

# 封育刈割放牧对草地植被的影响

程积民 邹厚远

中国科学院水土保持研究所 陕西杨陵 712100  
水利部

Akio Hongo

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

**摘 要** 通过年定位试验研究,比较全面地总结了在封育、刈割、放牧等不同条件的影响下,草地植被的群落结构和生物量的一系列变化,以及草地植被的动态变化过程。

**关键词** 草地植被 封育 刈割 放牧

## Effects of Protective Growing Cutting and Grazing on the Vegetation of Grassland

Cheng Jimin Zou Houyuan

(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** By several years case study on location experiments, a serial evolution in population structure biomass and the procedures of dynamic variation of the grass vegetation were reviewed comprehensively, under the effects of protective growing cutting and grazing circumstances.

**Key words** vegetation of grassland protective growth cutting graze

在黄土高原地区,正确的刈割及放牧应包括合理的利用草地,适当的组织刈割及放牧和施行科学刈割及放牧技术与草地管理,从而使家畜获得充分优良的牧草。就刈割和放牧而言,不但不会给草地造成较大的损害,相反能改良草地的质量,刺激牧草的分蘖,促进牧草的再生。假如刈割和放牧不足或不及时,会使老草残存,影响家畜采食,有机质不能充分分解,尤其是牧草随生长期的延长,营养成分含量显著变化。牧草消化率相应降低,适口性亦显著下降。在分蘖期适口性为优良,牧草全株可以采食,而抽穗期仅能采食70%~80%,枯草期仅能采食40%~50%,几乎一半的枯草残留未能利用。因此,通过试验选择出正确的刈割及放牧方式与时期,使草地可以获得优质、稳定、高产。合理的放牧也可使家畜的粪便均匀分布,以增加土壤肥力,促

进生草土块的形成和土壤有机质的分解,放牧也可以直接影响草层的变化,通过合理放牧草地植物虽都具有一定的耐牧性,但不合理的放牧,也会引起群落组成的变化。因优良牧草长期采食数量不断减少,不能休养生息、繁殖更新,以致退出草地,被一些不易采食的有毒有害植物占据群落,使群落结构发生了变化。另外放牧草地牲畜的践踏是自然存在的,但过度放牧,会使土壤紧实,改变土壤的物理性状及水分和空气的流通,影响牧草的生长和植被的组成。

在草地生态系统中,家畜是一个重要的生态因子。家畜的放牧活动可直接影响草地植被的稳定性,随着放牧强度的递增,草地植被出现相应的演替。因此放牧对草地植被组成影响的研究,对于保持草地生态系统平衡有着重要的意义。

## 1 草地恢复试验设计

本试验设在黄土高原西北部的宁夏固原县境内的云雾山草原自然保护区内。海拔1800~2100m,年平均降雨400~450mm,无霜期112~140d。试验设计为3种群落类型,即:长芒草(*Stipa bungeand*)类型、百里香(*Thymus mongolicus*)类型、铁杆蒿(*Artemisia gmelinii*)类型。试验草地面积为3hm<sup>2</sup>,每个类型为1hm<sup>2</sup>。每个类型分为4个处理,即:A区为完全保护区,长期保护封育,观察在封育条件下草地植被的变化动态;B区为割草区,分为不同时期进行割草试验,长期观察割草及割草后对草地植被变化的影响;C区为限制放牧区,分不同时期进行轮封轮牧试验,然后长期观察放牧后对草地植被变化的影响;D区为惯用放牧区,在5~10月份进行长期放牧,然后观察在长期放牧下对草地植被变化的影响。

根据试验方案,确定正确的放牧时间,应考虑牧草生长的高度和发育阶段,春季放牧在牧草返青经过15~30d生长后可利用,这时牧草生长高度在黄土高原半农半牧区约达10~15cm,栽培的多年生牧草可达15cm以上。放牧不宜过迟,如牧草已达抽穗期或更迟,使牧草采食率降低。牧草再生力减弱,不利牲畜增膘。放牧青草的时间愈长,牲畜愈可以增长,生产愈能提高。黄土高原半农半牧区放牧的经验是,冬春季瘦弱的牲畜,饱青期需在80d以上,才能恢复满膘。

## 2 草地植被群落结构

### 2.1 封育草地植物群落结构变化

植物群落的变化,首先是因为组成群落的各种植物都有其各自生长、发育、传播、死亡的过程,并使植物之间的相互关系直接或间接地影响着这些过程。同时,外界环境条件也在不断地变化,这种变化也每时每刻地影响着群落结构的变化。加之植物的生活活动会改变环境,改变了的环境又反过来影响植物,这样不断反复形成了植物群落的演替。同时人为活动及过度放牧,使优势种群结构受到严重破坏,造成了植物群落结构的改变。

2.1.1 长芒草群落结构 在长芒草草地的封育、刈割、放牧试验的结果来看,长芒草草地在封育期,群落结构简单,层次分化不明显。一般为单层,以耐旱根茎密丛植物长芒草为建群种,株高5~8cm,叶层高不足10cm,但生长密集,总盖度80%以上,长芒草的分盖度可达50%~70%,形成背景化,其它常见的伴生种有:戈壁针茅(*Stipa gobica*)、硬质早熟禾(*Poa sponodylodes*)、早熟禾(*P. annual*)、香茅草(*Hierochoe odorata*)、百里香、铁杆蒿、星毛委陵菜(*Poteatilla acaulis*)等。在长期人为破坏及放牧利用下,牧草的生长发育受到了强烈抑制,85%以上的牧草都处在营养生长阶段,植株低矮,有些植株虽然高达20cm左右,但由于生

长稀疏,株丛小,覆盖度低,不能形成优势更不能开花结实,繁殖更新。而组成群落的多以杂类草为主,有火绒草 (*Leontopodium leontopodioides*)、雪山点地梅 (*Androsace septentrionalis*)、野亚麻 (*Linum stelleroides*)、二裂委陵菜 (*P. bifurca*)、狼毒 (*Euphorbia ebracteolata*)、芨芨草 (*Achnatherum splendens*)、醉马草 (*A. inebrians*) 等,在干旱气候的影响下,植株亦较低矮,常与长芒草同处一层。

表1 长芒草群落封育状态下植物的变化

封育年限	二年				三年				四年			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
长芒草	42	25	cop	90	45	27	cop	100	51	30	cop	95
戈壁针茅	30	10	sol	80	36	11	cop	90	40	12	sol	90
大针茅	35	10	sol	80	40	11	sol	85	44	12	sol	80
硬质早熟禾	25	5	sp	80	30	5	sol	95	32	85	sp	90
早熟禾	23	5	sp	90	27	5	sol	95	30	75	sol	90
画眉草	27	5	sol	80	31	5	sol	100	30	65	sp	95
赖草	28	6	sol	80	29	7	sol	100	30	74	sp	90
厚穗冰草	27	5	sol	75	30	5	sol	100	31	50	sp	90
火绒草	9	3	sp	70	10	2	sp	100	12	3	sp	90
铁杆蒿	13	2	sp	80	15	2	sol	100	14	2	sol	95
冷蒿	9	1	sp	80	11	2	sol	100	10	1	sp	95
阿尔太狗娃花	13	1	sp	90	14	2	sol	100	12	1	sp	90
鳞叶龙胆	4	2	sol	90	6	3	sp	100	3	2	sol	90
百里香	2	1	sp	60	4	2	sp	80	2	1	sp	70
直茎点地梅	5	1	sp	90	6	2	sol	100	4	1	sp	90
黄毛棘豆	10	3	sol	80	11	2	sol	100	11	2	sol	85
二色棘豆	10	2	sol	80	12	3	sol	100	11	2	sp	80
花苜蓿	2	1	sp	80	4	1	sol	100	3	1	sol	85
二裂委陵菜	3	1	sp	90	4	1	sol	100	3	1	sp	80
星毛委陵菜	4	1	sp	95	4	1	sol	100	3	1	sol	90

注:1. 株高(cm);2. 盖度(%);3. 多度;4. 频度。

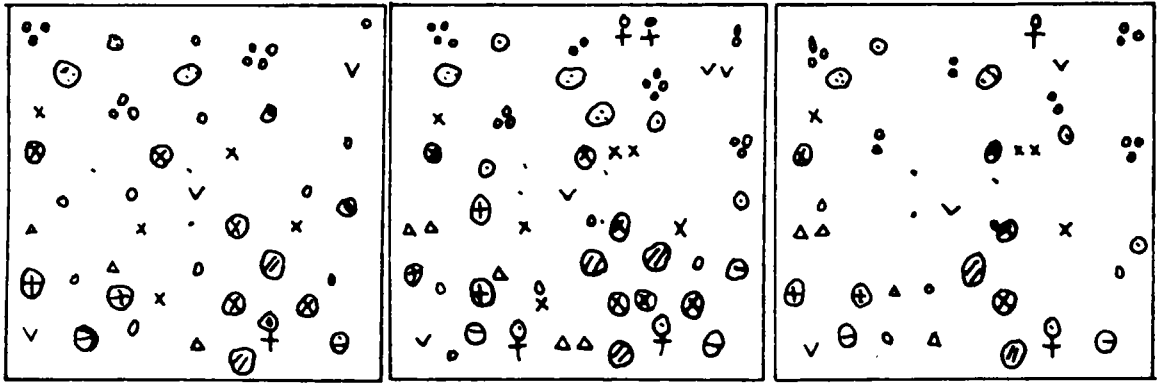
长芒草草地经过4年的封育,虽然组成植物群落的种类成分发生了变化,但是组成群落种类的高度、盖度以及多度则发生了较大变化。变化幅度随封育时间的延长而下降(见表1)。

从表1看出,长芒草草地经过封育后,适宜封育期为2~3年,通过封育改变了草地群落的结构。长芒草、大针茅、硬质早熟禾、早熟禾、冷蒿、百里香等植物,在整个生长发育阶段由于没有受到人为破坏及牲畜啃食和践踏,因而得到了充分的生长发育,植株高度由原来的5~8cm,增加到40~51cm,丛幅相应加大,盖度由原来的10%~25%,提高到85%~95%,形成密集的上层。此时群落层次分化明显,优良禾本科牧草形成了群落的第一层;第二层以阿尔太狗娃花、蒿类为主;第三层以二裂委陵菜、星毛委陵菜、百里香组成。封育期过长不但不利于牧草的正常生长和发育,反而枯草会抑制植物的再生及幼苗的形成。从表1中也可看出封育4年后,牧草的生长发育缓慢。

通过封育使牧草在群落中较均匀地分布,见图1。

从图1可以看出长芒草群落在封育2~3年,植物在地面的水平结构较均匀,生长发育正常,密度大,覆盖度与封育前相比提高70%~75%,但同封育的第4年相比覆盖度下降75%~25%。牧草的生长发育受阻,枯草覆盖地面,土壤通气不良,幼苗生长得不到充足的阳光,生长缓慢。

2.1.2 百里香群落结构 百里香群落在黄土高原的分布仅次于长芒草群落,通过封育百



二年 三年 四年  
 1. 长芒草 ●; 2. 戈壁针茅 ×; 3. 大针茅 ○; 4. 硬质早熟禾 ▲; 5. 早熟禾 ○;  
 6. 画眉草 √; 7. 赖草 ⊙; 8. 冰草 ⊙; 9. 火绒草 ⊙; 10. 铁杆蒿 ⊙;  
 11. 冷蒿 •; 12. 百里香 ⊙; 13. 二裂委陵菜 ⊙; 14. 星毛委陵菜 ⊙; 15. 直茎点地梅 ♀

1. 图 1 长芒草草地不同封育年限群落的水平结构

里香群落结构发生了显著的变化。从植物的组成看,除百里香而外,常见种有:长芒草、戈壁针茅、硬质早熟禾、阿尔太狗娃花,厚穗冰草、铁杆蒿、芡蒿 (*A. giraltii*)、紫花地丁 (*Viola yedoensis*)、细叶远志 (*Polygala tenuifolia*) 等。在长期的放牧利用下,牧草的生长发育受到了强烈的抑制,75%以上的牧草都处于营养生长阶段,植株发育不良,生长缓慢低矮,一般株高仅 2~15cm。由于植株生长不良,往往不能形成优势,更不能开花结实、产生新的个体。在过牧及干旱的影响下,常处于同一层。封育后群落结构发生了较大的变化,见表 2。

表 2 百里香群落封育后植物的变化

封育年限	二年				三年				四年			
植物名称	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
百里香	2	20	cop <sub>1</sub>	95	3	25	cop	100	4	23	cop	95
长芒草	15	5	cop	90	36	5	cop	100	35	4	cop	90
戈壁针茅	25	5	sp	90	39	5	sol	100	40	4	sol	90
硬质早熟禾	30	4	sp	80	36	5	sol	95	35	4	sp	90
阿尔太狗娃花	15	3	cop	80	20	4	cop	100	25	5	sol	90
厚穗冰草	20	3	sol	95	26	4	sol	100	25	5	sp	100
铁杆蒿	16	3	sol	80	18	4	sol	90	20	5	sol	100
芡蒿	18	3	sol	50	22	4	sol	85	20	5	sol	90
紫花地丁	3	2	sol	60	4	4	sol	80	4	5	sp	90
细叶远志	12	2	sp	50	15	3	sol	80	14	4	sp	90
二裂委陵菜	2	6	sp	80	3	5	sol	95	3	5	sol	100
星毛委陵菜	2	6	sp	85	4	5	sol	100	4	6	sol	100
花苜蓿	2	6	sol	85	3	4	sol	100	3	5	sol	100
火绒草	4	5	sp	60	8	6	sp	90	9	4	sp	90
糙叶黄芪	5	5	sp	60	8	6	sp	90	9	4	sp	90
黄花棘豆	10	5	sp	70	12	6	sol	95	11	4	sp	90

注:1. 株高 cm; 2. 盖度%; 3. 多度; 4. 频度。

由表 2 中看出百里香群落封育后,随封育时间的延长植物的生长和发育不断变化,但封育年限过长会影响植物的生长和发育,一般最适宜的封育期为 2~3 年。这时植物的高生长比封育前提高 1.5~2.0 倍,覆盖度增加 60%~75%。在整个生育阶段,优势种植物占据首位,形成了较明显的层次,第一层由密丛型的长芒草、戈壁针茅、硬质早熟禾等组成。第二层由较耐旱的

铁杆蒿、茭蒿、阿尔太狗娃花等组成。第三层由密集型团块状分布的百里香、二裂委陵菜、冷蒿、花苜蓿等组成。封育时间过长,枯草覆盖地面,土壤不能直接受到阳光的照射,土壤中的有机质分解及微生物活动减慢,影响了植物的生长及幼苗的发育。

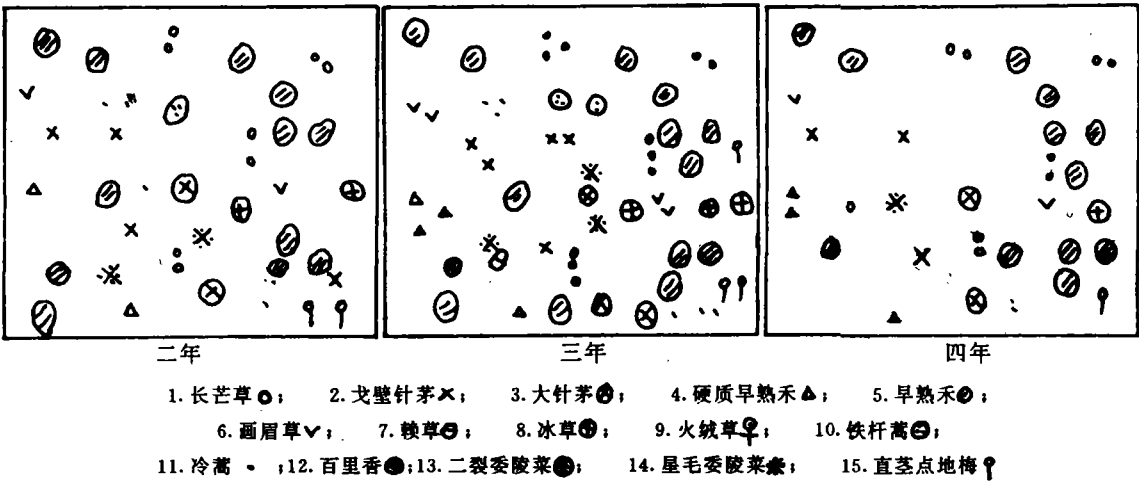


图2 百里香草地不同封育年限群落的水平结构

百里香群落封育后,群落结构发生了较大的变化,尤其是植物群落结构的水平分布随着封育时间的变化,均匀的分布在群落之中详见图2。但封育时间较长,群落的结构变化不甚明显;这主要是枯草抑制植物的生长和发育的原因。从图2中明显看出,封育2~3年植物群落结构的水平分布最佳,封育4年后植物的高度生长下降,覆盖度减小,尤其是植物密度明显减少。因此适宜的封育期是草地维持稳定、高产、优质的关键,特别在黄土高原半干旱区,草地易于退化,这一特点就显得更加重要。

表3 铁杆蒿群落封育后植物的变化

封育年限 植物名称	二年				三年				四年			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
铁杆蒿	18	21	cop <sub>1</sub>	85	44	26	cop <sub>1</sub>	100	45	21	cop <sub>1</sub>	90
茭蒿	17	5	sol	80	25	6	sol	100	24	7	sol	95
猪毛蒿	15	4	sol	90	21	5	sol	100	20	5	sol	95
冷蒿	11	5	sol	95	15	6	sol	100	15	5	sp	90
长芒草	16	5	sol	90	38	6	sol	100	3	5	sol	90
百里香	2	5	sol	80	3	6	sol	100	3	4	sol	90
风毛菊	15	5	sp	85	21	5	sol	100	20	3	sol	95
早熟禾	18	5	sol	80	23	6	sol	85	21	5	sol	90
二裂委陵菜	3	5	sol	85	4	6	sol	90	3	5	sol	90
星毛委陵菜	3	5	sol	85	4	6	sol	100	3	6	sol	100
披针叶黄华	11	8	sol	85	15	9	sol	100	14	6	sp	95
二色棘豆	10	2	sp	80	13	3	sp	90	12	8	sol	100
火絨草	10	5	sp	80	13	2	sp	90	11	3	sol	100
马先蒿	8	5	sol	80	12	3	sol	90	10	3	sol	90

注:1.株高cm;2.盖度%;3.多度;4.频度。

2.1.3 铁杆蒿群落结构 铁杆蒿群落是黄土高原分布仅次于长芒草和百里香草地的第三大草地群落。从植物的组成看,主要分布较为广幅的中旱生植物铁杆蒿为主,其次还有茭蒿、猪毛蒿、冷蒿、长芒草、百里香、风毛菊 (*Saussurea japonica*)、早熟禾、二裂委陵菜、星毛委陵

菜、披针叶黄华 (*Thermopsis lanceolata*)、二色棘豆、火绒草、马先蒿等。在长期的人为破坏及牧压下,植物的生长发育受到了抑制。80%的牧草都处于营养阶段,植株高度仅5~20cm,覆盖度15%~25%,生长缓慢,杂草及有毒有害植物生长蔓延。使组成群落的优势种植物铁杆蒿常与一些低矮丛生的禾本科植物处于同一层。通过2~3年封育,植物群落的结构及组成发生了显著变化,见表3。

从表3可看出铁杆蒿群落封育后,群落结构的变化同长芒草、百里香群落基本一致。在封育的2~3年,植物的生长发育最佳,随着封育时间的延长,植物的生长和发育受抑制。植物的个体分化不明显,组成植物群落的优势老化,幼苗的再生及生长细弱。

通过封育铁杆蒿群落结构的水平变化幅度较大,一般封育2~3年铁杆蒿群落内的植物分布较集中均匀,个体数不断增加,随封育时间的延长,植物的个体减少,植株生长不良,繁殖更新速度慢,详见图3。

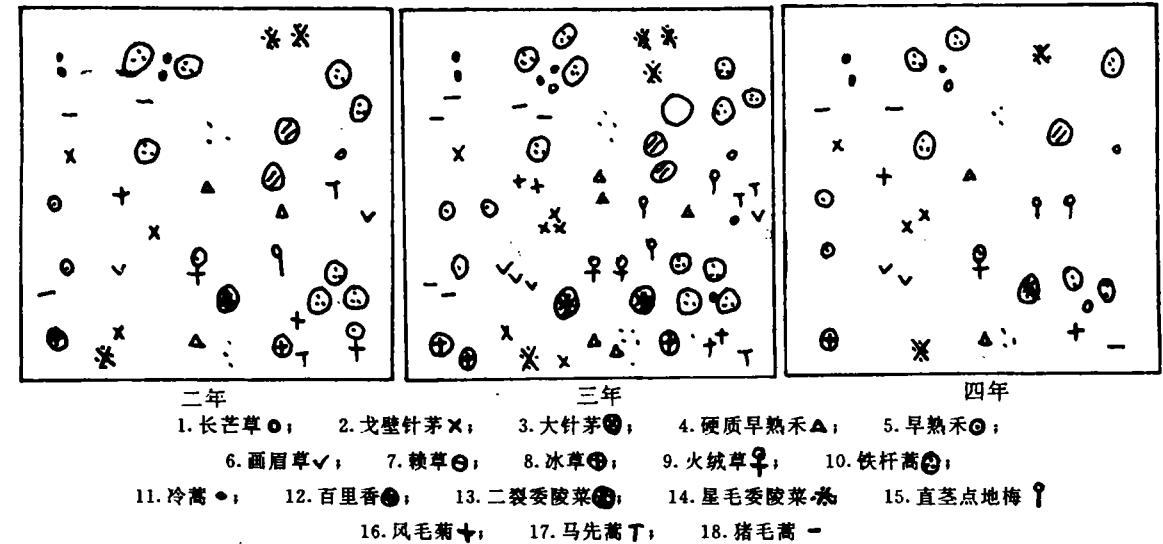


图3 铁杆蒿草地不同封育年限群落的水平结构

从图3中可以看出,铁杆蒿群落在封育以后,群落结构发生变化的主要原因是由组成群落的建群种和伴生种的适应性及它们的生态、生物学特性所决定的。尤其是封育后群落水平结构的变化充分说明,在群落中的一些优良禾本科和菊科伴生种占据优势,层次分化明显,高大丛生的中旱生植物铁杆蒿和长芒草等占据第一层;猪毛蒿、茼蒿、二色棘豆等占据第二层;百里香、二裂委陵菜、星毛委陵菜等占据第三层,形成团块状覆盖地面。

以上3种群落结构的变化根本原因在于群落结构的变化而引起群落环境发生变化所致。当植物群落发生层次分化以后,群落环境内原来的透光、干旱变为阴闭、湿润,而有利于喜光的有毒有害植物和杂草生长和发育,使它们的个体变得细弱矮小,直接影响了毒害草和杂类草的生长,促进了优良牧草的不断繁殖更新。

## 2.2 刈割草地植物群落结构

在黄土高原地区通过刈割试验,可以表明群落结构发生了较大变化。每年刈割2次,第一次在牧草生长营养阶段刈割,这时牧草营养成分含量高产草量大,第二次在牧草生长停止前20~25d前刈割。有利于牧草再生及安全越冬。

### 2.2.1 群落种类组成数量的变化 长芒草群落、百里香群落、铁杆蒿群落刈割后群落种

类组成数量差异见图4。图4可以看出长芒草、百里香、铁杆蒿群落进行合理的刈割,不但促进了牧草地上部分各部位的旺盛生长,而且在群落结构中,组成群落种类的数量变化明显,一般在牧草生长的前期,种数变动较小,中期变动较大,后期常处于稳定状态。但同对照相比长芒草群落的种数提高60%,百里香群落提高50%,铁杆蒿群落提高60%。另外不同刈割年限对牧草种类数量的影响见图5。

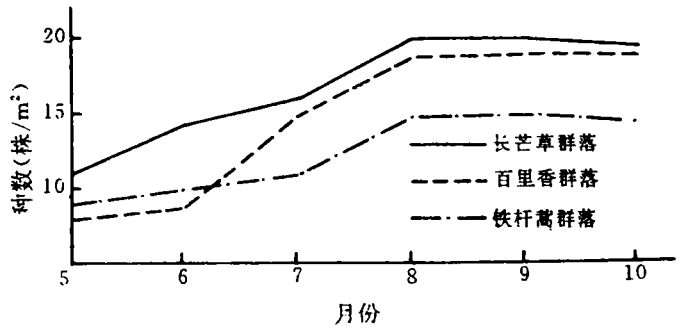


图4 刈割草地不同月份群落种数变化

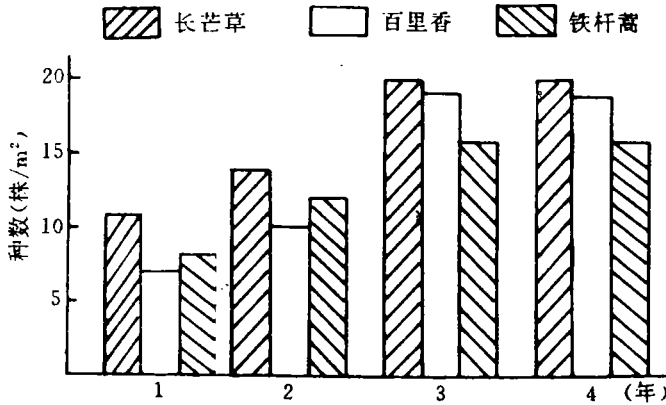


图5 不同刈割年限群落种数变化

图5中看出长芒草、百里香、铁杆蒿群落在不同的刈割年限中种类数量的变化差异明显,一般刈割的1~2年种类数量变化是随合理的刈割年限而上升,刈割的3~4年种类数量在群落结构中的变化基本处于稳定状态,这充分说明每年刈割2次,有利于牧草种数在群落结构中均匀分布及不断繁殖更新,产生新的个体,促进草地群落的增长。

2.2.2 建群种个体数量的变化  
通过刈割试验在3个群落类型中植株个体数量变化的年动态与种类

组成数量的变化大致相似,见图6。

从图6中可知,合理的刈割建群种个体数量的变化趋势较明显,但基本趋势是一致的,长芒草个体数量的变化在生长的营养阶段为20~31丛/m²,生长的中后期基本稳定在3.8丛/m²;百里香生长前期13~21丛/m²,中后期稳定在27丛/m²;铁杆蒿前期10~15丛/m²,中后期稳定在25~28丛/m²,并成团状较均匀地分布在群落中。3种群落建群种的个体数量的变化与对照相比,分别增加长芒草10~20丛/m²,百里香10~15丛/m²,铁杆蒿8~12丛/m²。

2.2.3 刈割草地群落结构变化 通过刈割试验,使长芒草、百里香、铁杆蒿群落的种类组成数量及建群种的个体数量形成差异,改变了群落结构,使3种群落类型在合理的刈割利用下,群落结构发生了变化,层次分化明显,种类组成数量下降,但建群种个体数量成倍增加,并依据植物的生物生态学特性及牧草对自然环境的适应性,促使了植物群落结构向着良性循环的方向发展。

长芒草群落结构在刈割前的组成为:长芒草——星毛委陵菜;长芒草+铁杆蒿——二裂委陵菜+花苜蓿;长芒草+戈壁针茅——直茎点地梅+花苜蓿;长芒草+大针茅——杂类草群落等为主,层次分化不明显。通过合理的刈割后随着刈割时间的进程,在群落结构中建群种日趋明显,其它杂类草及有毒害植物逐渐减少,一般群落结构为:长芒草群落;长芒草——花苜蓿群

落;长芒草+早熟禾——委陵菜群落;长芒草——白颖苔草群落等。在群落中层次分化明显,多以丛生禾本科牧草长芒草为第一层;以早熟禾、大针茅为第二层;以白颖苔草、委陵菜、花苜蓿为第三层。

表4 不同放牧强度下长芒草地植物重要值

植物名称	夏季放牧		秋季放牧	
	合理放牧区	过度放牧区	合理放牧区	过度放牧区
长芒草	58.72	15.40	72.94	16.50
戈壁针茅	42.44	8.42	56.18	10.14
大针茅	18.12	6.72	22.45	5.21
硬质早熟禾	15.14	4.45	16.17	3.16
早熟禾	8.76	2.16	9.24	5.67
画眉草	5.27	3.26	6.4	4.50
锦草	4.44	1.42	5.16	3.10
厚德冰草	23.14	6.20	18.7	4.67
火絨草	5.16	1.5	4.10	2.50
铁杆蒿	11.22	3.40	10.10	5.40
冷蒿	10.17	5.17	8.24	3.50
阿尔太狗娃花	23.56	10.2	18.19	6.75
鳞叶龙胆	18.17	5.23	15.44	3.44
百里香	14.55	6.47	10.48	5.14
直茎点地梅	12.16	3.14	5.54	2.50
黄毛棘豆	2.76	1.20	3.47	6.50
二裂委陵菜	10.18	4.51	9.20	5.60
花苜蓿	9.39	2.75	5.64	3.70
马先蒿	3.40	6.72	2.14	6.95

百里香群落在刈割前群落的结构为:百里香+星毛委陵菜+冷蒿群落;百里香——杂类草群落;百里香——铁杆蒿+长芒草——杂类草群落等。结构简单,层次分化不明显,有毒有害植物分布较广,而且蔓延与优良的一些禾本科牧草镶嵌结构丛生,影响了群落的结构及生长。合理刈割利用后群落的组成及建群种个体数量的变化明显。一般以丛生的百里香为建群种均匀地分布在群落中,同时在群落中也不断地增加一些禾本科和菊科优良牧草,使群落结构的层次分化明显,有毒有害植物减少。

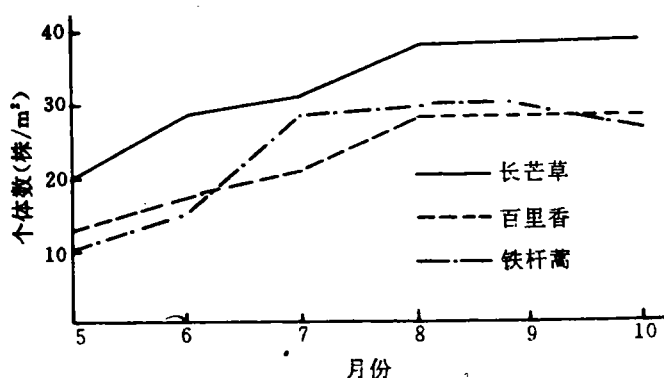


图6 刈割草地不同月份群落个体数量变化

铁杆蒿群落在刈割前群落的结构为:铁杆蒿+长芒草——星毛委陵菜群落;铁杆蒿+长芒草——百里香+冷蒿群落;铁杆蒿——冷蒿+杂类草群落等,结构简单,层次分化不明显,有毒有害植物蔓延。通过合理的刈割利用,使群落结构层次分化明显,建群种的个体数量增加,而且生长健壮,产量高,一般为铁杆蒿+长芒草——二裂委陵菜群落;(长芒草)+铁杆蒿——花苜蓿群落;(长芒草)+铁杆蒿——冷蒿+星毛委陵菜群落等。从铁杆蒿群落的层次分化来看,到



一定的时期可能会被长芒草所演替,就目前来看,长芒草通过刈割后,再生力强,个体数量分布广,而且均匀,因此这一类型还需长期观察,才会形成稳定的群落结构。

### 2.3 放牧草地植物群落结构

黄土高原草地群落结构发生变化的根本原因是由组成群落的建群种和伴生种的耐牧性及牧草的生态、生物学特性所决定的。尤其是在黄土高原干旱和半干旱的气候条件下除限制优势种植物的生长和发育外,而过度放牧则是抑制的主要因素。

长芒草、百里香、铁杆蒿群落的组成,以优良的禾本科、菊科和豆科牧草为主,草质柔软,营养丰富,各类牲畜喜食,但它们多以种子繁殖,不耐放牧践踏。因而在长期的放牧利用下,地上部分不断地被牲畜啃食,特别是在雨、热同期的夏季,正是植物生长和发育的旺季,如不进行合理放牧,一旦被牲畜采食后,即不能完成整个生长和发育,则常处在营养生长阶段,而有少数牧草虽然可以开花、结实,但果实营养不良,成熟后种子不能繁殖。结果导致了植物丛幅逐年变小,甚至成单株存在,自然更新不良。当草地采用合理放牧利用后,植物能够休养生息,可以充分利用水热条件,完成整个生长发育周期。开花、结实、种子成熟后可以进行自然更新。

#### 2.3.1 放牧对草群结构的影响

(1)长芒草群落。长芒草群落是黄土高原面积最大、分布最广的一种群落。但多年来由于不合理的放牧利用,草地退化十分严重,草群的种类组成趋于减少、贫乏,呈现出一定程度的趋同与分异,且放牧的生产力和质量趋于低劣。因此通过合理的放牧试验研究,为改变退化草地群落结构提供科学依据。由于过度放牧,使草地退化严重,植物群落结构中的种类组成变化较大,从组成植物群落的重要值测定结构可以看出(表4)合理放牧和过度放牧相比效果显著。因为合理放牧改变群落的环境条件,促进优势种生长繁茂,覆盖度大,引起了群落内部植物种间对环境条件的竞争,形成了一定的数量关系。种间数量特征是群落最重要的特征之一。重要值的大小,充分显示了植物种在群落中的重要位置。从长芒草群落的不同放牧强度可以看出,其密度、优势度和频度都有一个由高向低的下降过程。一般合理的放牧区密度最高可达27株(丛)/ $\text{m}^2$ ,平均15~20株(丛)/ $\text{m}^2$ ;优势度最高可达85%,平均50%~75%;频度最高可达90%以上,平均75%,重要值最高达近80%。在过度放牧区密度、优势度、频度及重要值分别降低52%、48.2%、36.7%、67.2%。过度放牧,使植物的生殖枝几乎全被吃掉,生长发育不良,种子不能形成个体,同时也破坏了植物正常的贮藏物质的积累,新植株及幼苗难以生长,原有优良牧草渐渐淘汰,草地退化。因此合理放牧是维持草地生态平衡及稳定、优质、高产的关键。

从长芒草草地群落结构的种类组成来看,合理的放牧促进牧草的不断繁殖更新及个体的形成,同时改变了群落的不合理结构,优良的禾本科、豆科、菊科植物不断增加,并生长繁茂,产量高。有毒有害植物明显减少,并在植物群落的种间竞争中多处于下层,趋于淘汰。一般长芒草群落在合理的放牧利用下,群落结构为:长芒草占据优势,其次为戈壁针茅、硬质早熟禾、厚穗冰草、阿尔太狗娃花、花苜蓿、冷蒿等,常以层次分化明显,个体生长发育健壮而镶嵌分布在群落中。

(2)百里香群落。百里香群落由于长期过度放牧,造成群落优良牧草种类减少,生长发育不佳,退化十分严重。尤其是在黄土高原丘陵区更为明显,退化的百里香草地,不但影响了畜牧业的稳定发展,而且还造成了严重的水土流失。因为百里香群落在黄土高原地区分布面积较小,而且群落结构极不稳定,如不进行合理的放牧利用,群落结构一旦遭到破坏,植物的繁殖更新及产草量的形成就会急剧下降,要想及时恢复,难度与长芒草群落相比较,没有一定的时间

表 5 不同放牧强度下百里香草地植物重要值

植物名称	夏季放牧		秋季放牧	
	合理放牧区	过度放牧区	合理放牧区	过度放牧区
百里香	62.7	18.14	75.4	21.52
长芒草	51.4	22.15	61.55	23.40
戈壁针茅	18.22	5.6	19.36	7.50
硬质早熟禾	15.61	3.40	21.56	6.75
阿尔太狗娃花	10.12	2.10	22.66	1.56
厚穗冰草	9.33	5.20	10.44	6.25
铁杆蒿	8.44	6.20	8.50	5.44
芨蒿	7.26	3.30	5.60	4.50
紫花地丁	7.14	1.20	7.24	2.10
细叶远志	5.14	1.50	6.54	2.50
二裂委陵菜	2.75	2.70	3.05	1.50
星毛委陵菜	3.62	1.50	4.15	2.20
花苜蓿	2.11	1.50	3.25	2.67
火絨草	2.10	1.2	3.20	1.55
糙叶黄芪	3.40	2.0	5.16	3.20
黄花棘豆	5.40	3.1	6.67	5.20
马先蒿	6.25	5.54	7.27	4.45

表 6 不同放牧强度下铁杆蒿草地植物重要值

植物名称	夏季放牧		秋季放牧	
	合理放牧区	过度放牧区	合理放牧区	过度放牧区
铁杆蒿	48.56	18.47	51.7	20.15
芨蒿	18.42	10.15	22.3	18.20
猪毛蒿	15.33	9.25	18.40	10.54
冷蒿	10.12	5.64	12.15	6.72
长芒草	38.72	14.46	40.23	15.67
百里香	9.17	5.17	8.44	6.25
风毛菊	3.25	2.27	5.25	3.15
早熟禾	4.40	2.15	5.0	3.5
二裂委陵菜	5.60	3.22	8.47	4.5
星毛委陵菜	7.27	3.10	6.55	4.2
披针叶黄华	2.34	1.50	3.50	1.5
二色棘豆	3.35	2.00	4.50	2.3
火絨草	1.5	0.8	2.50	2.44
马先蒿	6.25	4.45	8.14	6.15
紫花地丁	3.15	2.0	4.45	3.00

是难以恢复起来。因此进行合理放牧利用是稳定百里香群落的关键,从合理放牧利用的效果来看(表 5),合理放牧区密度最高可达 25 株(丛)/m<sup>2</sup>,平均 12~18 株(丛)/m<sup>2</sup>;优势度最高可达 90%,频度最高可达 90%以上,平均为 70%~85%;百里香个体植物的重要值为 60%~75%,在过度放牧区密度、优势度、频度及重要值分别降低 48.5%、45.3%、40.4%、71.4%。

从百里香群落结构的种类组成看,合理的放牧改变了植物群落的结构,使组成植物群落层次分化明显,常常以丛生禾本科牧草长芒草占据该群落的第一层;其次以百里香为主与阿尔太狗娃花、硬质早熟禾、冷蒿、花苜蓿镶嵌结构,组成了较优质稳定的放牧草地。

(3)铁杆蒿群落。铁杆蒿群落在黄土高原地区适应性强,分布范围较广,生长旺盛,生物产

量高,常常以根蘖繁殖为主,丛生成团块状出现在黄土高原的草甸草原、干草原草地内。该群落通过长期放牧及人为破坏(用作燃料)后,群落恢复较慢。一般在草甸草原破坏后,常恢复为以禾本科植物为主的并混生一些杂类草的群落;在干草原破坏后,常恢复为以长芒草为优势的群落。因此从表6中可以看出,合理放牧植物的重要值组成铁杆蒿为48~52,占据首位,其次为长芒草38~40。在过度放牧区植物的重要值组成铁杆蒿为18~20;而长芒草的重要值为14~16。两者差异较小,这说明铁杆蒿群落一旦破坏后,将会被长芒草群落所取代。

**2.3.2 放牧对草地植被的影响** 放牧草地的植被组成和草群的生长情况,不是永远不变的,而是在内外因素的影响下发生变化,变化的最终结果将会导致草地植被的演替,放牧牲畜对草地植被的影响是多方面的,一般影响随放牧强度不同而异。如过度放牧会严重影响牧草的生长发育,降低草地产量,改变植物的生境条件,引起草地退化,合理放牧不但可以促进牧草生长发育和繁殖,提高牧草产量,而且还可以改变土壤的物理性状。放牧地放牧不足,使牧草的生长茎变粗硬,品质变劣,牧草的适口性和消化率降低,严重影响了草地植物的繁殖更新。

(1)放牧对牧草生长发育的影响。根据牧草的生物生态学特性,牧草的生长发育是有一定规律的,也是有一定范围和限度的。在黄土高原畜牧业的发展主要以放牧为主,这已成为传统习惯,要想改变这一习惯难度较大,因此只有进行放牧利用。但放牧不仅减少了植物的叶面积,并由此而影响到植物碳水化合物的贮藏、幼苗的发育、植株和根系的生长,特别是多年生牧草具有积累和消耗营养物质的特点。因此不进行合理的放牧,多年生牧草不能休养生息,繁殖更新、积累营养物质、促进牧草的生长。过度放牧,由于牲畜长期啃食牧草,使牧草叶片减少,因为叶片是制造养分的器官,不同种类的牧草光合作用的速度是不同的,在黄土高原干草原草地内叶片制造糖 $0.5\sim1.4\text{g}/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ ,然后进行积累和循环,促进牧草的生长。牧草要是失去或减少养分供给的来源,就只能依靠体内的贮藏的营养物质促进生长,当贮藏的营养物质消耗尽后,便会引起牧草的死亡和草地的严重退化。

放牧会引起牧草各器官的变化,放牧啃食牧草地上部分,必然也影响到植物根系的生长。过度放牧的结果,妨碍植物制造养分,也就影响到根系所需营养物质的供给。因此在过度放牧下,牧草的根系变短,根量减少。据测定,在云雾山的长芒草、百里香、铁杆蒿群落内根系的变化,在合理利用草地下,1m深土层内长芒草群落的根系重量为 $1\,243.2\text{g}/\text{m}^2$ ;百里香为 $1\,040.1\text{g}/\text{m}^2$ ;铁杆蒿为 $1\,729.0\text{g}/\text{m}^2$ 。相反在过度放牧条件下,根系重量分别为 $963\text{g}/\text{m}^2$ 、 $24.7\text{g}/\text{m}^2$ 、 $754.0\text{g}/\text{m}^2$ 。不同放牧程度对牧草根系生长发育的影响不同,随着放牧强度的增加,牧草根量逐渐减少,牧草地上部分与地下部分的结构比例失调,从而影响了植物的正常生长和发育。

(2)放牧对草地更新的影响。在黄土高原放牧对草地的影响较大,一般放牧对草地更新的影响,随放牧强度、放牧时期、放牧家畜等不同而异。据测定,在黄土高原干草原地植物的繁殖更新,主要以营养繁殖为主,种子繁殖为辅。许多多年生牧草的种子繁殖不是每年进行,而常常是每隔一年或数年进行一次,并根据自然及环境条件的适应性而定。但牧草的种子繁殖却具有重要的意义,因为种子繁殖产生的后代较营养繁殖的后代具有很强的生命力。因此合理的放牧不但有利于牧草的生长发育,对牧草的繁殖也起促进作用。过度放牧把牧草的生殖枝几乎全部吃掉,种子不能形成。笔者对长芒草种子形成的调查结果见表7。

从表7中可以看出,在长芒草地上未放牧区形成的穗数几乎是半放牧区的1.44倍,全放牧区的48.3倍。产生有生命力的种子未放牧区分别高于半放牧区和全放牧区的1.0倍、46

倍。

表 7 长芒草种子的形成与发育

项目	穗数 (个)	发育小花数		发芽率 (%)	有生命力的种子 数(个/m <sup>2</sup> )
		1m <sup>2</sup>	%		
未放牧区	256.3	515.9	48.2	68.6	345.0
半放牧区	105.1	321.4	38.9	57.5	185.0
全放牧区	5.2	15.6	21.5	46.2	7.2

另外好多牧草除种子繁殖而外,还利用根茎来进行繁殖,如铁杆蒿、百里香、长芒草、大针茅、早熟禾等。

(3)放牧对草群结构的影响。放牧对牧草生长发育和繁殖的影响,最终表现为草群结构成分的改变,由于黄土高原地区的自然条件较差,使草地在过度放牧利用下,草群成分结构出现较大的改变。在群落中高大草类将会消失,如长芒草群落中过牧会使长芒草、戈壁针茅、早熟禾、阿尔太狗娃花等减少;百里香群落中长芒草、早熟禾、大针茅等减少;铁杆蒿群落中长芒草、铁杆蒿、猪毛蒿等减少,同时促进了下繁牧草的生长发育。借种子繁殖的牧草数量减少,适口性好的牧草数量减少或衰退,而适口性差的或牲畜不喜食的牧草数量增加,同时草群中的灌木增加,如铁杆蒿群落中柠条、锦鸡儿、鬼箭锦鸡儿、黄栌等灌木不断增加,形成群落层次分化愈来愈明显。

3 草地植被群落生物量变化

草地地上部生物量,是发展草地畜牧业生产的物质基础,也是提高草地生态系统生物产量的关键环节。研究不同草地类型封育、刈割、放牧对地上部生物量的影响及生物生长量与水热条件的相互关系,以及牧草在生长发育过程中干物质含量的变化等,无疑是十分必要的,它将为合理利用草地,正确评定载畜量,大力发展畜牧业提供理论依据。

在黄土高原地区由于不合理的刈割和放牧利用,使草地生物量的变化低而不稳差异大。通过对优势群落长芒草、百里香、铁杆蒿的封育、刈割、放牧试验研究,分析在不同利用方式下草地群落生物量的年、季节变化过程。

3.1 生物量的季节变化动态

3.1.1 封育草地 培育退化草地和提高草地生产力的方法很多,如防除杂草、灌溉、施肥和补播等措施。但在一般情况下,草地生产力没有受到较大破坏时采用封育措施,即可收到明显的效果,达到恢复草地生产力的目的。封育草地已成了国内外培育天然草地的一种行之有效的措施,一方面是它比较简单而且又经济,不需要大量的耗费,在黄土高原草地分布较集中连片、水热条件较适宜的地区,多采用这一方法,另一方面是封育草地在短期内就可以收到明显的效果。目前在国外采用封育方法改良草地比较普遍,我国特别是黄土高原近几年来随着草地建设工作的开展,为了提高草地生产力,解决草畜矛盾,各地已开始注意到退化草地的培育工作,黄土高原目前封育草地面积已达 3 万多 hm<sup>2</sup>,生物产量成倍增长。

牧草产量季节变化动态,随着发育阶段和对生长环境的适应生长加快。牧草在由营养状态转向生殖状态的过程中,生长速度达到最大限度,以后随着生长阶段发育和生长条件的改变逐渐不能适应,生长也随之变缓慢,最后生长完全停止,以牧草的发育阶段看,春季开始分蘖或分枝期生长缓慢,抽穗孕蕾时期也是地上物质的最大积累时期,开花盛期至末期干物质的积累较大。牧草到生长末期,叶片和种子大量脱落,产量减少。摸清草地产量的季节动态,对指导生产

具有重要的实践意义,尤其是冬季牧草干枯后,枝叶往往脱落或整株与根切断,这种牧草在黄土高原天然草地中占90%以上。所以冬季草地上的干物质贮藏量便显著下降。根据笔者在黄土高原西部的研究,结果见表8。

表8 封育草地各生育阶段产草量占高峰期的百分比

类型	高峰期鲜草产量(kg/hm <sup>2</sup> )	分蘖拔节	抽穗	开花	结实	干枯
长芒草	8125.5	50	85	100	75	25
百里香	6450.0	54	90	100	80	28
铁杆蒿	7335.0	55	85	100	85	30

由表8的试验结果看出,牧草在生长期间的产量变化动态,盛花期为高峰期,其次为抽穗和结实期,分蘖期和成熟期产量较低。另从图7中看,长芒草群落、百里香群落、铁杆蒿群落在封育下地上部生物量的变化,在6月以前为生物量增长较低阶段,6月中旬到8月中下旬为生物量剧增阶段,此阶段生物量动态曲线更明显,此时生物量达高峰期。8月下旬至生长停止时为生物量较高阶段。

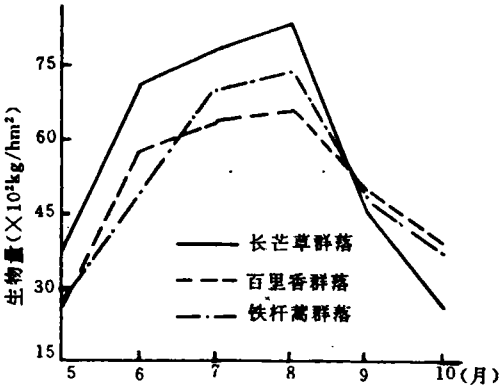


图7 封育草地生物量季节变化

3.1.2 刈割草地 天然草地的植被组成和草群的生长情况,不是停滞不前的,而是在内外因素的影响下不断发生变化,变化的最终结果将导致植被发生演替,即一种植物群落逐渐被另一种植物群落所代替,植被的种类成分及丰富度也相应地发生变化。刈割主要影响草地植被,影响群落的种类成分,各个种及各生物学类群在草群中的丰富度和发育强度。刈割对土壤及生草地没有直接的践踏影响,但刈割后草地的枯枝落叶层减少,土壤表面裸露,地温提高,土壤变干,趋于旱化。因此合理的刈割是草地永续利用久经不衰的重要环节。

表9 刈割次数对草地生物量的影响 kg/hm<sup>2</sup>

类型	刈割次数			
	1	2	3	4
长芒草群落	7671.0	8217.0	6081.0	5812.5
百里香群落	7425.0	8287.5	4818.0	4581.0
铁杆蒿群落	7900.5	8505.0	5317.5	4435.5

刈割次数对草地植被的影响最大,通过试验在黄土高原地区刈割二次为宜,刈割三次会抑制很多靠种子繁殖、早开花的优良禾本科、豆科及菊科牧草和积累营养物质的很多高大杂类草的生长。在不同刈割次数下,草地植被成分发生变化。随刈割次数的增加草群中上繁禾草的数量由57%减少到18%;下繁禾草的数量由15%增加到51%;低矮丛生牧草也从10%增加到18.5%;但杂类草的比重则由5%~10%增加到35%~45%;有毒有害植物也有所增加。据资料报导,频繁刈割植物,必然减少地下器官的量。Dierre和Bertumm用*Pueraria Thumhersiana*(一种多年生豆科植物)进行的试验表明,在生长期内刈割2次的植物,经过2年,植物的根量比刈割一次的植物少40%,刈割4次的少47%,刈割6次的少63%。根生长受到了抑制,必然会影响到地上部分的生长。通过刈割试验,在黄土高原地区草地刈割2次较为适宜(见表9)。

从表9中可以看出刈割次数对草地生物量的影响较大,以刈割2次为100%,其中长芒草

群落刈割一次占 93.3%,刈割 3 次占 74.0%,刈割 4 次占 70.0%;百里香群落刈割 1 次占 90%,刈割 3 次占 58.1%,刈割 4 次占 55.3%;铁杆蒿群落刈割 1 次占 93.0%,刈割 3 次占 62.5%,刈割 4 次占 52.2%。

从图 8 中可以看出合理的刈割牧草不同季节生物量的变化 3 种类型,表现趋势基本一致,一般是 5~6 月中旬生物量随水热条件的变化缓慢增长,7~8 月剧增,9~10 月生物量的增长处于中间状态。从黄土高原草地刈割 2 次生物量的变化趋势来看,在牧草生长的 7~8 月刈割第一次,9 月中旬刈割第 2 次最佳,过早过晚都会影响牧草营养物质的积累和来年的生长。同时对刈割草地进行合理利用和培育是完全必要的,如实行刈割和放牧的轮换,刈割时期的更替,或定期休闲等,给草地以繁殖更新之机,也可大大提高草地生产力。

**3.1.3 放牧草地** 在黄土高原 80%以上的地区,群众养畜都是以放牧为主,放牧畜群以草地作为主要生活条件,一方面采食牧草,从草地摄取营养物质,因为鲜草营养丰富,尤其是含有多种维生素。如胡萝卜素约比干草多近 10 倍,其它营养物质也基本上能满足家畜的需要。另一方面畜群在放牧中也可以得到适当的运动,并且利用日光和各种自然环境的锻炼,为机体的健康和良好的发育提供了优越的条件。

在黄土高原天然草地上,放牧畜群首先啃食牧草的枝叶和幼嫩的茎尖,直接影响着牧草的分蘖和更新繁殖。并通过采食破坏了牧草的光合作用器官茎叶,便使牧草减少或失去养分供给的来源,限制了牧草的新陈代谢过程,生长发育受到抑制,严重时便引起植物的死亡。因此合理的放牧可刺激牧草的分蘖,促进牧草的生长,提高牧草产量,相反会降低牧草产量,使牧草品质变坏。在黄土高原地区“靠天养畜”的情况下,一到冬春枯草季节,家畜往往因缺草出现体重下降,质量降低,严重到以至乏弱致死,针对这一现象,分析牧草生长发育及生物量组成的季节变化,对促进畜牧业的发展具有重要意义(见图 9)。

从图 9 中可以看出在黄土高原地区合理放牧利用下,草地的生物量季节变化动态与水热条件成正比关系。一般在温度差异大、水分不足的春季牧草生长缓慢;在水热条件较好的夏秋季放牧后牧草再生力较强,生长快产草量高;在水分较好,但温度较低的秋末草地放牧后,牧草生长缓慢产草量低。

### 3.2 生物量的变化与水分关系

**3.2.1 生物量的年度变化与水分关系** 在黄土高原干旱、半干旱地区干草原群落生物量的年变化动态,无论是封育草地、刈割草地和放牧草地,主要是受气候和环境因子的影响较大,

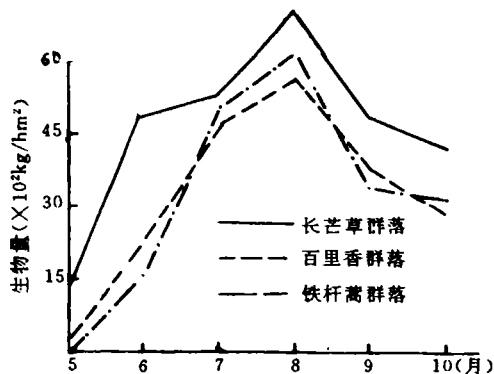


图 8 刈割草地生物量季节变化

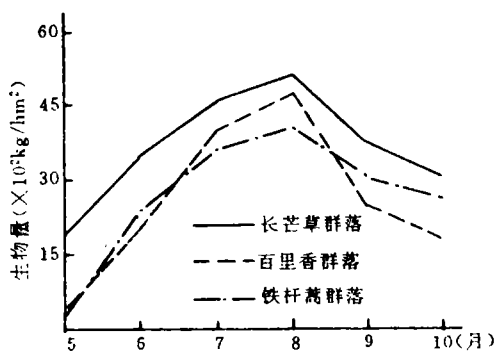


图 9 放牧草地生物量季节变化

特别是降水,因为水是牧草生存的必要条件,植物的一切基本功能都必须有水分的存在。水是植物代谢的重要原料,植物的同化作用和有机质的水解作用都需要在有水的情况下进行。水是植物代谢过程中必要的介质,有机质的合成分解,气体的吸收和交换,物质的运输,都需要在有充足水的条件下进行。

从图 10、11、12 中看出,不同处理在不同的降雨条件下,生物量的形成差异显著,通过降雨量与生物量的相关系数分析结果得出,在封育条件下草地的相关系数为  $R = -0.9969$ 、 $R = -0.99518$ 、 $R = -0.99343$ ;在合理刈割利用下相关系数分别为  $R = -0.9893$ 、 $R = -0.9960$ 、 $R = -0.9852$ ;在合理放牧利用下相关系数分别为  $R = -0.9839$ 、 $R = -0.9958$ 、 $R = -0.9927$ 。从相关分析看,在黄土高原干旱和半干旱条件下,封育、刈割、放牧草地的生长对水分的需求很敏感。在大旱的 1991 年,年降水量只有 259.7mm,仅相当于常年降水量的 42.3%,日照时数为 2 374.8h。因此在春季严重干旱下,但气温回升很快,牧草的返青和生长较迅速,进入 6~7 月份降雨量仅有 70mm 左右,此时随着气温的升高,蒸发量的增大,大部分植物停止生长,禾本科牧草呈明显的枯梢现象,特别是一些抽穗早的禾本科牧草,尚未正常结实,即处于半休眠状态。一些耐旱性较强的牧草,如长芒草高生长仅 5~8cm,冷蒿、百里香、星毛委陵菜、二裂委陵菜、花苜蓿等萎蔫而干缩,因此严重的影响了当年牧草生物量的形成。但气温的高低对牧草生物量影响不甚明显,这充分说明水分是影响牧草生物量形成的主要因子。

### 3.2.2 生物量的月变化动态与水热关系

水分是植物生长发育所必需的和不可代替的基本因子之一。在黄土高原干旱和半干旱地区则常因降水量的不足和分配不均,不能满足植物生长发育对水分的需要,严重影响这些地区牧草产量的稳定和提高。同时温度也是植物生存的基本条件之一,每种植物的生长和发育必须在一定的温度极限及持续下才能完成,超过或不及所需要的温

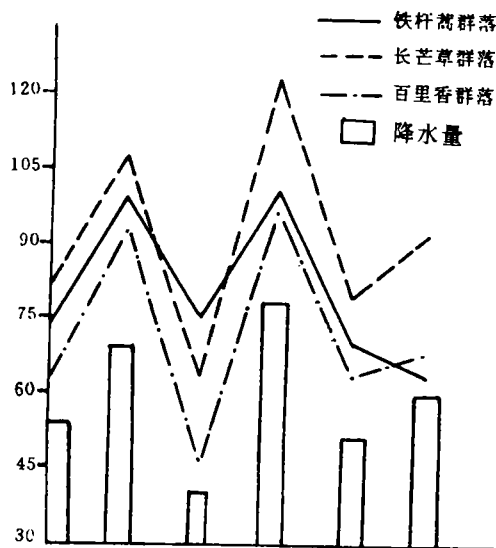


图 10 封育草地生物量与降水关系

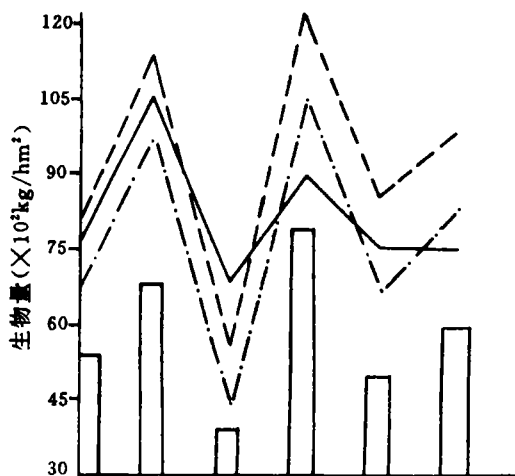


图 11 刈割草地生物量与降水关系

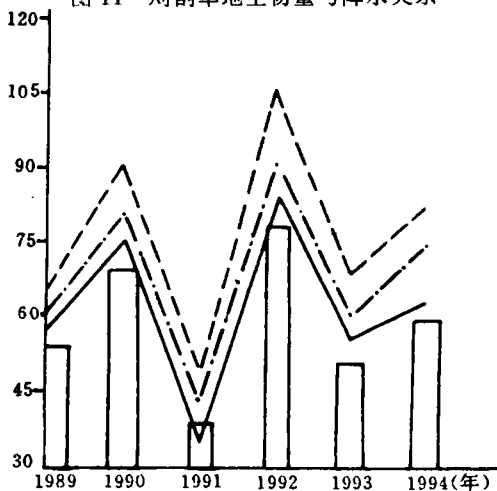


图 12 放牧草地生物量与降水关系

度极限时,则植物的生长和发育及其它生活现象便要停止,或不能开始。植物的一切生理作用,新陈代谢现象,都需要在一定的温度条件下进行。因此摸清植物生长的适宜温度也是促进植物的生长和生物量形成的关键。

表 10 各群落产草量与降雨量和月均温相关系数

群落	产草量—降水	产草量—月均温
长芒草	0.782	0.834
百里香	0.773	0.574
铁杆蒿	0.622	0.745

表 11 各群落的产草量月动态系数

月份	5	6	7	8	9	10	最高月份 产草量(g/m <sup>2</sup> )
长芒草	38.3	70.9	95.1	100	68.5	35.9	340.0
百里香	50.0	83.9	92.7	100	80.8	70.7	205.0
铁杆蒿	51.6	71.4	99.2	100	88.5	78.7	203.3

表 12 各群落产草量变化动态

	月份	5	6	7	8	9	10	最高月 产草量
长芒草	产草量(g/m <sup>2</sup> )	130.1	241.1	323.4	340	233	122	340
	月净增量(g/m <sup>2</sup> )		110.0	82.3	16.6	-107.0	-111.0	
	月相对生 长速率[g/(g·d)]		0.021	0.0095	0.016	-0.013	-0.21	
	动态系数(%)	38.3	70.9	95.1	100	68.5	35.9	
百里香	产草量(g/m <sup>2</sup> )	102.5	172.0	190.0	205.0	165.7	145.0	205.0
	月净增量(g/m <sup>2</sup> )		69.5	18.0	15.0	-39.3	-20.7	
	月相对生 长速率[g/(g·d)]		0.017	0.0032	0.0025	-0.0071	-0.0043	
	动态系数(%)	50.0	83.9	92.7	100	80.8	70.7	
铁杆蒿	产草量(g/m <sup>2</sup> )	105.0	145.2	201.7	203.3	180	160.0	203.3
	月净增量(g/m <sup>2</sup> )		40.2	56.5	1.6	-23.3	-20	
	月相对生 长速率[g/(g·d)]		0.0104	0.0109	0.0003	-0.004	-0.0037	
	动态系数(%)	51.6	71.4	99.2	100	88.5	78.7	

在牧草的生长季节内,地上部生物量的形成与增长同大气温度和降水有着密切的关系。通过试验在 4 月中旬气温在 5.9~8.4℃,牧草开始返青,从 5 月上旬至 9 月上旬各旬平均温度都超过 12℃,其中 7 月份平均气温为 18.3℃,达到全年温度最高峰期,为牧草生长的温度最适宜期。从降雨量来看,在生长季节内各月降雨量变化较大,最低 16.5mm(5 月份);最高可达 131.3mm(8 月份),占全年降水量的 27.6%;7~9 月份降雨量为 248.5mm,占全年降水量的 52.2%。

草地生产力的 高低,除了受草场内部种类组成和群落结构的影响外,还和外部环境因素有关,特别是降水和温度这两个生态因子,对草地生产力影响最大。现将各群落产草量与其生长关键期的降水量和温度作相关分析计算,结果如表 10。

从表 10 中看出,在牧草生育期内,产草量的增长与生长关键期的降水量的多少基本上成正比,气温与降水量比较而言,不及降水量之作用明显,但它可以影响牧草对水分的利用效率,



所以它与牧草产量也是一种正相关关系。长芒草、百里香和铁杆蒿群落产量的月动态系数如表 11 所示。

从表 11 中可以看出,不同群落产草量的月动态系数,是同水热条件相符合的,在水热条件较好的 7、8、9 月份,各群落的产草量为高峰期,故产草量的月动态系数比较高。

长芒草、百里香和铁杆蒿群落的产草量月动态,与降水量和气温的关系如图 13、14、15 和表 12 所示。6 月降雨量 54.9mm,牧草生长迅速, RGR 为  $0.021\text{g}/(\text{g} \cdot \text{d})$  为全年最大生长速率,干物质积累多达  $111\text{g}/\text{m}^2$ 。进入 7 月,降雨量虽达 55.1mm,牧草生长速率却有所下降, RGR 为  $0.0095\text{g}/(\text{g} \cdot \text{d})$ ,这是因为长芒草 7 月份正值花中期或末期,茎叶增长很少,致使整个群落增长缓慢。8 月份虽有降雨 131.3mm,可牧草生长发育明显减慢,产草量达到高峰,干物质的积累已不再增加,牧草出现凋落现象。一个生长周期完成, RGR 呈负值,以后则随温度和降雨的降低产草量一直趋于下降。

百里香和铁杆蒿群落,6 月份降雨量 54.9mm,可牧草生长速率也并不低, RGR 分别为  $0.017$  和  $0.0104\text{g}/(\text{g} \cdot \text{d})$ ,为全年最大生长速率,干物质月净增量分别为  $69.5\text{g}/\text{m}^2$ 、 $40.2\text{g}/\text{m}^2$ ,这主要与土壤含水量高底墒好有关。从图中可以看出产量的高低与降雨、气温有密切关系,8 月降雨量为 131.3mm,牧草生长发育明显减慢,生物量达到高峰,干物质减少,增长速率出现负值,至此牧草开始枯萎、凋落,产草量呈下降趋势。

### 3.3 生物量的变化与结构特征

长芒草、百里香、铁杆蒿群落产草量的结构特征从表 13 中可以看出,不同群落草群产量的组成不同。长芒草群落草群产量的组成特征,主要是以禾本科植物为主,占草地最高月份产草量的 45%~63%,其次为杂草类、豆科、菊科、分别占 24.6%~29.6%、9.1%~18.2%、5.6%~17.6%。百里香群落产草量的组成特征,主要也是以禾本科植物为主,占 24.4%~47.3%,其次为杂草类(瑞香科)、菊科、豆科、分别占 16.2%~43.9%、17.3%

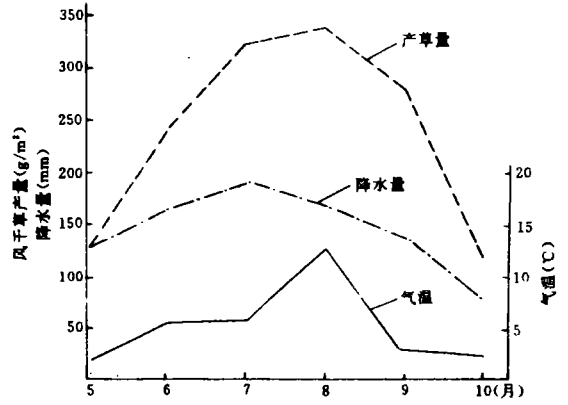


图 13 长芒草群落产草量与降水量及气温关系

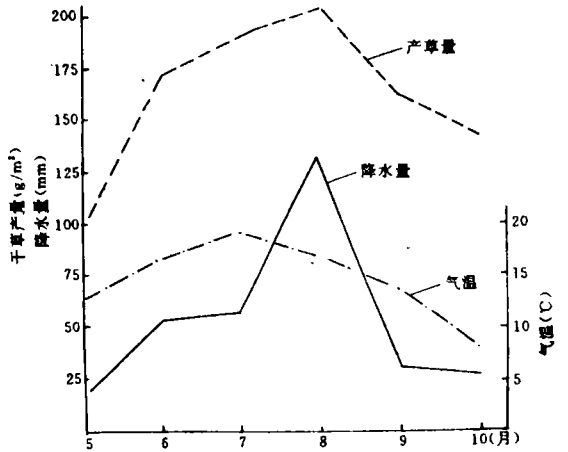


图 14 百里香群落产草量与降水量及气温关系

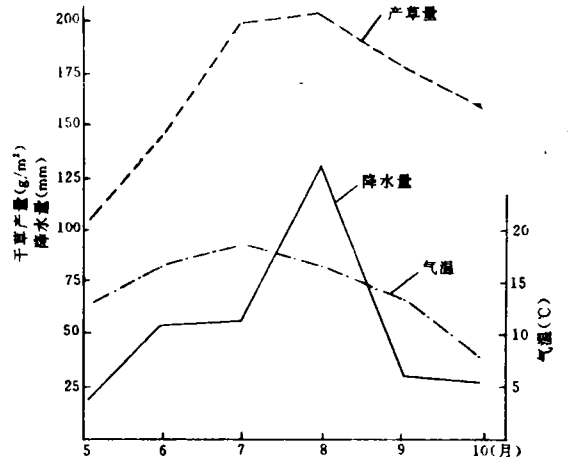


图 15 铁杆蒿群落产草量与降水量及气温关系

~36.6%、8.5%~9.9%。铁杆蒿群落产草量的组成特征,主要是以菊科为主,占49.1%~54.4%,其次为杂草类、禾本科、豆科,分别占24%~38.5%、4.8%~14.9%、2.5%~13.4%。从不同群落产草量的组成特征来看,长芒草群落优良牧草占的比重较大,杂类草及有毒有害植物较少,故草地质量好。百里香和铁杆蒿群落优良牧草占的比重较小,杂类草和有毒有害植物占的比重较大,故这两类群落与前者相比草地质量较差。因此在草地建设和封育改良中,首先得从这两类群落进行。

表 13 不同群落产草量结构特征

群落		草群总 盖度(%)	草层高 度(cm)	最高月份干 草产量(g/m <sup>2</sup> )	草群组成(%)			
					禾本科	豆科	菊科	其它科
长 芒 草	A	85	48.0	340(8)	45.6	11.8	17.6	25.0
	B	60	33.0	223.4(7)	53.7	13.4	8.2	24.6
	C	65	32.6	276.1(7)	63.4	9.1	10.5	17.0
	D	60	26.0	192.8(6)	46.7	18.2	5.6	29.6
百 里 香	A	70	9.0	205.0(8)	24.4	—	36.6	39.0
	B	70	4.3	131.2(6)	47.3	9.9	26.7	16.2
	C	65	4.8	117.4(6)	42.6	8.5	17.3	31.5
	D	65	4.6	95.6(7)	36.6	—	19.5	43.9
铁 杆 蒿	A	70	179.0	203.3(8)	8.9	2.5	50.2	38.5
	B	60	10.4	95.8(7)	9.3	6.3	54.4	30.0
	C	60	12.8	80.3(6)	14.9	11.2	49.8	24.0
	D	65	10.7	104.2(8)	4.8	13.4	49.1	32.6

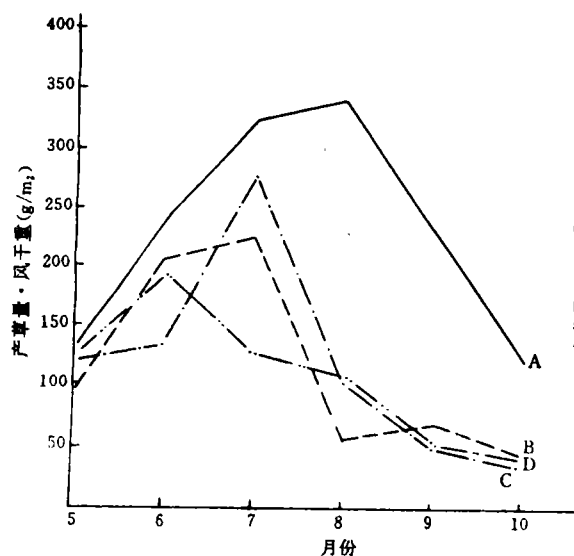


图 16 长芒草群系不同处理间产草量月变化

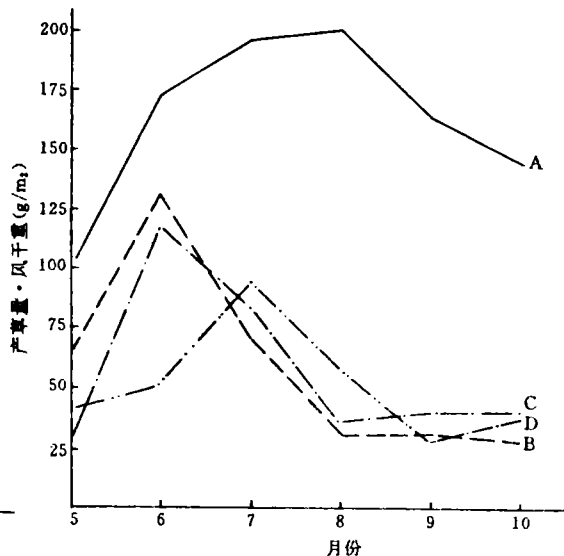


图 17 百里香群系不同处理间产草量月变化

一年四季的饲草贮藏量由于气候的显著变化在季节上的分配是很不平衡的,自春季牧草返青开始,在整个生育期内,草地地上干物质的积累随植物生长而增加,到高峰后逐渐下降。不同科属植物由于发育阶段、密度等因素的不同,地上生物量在季节性变化中所起的作用是不相同的。

从长芒草、百里香和铁杆蒿群落草地生产力季节变化情况可以看出,在整个草群生育期产量变化呈单峰式曲线,牧草返青后5~7月中旬迅速生长,7月中旬~8月中旬增长渐缓,8月

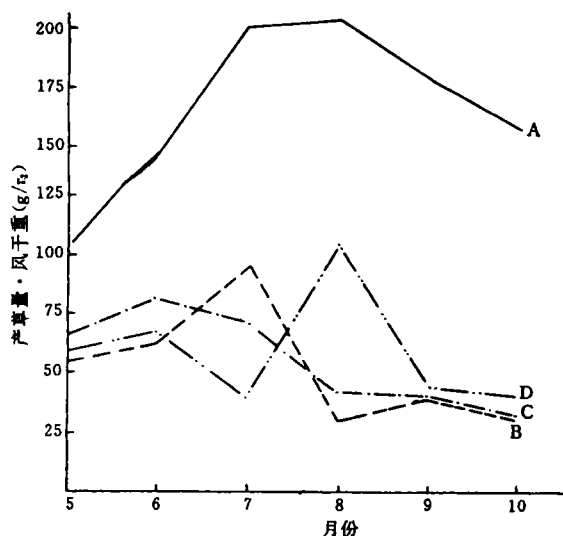


图 18 铁杆蒿群落不同处理间产草量月变化

份地上生物量达到高峰后缓慢下降,9月中旬牧草进入枯黄后产量逐渐下降,从图 16 中可以明显的看出。

长芒草群落,从图 16 中可以看出,在封育期间产草量的季节变化,高峰期为 8 月份,干草产量  $340\text{g}/\text{m}^2$ ,比割草区,高峰期的产草量增长了 34.3%;比半放牧区高峰期的产草量增长了 18.8%;比全放牧区高峰期的产草量增长了 43.3%。同时割草区、半放牧区,全放牧区牧草产量的变化幅度较大,特别是在水热条件较好的 7 月份,由于牧草受到了严重的人为破坏(割草、放牧),不能休养生息,繁殖更新,产生新的后代,试验的第一年群落结构虽有变化,但不甚明显,待今后继续试验观测。寻找出草地受人为破坏的主要原因和恢复的途径。

百里香群落,从图 17 中可以看出,在封育期间产草量的高峰期为 8 月份,每平方米平均生产干草  $205\text{g}$ ,比割草区高峰期的产量增长了 36.0%;比半放牧区高峰期的产草量增长了 42.7%;比全放牧区高峰期的产草量增长了 53.4%。从产草量的增长比率来看,由于全放牧区对牧草的破坏比较严重,所以产草量的增长比率较低。同时从不同处理间产草量的月变化来看,割草区、半放牧区和全放牧区由于不同的割草、放牧时间和程度,使牧草的产草量变化差异显著,如随着割草、放牧时间的不断延长,产草量不断下降。

铁杆蒿群落,从图 18 中可以看出,在封育期间产草量的高峰期为 8 月份,每平方米平均生产干草  $203.3\text{g}$ ,比割草区高峰期的产草量增长了 52.9%;比半放牧区高峰期的产草量增长了 60.5%;比全放牧区高峰期的产草量增长了 48.7%。从铁杆蒿群落的产草量变化过程可以看出,该群落同以上两群落相比,封育区的产草量与 3 种不同处理间差异较大,这是因为菊科与禾本科相比,耐牧性较差,繁殖更新力低,故产草量差异较大。

## 参考文献

- 1 李博,祝廷成,胡自治.草原植物的合理利用与草原生态系统的管理.中国植被,科学出版社,1980
- 2 邹厚远.陕北黄土高原的植被概况及各植被区农林牧业的发展.植物生态学与地植物学丛刊,1981,5(3)
- 3 邹厚远等.黄土高原草地生产持续发展研究.1 沙打旺人工草地衰退后的草种更替,水土保持研究,1994,1(3)
- 4 邹厚远等.七种牧草改良黄土地区草场的成效.水土保持学报,1989,3(4)
- 5 赵松岭,陈庆诚等.植物群落演替的线性与非线性系统及其数学预测.生态学报,1981,(1):235~240
- 6 程积民.黄土高原草地资源与建设.西安:陕西人民出版社,1993.
- 7 程积民.宁南半干旱区草原群落结构与生物量的研究.中国科学院西北水土保持研究所集刊,1990,(11)
- 8 程积民.黄土丘陵半干旱区天然草场恢复改良试验研究.中国草地,1989,(4)
- 9 北京农业大学主编.草地学.农业出版社,1982
- 10 李守虔等.亚高山草甸嵩草植被放牧衰退演替阶段的数值分类.植物学报,1984,26(2):202~208
- 11 程积民等.黄土高原沙打旺草地群落生态的研究.1993,2(4):64~71
- 12 程积民等.长芒草草地在封育条件下群落结构和生物量变化的研究.草业科学,1993,(10)2:48~52