

太行山低山石灰岩区水土保持 林地类型研究*

刘 启 慎

(河南省林业科学研究所·郑州市·450002)

摘 要 通过对太行山低山石灰岩区水保林定性和定量兼有的13个变量,170块标地调查,采用主成分分析(PCA)方法,对该区的水保林进行排序,结果表明,≤500m丘陵区可划分为四个类型:灌木盖度>20%侧柏、山皂荚乔灌草型;灌木盖度≤20%侧柏、白草乔草灌型;少枯落物荆条、酸枣灌草型;无枯落物白草荒坡型。501~800m浅山区可划分为四个类型:灌木盖度≤10%侧柏、油松、荆条乔草灌型;灌木盖度>10%荆条、黄栌、酸枣灌草型;土层厚度>10cm白草、黄背草、竹叶草草坡型;土层厚度≤10cm干瘠荒坡型。所划类型,经t检验,差异显著,特征明显。采用Fisher判别分析,回判率较高,符合石灰岩区水保林实际情况。据调查分析,该区最佳水保林模式应是以乔草灌搭配的类型。

关键词 石灰岩区 水土保持林 排序 林地类型

Land Types of Soil and Water Conservation Forest in Taihang Limestone Lower Mountain Area

Liu Qishen

(Henan Institute of Forestry Sciences, 450002, Zhengzhou Municipality)

Abstract Through the investigation at 170 sample plots of soil and water forest in limerock region of Taihang mountain and the analysis of 13 qualitative and quantitative factors in each sample plot, the soil and water conservation forests are ordinated by methods of principal component analysis (PCA). The results show as follows: (1) The four types are divided in hilly region under the altitude of 500 meters. They are in turn; arbor, shrub and herb mixed model of *Platycladus orientalis* and *Gleditsia microphylla* with above 20% shrub coverage, arbor, herb and shrub mixed model of *Platycladus orientalis* and *Pennisetum flaccidum* with under 10% shrub coverage, shrub and herb mixed model of *Vitex negundo* var. *heterophylla* and *Ziziphus jujuba* with a little litter, and *Pennisetum flaccidum* herb wasteland without litter. (2) The four types in low mountain region (500—800m) are: arbor, herb and shrub mixed model of *Platycladus orientalis*, *Pinus tabulaeformis* and *Vitex negundo* var. *heterophylla* with under 10% shrub coverage, shrub and herb mixed model of *Vitex negundo* var. *heterophylla*, *Cotinus coggygria* var. *cinerea* and *Ziziphus jujuba* with above 50% shrub coverage, herb slopeland mod-

① 收稿日期:1994-02-01 * 本项研究是国家“八五”科技攻关项目一部分。

el of *Pennisetum flaccidum*, *Themeda triandra* and *Pennisetum flaccidum*, with above 10cm soil depth, and arid waste land model with under 10cm soil depth. These divided types characteristics are manifest and difference among these types is significant by statistical test. The classification are recognized as justified with high accuracy according to Fisher test analysis. These results conform to practical state in the area. The arbor, herb and shrub mixed model is regarded as the best model of soil and water conservation forest.

Keywords limerock region; soil and water conservation; forest ordination; forest land types

河南省太行山低山石灰岩山地面积 35.3 万 hm^2 , 占豫北太行山总面积 69.86 万 hm^2 的 39%。该区是距今 4~6 亿年间寒武纪和奥陶纪形成的海相沉积岩。成土母质主要为石灰岩或硅质灰岩分化后的残积与坡积物。土壤为褐土类褐土亚类, 褐土性土亚类; 土属有堆垫褐土、红土、灰石土。土壤质地粘重, 富含有机质, 磷素极缺乏(速效磷含量为 2.9mg/kg)。土被不连续。土壤大部分为薄层土, 土层厚度在 30cm 以下约占总面积 80%。由于不合理的开荒放牧, 乱砍滥伐, 加上降雨集中, 水土流失日趋严重, 裸露岩石面积占总面积 7%, 石砾含量大于 20%。生态环境恶化, 生态位逐渐降低, 依据立地环境, 林业区划该区为水土保持林区。

建国 40 多年来, 人工和飞播造林常带有盲目性, 该封山的不封, 不宜造林的地方硬造, 致使水保效益不明显, 因此亟需对此区划分水土保持林类型, 了解不同类型的特点, 以便因地制宜分类指导。在普遍封山基础上, 育林、育灌、育草, 按不同水保类型, 采用不同的经营管理措施。经调查, 该区水保林分布及生长较明显地受到环境因子的限制, 将土壤生产能力、宜林性质、植被状况和土壤侵蚀程度作为指标并定量化, 采用主成分分析(PCA)方法^[1], 对该区水保林进行排序, 以便在划分各种不同类型的基础上, 找出影响各类型分布的主导因子, 提出水土保持林不同林地类型适宜的乔木、草类、灌木种类。

1 自然概况

豫北太行山位于河南省西北部, 属太行山系东南麓, $34^{\circ}48' \sim 36^{\circ}42' \text{N}$, $112^{\circ}02' \sim 114^{\circ}45' \text{E}$ 。海拔 100~800m, 相对高差 100~250m, 山势低缓, 山顶浑圆, 岗峦起伏, 气候温和, 年平均温度 14°C , 一月份平均气温 -1.3°C , 7 月份平均气温 27°C ; 年降水量平均为 606mm; $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 积温为 4 450 $^{\circ}\text{C}$; 无霜期 200d。低山石灰岩因海拔高度不同有两条明显植物带, 故将此区分为两个亚区。500m 以下丘陵区主要分布的植物种类有侧柏(*Platycladus orientalis*)、野皂荚(*Gleditsia microphylla*)、酸枣(*Zizyphus jujuba*)、荆条(*Vitex engundo* var. *heterophylla*)、白草(*Pennisetum flaccidum*)、黄背草(*Themeda triandra*); 501~800m 浅山区主要分布有侧柏、油松(*Pinus tabulaeformis*)、栓皮栎(*Quercus variabilis*)、酸枣、荆条、毛黄栌(*Cotinus coggygria*)、五角枫(*Acer mono*)、兴安胡枝子(*Lespedeza dahurica*)、黄背草、白羊草(*Bothriochloa ischaemum*)、中华卷柏(*Selaginella sinensis*)。

2 调查方法及内容

野外调查采用典型抽样方法。共调查 300 块标地, 标准地面积 400m^2 ($20\text{m} \times 20\text{m}$)。经检查海拔 $\leq 500\text{m}$ 有效标地 90 块, 海拔 501~800m 有效标地 80 块。调查的因子包括坡向、土层厚

度、坡位、土壤侵蚀程度(分 3 级:无;地面无任何侵蚀痕迹;轻:有少量鳞片状面蚀;重:有严重鳞片状面蚀或有细沟侵蚀出现)、枯落物厚度、郁闭度、容重、草本盖度(每块标地内按对角线测 3 块 1m×1m 的样方,平均后按百分数计)、灌木盖度(测 3 块 2m×2m 样方灌木冠幅,平均后按百分数计)、有机质、草本生物量(地上部)、灌木年生物量(地上部),优势木年均高、每 hm² 年蓄积量和枯落物水容量,共 15 个变量指标。

3 水土保持林排序

3.1 排序结果

通过对 15 个变量指标原始数据整理,依据专家经验,结合专业知识,确定定性或定量数据编码范围,按编码值变成定量数据后(如阴坡为 1,阳坡为 2;土层厚度 ≤10cm 为 1;11~30cm 为 2;>30cm 为 3 等),用 PCA 分别以两个海拔段 90 块和 80 块样地进行水保林类型排序,经内业计算,剔除 x_2 土壤侵蚀程度和 x_3 有机质含量两个影响不大的变量,获得 13 个变量样地特征值及贡献率(表 1)。由表 1 知,如取前两个主分量则两个海拔段贡献率分别为 49.9% 和 53.2%,代表较多的信息量^[3],确认第 I 和第 II 主分量值构成排序图。图 1、图 2 反映了石灰岩低山区水保林真实分布情况。依据图 1 各样地聚集分布情况,划分 4 个集团,即灌木盖度 >20% 侧柏、山皂荚乔灌草 I 型;灌木盖度 ≤20% 侧柏白草乔灌 II 型;少枯落物荆条、酸枣灌草 III 型;无枯落物白草荒坡 IV 型。同样,图 2 也划分 4 个集团,即灌木盖度 ≤10% 侧柏、油松、荆条乔灌 I

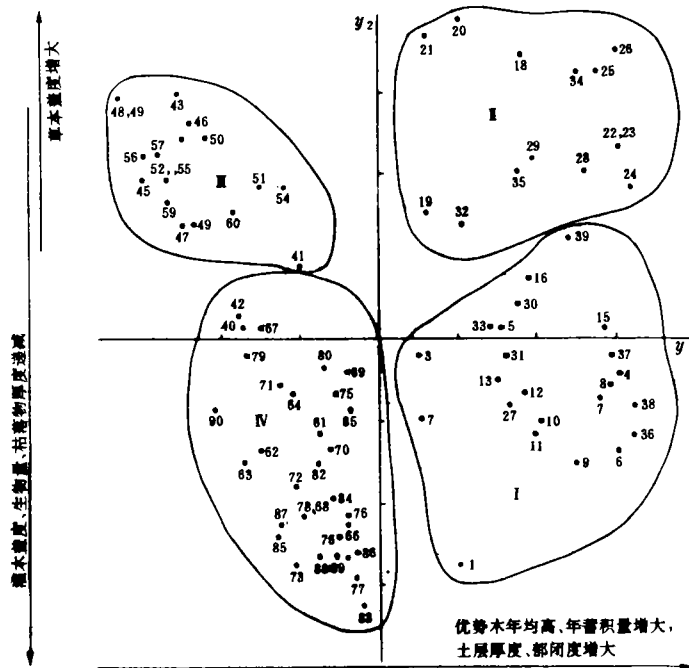


图 1 ≤500m 的 90 个样地二维排序

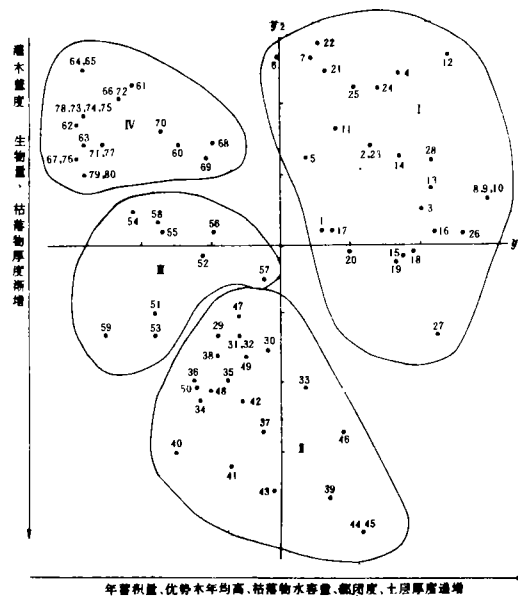


图 2 501m~800m 的 80 个样地的二维排序

型;灌木盖度 $>10\%$ 荆条、黄栌、酸枣灌草Ⅱ型;土层厚度 $>10\text{cm}$ 白草、黄背草、竹叶草草坡Ⅲ型;土层厚度 $\leq 10\text{cm}$ 干瘠荒坡Ⅳ型。从图上看,少数样地落在其它类别中,说明相同的类型一般具有相似的立地条件,但相同的立地条件也可存在不同类型。从图1、图2分析,I和Ⅱ类水土保持效益最好,其次是Ⅲ类,最差是Ⅳ类。说明具有乔灌草立体复层次比单层水保效益好,体现了植物多样性对水保的作用。从乔灌草配置比例看,20年后的乔木郁闭度60%左右,灌木盖度5%左右,草本盖度35%左右水保效益最佳。以灌草类复合层次中,以灌木为主比以草本为主的水保效益要好。仅具有草本层的荒坡Ⅳ类型,因立地差,植被稀疏,使其成为最差的一类。

3.2 影响排序的主导因子

由表2看出, $\leq 500\text{m}$ 海拔段对第I主分量影响最大的因子负荷量是郁闭度、土层厚度、灌木盖度、坡位,反应林木覆被率和立地条件指标值较大,所以第一主成分表示乔灌生长的综合因子。对第Ⅱ主分量影响最大的是坡向、草本生物量、坡位、草本盖度,

反应草本生物量和坡向指标较大,因此第二主成分表示草本生长综合因子,从这一点看,林分的郁闭度、灌草的覆盖度、土层厚度确实是划分水保林类型的主导因子。而且从图中可大致判断各类型的特点。例如,位于排序图上第I、Ⅱ类型,从第1轴看,林木蓄积量、优势木平均高、郁闭度大,土层深厚;从2轴看,灌木盖度、生物量和枯落物厚度大,是最理想的水保林类型。同样,501~800m海拔段各因子对第I主分量影响最大的是枯落物厚度、土层厚度、草本盖度、坡位,对第Ⅱ主分量影响最大的是坡向、灌木盖度、土壤容重、土层厚度。反应立地条件如土层厚度、坡向、坡位是海拔较高地段划分水保林类型的主导因子。在低山石灰岩地区限制植物生长的因子是水分,而土壤是承接降水的载体,因此土壤的容量,可用土层的厚度表示,它是本区划分水保林类型简单易测的主要因子。

表2 PCA排序因子负荷量

海拔(m)	主分量	坡向	土层厚	坡位	枯落物厚	郁闭度	容重
≤ 500	I	-0.2546	-0.4113	-0.3183	-0.2545	0.5617	0.1801
	Ⅱ	0.7356	0.0972	0.3261	0.2270	0.0811	0.0847
501~800	I	-0.2057	0.3280	-0.2929	-0.7423	-0.0012	0.2131
	Ⅱ	0.6859	-0.2956	0.2235	0.0693	-0.1087	-0.3618
海拔(m)	草本盖度	灌木盖度	草本生物量	灌木生物量	优势木年均高	年蓄积量	枯落物水容量
≤ 500	0.2266	0.3859	0.0419	0.0381	0.0064	-0.0085	0.0014
	-0.2383	0.1833	0.3882	0.1807	0.0471	0.0038	-0.0439
501~800	-0.3173	0.2442	-0.0436	-0.0724	-0.0190	-0.0045	-0.0092
	-0.1438	0.4211	0.0651	0.2034	-0.0375	-0.0036	-0.0052

3.3 水土保持林各类型特征

我们将数量特征11个因子平均数和方差列表于3,4,将水保林的立地因子及样地分别列表于5,由表5看出, $\leq 500\text{m}$ 丘陵区的水土保持林类型特征:

表 3 ≤500m 的各类型数量特征统计表

类型	样地数	土层厚度 (cm)		枯落物厚度 (cm)		郁闭度 (%)		容重 (g/cm ³)		草本盖度 (%)		灌木盖度 (%)	
	n	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
I	17	21.58	11.16	0.96	0.53	55.29	18.06	1.05	0.15	34.41	27.09	23.53	20.12
II	22	28.36	10.43	1.38	1.12	65.0	16.62	1.10	0.21	38.27	30.53	2.14	3.21
III	30	14.27	8.45	0.79	0.56	0	0	1.11	0.10	42.83	28.85	58.83	24.09
IV	21	8.71	5.80	0.07	0.24	0	0	1.17	0.17	72.62	19.14	0	0

类型	样地数	草本生物量 (g)		灌木生物量 (g)		优势木年均高 (m)		年蓄积量 (m ³ /hm ²)		枯落物水容量 (t/hm ²)	
	n	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
I	17	79.03	63.61	233.47	188.41	0.44	0.16	1.22	0.94	9.18	7.15
II	22	94.48	108.38	40.82	68.21	0.34	0.17	1.35	0.81	15.58	15.25
III	30	107.10	117.74	290.69	257.80	0	0	0	0	4.19	4.25
IV	21	150.95	81.13	0	0	0	0	0	0	0.19	0.77

表 4 501~800m 的各类型数量特征统计表

类型	样地数	土层厚度 (cm)		枯落物厚度 (cm)		郁闭度 (%)		容重 (g/cm ³)		草本盖度 (%)		灌木盖度 (%)	
	n	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
I	28	30.14	14.67	1.56	1.16	65.0	18.51	1.12	9.17	34.82	28.82	6.07	10.92
II	22	33.59	30.59	1.59	0.89	0	0	1.12	0.14	45.41	28.82	67.59	22.18
III	9	25.78	21.86	0.99	0.96	0	0	1.08	0.08	85.0	17.14	22.78	34.92
IV	21	05	4.27	0	0	0	0	1.24	0.22	76.14	22.85	0	0

类型	样地数	草本生物量 (g)		灌木生物量 (g)		优势木年均高 (m)		年蓄积量 (m ³ /hm ²)		枯落物水容量 (t/hm ²)	
	n	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s	\bar{x}	s
I	28	68.83	130.67	8.57	18.15	0.37	0.22	1.05	0.69	8.59	11.65
II	22	92.81	85.48	92.81	85.48	0	0	0	0	8.85	9.25
III	9	218.53	134.09	51.09	84.21	0	0	0	0	4.28	2.38
IV	21	268.73	192.91	0	0	0	0	0	0	0	0

表 5 石灰岩低山区水保林的立地因子及样地分布

海拔 (m)	类型	坡向	土层厚度 (cm)			坡位			土壤侵蚀		容重 (g/cm ³)			有机质 (%)			合计
		阴阳	≤10	11~30	>30	上	中	下	无	轻	重	≤1.1	>1.1	≤3	3.1~5	>5	
		(1)(2)	(1)	(2)	(3)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)	(1)(2)(3)	(1)	(2)	(1)	(2)	(1)	(2)	(3)		
≤500	乔灌草型 I	6 11	4	10	3	6 8 3	3 12 1	9	8	6	8	3	17				
	乔草灌型 II	12 10	2	9	11	6 12 4	8 12 2	12	10	4	10	8	22				
	灌草型 III	7 23	18	11	1	3 19 8	7 18 5	12	18	1	17	12	30				
	荒坡型 IV	8 13	19	2		5 9 7	6 12 3	7	14	6	7	8	21				
501~800	乔草灌型 I	11 17		17	11	11 9 8	14 14	17	11	6	8	14	28				
	灌草型 II	14 8	4	11	7	8 10 4	15 7	13	9	4	6	12	22				
	草坡型 III	8 1	4	3	2	8 1	8 1	7	2	2	5	2	9				
	荒坡型 IV	5 16	18	3		11 7 3	13 7 1	4	7	2	12	7	21				

第 I 类乔灌草型和第 II 类乔灌草型,它们的立地条件相近,土层厚度 20cm 以上,土壤肥力较高,质地为壤质粘土,pH 值 8~8.5;主要分布在阴坡,坡度 15°~35°;土壤容重小,土壤侵蚀轻,环境条件最为优越。第 I 类型比第 II 类型灌木盖度大,优势木相对高,但从水保和经济效益分析,由于后者比前者枯落物厚度大,年蓄积量大,生产力更高,水保和经济效益要好。因此,第 II 类型是模式类型。在相同的立地条件下,侧柏每 hm^2 保留 1 800~2 250 株,以便发挥最大效益。

第 III 类灌草型,立地条件一般,土层厚度 10~20cm,土壤肥力高,质地为粘壤土,pH 值 7.9~8.3;主要分布在阳坡,坡度 16°~35°,土壤侵蚀较重。此类型养分高,说明灌草型阳坡分解养分速度较快,还原土壤养分较高,而第 I、II 类型,侧柏树种还原养分少,吸收养分量大。

第 IV 类荒坡型,土层薄,一般 <10cm,质地为粉质粘土,有机质含量相对较高,大多分布在阳坡,基本无枯落物,枯落物水容量最小,土壤侵蚀严重,生境条件最差。

海拔 501~800m 浅山区水土保持林类型特征:

第 I 类乔灌草型和第 II 类灌草型,土层厚度 30cm 以上,有机质含量丰富,土壤容量小,土壤侵蚀轻,枯落物水容量大,主要分布在阴坡,生境条件最好。

第 III 类草坡型,土层厚度 20~30cm,有机质含量中等,土壤容重较小,枯落物水容量较大,土壤侵蚀一般,主要分布在阳坡中上部。

第 IV 类荒坡型,土层厚度 <10cm,有机质含量较高,土壤容重较大,无枯落物,土壤侵蚀较重,主要分布在阳坡中上部,生境条件恶劣。

为了说明各类型的划分是有差别的,进行了不同类型主要数量特征(土层厚度、枯落物厚度、草本盖度、灌木盖度)因子的每两个类型差异显著性 t 检验,检验结果(表 6),除灌木盖度外,丘陵区和浅山区的第 I 和第 II 类型无显著差异,表明这两个类型立地环境基本一致,水土保持特征相似。第 I、II、III 类与第 IV 类均有显著或极显著差异。第 I 类与第 III 类或第 II 类与第 III

表 6 不同类型主要数量特征因子的 t 检验

海拔 (m)	类型	土层厚度				落物厚度				草本盖度				灌木盖度				
		I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	I	II	III	IV	
≤500	I			*	**				*	*			*	*	*	*	*	*
		1.902	2.475	4.455	0.690	1.000	6.642	0.400	1.026	4.948	4.648	5.005	5.216					
	II		*	*	*		*	*		*	*		*	*	*	*	*	*
			5.730	7.407		2.448	5.137		0.539	4.293		10.755	2.081					
501~800	III			*			*	*		*	*		*	*		*	*	
				2.563			5.373			4.055			10.970					
	IV																	
					*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
501~800	I			0.514	0.662	6.256	0.102	1.301	6.023	1.264	4.815	4.969	12.581	2.156	2.496			
	II				*	*		*	*		*	*		*	*	*	*	*
				0.674	3.557		3.010	7.955		6.915	3.785		7.671	13.649				
	III				*	*		*	*		*	*		*	*	*	*	*
501~800	IV				3.247			4.558			1.016						2.888	

类在土层厚度、枯落物厚度、草本盖度三因子之间或有显著极显著差异或无差异,但对于灌木盖度,各类型之间均显著性差异。灌木盖度可作为分类的主导因子。

3.4 各水保类型的问题

为了验证兼有定量因子和定性因子分类的效果,采用数量化模型Ⅰ(Fisher判别分析)建立判别函数进行回判已知样本的类别^[1,2]。计算结果见表7。从表7可以看出,≤500m海拔段除第Ⅱ类回判率较低外(实质上是所判错的样地都归入第Ⅰ类中去,由此可见,二者的水保类型较相似)。501~800m海拔段,除第Ⅲ类回判率较低外(所判错的样地均归入第Ⅳ类),其余类型回判率均较高。因此确定PCA根据变量因子对该区的水保林划分结果是符合实际情况的。

表7 水土保持林类型Fisher判别结果

海拔段 (m)	类 型	归类 代号	原分类 样地号	Fisher 判别 计算分类	回判率 (%)
≤500	灌木盖度>20%侧柏、山皂荚乔灌草型	I	1~17	1~17,27,33,36~39	100
	灌木盖度<10%侧柏、白草乔草灌型	Ⅱ	18~39	18~28,28~32,34~35	72.7
	少枯落物荆条、酸枣灌草型	Ⅲ	40~60	40~60	100
	无枯落物白草荒坡型	Ⅳ	61~90	61~90	100
501~800	灌木盖度<10%侧柏、油松、荆条乔草灌型	I	1~28	1~28	100
	灌木盖度>50%荆条、黄栌、酸枣灌草型	Ⅱ	29~50	29~37,39~50	95.5
	土层厚度>20白草、黄背草、竹叶草草坡型	Ⅲ	51~59	51~54,57,59,38	66.7
	土层厚度<10cm干瘠荒坡型	Ⅳ	60~80	60~80,55,56,58	100

4 结 语

1. 太行山低山石灰岩区依海拔、植被可以划分两个亚区:≤500m为丘陵区;501~800m为浅山区。

2. 丘陵区水保林类型有4类:乔灌草型、乔草灌型、草坡型、荒坡型。

3. 浅山区水保林类型有4类:乔草灌型、灌草型、草坡型、荒坡型。

4. 乔草灌水保林类型是该区最佳水保模式。常规的乔灌草排序或搭配,应改为乔草灌,以便发挥更大水保经济效益。

参 考 文 献

- 1 郎奎健等. IBM-PC 系列程序集. 北京:中国林业出版社,1989,6
- 2 刘创民等. 漠河林区洒安落叶松林的排序. 林业科学研究,1992,10
- 3 阳含熙等. 植物生态学的数量分类方法. 北京:科学出版社,1981,249~252