

石羊河上游退耕区紫花苜蓿草地群落动态特征

董小刚,赵成章

(西北师范大学地理与环境科学学院,甘肃 兰州 730070)

摘 要:以石羊河上游旱泉沟流域紫花苜蓿人工草地为例,采用常规群落学调查,并结合 2003~2009 年连续 7 a 的定位观测资料,研究了紫花苜蓿草地退化过程和群落动态特征。结果表明:紫花苜蓿人工草地建植以来,群落盖度逐年下降,群落密度逐年增大,地上部分生物量呈抛物线变化趋势;随着紫花苜蓿草地的退化,杂类草侵入群落,物种数由 7 种增加到 17 种,且以菊科植物占据优势;建植第 5 年,草地裸斑增加、质量下降,紫花苜蓿的优势地位明显下降,而赖草成为群落的优势种群。紫花苜蓿退化草地群落动态可分为 3 个阶段:即紫花苜蓿草地阶段、紫花苜蓿草地向天然草地演替的过渡阶段和禾本科次生草地阶段,人工草地向地带性天然草地的演化迹象明显。

关键词:紫花苜蓿;退耕地;群落动态;功能群;石羊河上游

中图分类号: Q145⁺.2;S812 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-7601(2011)04-0228-05

退耕地在消除或缓解外力压力因素下,具有通过恢复达到稳定状态的可能,从植被的角度分析,是种间和种内关系的重建过程^[1]。弃耕后建植人工草地,不仅可以促进植被快速恢复和生态重建,而且还可以调节草地畜牧业饲料不平衡问题^[2,3]。但现行的退耕还林草工程设计更多地考虑了经济利益,试图选择一些具有较高生产能力和经济附加值的植物品种,通过引种、调节,加速了退耕地的植被恢复进程。而外来物种形成的群落稳定性和持久性受到严峻挑战,草地短期内退化严重,经济效益和生态效益得不到充分体现。随着退耕还林还草工程及农业产业结构调整战略的实施,紫花苜蓿长期以来已被西北地区群众广泛接受并大面积种植,并已成为农民新的收入增长点。但紫花苜蓿草地一般高产阶段在第 4 年,6~7 a 之后产草量急剧下降,草地严重退化,基本丧失利用价值^[4],这不仅阻碍畜牧业的发展,而且导致土壤水库调节功能减弱^[5]。因此,如何延长紫花苜蓿草地的有效使用年限是高寒山区人工草地管理的核心内容。

近年来,经过不断引种、杂交和选育,紫花苜蓿的生产能力和抗逆性在高寒山区得到优化和增强,部分学者对紫花苜蓿恢复退耕地的生产性能、恢复效益和水文效应做了大量研究^[6~9]。石羊河上游属典型的大陆性半湿润半干旱区,恶劣的自然条件和人类不合理开发利用,使该流域已成为我国西北内陆地区生态环境脆弱区之一^[10],因此,退耕还林还草工程的实施对石羊河上游植被的恢复与重建,乃

至西北地区的生态与经济起着举足轻重的作用。目前,对石羊河上游退耕地植被恢复过程中紫花苜蓿草地退化过程群落动态关注较少,尤其缺乏长期定位研究资料。为此,本文以石羊河上游退耕后建植的紫花苜蓿人工草地为例,结合 7 a 定位观测资料,研究了紫花苜蓿人工草地退化过程中草地群落物种组成、数量特征、植物功能群动态和优势种群动态,以期为高寒山区,乃至退耕还林还草区人工草地的合理利用、人工干预植被恢复措施提供基础资料。

1 材料与方法

1.1 研究区概况

研究区位于天祝县旱泉沟流域(37°14'40"~37°20'13"N,102°58'04"~103°01'04" E),地处石羊河水系古浪河上游,海拔 2 420~3 306 m,流域面积 2 232 hm²,其中农田 565 hm²。气候属大陆性干旱、半湿润气候类型,年均温 1.2℃,生长季 120~150 d,年均降水量 400 mm,蒸发量 1 600 mm。地势南高北低,以中山地貌为主,兼有黄土丘陵地貌,土壤为山地栗钙土和森林灰褐土。流域内植被类型复杂,农田多分布于阳坡、半阳坡及沟谷阶地。

1.2 研究方法

1.2.1 试验设置与取样 2003 年 5 月采用条播方式建植紫花苜蓿人工草地 0.2 hm²,播种前对紫花苜蓿种子进行品质检验,测定其纯净度、千粒重和发芽率,根据测定结果,结合已有的试验和相关资料,确定播种量为 15 kg/hm²,播深 5 cm,行距 20 cm,不灌

收稿日期:2010-12-13
基金项目:国家自然科学基金项目(40971039);甘肃省科技支撑计划项目(1011FKCA157);甘肃省高校基本科研业务费用
作者简介:董小刚(1982—),男,甘肃庆阳人,在读硕士,研究方向为恢复生态学、生物地理学。E-mail: dongxg121@163.com。
通讯作者:赵成章(1967—),男,甘肃武威人,博士,教授,研究方向为恢复生态学与生态经济。E-mail: zhaocz601@163.com。

溉不施肥。试验区围栏封育,每年 7 月上旬刈割收获苜蓿青草,全年禁牧。每年 7 月 5 日左右在试验地布置 6 个面积为 $1\times 1\text{ m}^2$ 样方,用针刺法测定草地群落总盖度,用计数法观测植物密度(丛生植物以 1 丛计为 1 个个体),用卷尺测量植物自然高度,用收获法测定各种植物的地上部分生物量。

1.2.2 数据处理 物种重要值计算公式为:重要值(IV)=(相对密度+相对盖度+相对高度)/3。

数据用 Excel 和 SPSS 16.0 统计软件处理,采用 Excel 和 Origin 7.5 软件作图。

2 结果与分析

表 1 紫花苜蓿草地退化过程中豆科、禾本科和菊科植物种数与比例的动态变化
Table 1 The dynamics of species number and proportion of Leguminosae, Gramineae and Compositae during the degrading process of *Medicago sativa* grassland

生长时间 Year	科 Family	属 Genus	种 Species	三大科种数分布 Species distribution for the three big families				
				豆科 Leguminosae	禾本科 Gramineae	菊科 Compositae	合计 Total	占总数比例 Proportion(%)
2003	5	7	7	1	0	3	4	57.14
2004	5	8	8	1	1	2	4	50.00
2005	7	12	14	1	1	6	8	57.14
2006	9	15	16	1	2	6	9	56.25
2007	8	14	15	1	2	6	9	60.00
2008	8	14	16	1	4	6	11	68.75
2009	9	15	17	1	4	7	12	70.59

2.2 紫花苜蓿草地群落数量动态特征

经过 7 a 的生长,紫花苜蓿草地生物学特征发生较大变化。群落盖度呈逐渐减小的趋势(图 1a),由建植初期的 93.4% 下降到第 7 年的 41.3%,紫花苜蓿的盖度由 83.6% 减小到 22.7%,逐年减小趋势显著($P<0.05$),紫花苜蓿种群盖度变化趋势与草地群落盖度变化趋势一致。

群落密度是制约地上生物量的关键因素之一。2005~2008 年,一二年生杂类草迅速占据群落空隙,

2.1 紫花苜蓿草地物种组成变化

经过 7 a 的生长,紫花苜蓿草地物种组成变化明显。紫花苜蓿草地退化过程中共观测到 21 种植物,分属 12 科 18 属,禾本科和菊科植物占总数的 75%。2003~2004 年物种丰富度处于较低水平,2005 年植物种数迅速增加,物种丰富度逐步增加至 2009 年的 17 种,与 2003 年相比共有 1 个种消失,6 个种得以保留,同时新增 11 个种。这表明紫花苜蓿种群退化的同时,其他物种侵入群落空隙,第 3 年进入了物种增加阶段,同时禾本科和菊科植物也随紫花苜蓿生长年限的延长而增加,而且菊科植物占据优势(表 1)。

草地群落密度逐渐增大(图 1b)。随生长年限的延长,紫花苜蓿的密度锐减($P<0.05$),从建植初期的 $13.8\text{ 株}/\text{m}^2$ 减少到 $3.4\text{ 株}/\text{m}^2$,种群自然稀疏迹象明显。

地上部分生物量表现为抛物线变化趋势(图 1c)。2003~2005 年,紫花苜蓿种群地上部分生物量显著高于其他年份($P<0.05$),随后明显下降,从紫花苜蓿产草量峰值的 $342.5\text{ g}/\text{m}^2$ 下降到 2009 年的 $81.9\text{ g}/\text{m}^2$ 。

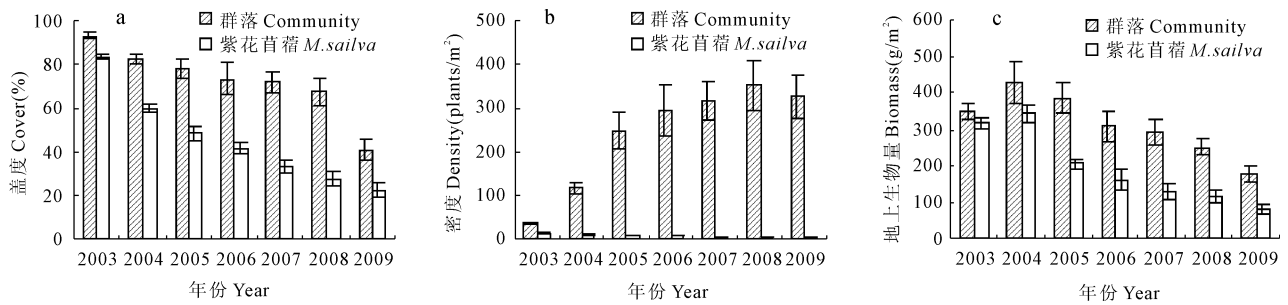


图 1 紫花苜蓿草地退化过程中群落数量特征变化

Fig.1 Quantitative characteristics during the degrading process of *Medicago sativa* grassland

紫花苜蓿种群密度变化范围较小,表明在草地退化过程中,其种群数量特征受自身特性与外界条件的限制性较大。草地群落和紫花苜蓿种群的盖度和地上部分生物量的变化趋势相同,说明草地退化过程中受优势种群紫花苜蓿的影响较大。

2.3 紫花苜蓿草地植物功能群动态

植物功能群是指对环境条件具有相似反应、对主要生态过程有相似影响的植物组群,是具有确定的植物功能特征的一系列植物的组合^[11]。在退耕地植被演替过程中以功能群为单位的群落组成结构

动态变化具有不可忽视的作用。

紫花苜蓿草地退化过程中,不同退化年限草地群落植物的功能群组成存在明显差异(表 2)。2003~2004 年草地群落中豆科固氮植物占绝对优势,是草地群落的主要生活型。2005 年紫花苜蓿草地群落侵入了大量多年生禾草和杂类草,2006~2007 年多年生杂类草成为草地群落的优势功能群。2008~2009 年多年生禾草的优势度明显增大,取代杂类草成为草地群落的优势植物功能群。

表 2 紫花苜蓿草地退化过程中群落功能群动态

Table 2 Dynamics of functional groups during the degrading process of <i>Medicago sativa</i> grassland								
功能群 Functional group		2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
生活型 Life form	豆科固氮植物 Leguminous N ₂ fixing plants	78.5±2.9a	68.8±2.3b	50.3±2.1c	36.8±1.1d	29.2±1.2e	20.6±0.8e	14.6±0.5e
	一二年生杂类草 Annual biennial weeds	11.7±0.5a	14.5±0.4b	16.2±0.5b	8.1±0.2c	10.5±0.1a	10.6±0.2a	13.7±0.3b
	多年生杂类草 Perennial weeds	9.8±0.4a	12.2±0.4a	22.9±0.9b	42.5±1.5c	33.7±1.0d	23.6±0.7b	29.6±1.0d
	多年生禾草 Perennial grasses	—	4.5±0.1a	10.6±0.4b	12.6±0.3b	26.6±0.9c	45.2±1.7d	42.1±1.7d
可食性 Edible	可食草 Edible grass	80.4±4.1a	75.6±3.8a	64.8±2.8b	69.4±3.0b	76±3.5a	78.2±3.3a	77.8±2.9a
	不可食草 Inedible grass	19.6±1.6a	24.4±1.9b	35.2±3.3c	30.6±3.1c	24±1.7b	21.8±1.1b	22.2±1.4b

注:表中数据为优势度;同行中不同小写字母表示差异达显著水平($P<0.05$)。
Note:The data mean dominance; different small letters in the same line stand for significant difference ($P<0.05$).

2005 年紫花苜蓿种群优势度锐减,导致可食性牧草优势度急剧下降,与建植初期可食草相比,优势度下降 15.6%,但随着退化年限的延续,草地群落侵入了大量多年生禾草,可食性牧草的优势地位没有明显下降,主要原因是地带性赖草和针茅(*Stipa capillata*)的优势地位不断增大,2009 年重要值分别增加到 37.4% 和 9.5%。

2.4 紫花苜蓿草地群落优势种更替

植物群落的恢复演替也是群落对其初始阶段异化的过程,不但体现在物种的竞争上,也体现在环境条件的改变上^[12]。以不同生长年限紫花苜蓿草地物种重要值研究草地群落优势种、亚优势种和伴生种的变化情况(图 2)。随着紫花苜蓿生长年限的延长,紫花苜蓿在群落中的优势地位逐渐降低,6 a 后紫花苜蓿草地向禾本科次生天然草地演变过程明显。根据草地群落优势种的更替动态过程,可将紫花苜蓿草地的演替过程划分为 3 个阶段:紫花苜蓿草地阶段(2003~2004 年)、紫花苜蓿草地向天然草地演替的过渡阶段(2005~2007 年)、禾本科次生草

地阶段(2008~2009 年)。前期阶段是草地利用价值最高的时期,但因受紫花苜蓿萌生能力的降低、物种的入侵、土壤水分状况的变差等多种因素的制约,中后期阶段紫花苜蓿草地向天然草地演替阶段加剧。

紫花苜蓿在不同退化阶段对群落贡献的重要性不同,在演替前期和中期作用较大,控制着群落的种群格局,在后期优势地位明显下降,作用减小。紫花苜蓿建植前 3 a 重要值可达 0.5 以上,2006 年紫花苜蓿重要值大幅度下降,2008 年下降到 0.206,明显低于赖草的优势度,赖草开始取代紫花苜蓿优势地位成为草地群落的优势种。

3 讨论与结论

1) 在高寒山区建立人工草地是发展集约化草地畜牧业、加速植被恢复、实施生态恢复与重建的重要途径和措施^[13]。经过长期的科学实践,建植以紫花苜蓿为主的豆科牧草人工草地成为当前退耕还草工程的主流,并且种植管理技术已经基本完善。

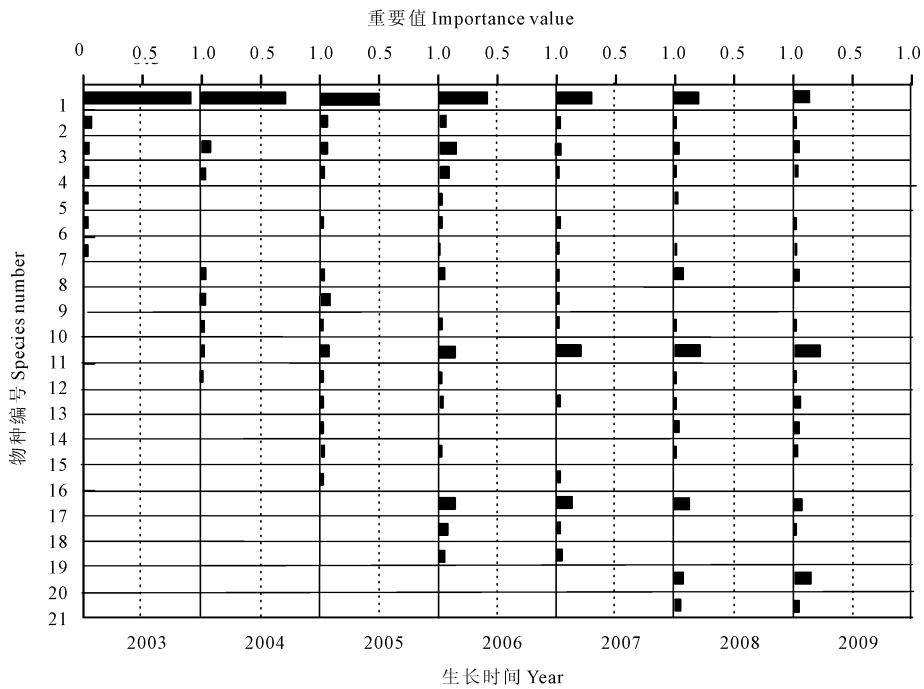


图 2 紫花苜蓿草地退化过程中群落重要值动态

Fig. 2 The dynamics of importance value during the degrading process of *Medicago sativa* grassland

- 1 紫花苜蓿 *Medicago sativa*
- 2 凤毛菊 *Saussurea epilobioides*
- 3 艾蒿 *Artemisia princeps*
- 4 密花香薷 *Elsholtzia densa*
- 5 老灌草 *Geranium wilfordii*
- 6 鹤虱 *Lappula myosotis*
- 7 大蓟 *Cirsium japonicum*
- 8 粘毛鼠尾草 *Salvia roborowskii*
- 9 灰绿藜 *Chenopodium glaucum*
- 10 菟丝子 *Cuscuta chinensis*
- 11 赖草 *Leymus secalinus*
- 12 苦苣菜 *Sonchus oleraceus*
- 13 冷蒿 *Artemisia frigida*
- 14 茵陈蒿 *Artemisia capillaries*
- 15 野荞麦 *Fagopyrum caudatum*
- 16 蒲公英 *Taraxacum mongolicum*
- 17 狗尾草 *Setaria viridis*
- 18 阿尔泰狗娃花 *Heteropappus altaicus*
- 19 防风 *Saposhnikovia divaricata*
- 20 针茅 *Stipa capillata*
- 21 垂穗披碱草 *Elymus nutan*

2) 群落生物学动态特征是退化程度的重要评价指标,是植被管理、利用和生态恢复的依据,且地上部分生物量决定了草地生态系统生产能力和效率的大小^[14]。紫花苜蓿分蘖能力较强,建植初期地上部分生物量达到最大值,随着生长年限的延长,大量的一二年生杂类草和禾本科植物侵入群落空隙,地上部分生物量明显减小,紫花苜蓿草地群落的盖度逐年下降,密度逐年增大。建植第 7 年,紫花苜蓿产草量从峰值 342.5 g/m² 下降到 81.9 g/m²,菊科和禾本科植物次生迹象明显,草地群落物种数量增加到 17 种,紫花苜蓿的优势地位急剧下降,部分草地失去利用价值。

3) 外来物种面临很大风险,一是与乡土植物的竞争;二是对退耕区域环境条件的适应性;三是种群的稳定、更新与当地居民经济效益形成矛盾等。秦嘉海等^[15]研究表明草甸盐土种植紫花苜蓿 3 a 后改土培肥效应明显,李裕元等^[16]认为黄土高原北部紫花苜蓿草地经过 6~10 a 可演替为地带性的天然草地,是良好的范式。但本研究结果与前人的结果有

所差异,其原因与紫花苜蓿对气候适应性和草地利用方式有关。入冬前进行灌溉追肥有利于紫花苜蓿的越冬和翌年生长^[17],但研究区属高寒阴湿山区,年降水量 400 mm,人工草地无灌溉措施,保证紫花苜蓿生长的气候条件和灌溉条件均无法满足,不利于紫花苜蓿的越冬。另外,农户对紫花苜蓿刈割干扰频繁,影响了种群生态位的维持和扩展,不利于植株根系的发育和种群更新。

4) 紫花苜蓿人工草地在短期内形成不同于撂荒地的植被格局,增加了草地植物多样性,从而使紫花苜蓿人工草地向杂草型退化方向演替。所以,在高寒山区利用外来种和乡土种在生命周期、生态位空间等方面的互补性,建植紫花苜蓿和垂穗披碱草、赖草等乡土禾本科牧草组合混播模式,改变植物多样性空间格局,增强草地群落抵御外界干扰的能力,可以保证退耕地向原生地带性植被群落方向演替。

致谢:感谢甘肃省天祝县林业局达光文工程师对试验基地的监管和护理。

参 考 文 献:

[1] 侯扶江,肖金玉,南志标.黄土高原退耕地的生态恢复[J].应用生态学报,2002,13(8):923—929.

[2] 杜国祯,王 刚.甘南亚高山草甸人工草地的演替和质量变化[J].植物学报,1995,37(4):306—313.

[3] 董世魁,胡自治,龙瑞军,等.高寒地区多年生禾草混播草地的群落学特征研究[J].生态学杂志,2003,22(5):20—25.

[4] 李裕元,邵明安,上官周平,等.黄土高原北部紫花苜蓿草地退化过程与植被演替研究[J].草业学报,2006,15:85—92.

[5] 白文明.灌溉对于干旱沙区紫花苜蓿生物学特性的影响[J].生态学报,2002,22:1247—1253.

[6] 雍小华,贾志宽,韩清芳.不同土层深度苜蓿断根后对其株高生长的影响[J].干旱地区农业研究,2010,28(2):85—89.

[7] 程积民,万惠娥,王 静.黄土丘陵区紫花苜蓿生长与土壤水分变化[J].应用生态学报,2005,16:435—438.

[8] 李 军,陈 兵,李小芳,等.黄土高原不同干旱类型区苜蓿草地深层土壤干燥化效应[J].生态学报,2007,27:75—89.

[9] 李玉山.苜蓿生产力动态及其水分生态环境效应[J].土壤学报,2002,39:404—411.

[10] 董小刚,赵成章,张起鹏,等.石羊河上游干旱草原阴山扁蓿豆群落土壤种子库[J].水土保持通报,2009,29(6):41—45.

[11] Kleyer M. Validation of plant functional types across two contrasting landscapes[J]. Journal of Vegetation Science, 2002,13:167—178.

[12] Odum E P. The strategy of ecosystem development [J]. Science, 1969,164:262—270.

[13] Wang G H, Zhang X S. Supporting of potential forage production to the herbivore-based pastoral farming industry on the Loess Plateau [J]. Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica, 2003,45:1186—1194.

[14] Tilman D, Knops J, Wedin D, et al. The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes [J]. Science, 1997, 277:1300—1302.

[15] 秦嘉海,金自学.黑河流域盐渍土资源及紫花苜蓿改土培肥和生态恢复效应的研究[J].土壤通报,2006,37:1106—1109.

[16] 李裕元,邵明安.黄土高原北部紫花苜蓿草地退化过程与植物多样性研究[J].应用生态学报,2005,16(12):2321—2327.

[17] 李浩波,高云英,张景武,等.紫花苜蓿耗水规律及其用水效率研究[J].干旱地区农业研究,2006,24(6):163—167.

Community dynamics of alfalfa grassland of abandoned lands in the upstream area of Shiyang Rive

DONG Xiao-gang , ZHAO Cheng-zhang

(College of Geography and Environment Science , Northwest Normal University , Lanzhou , Gansu 730070 , China)

Abstract: In order to study the degradation process and community dynamics of alfalfa (*Medicago sativa*) grassland in the alpine areas of NW China , we surveyed alfalfa grassland communities in the Hanquangou valley in the upstream area of the Shiyang River from 2003~2009 . The results showed that , the community coverage decreased , the community density increased , the aboveground biomass varied with the single peak curve during planting the alfalfa . With the weeds invading grassland communities , the number of species increased from 7~17 during 7 years , and the Compositae species took dominant proportion . Alfalfa showed natural thinning after 5 years , the grassland quality declined , so parts of the alfalfa grasslands lost utilization value , and *Leymus secalinus* become the dominant species . The degradation process of alfalfa grassland could be divided into three stages , *i . e .* , alfalfa grassland stage (2003~2004) , transitional stage from alfalfa grassland to natural grassland (2005~2007) , and secondary natural grassland stage dominated by grasses (2008~2009) , they indicated early phase , medium phase and late phase , respectively .

Keywords: alfalfa ; abandoned land ; community dynamics ; functional group ; upstream area of the Shiyang River