyron cristatum*)、西北栒子 (*Cotoneaster zabelii*) 等。海拔 2 459～ 2 556 m, 主要分布在东偏南半阳坡, 总盖度 98%。

㈤山杨树 + 桦树 - 金露梅 + 小叶蔷薇 - 珠芽蓼 + 苔草群丛 (*Asso. Populus davidiana* + *Betula platyphylla* - *Potentilla fruticosa* + *Rosa willmottiae* -

© 1994-2015 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

Polygonum viviparum + *Carex SP*.)包括样方 2、3、4、5。伴生种有针茅 (*Stipa capillata*)、赖草、唐松草 (*Thalictrum aquilegifolium var. sibiricum*)、密花香薷、鹿蹄草 (*Pyrola calliantha*)、羌活 (*Notopterygium incisum*)、银露梅、锦鸡儿 (*Caragana sinica*)、忍冬、高山绣线菊 (*Spiraea alpina*)等。海拔 2 489~2 599 m, 总盖度 72%。

(九)桦树-金露梅+小叶蔷薇-珠芽蓼+早熟禾群丛 (*Asso. Betula platyphylla - Potentilla fruticosa + Rosa willmottiae - Polygonum viviparum + Poa annua*)包括样方 11、12、13、14、15、17、18。伴生种有野草莓、冷蒿 (*Artemisia frigida*)、苔草、小米草 (*Euphrasia tatarica*)、老灌草、菟丝子、金腰子 (*Chrysosplenium L.*)、箭叶橐吾 (*Ligularia sagitta*)、银露梅、锦鸡儿、忍冬、高山绣线菊等。海拔 2 550~2 687 m, 总盖度 100%。

ⅴ 青海云杉+桦树-红果北极果+小叶蔷薇-珠芽蓼+菟丝子群丛 (*Asso. Picea crassifolia + Betula platyphylla - Arctous ruber + Rosa willmottiae - Polygonum viviparum + Cuscuta chinensis*)包括样方 19、23、24、26。伴生种有披碱草、金腰子、野草莓、凤毛菊 (*Saussurea epilobioides*)、箭叶橐吾、毛茛、狼毒 (*Stellera chamaejasme*)、金露梅、小檗的等。海拔 2 614~2 701 m, 总盖度 99%。

× 青海云杉-金露梅+忍冬-赖草+珠芽蓼+苔草群丛 (*Asso. Picea crassifolia - Potentilla fruticosa + Lonicera kansuensis - Leymus secalinus + Polygonum viviparum + Carex SP*.)包括样方 16、20、21、22、25、27、28。伴生种有披碱草、披针叶黄花 (*Thermopsis lanceolata*)、毛茛、阴山扁蓿豆、菟丝子、凤毛菊、唐松草、黄花棘豆 (*Oxytropis ochrocephala*)、银露梅、甘肃瑞香 (*Daphne tangutica*)、高山绣线菊、高山柳 (*Salix oritepha schneid*)、小叶蔷薇等。海拔 2 692~2 761 m, 总盖度 100%。

该分类结果较为客观地对旱泉沟流域植被群落进行划分, 比较准确地揭示出植物群落类型与环境梯度之间的关系, 同时所划分群落的指示种也较为充分地反映了群落生境的特征。

2.2 DCA 排序

采用 DCA 对旱泉沟流域 28个植被样方进行分析, 以前两个排序轴为坐标轴作群落排序值的散点图 (图 2), 28个样方的 DCA 二维排序, 其结果较好地反映了植物群落之间以及群落与环境之间的生态关系。从排序轴来看, 第一轴基本上反映各植物群落所在的湿度梯度, 从左到右湿度逐渐渐增大。第二轴基本上反映各植物群落所在环境的温度变化, 至下而上气温逐渐降低, DCA 排序图的对角线基本上反映海拔梯度的变化, 即从左下到右上海拔逐渐升高。从群落类型来看, 各群落类型在排序图上有规律地分布。适宜于寒冷、湿润的高海拔生境的第ⅴ、×类森林群落位于排序图右上部; 耐旱喜阳的第ⅳ、㈦、㈣类草本、草本小乔木群落位于排序图的最左端, 同时它们的海拔也最低, 受到人类影响最大, 这表现在它的总盖度明显较海拔高的群丛低; 而

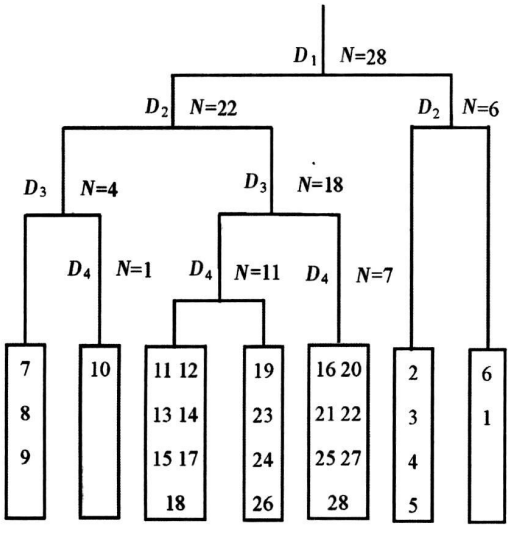

图 1 旱泉沟流域植被群落 28个样方的 TWINSPAN 分类树状图

Fig. 1 Dendrogram of the TWINSPAN classification of 28 quadrats in Hanquangou valley of Tianzhu county

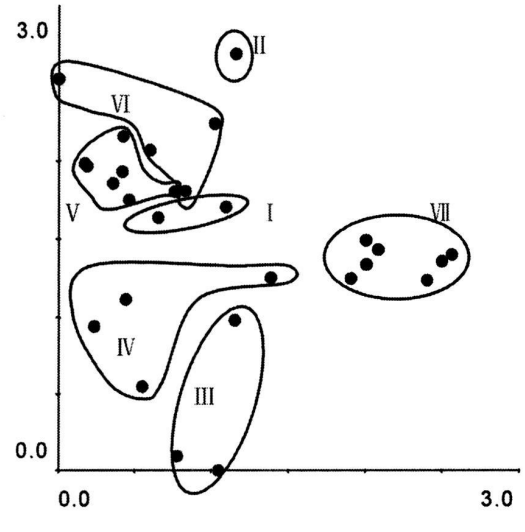

图 2 28个样方的 DCA 二维排序图

Fig. 2 Two-dimensional DCA ordination diagram of 28 quadrats in Hanquangou valley of Tianzhu county

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

对于(九)类群落来说, 生境范围较广, 而位于排序图较为中心的位置。

在排序图中, TW INSPAN 的分类结果得到较好体现, 二者结果的正确性得以相互印证。

2.3　乌鞘林保护区植被演替趋势分析

将数量分类和排序两种方法相结合, 综合分析其结果, 可以较好的反映植物群落演替系列的大体过程。乌鞘岭地区植被的演替主要包括 3个阶段:

第一阶段: 植物群落所处样地的海拔较低, 土壤干燥, 植被以草本、灌丛群落为主。分布的群落类型为群落 iv、㈦。由于该地区离居民区较近, 大部分样地紧邻坡耕地, 人为干扰和破坏较为严重, 因此群落的发展就须受到必要的保护, 这才能实现退耕还林的目的。

第二阶段: 植物群落位于海拔相对比较高的区域, 群落已经开始从草本、灌木向乔木发展, 郁闭度 85%以上。这是由于随着海拔的逐渐增高, 水热因子的组合作用正在向有利于植被分布的方向转变, 分布的群落类型为群落 ㈣、㈤、(九), 是次生植被向气候顶级演替的关键阶段。

第三阶段: 该阶段的植物群落位于海拔较高的地方, 分布的群落类型为群落 v、ⅹ。该群落的种类组成发生了变化, 群落类型已经由山杨树、桦树群落向青海云杉群落发展。这种变化同样与海拔有着密不可分的关系。同时这也正说明了随着时间的延长, 植物群落的演替在不断的进行, 并有从不稳定的群落类型向稳定的群落类型变化的趋势。

该过程很好的符合了植被演替的一般规律, 如图 (3)[14], 干性裸地的植被演替通常起始于地衣、苔鲜类植物, 演替方向一般取决于它们自身及其所处的自然环境。群落的发展一般也是从低等到高等, 由简单到复杂, 逐渐趋于稳定。

2.4　次生林演替趋势分析

从 TW INSPSAN 等级分类结果中, 选取 5个极具代表性的群组, 即纯青海云杉林 (iv)、青海云杉桦树林过渡带 (㈦)、纯桦树林 (㈣)、桦树林山杨树林过渡带 (㈤)、纯山杨树林 (㈨)。分别计算每个群组中个树种的分层频度 (*F*)、各层所占百分比及重要值 (N_{IV})。各群组值见表 1。

在表 1中, 群组 iv中的乔木类全为青海云杉, 从主林层、演替层和更新层 3个层次中的百分比可以看出, 主林层占绝对优势 (53%), 而演替层 (26%) 和更新层 (21%) 处于劣势。这说明青海云杉种群中成熟种占大多数, 相对的幼苗和幼树的储备比较贫乏, 整个种群结构十分不合理, 属于倒金字塔型种群, 处于衰退期。群组㈦是青海云杉桦树林过渡带, 从表中可以看出, 青海云杉只在主林层中占优势 (87%), 桦树已经在更新层 (51%)和演替层 (62%) 中占到了上风。他们的重要值也是旗鼓相当。在这个群组中, 桦树种群属于增长型, 青海云杉种群属于稳定型。从群组 ㈣可以看出, 桦树种群处于衰老型。从群组 ㈤、(九)中可以看出, 在桦树山杨树林和山杨树林中, 山杨树属于增长型种群, 和桦树相比, 更具优势。通过对这 5个代表性群组的分析, 基本可以得

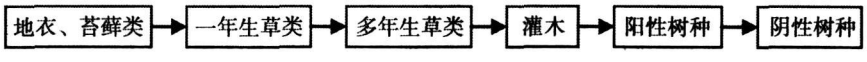

图 3　干性裸地的植被演替模式

Fig. 3　Sueeession mode of vegetation in bareland

表 1　各群组中树种的分层频度 (*F*)、各层所占百分比 (%)及重要值 (N_{IV})

Table 1　The divided-stratum frequency, percentage and important value of forest species in each group

群组	树种	频度 (*F*)			百分比 (%)			重要值 (N_{IV})
		更新层	演替层	主林层	更新层	演替层	主林层	
iv	青海云杉 *(Picea crassifolia)*	1	1	1	21	26	53	1
㈦	青海云杉 *(Picea crassifolia)*	49	35	87	18	15	19	0.51
	桦树 *(Betula platyphylla)*	51	62	13	18	27	3	0.49
㈣	桦树 *(Betula platyphylla)*	1	1	1	28	67	5	1
㈤	桦树 *(Betula platyphylla)*	31	37	86	17	23	2	0.38
(九)	山杨树 *(Populus davidiana)*	69	63	14	31	26	1	0.62
	山杨树 *(Populus davidiana)*	1	1	1	49	45	6	1

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

出该地区次生林的演替规律为山杨树→桦树→青海云杉。

3 讨论

本文用运 TWINSPAN 等级分类将乌鞘岭旱泉沟的次生植被分为 7个群落类型, 较为准确地揭示了植物与植物之间及植物与其生境之间的关系, 再结合 DCA 排序, 更加客观的反映了植物群落的生态规律, 基本上确定了植被的演替序列。该地区植被演替的各阶段分别为: 一年生杂类草群落→多年生草本群落→小灌木群落→乔木群落。乔木种群演替趋势采用分层频度法。通过分析得出次生林的演替趋势为山杨树→桦树→青海云杉, 自然恢复演替以青海云杉为演替顶极。

对受次生植物群落演替的预测, 必须结合影响群落稳定性的各种因素加以综合评估, 才能得出较客观的结论[15]。次生演替虽是在弃耕地上的裸地开始的, 但不能完全排除群落原有植被及在演替过程中受群落立地条件和群落周边环境的影响, 如坡向、坡度、土壤理化性质、土壤水分、养分[16]等的差异, 会造成其演替速度和方向的不同。尽管如此, 在区域大气候背景和地区种分布比较固定的情况下, 物种的适应, 繁殖、散布能力和相对竞争能力大致决定了一个地区群落演替的规律[17]。

该地区整个植被演替的过程为: 青海云杉被砍伐后, 在条件较好的地方, 一些喜阳的草本层植物迅速繁殖, 占领采伐迹地。为了生存, 灌木通过竞争也会夺得一些空间, 随着演替的进行, 在草被稀疏的地方, 由于喜阳的落叶阔叶树种如桦树、山杨树的种子产量大、质量轻, 易于传播和萌发, 且这些物种的生存能力较强。它们会不断地向灌丛和草甸发展, 并迅速占领裸地, 形成桦树、山杨树等落叶阔叶林。这类落叶阔叶林具有郁闭的林冠, 使得林内的光照条件减弱, 随着枯枝落叶层积累、分解, 原来的环境也发生改变。这些都为耐阴性青海云杉的幼苗、幼树创造了生长条件, 林下的更新层逐渐为青海云杉所代替。由于青海云杉寿命长, 植株高大, 逐渐上升至落叶林林冠之上, 实现其空间的演替。而桦树、山杨树的寿命相对较短, 且为阳性树种, 它们在与青海云杉的竞争中处于劣势地位, 这些阳性树种将逐渐衰退最终被青海云杉所替代。在青海云杉逐渐替代落叶树种的过程中, 由于其强烈的建群作用, 又形成了阴蔽、冷湿的小气候条件, 一些耐荫、耐冷湿的下木和草本植物又不断地侵入, 从而恢复到青海云杉所特有的群落组成、结构、功能和外貌, 即恢复到原来的相对稳定的顶级群落——青海云杉林。

需要说明的是, 青海云杉虽然处在衰退阶段, 但当地气候条件, 是最适宜其生长的。在调查过程中发现, 由于该地区年均温较低, 生长期短, 桦树和山杨树都向生态林发展, 而真正形成经济林的只有青海云杉一种。因而我们应该有规划有节制的砍伐一些过熟林, 并及时的补种幼苗, 使青海云杉种群的结构趋于合理、种群呈增长型发展。

退化生态系统植被的恢复与重建, 最有效和最省力的是顺从生态系统的演替发展规律来进行, 生态系统演替理论是指导退化生态系统恢复和重建的重要的理论基础[18]。因此, 在退耕还林还草工程建设中, 应根据当地的土壤水分及气候特点、地形与立地条件, 结合林草的生长特性, 在遵循恢复生态学的普遍原理的基础上, 把握一定的科学规律, 通过人工科学干预, 因地制宜进行恢复建设, 加速植被的演替速度, 在短时间内改变该地区脆弱的生态环境, 获得较大的生态、经济和社会效益。

但需要注意的是, 发展适宜物种时, 尽可能选取是本地原生物种, 在引进外来物种时一定要经过严谨的论证和试验, 确保恢复后的生态系统尽可能达到原生状态, 避免发生新的生态灾难。

参考文献 (References)

[1] Kang Le. A measure to resume and reconstruct the affected ecosystem[A]. In: Mashijun, *et al*. Modern Ecology Research[C]. Beijing: science press, 1990. 300~308[康乐. 受害生态系统的恢复与重建[A]. 见: 马世骏. 现代生态学透视[C]. 北京: 科学出版社, 1990. 300~308]

[2] William R J III, Michael E G and John D A. Restoration Ecology: a Synthetic Approach to Ecological Research[M]. Cambridge University Press, 1987

[3] Zhang Jintun. The development of numerical classification and ordination[J]. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 1991, 14(2): 215~224[张金屯. 植被数量分类和排序的发展. 山西大学学报(自然科学版), 1991, 14(2): 215~224]

[4] Shang Guan Tie-liang, Li Jing, Li Xiulan. Study on classification and ordination of Hippophae rhamnoides subsp. sinensis community in the north of Shanxi[J]. *Acta Botanica Boreali-occidentalia Sinica*, 2004, 24(8): 1452~1456[上官铁梁, 李晶, 李秀兰. 山西北部地区沙棘群落的数量分类和排序研究[J]. 西北植物学报, 2004, 24(8): 1452~1456]

[5] Shang Guan Tie-liang, Jia Zhili, Zhang Jintun, *et al*. A study on the numerical classification and ordination of grassland vegetation in flood plain of the Fen river in Taiyuan[J]. *Acta Prataculturae Science*, 2001, 10(4): 31~39[上官铁梁, 贾志力, 张金屯, 等. 汾河

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

太原段河漫滩草地植被的数量分析与排序 [J]. 草业学报, 2001, 10(4): 31~ 39]

[6] Cheng Zhanhong, Zhang Jintun, Chen Tinggui. A study on vegetation resources in tianlong mountain, Shanxi province[J]. *Journal of Mountain Research* 2000, 18(3): 226~ 230[程占红, 张金屯, 陈延贵. 山西天龙山植被及植物资源 [J]. 山地学报, 2000, 18(3): 226~ 230]

[7] Zhang Guilian, Zhang Jintun, Cheng Limei. Quantitative classification and ordination of Bothriochloa ischaemum communities in mountain area of south Shanxi[J]. *Acta Pratacultural Science*, 2003, 12 (3): 63~ 69[张桂莲, 张金屯, 程林美. 山西南部山地白羊草群落的数量分类和排序 [J]. 草业学报, 2003, 12(3): 63~ 69] Ru Wenming Zhang Feng. study on vertical zonation of vegetation in the eastern part of the Zhongtiao Mountains Shanxi [J]. *Chinese Journal of Applied and Environmental Biology*, 2000, 6(3): 201~ 205[茹文明, 张峰. 中条山东段植被垂直带的数量分类研究 [J]. 应用与环境生物学报, 2000, 6(3): 201~ 205]

[8] The Tianzhu County Annals Compilation Committee[M]. Lanzhou: Gansu National Press 1994[天祝藏族自治县县志编纂委员会. 天祝县志 [M]. 兰州: 甘肃民族出版社, 1994]

[9] Peng S L. Restoration ecology and recovery of degraded ecosystem [J]. *Journal of Chinese Academy Sciences*, 2000, (3): 188~ 192

[10] Liu liyan. Study on Quantitative ecology of wetland vegetation in Sanggan River Valley of Shanxi[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2004[刘丽艳. 山西桑干河流域湿地植被数量生态学研究 [D]. 太原: 山西大学, 2004]

[11] Zhang Jintun. Analysis of relationships between vegetation and its environmental variables iv: DCA Ordination [J]. *Journal of Shanxi University (Natural Science Edition)*, 1992, 2(15): 182~ 189[张金屯. 植被与环境关系的分析 iv: DCA 排序 [J]. 山西大学学报 (自然科学版), 1992, 2(15): 182~ 189]

[12] Veblen T T. Age and size structure of subalpine forest in the colorado Tront Range[J]. *Bull Torry Bot Club*, 1986, 113~ 225

[13] Knowles P, Grant M C. Age and size structure analysis of engelmann spruce, ponderosa pine, lodgepole pine and limber pine in colorado [J]. *Ecology*, 1983, 64(1): 1

[14] Liu Xiuzhen. Study on succession of plant communities on abandoned lands in the northwest Shanxi, China[D]. Taiyuan: Shanxi University, 2005[刘秀珍. 晋北低中山撂荒地植物群落演替研究 [D]. 太原: 山西大学, 2005]

[15] Yang Xiaocheng, Li Xuguang, Ye Zhiyi. Successive tendency of the protective forest in Guanshi River Valley, Mianyang, Sichuan [J]. Mountain Research, 1995, 13(4): 226~ 232 [阳小成, 李旭光, 叶志义. 四川绵阳官司河流域防护林的演替预测 [J]. 山地研究 (现山地学报), 1995, 13(4): 226~ 232]

[16] Liu Yinhan, Yang Donglang, Liu Yansui, *et al*. Land ssucession on the vertical natural zones of Qinling-Bashan Mountatinous area in Shanxi Province [J]. *Mountain Research*, 1996, 14(1): 9~ 15 [刘胤汉, 杨东朗, 刘彦随, 等. 陕西秦巴山区垂直自然带的土地演替 [J]. 山地研究 (山地学报), 1996, 14(1): 9~ 15]

[17] Du Feng, Shan Lun, Chen Xiaoyan, *et al*. Studies on the vegetation succession of abandoned farm land in the loess hilly region of northern Shaanxi—— Succession series after being abandoned[J]. *Acta Agrestia Sinica* 005, 13(12): 328~ 333[杜 峰, 山 仑, 陈小燕, 等. 陕北黄土丘陵区撂荒演替研究——撂荒演替序列 [J]. 草地学报 2005, 13(12): 328~ 333]

[18] Song Yongchang. Vegetation Ecology[Z]. Shanghai: East China Normal University, 2001[宋永昌. 植被生态学 [Z]. 上海: 华东师范大学, 2001]

Pattern Dynamics Study on Succession Process of the Secondary Forest in the Eastern Qilian Mountains

ZHAO Chengzhang, YAO Qiang, HAO Qing, DONG Xiaogang

(College of Geography and Environment Science, Northwest Normal University, Lanzhou 730070, China)

Abstract: Based on the survey of community plots, The two-way indicator species analysis and the Detrended correspondence analysis were adopted to classify and rank the quadrats of the secondary forest in the eastern Qilian mountains in gansu province. To study the spatial distribution pattern of plant populations from the species structure and the ecological relationship of plant species, plant communities and environment in this region, and so as to obtained the forest secondary succession in different stages. The results show that there were 7 community types, the primary limiting factors were water and heat. The result of DCA ordination showed that dieffrent plant communities and their distributing area varied along the environmental gradients in the ordination grpah. The first axis of DCA denoted humidity gradient and the second axis of DCA denoted change of altitude and temperature gradient. The results indicate that the succession law of the secondary forest was from aspen, however, with the passage of time, serclimax finally became the Qinghai Spruce.

Key Words: secondary forest; succession process; population patterns; classification; ordination; the eastern Qilian Mountains

© 1994-2013 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net