

# 黄土高原草原植被的自然恢复演替及调节

邹厚远 程积民 周 麟

(中国科学院  
水 利 部水土保持研究所 陕西杨陵 712100)

Akio Hongo

(Laboratory of Grassland Ecology Obihiro University Inada Obihiro Hokkaido Japan 080)

**摘 要** 从弃耕地香茅草群落恢复演替到长芒草原生植被需要四五十年时间,可见原生植被破坏后的自然恢复是相当缓慢的。通过补播优良牧草沙打旺和兴安胡枝子能加速植被的恢复,只需10年左右的时间即可由弃耕地或退化草地百里香群落演替到长芒草群落。

**关键词** 黄土高原 草原植被 恢复演替 调节

## Natural Recoverage Succession and Regulation of the Prairie Vegetation on the Loess Plateau

Zou Houyuan Cheng Jimin Zhou Lin

(Institute of Soil and Water Conservation, Chinese Academy of Sciences  
and Ministry of Water Resources Yangling Shaanxi 712100)

Akio Hongo

(Laboratory of Grassland Ecology Obihiro University Inada Obihiro Hokkaido Japan 080)

**Abstract** From the recoverage of *Hierochloe odorata* population on the wasteland succeeding to the original vegetation of *Stipa bungeana*, it would spend forty to fifty years. Therefore, from the original vegetation destroying to the natural recovering, it is a very slow process. The results indicated that vegetation recoverage was able to be accelerated by supplemental planting fine pasture, *Astragalus adsurgens* and *Lespedeza dahurica*. From the population of *Thymus mongolicus* on the waste or degraded grassland to succeed to the ploulation of *Stipa bungeana*, it spent only about ten years.

**Key words** Loess Plateau prairie vegetation recovering succession regulation

固原县至今虽然还残留天然草场24万  $\text{hm}^2$ ,但由于过牧加之继续被开垦,草场退化严重,植被稀疏,不仅严重影响畜牧业发展,并加剧了生态环境的恶化。为此,研究了退化草地植被在封禁条件下的恢复演替过程,及播种优良牧草后对恢复的影响,以期掌握草原植被的恢复演替

规律及调节途径。

## 1 试验区自然条件

自然恢复演替试验在固原云雾山草原自然保护区进行。该保护区位于固原县东北部,处北纬 $36^{\circ}13' \sim 36^{\circ}19'$ 和东经 $106^{\circ}24' \sim 106^{\circ}28'$ ,海拔 $1\ 800 \sim 2\ 100\text{m}$ ,最高 $2\ 148.4\text{m}$ ,大部分在 $2\ 000\text{m}$ 以下。年平均气温 $4 \sim 6^{\circ}\text{C}$ , $\geq 10^{\circ}\text{C}$ 年积温 $2\ 370 \sim 2\ 882^{\circ}\text{C}$ ,无霜期 $112 \sim 137\text{d}$ 。年平均降水量 $400 \sim 450\text{mm}$ ,干燥度为 $1.68$ 。土壤为山地灰褐土和淡黑垆土。植被为草原,除有的沟道阴坡半阴坡分布有中生灌丛外,绝大部分山坡及沟道为草原所占据,保护区呈典型的低山丘陵草原景观。

补播优良牧草的影响在保护区附近的固原县河川草场改良试验区及陕西省吴旗飞播沙打旺试验区进行,均为典型的黄土丘陵草原地区。

## 2 试验方法

1990年8月,根据对保护区植被的勘察,选择18处有1983年植被调查资料且能比较全面代表保护区植被特点的群落地段进行了植被变化的详细调查,及其相应的土壤水分、养分(有机质、全氮)测定。水分测定,取样深度 $100\text{cm}$ ,每 $20\text{cm}$ 取一层,共5层。在坡位的上、中、下各取样一次,最后取其平均值。养分测定,取样深度 $30\text{cm}$ , $0 \sim 5\text{cm}$ 、 $5 \sim 15\text{cm}$ 、 $15 \sim 30\text{cm}$ ,共3层,在坡位的上、中、下各取样一次。以后又根据1983年到1990年7月期间群落在时间序列上的变化(演替)以及结合群落特征、环境特征的变化,最后从18个群落地段中选定12个群落地段进行自然恢复演替的研究。在群落地段选定之后,取样技术采用常规的 $1\text{m}^2$ 样方进行植被特征调查,描述样方每一地段随机重复5次,记载种类组成、密度、盖度、高度,并测定总生物量以及主要种的生物量;频度样方重复10次,测定物种的频度值。研究方法除以上传统的定性研究外,还借助于计算机进行定量分析研究。

1986~1988年和1990年分别在河川草场改良试验区和陕西吴旗县飞播试验区,选择退化草地百里香群落(并开始播种沙打旺或兴安胡枝子)、4~5年生改良草地沙打旺群落或兴安胡枝子群落及9~12年生(或7~8年生)改良草地——衰败的沙打旺群落,即长芒草群落或9~10年生改良草地——长芒草十兴安胡枝子群落进行播种对恢复影响的研究。

每个草地类型的群落调查样方30个,样方面积 $1\text{m}^2$ 。统计记载每个种群频度(%)、盖度(%)和密度(株/ $\text{m}^2$ )这三个重要的群落学特征,它们能反映一个种群在群落中的竞争能力。根据频度和盖度这两个数量指标计算一个种群在群落中的重要值(重要值由频度与盖度的乘积求得)。根据主要植物种群的重要群落学特征,分析研究沙打旺或兴安胡枝子改良草地上主要种群的演变过程,揭示沙打旺或兴安胡枝子种群对草原植被恢复演替的影响。

## 3 结果与分析

### 3.1 自然恢复演替

选择蒲川西梁东坡、蒲川南梁东坡、堡子梁东坡、马场脑东坡及马场脑东北坡等5个地区进行植被调查。其中前两个地段是典型的弃耕地,但具体的弃耕年限已无可考证,据访问仅知道它们弃耕的先后顺序,后3个地段是自然地段。5年地段海拔、坡度、坡向、坡位大致相似,故可作为一个系列进行研究。其群落特征如表1、表2。现将各演替阶段分述如下:

香茅草单优群落阶段:这是1983年调查时的群落情况,弃耕年据调查距现在有15年左右的时间。在当地条件下,它是弃耕地上发生的先锋群落。单优建群种香茅草是一种根茎型旱生禾草,在弃耕后相对疏松、通气较好的土壤条件下能够快速营养繁殖,优先占据生态位达到优势地位而发展为建群种。优势植物为一年生旱生草本猪毛蒿;整个群落种类组成8种植物,全部为旱生植物,一年生植物3种,占38%,多年生植物5种,占62%,群落总盖度57.5%,总生物量135.3g/m<sup>2</sup>,群落结构简单。

随着大量新的植物种的侵入(或原土壤中残留的原群落植物种子、繁殖体),生长发育,使得原群落各种间发生新的生存竞争,原建群种香茅草的优势地位发生动摇,而被竞争力更强的其它物种所代替,随之群落也发生相应的演替,原群落被新的群落所代替。

表1 弃耕地演替群落特征

群落	建群种	优势种及主要伴生种	群落特征					总盖度(%)
			总物种	一年生植物百分数(%)	多年生植物百分数(%)	旱生-中旱生百分数	中生-旱中生百分数(%)	
香茅	香茅	猪毛蒿	8	38	62	100	0	57.5
百里香+杂类草	百里香	阿尔泰狗娃花 黄蒿	22	0.5	95.5	82	18	70
长芒草+百里香	长芒草	百里香 猪毛蒿	38	11	89	66	34	50
长芒草+铁杆蒿	长芒草	铁杆蒿 花苜蓿	26	0	100	62	38	114.5
长芒草+大针茅	长芒草	大针茅 铁杆蒿	25	0	100	56	44	136.6
白颖苔草+杂类草甸	白颖苔草	大针茅、长芒草 小黄菊、拂子茅 风毛菊、花苜蓿	26	0	100	42	58	123.5

群落	建群种	优势种及主要伴生种	群落特征			环境特征			
			结构			总生物量 g/m <sup>2</sup>	土壤水分 (%)	有机质 (%)	全氮 (%)
			1 cm	2 cm	3 cm				
香茅	香茅	猪毛蒿	10~27 群落高27	5~0	/	135.3			
百里香+杂类草	百里香	阿尔泰狗娃花 黄蒿	25~10 群落高25	10~0	/	278	13.28	2.011	0.365
长芒草+百里香	长芒草	百里香 猪毛蒿	22~10 群落高40	10~0	/	173.7			
长芒草+铁杆蒿	长芒草	铁杆蒿 花苜蓿	33~20 群落高80	17~5	5~0	613.3	19.23	3.624	
长芒草+大针茅	长芒草	大针茅 铁杆蒿	40~20 群落高80	17~7	7~0	484.0	25.8	4.687	0.475
白颖苔草+杂类草甸	白颖苔草	大针茅、长芒草 小黄菊、拂子茅 风毛菊、花苜蓿	40~25 群落高85	20~10	10~0	747.3	27.86	5.043	0.616

有一层较干的  
枯枝叶层  
  
两层枯枝叶  
层,上层干、  
下层湿,褐色

百里香+杂草类阶段:这一阶段由原香茅草群落地段经过7年发展而来(同一空间),以多年生旱生小半灌木百里香为建群种,多年生旱生草本植物阿尔泰狗娃花和一年生旱生草本植

表2 弃耕地演替群落主要特征

种名	香茅			重要值	百里香+杂类草			重要值	长芒草+百里香+杂类草			重要值
	密度	盖度	频度		密度	盖度	频度		密度	盖度	频度	
狼毒	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.3	30	0.09
直茎点地梅	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0.2	40	0.08
野亚麻	0	0	0	0	0	0	0	0	8	1.5	40	0.6
中国委陵菜	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.6	90	0.54
地丁	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0.7	90	0.63
牛儿苗	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0.6	10	0.06
糙叶黄芪	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
白颖苔草	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
蓬子菜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
柴胡	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
野葱	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
茺蒿	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
风毛菊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
拂子茅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
雪花点地梅	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
小黄菊	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
异叶青兰	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
蒲公英	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
火绒草	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

种名	长芒草+铁杆蒿			重要值	长芒草+大针叶			重要值	白颖苔草+杂类草草甸			重要值
	密度	盖度	频度		密度	盖度	频度		密度	盖度	频度	
狼毒	1	0.2	30	0.06	0	0	0	0	1.3	0.2	40	0.08
直茎点地梅	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	0	0
野亚麻	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
中国委陵菜	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
地丁	0	0	0	0	0	0	0	0	1.3	0.25	30	0.075
牛儿苗	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
糙叶黄芪	11	8.3	70	5.81	10	10	70	7	8.7	4	70	2.8
白颖苔草	30	8.3	100	8.3	14.3	4.3	60	2.58	18	26.7	100	26.7
蓬子菜	14	5	70	3.5	0	0	0	0	13.3	3.3	100	3.3
柴胡	2.6	0.2	30	0.06	0	0	0	0	4.7	0.3	100	0.3
野葱	1	0.25	30	0.075	0	0	0	0	0	0	0	0
茺蒿	0	0	0	0	5	3.3	30	0.99	0	0	0	0
风毛菊	0	0	0	0	0	0	0	0	4	5	30	1.5
拂子茅	0	0	0	0	0	0	0	0	16.3	9.5	100	9.5
雪花点地梅	0	0	0	0	0	0	0	0	6.7	1	100	1
小黄菊	0	0	0	0	0	0	0	0	21	21.7	100	21.7
异叶青兰	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0.7	30	0.21
蒲公英	0	0	0	0	0	0	0	0	2.3	0.5	30	0.15
火绒草	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0.6	70	0.42

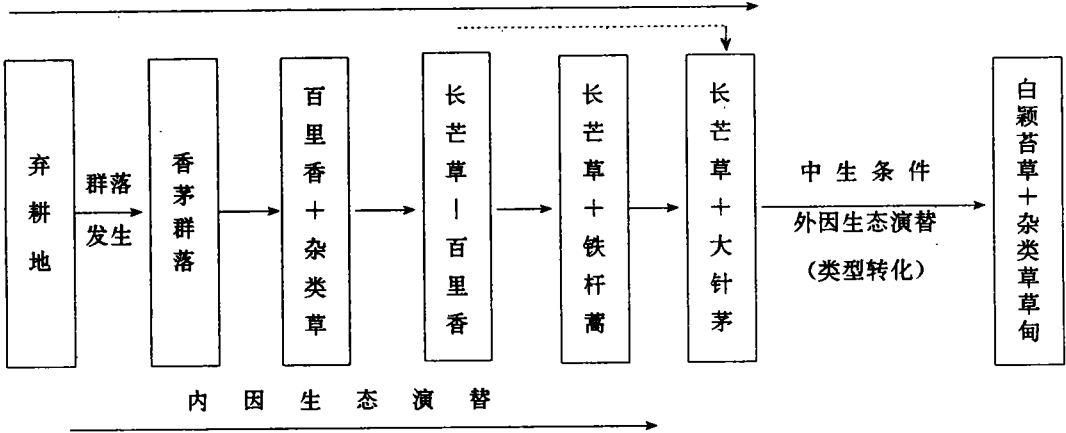
续表2

种名	香茅					百里香+杂类草				
	密度	盖度	频度	重要值	总生物量	密度	盖度	频度	重要值	总生物量
香茅草	1000	45	100	45	135.3	18.3	3.5	100	3.5	227.7
猪毛蒿	40	10	90	9		0	0	0	0	
阿尔泰狗娃花	1	0.5	100	0.5		13.6	10	100	10	
苦苣菜	4	0.5	90	0.45		6	0.8	70	0.56	
二色棘豆	3	0.9	90	0.81		3	0.7	70	0.49	
二裂委陵菜	2	0.3	70	0.21		2.3	0.2	70	0.14	
绿叶龙胆	1	0.1	30	0.03		0	0	0	0	
百里香	0	0	0	0		25.3	20	100	20	
星毛委陵菜	0	0	0	0		26.3	7	100	7	
早熟禾	0	0	0	0		6.7	3	80	2.4	
黄花蒿	0	0	0	0		20	13.6	100	13.6	
扁穗冰草	0	0	0	0		1.3	0.2	30	0.06	
花苜蓿	0	0	0	0		9	1.7	100	1.7	
披针叶黄华	0	0	0	0		2.3	0.5	100	0.5	
厚穗滨草	0	0	0	0		4.3	1.3	70	0.91	
大针茅	0	0	0	0		4.3	2	50	1	
长芒草	0	0	0	0		6	3.0	80	2.4	
紫穗鹅冠草	0	0	0	0		1	0.2	20	0.04	
翠雀	0	0	0	0		1	0.2	20	0.04	
冷蒿	0	0	0	0		1	0.2	40	0.08	
铁杆蒿	0	0	0	0		0	0	0	0	
种名	长芒草+百里香					长芒草+铁杆蒿				
	密度	盖度	频度	重要值	总生物量	密度	盖度	频度	重要值	总生物量
香茅草	0	0	0	0	173.7	0	0	0	0	613.3
猪毛蒿	88	10	70	7		0	0	0	0	
阿尔泰狗娃花	8	2	70	1.4		1.3	0.35	30	0.105	
苦苣菜	11	0.7	100	0.7		0	0	0	0	
二色棘豆	12	4	90	3.6		0	0	0	0	
二裂委陵菜	0	0	0	0		0	0	0	0	
绿叶龙胆	0	0	0	0		0	0	0	0	
百里香	18	18	100	18		11.7	3	100	3	
星毛委陵菜	95	5	100	5		0	0	0	0	
早熟禾	0	0	0	0		13.6	5	100	5	
黄花蒿	0	0	0	0		0	0	0	0	
扁穗冰草	8	0.8	20	0.16		0	0	0	0	
花苜蓿	0	0	0	0		20	13.3	100	13.3	
披针叶黄华	0	0	0	0		0	0	0	0	
厚穗滨草	1	0.2	60	0.12		0	0	0	0	
大针茅	0	0	0	0		5	5	70	3.5	
长芒草	54	20	100	20		26.7	31.7	100	31.7	
紫穗鹅冠草	0	0	0	0		5.3	1.6	30	0.48	
翠雀	0	0	0	0		2	0.2	30	0.06	
冷蒿	13	3	70	2.1		6.7	6.7	30	2.01	
铁杆蒿	8	3	40	1.2		22.7	26.7	100	26.7	

续表2

种名	长芒草+大针茅					白颖苔草+杂类草草甸			
	密度	盖度	频度	重要值	总生物量	密度	盖度	频度	重要值
香茅草	0	0	0	0	484	0	0	0	0
猪毛蒿	0	0	0	0		0	0	0	0
阿尔泰狗娃花	0	0	0	0		0	0	0	0
苦苣菜	0	0	0	0		0	0	0	0
二色棘豆	0	0	0	0		0	0	0	0
二裂委陵菜	0	0	0	0		3	0.2	70	0.14
鳞叶龙胆	0	0	0	0		0	0	0	0
百里香	8.3	2.5	70	1.75		10	1.7	70	1.19
星毛委陵菜	2.7	0.25	20	0.05		9.6	1.7	70	1.19
早熟禾	3	0.3	20	0.06		4.3	0.9	70	0.63
黄花蒿	0	0	0	0		0	0	0	0
扁穗冰草	2.3	0.3	20	0.06		0	0	0	0
花苜蓿	22.3	11.7	100	11.7		11.3	6.7	100	6.7
披针叶黄华	0	0	0	0		0	0	0	0
厚穗滨草	0	0	0	0		10	2	100	2
大针茅	18	25	100	25		8.3	15	70	10.5
长芒草	25.6	36	100	36		16	11.7	100	11.7
紫穗鹅冠草	0	0	0	0		3.7	1	70	0.7
翠雀	0	0	0	0		5.7	0.7	100	0.7
冷蒿	5	0.75	20	0.15		0	0	0	0
铁杆蒿	8	7	30	2.1		2.6	1	30	0.3

渐趋中生，但不达中生



注：——→ 实际观察到的演替， - - - - -→ 理论推测。

图1 云雾山草原自然保护区弃耕地自然恢复演替图

物黄花蒿为优势种。建群种百里香是一种俯卧的旱生小半灌木，高3~10cm，多分枝，茎直立或伏卧，常成丛状分布，形成特有的“百里香墩子”，有横生的地下茎，在营养枝条的基部有许多密被的白色绒毛和鳞片包被的更新芽，因处在木质化的茎基部，所以常被埋在薄层的沙土中，遇到雨水可萌发形成新枝。更新芽所在的位置也防御了牲畜的践踏，同时它又能适应粗骨土和砾石质坡地，在固定沙地和沙质草原上也能生长<sup>[1,2]</sup>。该群落种类成分22种，除黄花蒿为一年生植物外，其余全部为多年生植物；旱生、中旱生植物18种，占82%，中生、旱中生植物4种，占18%，群落总盖度70%，总生物量278g/m<sup>2</sup>；群落水平结构因“百里香墩子”的形成而呈一定镶嵌性；垂直结构分化为2层，第一层25~10cm，其主成分为阿尔泰狗娃花、黄花蒿，第二层10cm以下，

主成分为百里香、星毛委陵菜等。

长芒草—百里香群落阶段：该群落地段位于蒲川南梁东坡，据访问调查弃耕年限有20多年，可视为上一阶段的进一步演替阶段。该群落以长芒草为建群种，百里香为亚建群种，铁杆蒿、星毛委陵菜、冷蒿、猪毛蒿及阿尔泰狗娃花为主要伴生种。建群种长芒草是一种喜暖旱生丛生禾草，是黄土高原地区草原植被的最重要的建群种之一。长芒草常形成不大的密集草丛，叶层高20~30cm，生殖枝一般40cm，叶片细长、内卷。3月中下旬，开始萌发，6月初至6月上旬抽穗开花，雨季来临之前，已进入营养后期。秋季叶鞘基部生有珠芽，珠芽脱离母体，能形成新的植株，这是长芒草除种子繁殖外的另一种特殊繁殖方式<sup>[1,2]</sup>。该群落种类成分38种，其中一年生植物4种，占11%，多年生植物34种，占89%。从水分生态型来看，旱生、中旱生植物占66%，中生、旱中生植物占34%，群落总盖度50%，总生物量173.7g/m<sup>2</sup>。群落水平结构一般是在百里香墩子之间为长芒草的生境，可见长芒草的侵入是首先从百里香株丛间的空地开始的，群落垂直结构为两层，第一层22~10cm，主成分为长芒草、铁杆蒿；第二层，10cm以下，主成分为百里香、星毛委陵菜。与前一演替阶段相比，长芒草在群落中的重要性大幅度增加而成为建群种，百里香下降为亚建群种或优势种，原百里香群落的优势种阿尔泰狗娃花及黄花蒿地位急剧下降，黄花蒿从群落中消失，而铁杆蒿地位上升。

长芒草+铁杆蒿群落阶段：该群落地段位于堡子梁东坡，1983年调查该地段群落与上一演替阶段相似。因此长芒草+铁杆蒿群落可认为是上一演替阶段在7年期间的进一步发展。在这一发展过程中，长芒草的重要性继续提高，而百里香的亚建群种地位下降代之而起的是铁杆蒿种群地位提高，最终发展成为这一阶段的共建种之一（或亚建群种）。值得注意的是在这一过程中大针茅和白颖苔草种群的地位有所提高，成为重要的伴生种。共建种铁杆蒿为半灌木，根系发达，主根可深达30cm以下，根系主要分布在10cm以内，抗旱力比较强，其结实量大，种子繁殖力很强，且根蘖性强，能从母株不断长出新株，形成较大的株丛。此外，还具有一定的耐阴性，这就决定了它既可作为草原建群种与长芒草草原成复区存在，又能在落叶阔叶林区广泛分布，甚至可生长于林下<sup>[3]</sup>。该群落种类成分26种，全部为多年生植物，旱生、中旱生植物16种，占62%，中生、旱中生植物14种，占38%，群落总盖度114.5%（分种盖度之和），总生物量613.3g/m<sup>2</sup>。群落水平结构呈长芒草位于铁杆蒿株丛之间，但铁杆蒿株丛附近亦有长芒草幼苗存在；垂直结构分化为3层，第一层33~20cm，主成分为长芒草、大针茅，第二层17~5cm，主成分为铁杆蒿、白颖苔草、蓬子菜、早熟禾，第三层5~0cm，主成分为糙叶黄芪、花苜蓿。

在此，需要指出：长芒草+百里香群落与长芒草+铁杆蒿群落在本研究中得出的结论是后者演替了前者；但据实地勘察，也有可能这两群落是平行、并列的关系，既不是后者演替前者，也不是前者演替后者，而是各自均可发展到下一演替阶段——长芒草+大针茅群落。这点有待进一步去研究证实。

长芒草+大针茅群落阶段：该群落地段位于马场脑东坡，1983年调查群落为长芒草+铁杆蒿群落与上一演替阶段相似，据1990年调查该地段已发展成为长芒草+大针茅群落。在这一演替过程中，长芒草的优势地位继续上升，而铁杆蒿的优势地位明显下降让位于大针茅种群，而成为伴生种，大针茅成为优势种。大针茅属多年生旱生密丛禾草，植株具发达的须根系，地上部分由多数分蘖形成密集而高大的草丛，丛幅直径一般为20cm左右，草丛基部常有多宿存的枯枝落叶，对保护更新芽越冬具有一定的意义<sup>[2]</sup>。在云雾山，大针茅5月下旬至6月初开始返青，8月上旬为抽穗开花期，8月末9月初果实逐渐成熟，9月下旬开始枯黄，逐渐进入冬眠，旺盛生长

期与长芒草不重叠。长芒草+大针茅群落种类成分25种,全部为多年生植物,其中旱生、中旱生植物占56%,中生、旱中生占44%,群落总盖度136.6%,总生物量484g/m<sup>2</sup>,群落水平结构均一。垂直结构为3层,第一层40~20cm,主成分为长芒草、大针茅,第二层17~7cm,主成分铁杆蒿、芨芨草、早熟禾,第三层7cm以下,主成分为白颖苔草、糙叶黄芪、花苜蓿等;另外,地表上有一层枯枝落叶层。

根据对整个云雾山草原自然保护区植被的全面勘察及典型地段调查研究,可以认为在核心区外围的低海拔较温暖地区及其他类似的黄土丘陵区主要分布为长芒草顶极(也有大针茅零星存在),在核心区内由于海拔较高,气温较低,则大量存在长芒草+大针茅群落,这可视作这一特殊环境下的相对稳定群落阶段,其地位可能继续上升而取代长芒草的优势地位。(建群种地位)而成为大针茅群落或者大针茅+长芒草群落。这与大针茅群落在温带草原地区的分布较长芒草群落偏北是相一致的。<sup>[2]</sup>但长芒草+大针茅群落在更中生化的条件下,如地下水位较高、地下水露头附近,将沿着中生化的草甸(或草原化草甸)方向演替。

白颖苔草+杂类草草甸群落阶段:在马场脑东北坡即长芒草+大针茅群落与一水泉之间,发育着这一草甸群落,可视为长芒草+大针茅群落在中生条件下的演替结果。在这一演替过程中,原群落建群种长芒草及优势种大针茅地位下降代之而起的是中生植物白颖苔草而上升为建群种,其它中生植物拂子茅、小黄菊在群落中的出现而与长芒草、大针茅一起共享优势种的地位。也许群落的进一步发展而使长芒草、大针茅的地位更加下降,白颖苔草、拂子茅、小黄菊的地位继续上升而使群落发展成为更加典型的草甸群落。该群落种类成分26种,全部为多年生植物,旱生、中旱生植物占42%,中生、旱中生植物占58%,中生、旱中生植物略占优势;群落总盖度123.5%,总生物量747.3g/m<sup>2</sup>;群落水平结构较均一。垂直结构分化为3层,第一层40~25cm,主成分为大针茅、长芒草、拂子茅,第二层20~10cm,主成分为白颖苔草、小黄菊,第三层10cm以下,主成分为花苜蓿、风毛菊、糙叶黄芪、蓬子菜。地面有较明显的两层枯枝落叶层,上层较干,下层潮湿呈黑褐色。

由表2、表3及各演替阶段的分述情况可以看出,弃耕地自然恢复演替随演替进程群落有以下几个重要变化:

(1) 由于群落内各物种间的生存竞争,使群落建群种、优势种发生更替,从而推动了植物群落的内因生态演替。

(2) 种多样性。在演替前期呈明显上升趋势,至中前期达到最大,演替后期较中期下降但变化平稳,而随着演替的发展多年生植物及中生、旱中生植物的比例较好的呈正相关增加;一年生植物及早生、中旱生植物比例则相反。

(3) 群落总盖度、总生物量也随着演替的发展而呈逐渐增加趋势。

(4) 群落结构随演替发展而复杂化。

(5) 群落对环境的改造作用随演替发展而增大,中生化增强。其土壤水分、土壤有机质,均呈增加趋势。

由以上分析可以得出以下结论:

(1) 在云雾山立地条件下,弃耕地植被演替的方向是朝着原生植被发展的。

(2) 从弃耕地恢复到原生植被大致需要四五十年的历史,可见原生植被破坏后的自然恢复是相当缓慢的。

(3) 在云雾山立地条件下,长芒草+大针茅群落不可能通过内因生态演替的方式靠其自身



的动力发展为草甸群落,这是由其所处的地带性所决定的。只有在外因提供中生条件下,主要通过外因生态演替的方式方能演替到这一云雾山地区的隐域性群落。

(4)正如前述,演替发展到长芒草+大针茅群落,其一可能要维持相对较长的时期而达到相对稳定阶段,其二发生分异,在气温高、海拔低的地区以长芒草群落为顶极,而在气温低、海拔高的地区则以大针茅为建群种。

(5)由以上分析可得出云雾山草原自然保护区弃耕地自然恢复演替系列如下:

### 3.2 补播对恢复演替的影响

3.2.1 补播沙打旺的影响 沙打旺改良草地上主要种群的演替过程,结果如表3、表4。

表3 沙打旺改良草地上主要种群的演替过程(吴旗)

种群	百里香群落				沙打旺群落				长芒草群落			
	频度 (%)	盖度 (%)	密度 (株/m <sup>2</sup> )	重要值	频度 (%)	盖度 (%)	密度 (株/m <sup>2</sup> )	重要值	频度 (%)	盖度 (%)	密度 (株/m <sup>2</sup> )	重要值
百里香	71	19	73	13.49	8	0.1	1	0.008	10.7	0.5	4.5	0.0535
沙打旺	82	1	18	0.82	77	85	13	65.45	63.3	8	4.5	5.064
长芒草	25	6	31	1.5	19	1.5	9	0.285	98	35	73.8	34.3
糙隐子草	10	0.5	8	0.05	7	0.1	2	0.007	85.7	2	10.9	1.714
兴安胡 枝子	15	0.8	9	0.12	14	0.3	4	0.042	71.4	1	9	0.714
阿尔泰 狗娃花	9	0.8	3	0.072	7	0.2	1	0.014	75	2	7	1.5
大针茅	7	2	9	0.14	6	1	8	0.06	66.7	4	12	2.668
厚穗滨草	6	1	5	0.06	4	0.1	1	0.004	52.4	2	6.6	1.048
冷蒿	56	2.5	12	1.4	35	0.1	4	0.035	42.9	4	3.2	0.1716
星毛委陵菜	64	1.5	15	0.96	21	0.6	5	0.126	21.4	0.4	3.6	0.0856
猪毛蒿	23	2.5	9	0.575	8	0.1	1	0.008	21.5	0.1	0.5	0.0215

从表3可以看出,在沙打旺改良草地上,种群数量变化特点有几种类型:

(1)当沙打旺种群同时大量地人工进入百里香草地成为建群种后,原来的建群种百里香即大幅度减少,以后随沙打旺种群的减少以至消失及长芒草种群逐渐增多,百里香最后在长芒草地上仅有零星生长。

(2)沙打旺种群进入百里香群落成为建群种后,沙打旺种群的数量由起初急剧增加到最高值,以后随着种群的稀疏而逐渐减少,直至最后从群落中完全消失。

(3)当沙打旺种群在百里香草地上骤然成为建群种后,原来的重要伴生种长芒草由于受到沙打旺种群强烈发育的抑制作用,其数量有所减少,伴随着沙打旺种群数量的逐渐减少以至消失,长芒草种群则逐渐增多起来,直至最后形成为以长芒草为建群种的长芒草草地。

(4)糙隐子草、兴安胡枝子、阿尔泰狗娃花、大针茅、厚穗滨草等原来百里香草地上的次要伴生种的数量,与长芒草一样,开始由于受到沙打旺的强烈抑制作用有所减少,而后来发展到长芒草草地则又比原来有大量增加,成为长芒草草地的重要伴生种。

(5)冷蒿、星毛委陵菜、猪毛蒿等原来百里香草地上的重要伴生种与前者不同,不仅在开始受到沙打旺的强烈抑制作用时其数量大为减少,而且到后来的长芒草草地时数量仍比原来的少,成为长芒草草地的次要伴生种。

对上述种群的数量变化机制进行分析,可以认为,由于沙打旺在试验地区受到温度条件的限制,不能开花结实,因而不能自然更新,所以最后从群落中完全消失。

长芒草是这一地区主要顶极群落的建群种,适应力和竞争力强,种源丰富,在保护与合理利用沙打旺草地的先决条件下,于是长芒草占领了随着沙打旺衰败而空出的空间。观察发现,在残败的沙打旺植株基部,土壤隆起而且疏松,有利于长芒草种子的固着萌发与生长,往往在沙打旺残株基部生长数丛至10多丛长芒草幼苗幼株,长芒草能在衰败的沙打旺草地上迅速发育起来,也是与沙打旺为它创造的这一有利小环境条件分不开的。

表4 沙打旺改良草地上主要种群的演替过程(固原)

种群	百里香群落				沙打旺群落				长芒草群落			
	频度 (%)	盖度 (%)	密度 (株/m <sup>2</sup> )	重要值	频度 (%)	盖度 (%)	密度 (株/m <sup>2</sup> )	重要值	频度 (%)	盖度 (%)	密度 (株/m <sup>2</sup> )	重要值
百里香	88	20	81	17.6	100	1	10.2	1	0	0	0	0
沙打旺	92	1	20	0.92	100	85	15	15	100	81	10.1	81
长芒草	36	6	38	2.16	100	2.5	17.2	2.5	100	12	21.8	12
糙隐子草	80	0.1	2	0.08	70	0.1	1.8	0.07	80	0.5	3	0.4
兴安胡 枝子	20	0.2	0.5	0.04	20	0.1	0.2	0.02	100	0.5	3	0.5
阿尔泰 狗娃花	60	0.6	2	0.36	80	0.4	1.8	0.32	80	0.6	2	0.48
厚穗宾草	25	0.2	0.4	0.05	10	0.1	0.2	0.01	50	0.6	1.2	0.30
冷蒿	50	2	10	1	20	0.1	0.5	0.02	0	0	0	0
星毛委 陵菜	75	1.5	13	1.125	50	0.1	1.2	0.05	30	0.1	1	0.03
猪毛蒿	40	2	7	0.8	30	1	2.4	0.3	10	0.1	0.4	0.1
狼毒	50	0.1	1	0.05	40	0.1	0.7	0.04	0	0	0	0

注:长芒草群落目前实际上为沙打旺草地向长芒草草地过渡类型,再经过几年即完全演变为长芒草群落。

百里香草地是长芒草草地过度放牧的最后产物,由于它具有耐牧及地上茎生根繁殖能力,同时牲畜采食不多,所以它成为天然退化草地上的建群种。当沙打旺种群大量进入退化草地后,由于其植株高大及根系极为发达,矮小的百里香在沙打旺种群对阳光、土壤水分与养分的强烈竞争作用下,即迅速从群落中退出,加之百里香在封闭保护条件下比不上长芒草竞争力,也不是自然条件下长芒草草地的主要伴生种,而且结实少、种源少,所以它后来也只能成为长芒草草地的次要伴生种。

糙隐子草、兴安胡枝子、阿尔泰狗娃花、大针茅、厚穗宾草等与百里香相反,一则它们是自然条件下长芒草草地的主要伴生种,二则结实量大,种源比较丰富(厚穗宾草还能进行根茎繁殖),所以它们虽然开始受到沙打旺种群的强烈抑制作用而数量下降,但后来随着长芒草群落的形成又逐渐增多起来,且形成为长芒草草地的主要伴生种。

冷蒿、星毛委陵菜、猪毛蒿等介于前几种植物与百里香之间,它们开始受到沙打旺种群的抑制而数量大为下降,后来在长芒草草地上又有所增加,但少于前几种植物,成为长芒草草地的次要伴生种。

从表4可以看出以上相似的规律。所不同者,由于固原试验区开始沙打旺种群的密度大于陕北试验区,所以百里香受到的抑制作用更强,以至迫使百里香完全从原来的百里香草地上消失。固原试验区大针茅原来分布稀少,所以没有看到大针茅明显增多的现象。固原试验区狼毒这一有毒植物分布较多,它是天然草地退化产物,我们看到茂密的沙打旺草地对它产生的强烈抑制作用,以致使它完全从群落中消失。

百里香草地是长芒草草地过度放牧而退化形成的,是一个广泛分布的草原群系。当沙打旺种群人工进入百里香草地后,从表3可以看出,由于沙打旺种群数量大、生长快,而且竞争力极

强,沙打旺种群即迅速占领很大的空间,从第2年起即形成单优沙打旺草地,至第4年沙打旺草地发育完善,地上部生物生产量达到最高值,从第5年起逐渐稀疏,产量下降。随着沙打旺种群逐渐稀疏与衰退,长芒草种群则逐渐增多兴盛起来,至第9~10年,衰退的沙打旺草地即完全演变成为长芒草草地。在沙打旺种群人工大量进入百里香群落的作用下,仅仅经过10年的时间,原来的百里香群落先演替到沙打旺群落,然后又进一步演替到长芒草群落。很显然,这是一个快速短期人为演替过程。其演替式可用图1表示。百里香、沙打旺、长芒草群落是3个性质不同的群落,其群落特征如表5所示。

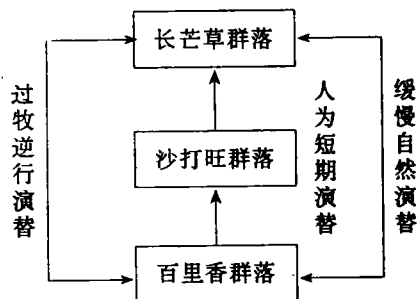


图1 沙打旺种群进入百里香群落后引起的植被演替过程

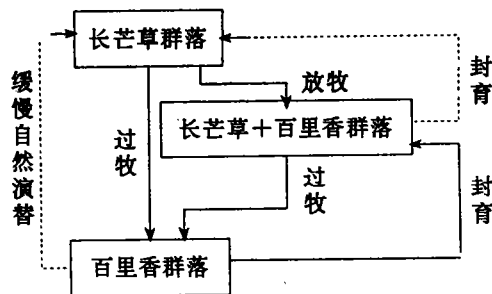


图2 百里香群落自然恢复演替过程

但百里香草地经过自然封育,其植被的恢复演替过程与沙打旺种群引起的人为演替有所不同。据两个试验区的植被封育试验,百里香群落一般需要经过5~7年,才能逐渐恢复到以百里香和长芒草为共建种的百里香+长芒草群落;再由百里香+长芒草群落演替到长芒草群落(图2),则需要更长的时间,并有待今后试验观察来回答。长芒草群落在正常放牧条件下,一般只逆行演替到以长芒草和百里香为共建种的长芒草+百里香群落,只有在过牧条件下,才退化到百里香群落。长芒草群落为顶极,则长芒草+百里香群落为偏途顶极。该偏途顶极在正常放牧条件下能够维持长期的稳定性,并与大气候条件相适应。百里香群落经过自然封育,一般能较快地恢复演替到百里香+长芒草偏途顶极;而要进一步演替到长芒草顶极,则需很长的时间才能完成。由此可以看出,人工沙打旺种群大量进入百里香群落后,不仅能促进百里香群落经过沙打旺群落演替到长芒草群落,同时仅需10年的时间即可完成这一演替过程,并且不必经过长芒草+百里香这一偏途顶极,即可演替到顶极。所以,沙打旺种群对草原植被演替的作用,在于不经过百里香+长芒草偏途顶极,在很短时间内促使草原植被从百里香群落恢复演替到长芒草顶极群落。

分析其作用机制,在于沙打旺种群大量人工进入百里香群落后,以它的强大竞争能力,迅速将百里香排挤出群落以外,从而为长芒草种群占领随着沙打旺种群的自然衰退而让出的空间创造了条件。经过封育任其百里香草地自然恢复演替的条件下,随着长芒草种群的进入与增加,当长芒草种群与百里香种群的相互竞争关系达到一个相对平衡点后,即形成以百里香长芒草为共建种的百里香+长芒草群落,以后则需要很长的时间,长芒草种群才能逐渐排挤百里香种群而恢复演替到长芒草群落。在多处弃耕地上观察到播入沙打旺后的上述群落演变过程。

3.2.2 补播兴安胡枝子的影响 结果如表6所示,兴安胡枝子与沙打旺不同,沙打旺虽然在该地区有野生种分布,但数量甚少,试验采用的是栽培种,栽培种在该地区不能开花结果与自然更新,而兴安胡枝子是当地野生区系植物,能正常开花结实与自然更新,所以兴安胡枝

表5 百里香、沙打旺、长芒草群落的群落学特征比较

特征	百里香群落	沙打旺群落	长芒草群落	备 注
总盖度(%)	35	85	55~60	自然界发育成熟的长芒草群落达80%以上
种类成分数目(m <sup>2</sup> )	10种左右	10种左右	20种左右	
结构	只有一低矮稀疏草层	只有一高大的沙打旺草层,其枝叶上下分布均匀	上下均匀2层草层	
生物生产量(kg/hm <sup>2</sup> ,干重)	750~1050	4050~4500	2250~3000	自然界发育成熟的长芒草群落达3750kg/hm <sup>2</sup> 以上
对环境的影响	水土流失较重	水土流失轻	水土流失较轻	自然界发育成熟的长芒草群落的水土流失轻

表6 兴安胡枝子改良草地主要种群的演替过程(固原)

种群	百里香群落				兴安胡枝子,百里香群落				长芒草,兴安胡枝子群落			
	频度(%)	盖度(%)	密度(株/m <sup>2</sup> )	重要值	频度(%)	盖度(%)	密度(株/m <sup>2</sup> )	重要值	频度(%)	盖度(%)	密度(株/m <sup>2</sup> )	重要值
百里香	88	20	81	17.6	89	21	81	18.69	79	14	75	11.06
兴安胡枝子	90	1.5	18	13.5	93	30	20	27.9	96	35	24	33.6
长芒草	38	6	37	2.28	100	9	40	9	100	12	41	12
糙隐子草	80	0.1	2	0.08	75	0.1	1.8	0.075	75	0.1	1.8	0.075
阿尔太狗娃花	50	0.5	2	0.25	50	0.4	1.5	0.2	50	0.4	1.5	0.2
厚穗滨草	25	0.2	0.4	0.05	10	0.1	0.2	0.01	10	0.1	0.2	0.01
冷蒿	52	2	11	1.04	45	2	10	0.9	41	2	9	0.82
星毛委陵菜	75	1.5	12	1.125	60	0.1	1.1	0.06	60	0.1	1	0.06
猪毛蒿	42	2	8	0.084	30	1	3	0.03	20	0.5	2	0.01
狼毒	50	0.1	1	0.05	45	0.1	0.8	0.045	35	0.1	0.7	0.035

表7 百里香、兴安胡枝子、长芒草群落的群落学特征比较

群落	百里香群落	兴安胡枝子+百里香群落	长芒草+兴安胡枝子群落
总盖度(%)	31	58	62
种类成分数目(种/m <sup>2</sup> )	10种左右	13种以上	18种以上
结构	只有一层低矮稀疏草层	两层草层	两层草层
生物生产量(kg/hm <sup>2</sup> )	900	1650	2100
对环境的影响	水土流失较重	水土流失轻	水土流失较轻

子通过补播进入群落后,即能不断生长繁殖及扩大在群落中的地位,并由其影响使原来的百里香群落进展演变到兴安胡枝子+百里香群落,再进展演变到兴安胡枝子+长芒草群落以至长芒草+兴安胡枝子群落。

兴安胡枝子还与沙打旺不同的是,也不像沙打旺那样由于比较高大的植物体及根系对土壤水分的强大吸收能力,从光能、水分、养分等方面强烈抑制原来群落中的建群种百里香及其他一些种群(如星毛委陵菜、猪毛蒿、狼毒等),而是能与原来群落中的植物一起共同生长,并促使原来的百里香群落先后进展演变到以兴安胡枝子和长芒草为建群种的群落。表7显示出百里

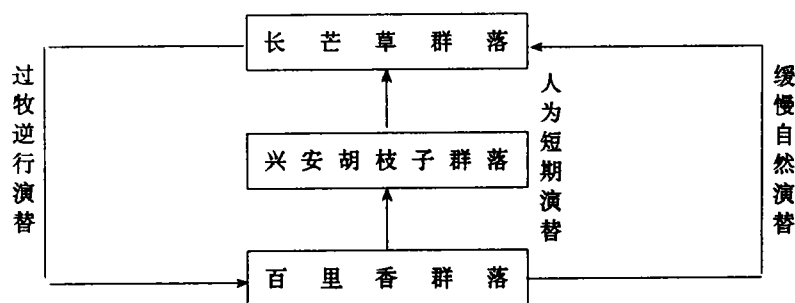


图3 兴安胡枝子进入百里香群落后引起的植被演替过程

香群落、兴安胡枝子+百里香群落、长芒草+兴安胡枝子群落为在群落特征上具有明显区别的3个不同演替阶段的群落。很显然,兴安胡枝子在群落中引起的变化如同沙打旺引起的变化一样,是一种人为短期演替。其演替图式可用图3表示。同时在弃耕地上也观察到插入兴安胡枝子后引起的上述群落演变过程。

#### 参考文献

- 1 中国饲用植物志编辑委员会. 中国饲用植物志. 农业出版社, 1989
- 2 中国植被编辑委员会. 中国植被. 科学出版社, 1983
- 3 中国科学院内蒙古宁夏综合考察队. 内蒙古植被. 科学出版社, 1985

#### 附 植物名录(按文中出现顺序)

香茅草	<i>Hierochloe odorata</i>	小黄菊	<i>Tanacetum nematolobum</i>
长芒草	<i>Stipa bungeana</i>	异叶青兰	<i>Dracocephalum heterophyllum</i>
沙打旺	<i>Astragalus adsurgens</i>	蒲公英	<i>Taraxacum mongolicum</i>
兴安胡枝子	<i>Lespedeza davurica</i>	火絨草	<i>Leontopodium leontopodioides</i>
百里香	<i>Thymus mongolicus</i>	猪毛蒿	<i>Artemisia scoparia</i>
铁杆蒿	<i>Artemisia sacrorum</i>	阿尔太狗娃花	<i>Heteropappus altaicus</i>
大针茅	<i>Stipa grandis</i>	苦苣菜	<i>Sonchus oleracens</i>
白颖苔草	<i>Carex rigescens</i>	二色棘豆	<i>Oxytropis bicolor</i>
直茎点地梅	<i>Androsace erecta</i>	二列委陵菜	<i>Potentilla bifurca</i>
野亚麻	<i>Linum stelleroides</i>	鳞叶龙胆	<i>Gentiana squarrosa</i>
中国委陵菜	<i>Potentilla chinensis</i>	星毛委陵菜	<i>Potentilla acaulis</i>
地丁	<i>Viola patrinii</i>	早熟禾	<i>Poa angustifolia</i>
牻牛儿苗	<i>Erodium stephanianum</i>	黄花蒿	<i>Artemisia annua</i>
糙叶黄芪	<i>Astragalus scaberimus</i>	扁穗冰草	<i>Agropyron cristatum</i>
蓬子菜	<i>Galium microphylla</i>	花苜蓿	<i>Trigonella ruthenica</i>
柴胡	<i>Bupleurum scorzonnerifolium</i>	披针叶黄华	<i>Thermopsis lanceolata</i>
野葱	<i>Allium senescens</i>	厚穗滨草	<i>Aneurolepidium dasystachys</i>
菱蒿	<i>Artemisia giraldii</i>	紫穗鹅冠草	<i>Roegneria purpurascens</i>
风毛菊	<i>Saussurea japonica</i>	翠雀	<i>Delphinium grandiflour</i>
拂子茅	<i>Calamagrostis pseudophragmites</i>	冷蒿	<i>Artemisia frigida</i>
雪花点地梅	<i>Androsace septentrionalis</i>	糙隐子草	<i>Cleistogenes squarros</i>
狼毒	<i>Stellera chamaejasme</i>		