

# 青藏高寒牧区多年生人工草地持续利用的研究

张耀生, 赵新全, 黄德清

(中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001)

**摘要:** 通过多年研究, 找出了困扰高寒牧区多年生人工草地建设的“建植 3~ 5 年后急速退化问题”的原因主要是毒杂草侵入和草地土壤有效养分匮乏; 通过连续 13 年的示范试验, 证明采取适当的管理措施可以有效的逆转草地退化趋势, 实现草地多年持续利用。

**关键词:** 人工草地; 退化; 持续利用

**中图分类号:** S812 3; Q 948 158 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-5759(2003)03-0022-06

\* 人工草地建设是畜牧业发达国家的共同经验, 世界各国都十分重视发展人工草地。在青藏高原高寒牧区, 由于冷季漫长, 牧草生长期短暂, 牧草生长和放牧需求季节不平衡, 放牧家畜冷季掉膘严重, 畜牧业经营效益难以提高; 超载过牧现象普遍, 鼠虫害与毒杂草危害严重, 使草地生产力下降, 草畜矛盾更加突出; 自然灾害频繁, 饲草储备不足, 抗灾保畜能力差, 雪灾之年常常导致牲畜成批死亡, 造成巨大的损失。这些问题严重制约着草地畜牧业以及高原地区经济的持续发展。因此, 大力发展人工草地, 增强对草地畜牧业的物质和科技投入, 实行集约化经营, 成为草地畜牧业持续发展的必由之路<sup>[1]</sup>。以老芒麦(*Elymus sibiricus*)、垂穗披碱草(*E. nutance*)等禾本科牧草为主的多年生人工草地具有 1 年建植多年受益的特点, 可以充分利用当地特有的优良牧草资源, 是该地区主要的多年生人工草地推广栽培方式。但是, 生产实践中发现, 这种草地普遍存在建植 3~ 5 年后急速退化的现象<sup>[2-5]</sup>, 成为进一步示范推广的严重障碍。研究这类草地的退化原因、恢复措施和持续利用技术是亟待解决的重要课题。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验区概况

试验从 1989 年开始, 在中国科学院海北高寒草甸生态定位研究站进行<sup>[6]</sup>, 该站位于祁连山南麓东段, 地处北纬 37°29' ~ 37°45', 东经 101°12' ~ 101°23', 海拔 3 200 m。气候严寒, 年均温度 -1.7℃, 年均降水量 580 mm。没有明显的四季之分, 只有冷暖两季, 冷季长达 7 个月, 无绝对无霜期。牧草生长期 130~ 140 天。示范样地位于山前平坦弃耕地, 无灌溉条件。土壤为高山草甸土。植被以蒿草属(*Kobresia*)植物为主。试验地为 1989 年 5 月播种的老芒麦人工草地, 面积 1.4 hm<sup>2</sup>。

### 1.2 试验方法

通过对初建的人工草地与退化后的人工草地的群落学对比调查, 发现毒杂草大量侵入导致栽培草地的植物群落结构变化, 使群落盖度和植株高度降低, 可食牧草比例减小, 草地利用价值大幅度下降, 成为草地退化的主要特征。对草地土壤养分含量的分析, 又发现退化草地的有效养分含量均明显低于建植初期。因此认为, 毒杂草侵入和土壤有效养分供应不足是导致多年生禾本科人工草地建植 3~ 5 年后急速退化的主要原因。在这些研究结果的基础上, 分别进行了灭除毒杂草和草地施肥的单因子试验和复合试验, 结果证明两种试验因素均可抑制草地的退化过程, 而两种措施的配合使用则可快速逆转退化过程。在这些研究结论的基础上, 我们制定了施肥、灭除杂草综合管理方案, 对老芒麦示范草地进行持续利用试验。

**1.2.1 施肥与灭除杂草单因素试验** 施肥采用 3 次重复的随机区组试验设计, 具体处理见表 1。为了确定灭除杂草单因素处理对草地生产性能的效应, 1989 年应用 2, 4-D 丁酯进行灭除杂草的试验。除草剂采用兰州农药厂

\* 收稿日期: 2002-05-30

基金项目: 本研究得到中国科学院知识创新工程项目(kzcx1-09-01), 国家基础研究规划项目(19980408000), 国家自然科学基金项目(30070147)和中国科学院西北高原生物研究所知识创新重点研究领域项目(cjc020144)的资助。

作者简介: 张耀生(1953-), 男, 陕西凤翔人, 副研究员。

分装生产的 72% 2,4-D 丁酯乳剂。试验采用 0.04 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 为阶差, 共设从 0.04 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 到 0.40 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 的 10 个倍率处理及 1 个对照处理的随机区组试验设计, 3 次重复, 小区面积 25 m<sup>2</sup>。

表 1 施肥对老芒麦的营养效力

Table 1 Alimentation efficacy of fertilizing to *Elymus sibiricus*

试验处理 Treatments	施肥量 Contents of fertilizing (g/m <sup>2</sup> )	牧草含氮量 N contents of grass				牧草养分吸收速率 Absorb speed of nutrition					
		地上部分 Above ground (%)		地下部分 Below ground (%)		N		P		K	
		增长率 Increase ratio (%)	增长率 Increase ratio (%)	吸收速率 Absorb speed [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]	增长率 Increase ratio (%)	吸收速率 Absorb speed [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]	增长率 Increase ratio (%)	吸收速率 Absorb speed [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]	增长率 Increase ratio (%)	吸收速率 Absorb speed [mg/(m <sup>2</sup> ·d)]	增长率 Increase ratio (%)
N+P	10+10	3.05	48.8	1.55	47.6	235.0	65.5	47.7	74.7	110.3	81.7
N	10	2.78	35.6	1.21	15.2	210.0	47.9	31.7	16.1	96.3	58.7
P	10	2.18	6.3	1.14	8.6	163.0	14.8	35.3	29.3	97.3	52.1
CK	0	2.05	0	1.05	0	142.0	0	17.3	0	60.7	0

注: 试验处理中 N+P 指尿素与三料过磷酸钙各 50%; N 指尿素; P 指过磷酸钙。

Note: In the treatments, N means urea; P means superphosphate; N+P means urea with superphosphate

1.2.2 持续利用示范样地管理 试验地周边设有围栏隔离, 在暖季牧草生长期进行封育, 冷季放牧利用。隔年 6 月上旬以 0.32 m<sup>2</sup>/m<sup>2</sup> 的剂量喷施 72% 2,4-D 丁酯 1 次, 撒施化肥(尿素 100 kg/hm<sup>2</sup>+ 磷酸二氢胺 50 kg/hm<sup>2</sup>) 1 次。

1.2.3 退化机制群落调查 在从 3 龄到 6 龄草地急速退化阶段, 每年 9 月份生长末期进行常规群落学调查, 样方面积 1 m<sup>2</sup>, 15 次重复; 各种群落学指标的计算公式如下:

重要值:  $P = (\text{相对频度} + \text{相对盖度} + \text{相对密度} + \text{相对高度} + \text{相对生物量}) / 5$

丰富度指数:  $R_1 = \frac{S}{\ln(n-1)}$ ,  $R_2 = \frac{S}{\sqrt{N}}$  (S: 群落中植物种的总数, N: 所有植物重要值的总和)

多样性指数:  $H = -\sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$  (S: 群落中植物种的总数, P<sub>i</sub>: 第 i 种植物的重要值占所有植物重要值总和的比例)

均匀度指数:  $J = \frac{H}{\ln S}$  (H: 多样性指数, S: 群落中植物种的总数)

生态优势度指数:  $C = \sum_{i=1}^s \left(\frac{P_i}{N}\right)^2$  (S: 群落中植物种的总数, n<sub>i</sub>: 第 i 种植物的重要值, N: 所有植物重要值的总和)

## 2 结果与分析

### 2.1 施肥与灭除杂草措施的单因素效应

2.1.1 施肥对老芒麦生产性能的影响 人工草地较高的生物量产出, 使得草地-土壤系统的物质循环强度增加, 要求土壤具有较高的供肥能力。土壤有效养分供应不足是导致草地退化的主要原因之一。据测定, 海北站地区的高山草甸土壤钾素含量较丰富, 而氮素和磷素比较缺乏。根据土壤养分含量的这一基本特征, 进行了在老芒麦人工草地施用氮肥、磷肥和氮肥、磷肥配合使用的试验研究, 结果证明, 施肥可有效地补充土壤对植物的有效养分供给(表 1), 促进牧草植株个体发育, 获得较高的种子产量与生物产量(表 2), 维持草地多年持续利用。

表2 施肥对老芒麦种子产量和地上生物量的影响

Table 2 Influences of fertilizing to seeds yield and biomass of aboveground

试验处理 Treatments	对种子产量的效应 Effects on seeds yield		对地上生物量的效应 Effects on biomass	
	种子产量	增长率	地上生物量	增长率
	Seeds yield (kg/hm <sup>2</sup> )	Increase ratio (%)	Biomass (kg/m <sup>2</sup> )	Increase ratio (%)
N+P	352.4	243.8	1.973	125.7
N	266.7	160.2	1.683	92.6
P	198.3	93.5	1.385	58.5
CK	102.5	0	0.874	0

2.1.2 灭除杂草对老芒麦人工草地的影响 试验结果证明, 2, 4-D 丁酯对多种双子叶杂草均有较好的灭杀效果, 但需采用适宜的施药量和施药方法。试验结果以0.32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>效果较好。施药量小于0.20 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>时杂草灭除效果不佳, 施药量增至0.40 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>以上时杂草灭除率增加不多, 而且药费增加。用0.32 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>施药量在6月底施药1次, 杂草灭除率达80%以上。各种植物对2, 4-D 丁酯反应灵敏度有显著的差异, 这与它们的形态特征、生长发育阶段有密切的关系。5月下旬施药杂草灭除率为51.14%, 6月中旬施药后为72.41%, 6月下旬达到最大值, 灭除率达84.75%, 尔后施药时灭除率又逐渐下降。可见这与青藏高原高寒气候的变化规律所决定的植物生长发育节律是相协调的。青藏高原4~5月气温虽开始回升, 但波动较大, 除长期适应高寒气候的高草属植物能抵御低温而萌动返青外; 其他双子叶植物的耐寒性均较弱, 仅有少数种类处于萌动阶段。5月下旬至6月下旬青藏高原气温回升很快, 此阶段大部分杂类草即破土而出且生长较快, 但这一时期杂草处于营养生长阶段, 植株较小, 地上部分幼嫩, 抗药性很弱, 因此在6月下旬施药能收到最佳的效果。6月以后各种植物已处于茂盛生长阶段, 或者进入花期, 植株较大, 抗药性增强, 灭除率降低。另外, 从所调查的植物来看, 凡是具有地下根茎繁殖能力的植物, 如细叶亚菊(*A. jania tenuifolia*)、鹅绒委陵菜(*Potentilla anserine*)等, 在较大剂量情况下虽然地上部分死亡, 然而地下根茎受害较轻, 仍然具有分蘖和生长的能力, 对这类杂草应连续施药灭杀才能收到更好的效果。

## 2.2 草地退化演替的数量特征

对多年生人工草地退化过程群落演替规律的探讨是恢复生态学的重要研究内容。通过对演替过程中植物群落特征值动态变化的探讨, 了解植物群落各个组分种在演替过程中的种群动态变化规律及其在群落中对资源利用和种间竞争能力的差异性, 可为制定科学、合理的恢复措施提供理论和实验依据。对老芒麦退化人工草地连续6年的观测数据进行研究分析的结果表明, 多年生人工草地退化演替的方向是趋向于天然草地的群落结构, 气候条件在这里起了决定性的作用。草地建植前的植物群落结构背景和栽培种的生理生态特征及退化前的种群特征的不同草地退化演替过程差异性的重要原因之一, 放牧等人为干扰以及草地动物的活动对演替过程的影响也是很重要的。人工草地退化演替的一个明显特征是植物群落组分种数量逐年增加。从3龄草地的29种增加到6龄草地的46种, 种数增加59% (见表3)。组分种数量增加说明群落结构在演替过程中趋于复杂化。种的增加以阔叶杂类草为主, 其次为禾本科牧草, 而莎草科植物则很少, 这一变化趋势与草地建植前本底植物群落结构有关, 本底植物群落结构即以阔叶杂类草为主。通过计测各龄草地的丰富度指数和多样性指数(表3), 可以看出在演替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6.04, 2.86上升到6龄草地的8.44, 3.98; 依次分别增加了40.0%和39.2%。多样性指数在同期内则由0.922上升到2.120, 增加了130%。丰富度指数和多样性指数的数值增加, 意味着群落稳定性的增强。对均匀度指数计测的结果表明, 演替过程也是群落内植物分布均匀度增加的过程, 均匀度指数由3龄草地的0.274增加到6龄草地的0.575, 增加了110%, 说明随演替的进行, 各组分种在群落中的分布趋于均等。生态优势度值随演替过程而逐年下降, 从3龄草地的0.256下降到6龄草地的0.106, 说明演替过程中群落结构组成趋于复杂化。以上5项群落结构特征的动态变化表明, 人工草地

退化演替的方向是趋同于未退化天然草地的群落结构。发生退化演替的群落结构方面的原因,在于它本身为非稳定性结构,植物组分种类少,均匀度低,丰富度和多样性指数也不高。草地持续利用的关键就是通过管理措施设法维持栽培牧草优势种地位的这种“暂稳态”。

表 3 退化演替过程植物群落特征值的变化

Table 3 Changes of community characteristics in process of degradation

草地年龄 Years after sowing		3 龄 Third year	4 龄 Fourth year	5 龄 Fifth year	6 龄 Sixth year
种数 Species number		29	32	38	46
丰富度指数 Richness index	R <sub>1</sub>	6.04	6.95	7.59	8.44
	R <sub>2</sub>	2.86	3.44	3.59	3.98
多样性指数 Diversity index		0.922	1.36	1.90	2.12
均匀度指数 Evenness index		0.274	0.391	0.530	0.575
生态优势度 Ecological dominance index		0.256	0.172	0.123	0.106

### 2.3 综合管理措施逆转草地退化过程的效应

采用药剂灭除毒杂草和使用肥料相结合的综合管理措施后,这块 1988 年播种至今已 13 年的老芒麦草地仍然生长良好,群落结构仍然维持栽培种老芒麦种群处于绝对优势地位的状况,未发生杂草横生,牧草产量骤减的退化现象。这块草地除了每年 6~9 月家畜转到夏场放牧的时间外,每年放牧利用长达 8 个月,但由于管理得当,仍然保持较高的产量水平,牧草产量(干重)持续多年达 7 000 kg/hm<sup>2</sup> 以上(图 1)。实践证明,禾本科多年生人工草地的早期退化问题可以通过加强管理予以解决,草地的退化演替过程是可以逆转的。

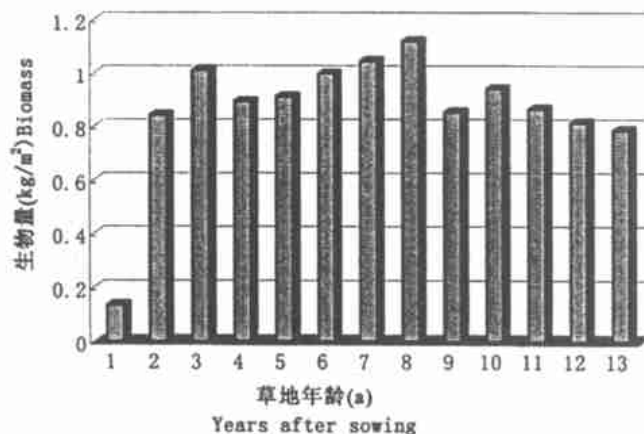


图 1 生物量年际变化

Fig 1 Biomass changes among years

## 3 讨论

### 3.1 植物群落结构的复杂性与稳定性的关系

植物群落结构的复杂性和多样性是群落稳定的基础。栽培人工草地的目的是获得栽培植物种的高额产量,常常使得人工群落的植物结构比较简单,这种结构的群落稳定性不高,尤其是当人工草地在大片的天然草地中呈镶嵌式分布时,很容易受到非栽培植物侵入的影响。排除这种侵入干扰,保持栽培群落的暂稳态简单结构,才能达到草地持续利用的目的。对高寒牧区多年生人工草地植物群落的生态位分析(另文报道)表明<sup>[7-10]</sup>,老芒麦与其他

阔叶杂草在土壤有效养分供应充足时表现出明显的生态位分离,老芒麦等禾本科栽培牧草种对土壤养分吸收的比较优势极其明显,生长良好的老芒麦种群植株高大,在与阔叶杂草的光竞争、水分竞争方面也表现出较强的优势,茂密的草群对阔叶杂草的郁闭形成有力的竞争性抑制作用,导致杂草在苗期即大量死亡。这对于保持栽培牧草优势种地位的暂稳态结构是很有利的。

### 3.2 老芒麦繁殖特性与草地退化过程逆转的关系

在青藏高寒牧区,老芒麦的有性繁殖与无性繁殖两种过程并存,强大的繁殖优势形成草地退化趋势逆转的生物学基础。老芒麦根蘖发达,产种量高,在建植多年后仍可以实生苗和根蘖两种方式繁殖,具有强大的种群扩展能力。在土壤肥力、水分条件满足时不需要补播即可保持其优势种地位。

### 3.3 对高寒牧区人工草地研究的思考

**3.3.1 人工草地研究要紧密结合国家社会发展需求** 随着西部的大开发,人工草地已不仅是发展草地畜牧业的需要,而且是生态环境建设和农业结构调整的需要。在农业区,伴随国家陡坡地退耕政策的实施,将会在各地建设更多的多年生人工草地。如何维持这类草地栽培植物的建群种地位,防止退化,延长利用年限,达到多年持续利用的目的,是一个需要进一步加强的研究领域。

**3.3.2 高寒牧区人工草地发展要紧密结合高寒气候特点** 由于高寒地区的气候特点,许多在温暖地区适用的技术并不完全适用于高寒地区,高寒牧区人工草地的发展要走自己的路子。在牧草品种选育方面,要根据青藏高原特殊气候条件制定合理科学的育种目标<sup>[9,10]</sup>,培育适合高寒气候条件的优良品种;在栽培和利用技术的研究方面,也要针对高寒地区的气候特点开展工作,因地制宜的推出适合当地应用的系列配套技术<sup>[11,12]</sup>。

**3.3.3 人工草地研究要重视方法学** 著名草地科学家任继周先生在“试论草业的知识经济切入点”<sup>[1]</sup>一文中,对重视方法论的研究作了精辟的论述,他指出,生产过程与管理结构、生产层次共为知识经济对现代草业的3个主要切入点,认为“生产过程包含生产技术(Technology)和生产方法(Methodology)。过去我们偏重于技术而忽略方法,方法即过程,它是从科学到技术的方法论,是点石成金的那个仙人的指头。”“任何好的技术只有在一定的方法中才具有先进性”。任先生的论述强调指出我们在草业发展中要重视方法学,多年生人工草地持续利用的管理技术就是一个方法学的问题。人工草地建设确实需要重视生产过程中的方法论。如果不重视草地建植技术与合理利用技术,仅有牧草良种、化肥、农药等物质的投入是不能达到建设高效优质人工草地的目的的。要解决退化草地的恢复、多年生人工草地的持续利用方面面临的实际问题,生产管理过程的方法学研究是解决问题的关键所在。

在国家实施西部大开发战略的新形势下,积极配合西部地区及青藏高寒地区生态环境治理工作,结合国家经济建设需求和科学学科发展目标,总结已有的研究成果,进一步阐明有关退耕地生态系统、退化草地重建植被生态系统的合理结构和管理原则,加强人工草地建设系列配套技术的示范推广力度,是草地科学工作者光荣而艰巨的任务。

### 参考文献:

- [1] 任继周 试论草业的知识经济切入点[A] 见:洪绂曾,任继周 草业与西部大开发[C] 北京:中国农业出版社,2001.
- [2] 董世魁,胡自治,蒲小朋 高寒地区多年生禾草混播草地的生理-生态特性研究[J] 草业学报,2002,11(4):39-45.
- [3] 周兴民 中国的高草草甸[M] 北京:科学出版社,2001.
- [4] 周兴民,王启基,张堰青,等 青藏高原退化草地的现状、调控策略和持续发展[A] 高寒草甸生态系统(第4集)[C] 北京:科学出版社,1995.
- [5] 张耀生,周兴民,王启基 高寒牧区燕麦生产性能的初步分析[J] 草地学报,1998,(2):115-123.
- [6] 张耀生,赵新全 高寒牧区中华羊茅人工草地退化演替的数量特征研究[J] 应用生态学报,2002,13(3):285-289.
- [7] 张耀生,赵新全 青海省生态环境治理面临的问题与草业科学的发展[J] 中国草地,2001,23(5):68-74.

- [8] 王启基, 周兴民, 张堰青, 等. 调控策略对高寒退化草地植物 N、P、K 含量积累及转移效应的分析[A]. 高寒草甸生态系统(第 4 集)[C]. 北京: 科学出版社, 1995.
- [9] 张耀生, 赵新全, 周新民. 高寒牧区三种豆科牧草与燕麦混播的试验研究[J]. 草业学报, 2001, (1): 13-19.
- [10] 张耀生, 周兴民, 王启基, 等. 高寒牧区燕麦与箭舌豌豆、毛苕子混播优化组合模式的初步研究[J]. 高原生物学集刊, 1999, 14: 184-190.
- [11] 张耀生, 赵新全, 周兴民. 青海省草地畜牧业可持续发展战略与对策[J]. 资源学报, 2000, 15(4): 328-334.
- [12] 赵新全, 张耀生, 周兴民. 高寒草地畜牧业可持续发展的理论与实践[J]. 资源科学, 2000, (4): 50-61.
- [13] 王文颖, 王启基. 高寒嵩草草甸退化生态系统植物群落结构特征及物种多样性分析[J]. 草业学报, 2001, 10(3): 8-14.

### The study on sustainable using of perennial sowing grassland in the Qinghai-Tibet Plateau pasture

ZHANG Yao-sheng, ZHAO Xin-quan, HUANG De-qing

(Northwest Institute of Plateau Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract** After many years' research work, we have found the two causes that are main factors of grassland degradation rapidly, in a stage of 3~ 5 years after sowing. The first cause is that forb weeds invaded grassland, and the second is that the soil waned nutrient supply. By a series of experiments and demonstrations in recent 13 years, we have got a conclusion that we can turn the trend of grassland degradation by integrated management. Sowing grassland can be used for many years.

**Key words:** sowing grassland; degradation; sustainable utilization