

高寒牧区中华羊茅人工草地退化演替的数量特征研究*

张耀生¹ 赵新全² (中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

【摘要】 对中华羊茅人工草地退化演替数量特征的研究表明, 植物群落组分种的数量、丰富度指数、多样性指数和均匀度指数均随演替的进程而增加, 生态优势度指数呈下降趋势。对 25 个组分种的重要值、生态位宽度及生态位重叠值计测的结果表明, 一些阔叶杂草(如细叶亚菊、西伯利亚蓼等)是退化演替过程中入侵人工草地的先锋植物, 比其他杂类草具有较大的生态位宽度值, 其重要值在演替过程中呈逐年上升趋势。以中华羊茅为其中一个组分种的植物种对间的生态位重叠值, 在大多数情况下小于两种阔叶杂草种对间的生态位重叠值。阔叶杂草入侵是导致人工草地退化的一个重要影响因素。

关键词 中华羊茅 退化演替 人工草地

文章编号 1001-9332(2002)03-0285-05 **中图分类号** S451.5812 **文献标识码** A

Quantitative characteristics of degenerative succession in *Festuca sinensis* sowing grassland in the alpine pastoral area. ZHANG Yaosheng, ZHAO Xinquan (Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2002, 13(3): 285 ~ 289.

Quantitative characteristics of degenerative succession in *Festuca sinensis* sowing grassland in the alpine pastoral area were studied. The results showed that with the succession developing, number of species, richness index, diversity index, and evenness index were all increased, but ecological dominance was decreased. Analysis on important values, niche width, and niche overlaps proved that some herb species such as *Ajania tenuifolia* and *Polygonum sibiricum* were pioneer plants invading sowing grassland in the succession process. The pioneer plants had wider niche widths than other species, and their important values increased with the succession developing. Niche overlaps between *Festuca sinensis* and other species were smaller than that between two latifoliate herbs species in most case. The invasion of latifoliate herbs was one of the most important factors, which made the sowing grassland more degenerative.

Key words *Festuca sinensis*, Degenerative succession, Sowing grassland.

1 引言

在青藏高原高寒牧区, 中华羊茅 (*Festuca sinensis*) 能够适应严寒气候条件, 建植容易, 生长良好, 牧草产量较高, 是当地主要的以冬春季放牧家畜方式利用的多年生人工草地栽培草种之一。但这种草地与其它禾本科多年生人工草地一样, 存在着建植 3 ~ 5 年后急剧退化的现象。伴随着利用年限的延长, 毒杂草大量入侵蔓延, 栽培牧草种群在草地植物群落结构中的优势地位很快下跌, 牧草产量降低, 草地利用价值下落, 这种退化现象成为该地区建设人工草地的严重障碍因素。草地退化问题历来为广大草地科学工作者所关注^[1]。本研究通过对中华羊茅人工草地退化演替过程的群落动态数量特征的分析来揭示其演替规律, 为防止该类草地退化以及已退化草地的恢复提供科学依据。该项研究于 1988 ~ 1999 年在中国科学院海北高寒草甸生态系统开放实验站进行。经过连续多年的观测研究, 掌握了这类草地退

化演替的基本规律。中华羊茅人工草地在建植当年生长缓慢, 越冬前植株生长发育仅停止在营养生长阶段, 第二年返青后延续生长, 才能进入有性生殖阶段, 完成生活史。第三年达到生物产量高峰。在无施肥、灭除杂草等管理措施的自然放牧利用状态下, 一般从第四年开始表现急速衰退。6 龄草地以后, 退化演替速度明显趋缓。因此, 本文主要分析从 3 龄草地到 6 龄草地这一急速退化过程。

2 材料与方法

本项研究在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位研究站进行。试验草地为 1988 年播种的中华羊茅单播草地。草地在每年的 9 月至翌年的 5 月做冬春季放牧草场利用。从 3 龄草地到 6 龄草地(即 1990 ~ 1993 年), 在每年的 9 月植物

* 中国科学院知识创新工程项目 (KZCX-09-01)、国家自然科学基金项目 (30070147)、国家重点基础研究发展规划项目 (G1998040800) 和海北高寒草甸生态系统实验站研究资助项目。

** 通讯联系人。

2000-03-09 收稿, 2000-10-12 接受。

生长末期以 0.5m × 0.5m 的样方 10 个随机取样,观测记录每个样方中各组分种的个体数、盖度、株高和生物量等群落特征值。种类成分相对频度调查的样方面积为 1m × 1m。

有关的群落特征值的计算方法如下:

重要值 = 1/5 [相对频度 (%) + 相对盖度 (%) + 相对密度 (%) + 相对株高 (%) + 相对生物量 (%)]

$$\text{物种丰富度指数: } R_1 = \frac{S-1}{\ln N}; R_2 = \frac{S}{\sqrt{N}}$$

式中, R 为物种丰富度指数, S 为群落中的植物种类数, N 为群落中所有种的总个体数。

$$\text{多样性指数: } H = - \sum_{i=1}^s Pi \ln pi$$

式中, H 为多样性指数, S 为群落中的植物种数量, P_i 为第 i 种植物的重要值占所有植物种重要值总和的比值。

$$\text{均匀度指数: } J = H / \ln S$$

式中, J 为均匀度指数, S 为群落中的植物种数量。

$$\text{生态位宽度: } N.B = \frac{1}{n} \sum ni(x)$$

式中, $N.B$ 为生态位宽度, n 为观测年数, $ni(x)$ 为第 i 种植物的重要值。

$$\text{生态优势度: } C = \sum_{i=1}^s \left(\frac{ni}{N} \right)^2$$

式中, C 为生态优势度, N 为群落中所有种的重要值总和, ni 为第 i 种植物的重要值。

$$\text{生态位重叠值: } N.O = \frac{\min[ni(x), nj(x)]}{\max[ni(x), nj(x)]}$$

式中, $N.O$ 为生态位重叠值, $ni(x)$, $nj(x)$ 为分别为种 i 和种 j 的重要值。

3 结果与分析

3.1 群落动态变化

3.1.1 组分种数量的变化 主要植物种各分析年度的群落特征值及其变化见表 1、2。

由表 1 可见,中华羊茅人工草地退化演替过程中,植物群落结构动态变化的一个明显特征是植物种数量逐年增加,从 3 龄草地的 24 种增加到 6 龄草地的 37 种,增加 54.2 % (表 1)。组分种数量的增加,说明植物群落结构随退化演替进程趋于复杂化。但 6 龄草地的组分种数量仍远少于天然草地植物群落组分种数量,说明草地发生退化以后,欲让其恢复到原生植被需要很长的时间才有可能完成。种的增

表 1 植物群落特征值的变化

Table 1 Changes on character values of plant community

草地年龄 Years after sowing	种数 Species number (ind.)	丰富度指数 Richness index		多样性指数 Diversity index	均匀度指数 Evenness index	优势度指数 Ecological dominance index
		R ₁	R ₂			
3 龄 Third year	24	3.42	0.83	2.18	0.683	0.265
4 龄 Fourth year	29	4.24	1.06	2.32	0.689	0.226
5 龄 Fifth year	34	5.06	1.30	2.48	0.703	0.178
6 龄 Sixth year	37	5.63	1.52	2.70	0.748	0.121

加以阔叶杂草为主,其次为禾本科牧草,莎草科植物则很少侵入。这可能与草地建植前植物群落的本底组成有关。

3.1.2 丰富度指数和多样性指数的变化 计测各龄草地的丰富度指数和多样性指数(表 1)可以看出,在中华羊茅人工草地退化过程中,物种丰富度和多样性均呈上升趋势。两种丰富度指数分别从 3 龄草地的 3.42、0.83 上升到 5.63、1.52;分别增长 64.6 % 和 83.1 %。多样性指数由 2.18 上升到 2.70,增加 23.9 %。丰富度指数和多样性指数值增加,意味着群落稳定性的增强和群落复杂性的增加。

3.1.3 均匀度指数的变化 对均匀度指数计测的结果表明,退化演替过程也是群落内植物种的分布趋于均匀化的过程。均匀度指数由 3 龄草地的 0.683 上升到 0.748,增加 9.5 %。这一变化趋势反映了人工草地植物群落退化演替的结果使得各组分种在群落中的分布和生存竞争机会趋于平等。

3.1.4 生态优势度指数的变化 生态优势度指数在退化演替中的变化趋势与上述几个特征值的变化趋势相反,呈下降趋势,由 3 龄草地的 0.265 下降到 0.121,降低 119 %。这一变化趋势反映了人工草地植物群落结构正在由栽培种为优势的简单群落结构向以阔叶杂草为优势的复杂群落结构演变。

3.2 种群动态变化

3.2.1 栽培牧草种群动态变化 栽培牧草中华羊茅种群在退化演替中种群迅速由大变小,从 3 龄草地到 6 龄草地,它的密度由 10160 枝 · m⁻² 减少到 5136 枝 · m⁻²,减少了 97.8 %;盖度由 80 % 减少到 32 %,减少了 150 %;生物量由 1280g · m⁻² 减少到 432g · m⁻²,减少了 196 %;重要值亦由 3 龄草地的 50.1 % 下降为 6 龄草地的 28.3 %。

3.2.2 阔叶杂草种群动态变化 一些阔叶杂草如细叶亚菊 (*Ajania tenuifolia*) 等的重要值升高,种群不断扩大,成为草地植物群落主要优势组分种 (图 1,

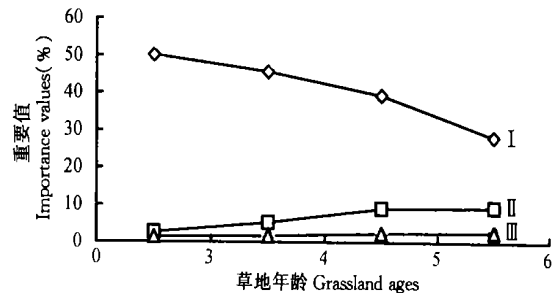


图 1 3 种典型植物重要值的变化

Fig. 1 Changes of importance values of 3 typical plants.

中华羊茅 *Festuca sinensis*, 细叶亚菊 *Ajania tenuifolia*, 鹅绒萎陵菜 *Potentilla anserine*.

表 2 25 种植物的群落特征值

Table 2 Community characteristics of 25 plants (relative value %)

序号 No.	植物种 Species	3 龄草地 Third year grassland					4 龄草地 Fourth year grassland				
		株高 Plant height	盖度 Coverage	密度 Density	频度 Fre- quency	生物量 Biomass	株高 Plant height	盖度 Coverage	密度 Density	频度 Fre- quency	生物量 Biomass
1	中华羊茅 <i>Festuca sinensis</i>	12.8	83.0	75.6	13.0	66.1	12.4	76.7	69.8	11.6	57.5
2	羊茅 <i>F. orina</i>	6.69	1.60	3.69	7.80	6.19	6.36	1.02	3.77	4.65	5.66
3	老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	13.4	2.50	4.76	7.80	7.27	13.0	2.81	4.72	4.65	6.59
4	垂穗披碱草 <i>E. nutans</i>	13.0	1.14	2.50	5.20	4.21	13.0	1.02	2.42	3.49	3.90
5	早熟禾 <i>Poa crymophina</i>	5.15	0.83	1.67	3.90	1.73	5.72	0.90	2.02	3.49	2.04
6	荩草 <i>Koeleria cristata</i>	5.60	0.52	0.95	2.60	0.91	5.72	0.51	0.94	2.33	0.83
7	扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	4.98	0.62	0.83	1.30	0.66	4.77	0.64	0.94	1.16	0.65
8	细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	2.33	2.29	1.07	5.20	2.56	2.23	5.75	2.56	9.30	6.40
9	柔软紫莞 <i>Aster flaccidus</i>	4.82	1.14	0.36	1.30	3.72	1.27	2.30	0.67	1.16	6.86
10	美丽凤毛菊 <i>Saussurea superba</i>	1.71	1.25	0.42	5.20	2.89	1.91	1.53	0.81	4.65	3.62
11	鹅绒萎陵菜 <i>Potentilla anserine</i>	1.87	0.83	0.36	2.60	1.24	2.07	1.15	0.67	3.49	1.67
12	雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	2.64	0.52	1.67	1.30	0.25	2.86	1.15	0.28	1.16	0.46
13	露蕊乌头 <i>Aconitum gymanandrum</i>	2.80	0.42	0.71	1.30	0.50	3.02	1.02	1.21	1.16	1.02
14	圆果刺参 <i>Morina chinensis</i>	4.67	0.31	0.24	1.30	0.33	5.09	0.38	0.40	1.16	0.46
15	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	2.18	1.14	1.43	3.90	0.08	2.38	1.66	1.75	4.65	0.19
16	珠芽蓼 <i>P. viviparum</i>	2.49	0.21	1.43	2.40	0.25	2.38	0.26	1.75	3.49	0.28
17	萼果香薷 <i>Elsholtzia calycocarpa</i>	1.87	0.31	1.31	5.20	0.41	2.07	0.38	1.75	5.81	0.46
18	甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	2.33	0.21	0.24	1.30	0.17	2.86	0.38	0.27	2.33	0.28
19	甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	2.64	0.21	0.12	1.30	0.08	2.38	0.26	0.27	1.16	0.19
20	兰花棘豆 <i>O. ochrocephata</i>	2.64	0.10	0.12	1.30	0.08	2.38	0.13	0.13	1.16	0.09
21	兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	0.46	0.21	0.60	3.90	0.08	0.48	0.26	0.81	4.65	0.19
22	紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>	0.31	0.21	0.71	5.20	0.08	0.32	0.26	0.94	5.81	0.19
23	海乳草 <i>Glaux maritima</i>	0.31	0.10	0.60	5.20	0.08	0.32	0.13	0.94	5.81	0.19
24	高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0.46	0.10	0.36	3.90	0.08	0.48	0.13	0.67	4.65	0.09
25	麻花苣 <i>Gentiana straminea</i>	1.24	0.10	0.60	6.49	0.08	1.27	0.26	0.94	6.98	0.19

序号 No.	植物种 Species	5 龄草地 Fifth year grassland					6 龄草地 Sixth year grassland				
		株高 Plant height	盖度 Coverage	密度 Density	频度 Fre- quency	生物量 Biomass	株高 Plant height	盖度 Coverage	密度 Density	频度 Fre- quency	生物量 Biomass
1	中华羊茅 <i>Festuca sinensis</i>	12.1	66.0	62.6	10.0	45.8	11.4	45.7	50.5	6.87	27.0
2	羊茅 <i>F. orina</i>	6.38	0.65	3.52	3.0	4.58	6.35	1.14	3.69	2.29	3.90
3	老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	13.1	2.59	4.84	4.0	5.15	12.4	2.86	5.03	1.53	5.0
4	垂穗披碱草 <i>E. nutans</i>	12.4	0.65	2.35	3.0	4.10	11.9	0.71	2.35	2.29	3.50
5	早熟禾 <i>Poa crymophina</i>	5.70	0.78	1.91	1.0	2.67	5.35	1.0	2.01	1.53	1.90
6	荩草 <i>Koeleria cristata</i>	5.87	0.52	0.88	1.0	0.67	5.85	0.57	1.17	0.76	0.60
7	扁穗冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	4.87	0.78	0.73	1.0	0.67	4.85	0.71	0.67	0.76	0.40
8	细叶亚菊 <i>Ajania tenuifolia</i>	2.35	12.9	5.72	10.0	14.3	2.68	0.26	9.40	7.63	27.0
9	柔软紫莞 <i>Aster flaccidus</i>	4.19	3.10	1.47	2.0	10.5	4.68	5.0	2.68	2.29	14.0
10	美丽凤毛菊 <i>Saussurea superba</i>	2.35	2.33	1.32	5.0	4.29	2.34	3.57	2.01	5.34	5.49
11	鹅绒萎陵菜 <i>Potentilla anserine</i>	2.35	1.42	1.32	5.0	2.0	2.34	1.71	1.85	4.58	3.30
12	雅毛茛 <i>Ranunculus pulchellus</i>	2.85	1.81	0.37	3.0	0.67	3.01	2.57	0.76	3.82	0.90
13	露蕊乌头 <i>Aconitum gymanandrum</i>	3.02	1.16	0.15	1.0	1.35	3.18	1.57	0.20	2.29	2.40
14	圆果刺参 <i>Morina chinensis</i>	4.87	0.26	0.29	1.0	0.29	5.18	0.43	0.05	0.76	0.10
15	西伯利亚蓼 <i>Polygonum sibiricum</i>	2.35	1.81	2.05	5.0	0.19	2.34	2.0	2.68	6.11	0.30
16	珠芽蓼 <i>P. viviparum</i>	2.68	0.39	2.05	4.0	0.29	2.84	0.43	2.35	3.82	0.30
17	萼果香薷 <i>Elsholtzia calycocarpa</i>	2.01	0.39	2.05	5.0	0.48	2.34	0.57	2.52	4.58	0.50
18	甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	2.52	0.52	0.29	3.0	0.29	2.84	0.57	0.50	3.05	0.40
19	甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	2.35	0.39	0.29	2.0	0.29	2.51	0.57	0.50	2.29	0.50
20	兰花棘豆 <i>O. ochrocephata</i>	2.68	0.26	0.15	2.0	0.29	2.68	0.17	0.17	2.29	0.50
21	兰石草 <i>Lancea tibetica</i>	0.50	0.39	1.61	5.0	0.29	0.50	0.57	2.01	4.58	0.50
22	紫花地丁 <i>Viola yedoensis</i>	0.34	0.39	1.03	6.0	0.29	0.33	0.57	1.51	6.11	0.60
23	海乳草 <i>Glaux maritima</i>	0.34	0.26	1.17	6.0	0.29	0.33	0.43	1.85	6.87	0.50
24	高山唐松草 <i>Thalictrum alpinum</i>	0.50	0.13	0.88	5.0	0.09	0.50	0.29	1.34	5.34	0.20
25	麻花苣 <i>Gentiana straminea</i>	1.34	0.26	1.17	7.0	0.19	1.34	0.43	2.18	6.11	0.30

表 3) . 其中重要值升高幅度较大的前 5 位杂类草为细叶亚菊、柔软紫莞 (*Aster flaccidus*)、美丽凤毛菊 (*Saussurea superba*)、鹅绒萎陵菜 (*Potentilla anserine*) 和西伯利亚蓼 (*Polygonum sibiricum*) , 成为入侵人工草地的先锋种植物。其中细叶亚菊的密度由 3 龄草地的 144 株 $\cdot m^{-2}$ 增加到 6 龄草地的 896 株 $\cdot m^{-2}$, 增加了 5.2 倍; 盖度由 2.2 % 增加到 18 % , 增加了 7.2 倍; 单位面积生物量由 49.6 g $\cdot m^{-2}$ 增加到 432 g $\cdot m^{-2}$, 增加了 7.7 倍; 重要值则由 3 龄草地的 2.69 % 上升为 6 龄草地的 9.39 %。

由图 1 可见, 中华羊茅、细叶亚菊和鹅绒萎陵菜 3 种典型植物种群特征值的变化是退化演替过程中

由图 1 可见, 中华羊茅、细叶亚菊和鹅绒萎陵菜 3 种典型植物种群特征值的变化是退化演替过程中

表3 25种植物的生态位宽度值

Table 3 Niche breadth of 25 plant species

种名 Species	重要值 Importance values (%)				生态位 宽度 Niche breadth	排序 Order
	3龄 Third year	4龄 Fourth year	5龄 Fifth year	6龄 Sixth year		
1	50.1	45.6	39.3	28.3	0.408	1
2	5.19	4.29	3.63	3.47	0.041	5
3	7.15	6.35	5.94	5.36	0.062	3
4	5.21	4.77	4.50	4.15	0.046	4
5	2.66	2.83	2.41	2.36	0.026	8
6	2.12	2.07	1.79	1.79	0.019	12
7	1.68	1.63	1.61	1.48	0.016	17
8	2.69	5.25	9.05	9.39	0.066	2
9	2.27	2.45	4.25	5.73	0.037	6
10	2.29	2.50	3.06	3.75	0.029	7
11	1.38	1.81	2.42	2.76	0.021	10
12	1.28	1.18	1.74	2.21	0.016	18
13	1.15	1.49	1.34	1.93	0.0151	9
14	1.37	1.50	1.34	1.30	0.014	21
15	1.75	2.13	2.28	2.69	0.022	9
16	1.36	1.63	1.88	1.95	0.017	14
17	1.82	2.09	1.99	2.10	0.020	11
18	0.85	1.22	1.32	1.47	0.012	23
19	0.87	0.85	1.06	1.19	0.010	24
20	0.85	0.78	1.08	1.19	0.010	25
21	1.05	1.28	1.56	1.63	0.014	20
22	1.30	1.50	1.61	1.82	0.016	16
23	1.26	1.48	1.61	2.00	0.016	15
24	0.98	1.20	1.32	1.53	0.013	22
25	1.70	1.93	1.99	2.07	0.019	13

1) 中华羊茅 *Festuca sinensis*, 2) 羊茅 *F. ovina*, 3) 老芒麦 *Elymus sibiricus*, 4) 垂穗披碱草 *E. nutans*, 5) 早熟禾 *Poa crymophina*, 6) 荻草 *Koeleria cristata*, 7) 扁穗冰草 *Agropyron cristatum*, 8) 细叶亚菊 *Ajania tenuifolia*, 9) 柔软紫莞 *Aster flaccidus*, 10) 美丽凤毛菊 *Saussurea superba*, 11) 鹅绒委陵菜 *Potentilla anserine*, 12) 雅毛茛 *Ranunculus pulchellus*, 13) 露蕊乌头 *Aconitum gymanandrum*, 14) 圆果刺参 *Morina chinensis*, 15) 西伯利亚蓼 *Polygonum sibiricum*, 16) 珠芽蓼 *P. viviparum*, 17) 萼果香薷 *Elsholtzia calycocarpa*, 18) 甘肃马先蒿 *Pedicularis kansuensis*, 19) 甘肃棘豆 *Oxytropis kansuensis*, 20) 兰花棘豆 *O. ochrocephala*, 21) 兰石草 *Lancea tibetica*, 22) 紫花地丁 *Viola yedoensis*, 23) 海乳草 *Glaux maritima*, 24) 高山唐松草 *Thalictrum alpinum*, 25) 麻花苳 *Gentiana straminea*. 下同 The same below.

表4 25种植物的生态位重叠值矩阵

Table 4 Niche overlaps of 25 plant species

种名 Species	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	
1																										
2	0.102																									
3	0.152	0.669																								
4	0.114	0.890	0.751																							
5	0.063	0.619	0.414	0.551																						
6	0.048	0.475	0.317	0.422	0.767																					
7	0.039	0.386	0.258	0.344	0.624	0.813																				
8	0.162	0.534	0.729	0.611	0.389	0.298	0.243																			
9	0.090	0.713	0.362	0.704	0.646	0.535	0.435	0.557																		
10	0.071	0.683	0.468	0.623	0.824	0.678	0.552	0.440	0.784																	
11	0.051	0.505	0.338	0.449	0.776	0.809	0.729	0.317	0.569	0.722																
12	0.039	0.387	0.258	0.344	0.625	0.761	0.866	0.243	0.436	0.553	0.766															
13	0.036	0.356	0.238	0.317	0.576	0.733	0.853	0.224	0.402	0.509	0.706	0.874														
14	0.034	0.332	0.222	0.796	0.537	0.700	0.861	0.209	0.375	0.475	0.658	0.796	0.893													
15	0.054	0.534	0.357	0.475	0.830	0.836	0.723	0.335	0.602	0.763	0.922	0.724	0.668	0.623												
16	0.042	0.411	0.275	0.366	0.665	0.835	0.891	0.259	0.464	0.588	0.815	0.902	0.867	0.806	0.771											
17	0.049	0.483	0.323	0.429	0.780	0.934	0.800	0.303	0.544	0.690	0.870	0.788	0.739	0.689	0.896	0.853										
18	0.030	0.293	0.196	0.261	0.474	0.618	0.759	0.184	0.331	0.419	0.581	0.752	0.822	0.851	0.549	0.713	0.608									
19	0.024	0.239	0.160	0.213	0.387	0.504	0.620	0.150	0.270	0.342	0.474	0.619	0.672	0.721	0.449	0.582	0.496	0.813								
20	0.024	0.235	0.157	0.209	0.380	0.500	0.609	0.148	0.265	0.336	0.466	0.608	0.660	0.708	0.441	0.572	0.488	0.802	0.977							
21	0.034	0.333	0.223	0.296	0.538	0.701	0.839	0.209	0.376	0.476	0.659	0.846	0.897	0.900	0.624	0.809	0.690	0.880	0.719	0.707						
22	0.038	0.376	0.251	0.334	0.607	0.788	0.920	0.236	0.424	0.537	0.744	0.919	0.931	0.873	0.704	0.913	0.779	0.780	0.637	0.626	0.886					
23	0.039	0.383	0.256	0.341	0.619	0.780	0.911	0.241	0.432	0.547	0.759	0.944	0.929	0.847	0.718	0.924	0.794	0.765	0.625	0.614	0.869	0.972				
24	0.031	0.303	0.203	0.270	0.490	0.639	0.778	0.191	0.342	0.434	0.601	0.782	0.851	0.871	0.568	0.738	0.629	0.962	0.789	0.775	0.911	0.807	0.972			
25	0.047	0.464	0.310	0.413	0.750	0.916	0.832	0.292	0.523	0.663	0.866	0.815	0.769	0.717	0.869	0.887	0.961	0.632	0.516	0.507	0.718	0.810	0.826	0.654		

最明显的变化,观测和分析这一过程可找出草地退化原因和防治措施.中华羊茅人工草地的阔叶杂草可有针对性的选择2,4-D丁酯予以防治^[10].

3.3 各组分种的生态位分析

3.3.1 生态位宽度分析 在中华羊茅人工草地中,伴随着草地利用年限的延长,一些阔叶杂草因其对人工草地特殊环境的适应性和资源利用竞争能力较强,能在植物群落中迅速发展其种群,提高其在群落中的地位.入侵杂草各种群的迅速扩展,形成对栽培牧草的资源利用竞争性抑制,是人工草地发生急速退化演替的主要原因之一^[10].生态位宽度和生态位重叠是分析植物群落中各组分种资源竞争能力的重要指标^[1-7].对常见25种植物的生态位宽度和生态位重叠的计测结果见表3、4.

从表3可以看出,在3龄~6龄中华羊茅人工草地植物群落中,生态位宽度值排序在前10位以内的组分种除栽培牧草中华羊茅和伴生的羊茅(*Festuca ovina*)、垂穗披碱草(*Elymus nutans*)、老芒麦(*Elymus sibiricus*) (排序依次为1、5、4、3)等禾本科牧草有较高的生态位宽度值外,细叶亚菊、柔软紫莞、美丽凤毛菊和西伯利亚蓼(排序依次为2、6、7、9)等阔叶杂草亦具有较大的生态位宽度值.这些植物是入侵人工草地的先锋植物,也是该阶段植物群落演替过程中逐步取代栽培种中华羊茅优势种地位的主要组分种.各种入侵杂草中,尤以细叶亚菊对草

地退化的作用为甚.因此,细叶亚菊常被作为这类人工草地退化程度的指示植物^[9].

3.3.2 生态位重叠值分析 由 25 种植物的生态位重叠值矩阵(表 4)可以看出,在大多数情况下,栽培牧草中华羊茅与草地中其它植物的生态位重叠值相对于其它两种杂类草植物之间的生态位重叠值要小得多.从资源利用竞争的角度来看,说明老芒麦具有相对独特的资源利用竞争能力.当设法满足其特殊需要(如较高的土壤有效养分供应能力)时,即可增强老芒麦对杂类草的竞争性抑制作用.这与生产中的当老芒麦草地土壤肥力充足或加以施肥措施,可有效防止该类草地退化现象发生的结论相一致.

4 讨 论

中华羊茅草地退化演替的过程是一个植物种数逐渐增加,丰富度指数和多样性指数逐渐上升的过程,组分种的分布伴随演替的进行亦趋于均匀化,从而使群落的结构复杂化,群落稳定性逐渐增加.因此,经过几年的急速退化以后,演替速度渐趋缓慢.退化演替的方向趋向于当地天然草地植物群落结构.这与王刚^[8]等的结论相一致.

以中华羊茅为组分种之一的植物种对间的生态位重叠值明显小于两种阔叶杂草种对间的生态位重叠值,说明中华羊茅在人工草地特殊环境下具有资源利用选择的特殊性.设法满足这种特殊需要,可提高其生长竞争能力,有效地抑制阔叶杂草及草地的退化.

细叶亚菊等阔叶杂草的入侵及其对栽培牧草中华羊茅种群的竞争性抑制是这种草地退化的重要原因之一.应该将一些具有较大的生态位宽度的阔叶杂草作为主要的防除对象.为使中华羊茅人工草地能够持续利用,采取灭除杂草等管理措施十分必要.

这已得到相关实验研究的支持^[10].

参考文献

- 1 Abrams PA. 1987. Alternative models of character displacement and niche shift. I. Adaptive shifts in resource use when there is competition for nutritionally nonsubstitutable resources. *Evolution*, **41** (3): 651 ~ 661
- 2 Colwell RK, Futuyma DJ. 1971. On the measurement of niche breadth and overlap. *Ecology*, **52**: 567 ~ 570
- 3 Pika ER. 1981. Competition and niche theory. In: May RM eds. *Theoretical Ecology, Principles and Applications*. Oxford: Blackwell Scientific Press.
- 4 Shugart HH, Bonan GB. 1988. Niche theory and community organization. *Can J Bot*, **66**: 2634 ~ 2639
- 5 Wang G(王刚). 1984. On the measurement of niche overlap in plant communities. *Acta Phytoecol et Geobot Sin* (植物生态学与地植物学学报), **8**(4): 229 ~ 235 (in Chinese)
- 6 Wang G(王刚). 1990. A discussion on some aspects of niche theory. *J Lanzhou Univ* (兰州大学学报), **26**(2): 109 ~ 113 (in Chinese)
- 7 Wang G(王刚), Zhao S-L(赵松岭), Zhang P-Y(张鹏云), et al. 1984. On the definition of niche and the improved formula for measuring niche overlap. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **4**(2): 119 ~ 127 (in Chinese)
- 8 Wang G(王刚), Jiang W-L(蒋文兰). 1998. *Studies on the Population Ecology of Artificial Grassland*. Lanzhou: Gansu Science and Technology Press. 196 ~ 243 (in Chinese)
- 9 Zhang B-C(张宝琛), Gu L-H(顾立华), Zhen R-D(甄润德), et al. 1986. Studies on the allelopathy in the natural degenerated process of man-made grassland on alpine meadow: I. Correlation between the degeneration speed of artificial *Elymus nutans* grassland and the invasion *Ajania tenuifolia*. In: Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences eds. *The Proceedings of the International Symposium of Alpine Meadow Ecosystem*. Beijing: Science Press. 189 (in Chinese)
- 10 Zhang Y-S(张耀生), Zhou X-M(周兴民), Wang Q-J(王启基), et al. 1993. Weeding experiments by applying 2,4-D Butyl to *Festuca sinensis* in artificial grasslands. *Grassl China* (中国草地), **15**(1): 47 ~ 51 (in Chinese)

作者简介 张耀生,男,1953年生,副研究员,主要从事草地生态学研究,发表论著 30 余篇(部). Tel: 0971-6109359, E-mail: yaoshz@sina.com or zys@mail.nwjpb.ac.cn