

# 补播和划破草皮对退化亚高山 草甸植被恢复的影响

冯忠心<sup>1,2</sup>, 周娟娟<sup>1,2</sup>, 王欣荣<sup>1</sup>, 张利平<sup>1</sup>,  
史 静<sup>1,2</sup>, 王生文<sup>1,2</sup>, 陈本建<sup>1,2</sup>

(1. 甘肃农业大学草业学院, 甘肃 兰州 730070; 2. 草业生态系统教育部重点实验室 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:**在甘肃省甘南州临潭县研究围栏内补播和划破草皮对退化亚高山草甸植被的高度、总盖度、地上生物量 and 功能群物种多样性总指数的影响。结果表明,在各划破草皮处理中,牧草总盖度、地上生物量 and 功能群物种多样性总指数随着补播量的增加而增加,植被高度随着补播量的增加呈先增加后降低的趋势。补播和划破草皮有显著互作效果,补播量 3[垂穗披碱草(*Elymus nutans*)播量为 49.1 kg·hm<sup>-2</sup>,老芒麦(*Elymus sibiricus*)播量为 67.5 kg·hm<sup>-2</sup>,紫花苜蓿甘农 1 号(*Medicago sativa* cv. Gannong No. 1)播量为 23.3 kg·hm<sup>-2</sup>]和划破草皮组合的牧草地上生物量(201.5 g·m<sup>-2</sup>)、总盖度(88.2%) and 功能群物种多样性总指数(1.203)达到最大值,补播量 1(垂穗披碱草播量为 26.7 kg·hm<sup>-2</sup>,老芒麦播量为 37.5 kg·hm<sup>-2</sup>,紫花苜蓿甘农 1 号为 0)和划破草皮组合的植被高度(11.7 cm)达到最大值。就各补播水平平均值而言,划破草皮植被高度、总盖度、地上生物量 and 功能群物种多样性总指数显著高于未划破草皮。综合考虑高度、总盖度、地上生物量 and 功能群物种多样性总指数,经关联度分析可知,补播量 2(垂穗披碱草播量为 37.5 kg·hm<sup>-2</sup>,老芒麦播量为 52.5 kg·hm<sup>-2</sup>,紫花苜蓿甘农 1 号 18.3 kg·hm<sup>-2</sup>)和划破草皮为最优组合。

**关键词:**补播;划破草皮;亚高山草甸;植被恢复

**中图分类号:**S812.4      **文献标识码:**A      **文章编号:**1001-0629(2013)09-1313-07

\* 1  
我国拥有近 4 亿 hm<sup>2</sup> 的天然草地,居世界第 2 位,天然草地面积占国土面积的 41.7%,但我国 90% 以上的草地都存在不同程度的退化,中度到重度退化草地面积近 1.8 亿 hm<sup>2</sup>[1]。由于历史原因和长期以来受“重农轻牧、重畜轻草”观念的影响以及决策上的失误,使我国草地利用、管理与投入不合理[2]。一方面大量的天然草地开垦后荒废使地表裸露,水土流失加剧,草地退化严重;另一方面随着人们生活水平的提高,畜产品消费量随之增加,加大了草地的生产压力,在草地单位面积产草量减少的同时,单位面积载畜量反而增加,加剧了草地的退化。因此,急需借助人工干扰措施遏制草地退化趋势。

草地补播是在对原生植被不破坏或少有破坏[3]的前提下,播种适应性强的优良牧草,增加草层的植物种类、草地总盖度,提高草产量和牧草品质。天然草甸类草地土壤表层形成一个坚韧而致密的草根絮

结层[4],借助划破草皮措施在土层表面划出浅沟,可以增加种子与土壤的接触,促进种子萌发。有关通过人工干扰措施,如围栏[5-6]、补播[7]、划破草皮[8]和施肥[9]等,恢复退化草地植被已有较多的研究,而有关补播和划破草皮结合使用对亚高山草甸退化草地植被恢复影响的研究报道较少。本研究针对目前亚高山草甸植被退化的问题,以期通过采取补播和划破草皮相结合的治理措施改善和提高草地恢复效果,为该地区和类似区域的退化草地生产提供理论指导和技术参考。

## 1 材料与方 法

**1.1 试验区概况** 试验区位于甘肃省甘南州临潭县,地理坐标为 103°42'75" E、34°36'09" N,海拔 2 965 m。年平均日照总时数 2 342.4 h,日照时数表现为冬多夏少,≥5℃积温时间为 268 h,年辐射总量为 123 kJ·cm<sup>-2</sup>,年平均气温 3.2℃,全年最

· 收稿日期:2012-11-26      接受日期:2013-04-01  
基金项目:国家绒毛用羊放牧草地生态系统放牧草地科研项目(CARS-40-09B)  
作者简介:冯忠心(1986-),男,河南宁陵人,在读硕士生,研究方向为草地种质资源与草产品加工。E-mail:fzx3861@163.com  
通信作者:陈本建(1957-),男,吉林白城人,副教授,硕士,研究方向为牧草栽培及草产品加工。E-mail:bjc5381@gsau.edu.cn

热月 7 月平均气温 13.4 °C, 全年最冷月 1 月平均气温 -8.4 °C, 地面年平均温度 6.2 °C, 地面最高平均温度 28.1 °C, 地面最低平均温度 -5.2 °C。春季升温慢, 夏季多雷暴和冰雹, 秋季降温迅速, 阴多晴少, 年均无霜期 85 d, 年平均降水量 518 mm, 降水量较丰富, 但季节分配不均匀, 降水主要集中于 7—9 月, 年蒸发量大, 平均为 1 487 mm。植被类型主要是以矮嵩草 (*Kobresia humilis*) 和珠芽蓼 (*Polygonum viviparum*) 为主的亚高山草甸和以金露梅 (*Potentilla fruticosa*) 为主要建群植物种的亚高山灌丛草甸。土壤为亚高山草甸土, 土壤有机质含量 2.86%, 氮含量 0.555%, 磷含量 0.79%, 钾含量 2.05%。草层高度 3~4 cm, 总盖度 40% 左右, 产干草量 390 kg·m<sup>-2</sup>, 属于中重度退化亚高山草甸。

**1.2 试验设计与试验方法** 试验采用完全随机裂区设计。补播为主处理, 划破草皮为副处理, 补播草种和各水平补播量见表 1。补播量设 4 个水平, 对照补播量为 0。划破草皮处理 (S) 以未划破草皮 (S<sub>0</sub>) 为对照, 划破草皮深度为 5~6 cm。各处理 3 次重复, 共 24 个小区, 小区面积为 12 m<sup>2</sup>。首次试验时间为 2011 年 6 月 10 日, 1 年后采样、观测时间为 2012 年 6 月 28 日。

**1.3 植物功能群的划分** 根据草地植物的饲用性, 运用综合评价法将植物划分为优等、良等、中等和劣等 4 个功能群。优等为蛋白含量高、饲用

性好的植物种类, 主要为豆科牧草; 良等为营养价值稍逊于优等的禾本科植物和莎草科植物; 中等为具有较低饲用价值, 但无毒性的植物, 主要为杂类草, 包括菊科、蓼科等; 劣等为饲用性差、牛羊不采食以及有毒的植物, 包括龙胆科、瑞香科和毛茛科等<sup>[10]</sup>。

#### 1.4 测定指标与测定方法

**高度:** 在每小区内随机选取一个 0.5 m×0.5 m 的样方, 在样方内随机选取能代表各功能群的同种植物 10 株, 测定种群的自然高度, 并取平均值。

**总盖度:** 用针刺法测定<sup>[11]</sup>。

**地上生物量:** 收获法测定<sup>[11]</sup>。

**功能群多样性指数:**

Shannon-Weiner 指数 ( $H'$ ) =  $-\sum P_i \ln P_i$ 。

式中,  $H'$  为功能群多样性指数,  $P_i$  为功能群  $i$  的地上生物量占地上总生物量的比例。

**功能群多样性总指数:**

$H'_{\text{总}} = H'_1 + H'_2 + \dots + H'_n$ 。

式中,  $H'_{\text{总}}$  为不同功能群多样性指数的总和, 简称功能群多样性总指数,  $H'_1$  为功能群 1 的功能群多样性指数,  $H'_2$  为功能群 2 的功能群多样性指数,  $H'_n$  为功能群  $n$  的功能群多样性指数。

**1.5 数据处理** 采用 Excel 和 SPSS 17.0 软件进行数据处理、制图和显著性检验。用 Excel 进行灰色关联度分析<sup>[12]</sup>。

表 1 补播牧草种子的品质及试验设计

Table 1 Experimental design and quality of reseeding forage seeds

物种 Species	补播量编号 No. of reseeding rate	代号 Code	实际补播量 Actual reseeding rate/kg·hm <sup>-2</sup>	发芽率 Germination/ %	种子净度 Seed purity/ %	理论补播量 Theoretical reseeding rate/kg·hm <sup>-2</sup>
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	0	R <sub>0</sub>	0	85	90	37.50
	1	R <sub>1</sub>	26.7			
	2	R <sub>2</sub>	37.5			
	3	R <sub>3</sub>	49.1			
老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	0	R <sub>0</sub>	0	80	98	52.55
	1	R <sub>1</sub>	37.5			
	2	R <sub>2</sub>	52.5			
	3	R <sub>3</sub>	67.5			
紫花苜蓿甘农 1 号 <i>Medicago sativa</i> cv. Gannong No. 1	0	R <sub>0</sub>	0	85	90	18.30
	1	R <sub>1</sub>	12.5			
	2	R <sub>2</sub>	18.3			
	3	R <sub>3</sub>	23.3			

## 2 结果与分析

**2.1 植物组成及其功能群** 经调查,本地植物共有 50 种,分属 14 科 41 属,其中可食牧草 39 种,牲畜不采食的植物两种,有毒植物 9 种(表 2)。

### 2.2 补播和划破草皮对地上生物量的影响

补播和划破草皮对地上生物量有显著的互作效果(表 3),地上生物量由大到小为  $R_3S > R_2S > R_1S > R_3S_0 > R_2S_0 > R_0S > R_1S_0 > R_0S_0$ ,  $R_3S$  组合的地上生物量为  $214.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ,  $R_0S_0$  组合的地上生物量为  $153.8 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ (表 4)。在各补播处理组合中,划破草皮处理组合的地上生物量显著高于未划破草皮处理组合。就各补播水平的平均值而言,划破草皮处理组合的地上生物量比未划破草皮组合提高 6.8%。

同一划破草皮水平下,地上生物量为  $R_3 > R_2 >$

$R_1 > R_0$ ,各补播处理地上生物量相差显著( $P < 0.05$ )。就各划破草皮水平的平均值而言, $R_3$  的地上生物量最大( $201.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ ),比  $R_0$ 、 $R_1$ 、 $R_2$  分别增产 25.0%、10.2%和 3.0%。随着补播量的增加,草地地上生物量也增加,由于物种生存空间的有限,不同物种在生长的同时导致竞争加剧,因此,在地上生物量增加到一定程度后增长减缓, $R_2$  与  $R_3$  的地上生物量显著高于  $R_0$  和  $R_1$ (表 4)。

### 2.3 补播和划破草皮对植被高度的影响

补播和划破草皮对植被高度有显著交互作用(表 3),植被高度由大到小为  $R_1S > R_2S > R_0S > R_3S > R_1S_0 > R_2S_0 > R_3S_0 > R_0S_0$ ,  $R_1S$  组合的植被高度为 12.6 cm,  $R_0S_0$  组合的植被高度为 9.7 cm(表 4)。同一补播水平下,划破草皮处理组合的植被高度显著高于未划破草皮处理组合。就各补播水平的平

表 2 试验区植物名录

Table 2 List of plants in experimental area

植物种 Species	功能群 Functional group	植物种 Species	功能群 Functional group
天蓝苜蓿 <i>Medicago lupulina</i>	优等 Excellent	悬钩子 <i>Rubus corchorifolius</i>	中等 Mediate
野豌豆 <i>Vicia sepium</i>	优等 Excellent	地榆 <i>Sanguisorba officinalis</i>	中等 Mediate
垂穗披碱草 <i>Elymus nutans</i>	良等 Good	天山千里光 <i>Senecio thianshanicus</i>	中等 Mediate
老芒麦 <i>Elymus sibiricus</i>	良等 Good	青藏狗娃花 <i>Heteropappus boweri</i>	中等 Mediate
草地早熟禾 <i>Poa pratensis</i>	良等 Good	高山唐松草 <i>Thalictrum malpinum</i>	中等 Mediate
冰草 <i>Agropyron cristatum</i>	良等 Good	肉果草 <i>Lancea tibetica</i>	中等 Mediate
赖草 <i>Leymus secalinus</i>	良等 Good	小米草 <i>Euphrasia pectinata</i>	中等 Mediate
矮嵩草 <i>Kobresia humilis</i>	良等 Good	梅花草 <i>Parnassia chinensis</i>	中等 Mediate
线叶嵩草 <i>Kobresia capillifolia</i>	良等 Good	迷果芹 <i>Sphallerocarpus gracilis</i>	中等 Mediate
禾叶嵩草 <i>Kobresia graminifolia</i>	良等 Good	扁蕾 <i>Gentianopsis bartata</i>	劣等 Poisonous
珠芽蓼 <i>Polygonum viviparum</i>	中等 Mediate	獐牙菜 <i>Swertia bifolia</i>	劣等 Poisonous
黄芪 <i>Leguminosae astragalus</i>	中等 Mediate	花锚 <i>Halenia corniculata</i>	劣等 Poisonous
乳白香青 <i>Anaphalis lactea</i>	中等 Mediate	钝叶银莲花 <i>Anemone obtusiloba</i>	劣等 Poisonous
蒲公英 <i>Taraxacum mongolicum</i>	中等 Mediate	蓝翠雀花 <i>Delphinium grandiflorum</i>	劣等 Poisonous
风毛菊 <i>Saussurea japonica</i>	中等 Mediate	云南金莲花 <i>Trollius chinensis</i>	劣等 Poisonous
草地风毛菊 <i>Saussurea amara</i>	中等 Mediate	耧斗菜 <i>Aquilegia oxypala</i>	劣等 Poisonous
禾叶风毛菊 <i>Saussurea graminea</i>	中等 Mediate	露蕊乌头 <i>Aconitum gymnadrum</i>	劣等 Poisonous
黄花蒿 <i>Artemisia annua</i>	中等 Mediate	甘肃马先蒿 <i>Pedicularis kansuensis</i>	劣等 Poisonous
紫菀 <i>Aster tataricus</i>	中等 Mediate	长花马先蒿 <i>Pedicularis longiflora</i>	劣等 Poisonous
艾蒿 <i>Artemisia argyi</i>	中等 Mediate	甘肃玄参 <i>Scrophularia kansuensis</i>	劣等 Poisonous
茺蔚蒿 <i>Artemisia anethoicles</i>	中等 Mediate	狼毒 <i>Stella chamaejasme</i>	劣等 Poisonous
点地梅 <i>Androsace umbellata</i>	中等 Mediate	祖师麻 <i>Daphne retusa</i>	劣等 Poisonous
平车前 <i>Plantago depressa</i>	中等 Mediate	甘肃棘豆 <i>Oxytropis kansuensis</i>	劣等 Poisonous
鹅绒委陵菜 <i>Potentilla anserina</i>	中等 Mediate	火绒草 <i>Leontopodium leontopodioides</i>	劣等 Poisonous
莓叶委陵菜 <i>Potentilla fragarioidea</i>	中等 Mediate	箭叶囊吾 <i>Ligularia sagitta</i>	劣等 Poisonous

表3 各处理地上生物量、高度、总盖度和功能群多样性总指数和方差分析

Table 3 Variance analysis on aboveground biomass, plant height, total coverage and total diversity index of functional group of different treatments

因素 Factor	地上生物量 Aboveground biomass/ g · m <sup>-2</sup>		高度 Plant height/ cm		总盖度 Total coverage/ %		功能群多样性总指数 Total diversity index of functional group	
	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>	<i>df</i>	<i>F</i>
	补播 Reseeding	3	192.48**	3				
划破草皮 Sward ripping	1	437.92**	1	234.50**	1	108.27**	1	827.25**
补播×划破草皮 Reseeding×Sward ripping	3	11.67**	3	16.88**	3	9.14**	3	36.39**
误差 Error	16		16		16		16	

注: \* 表示差异显著( $P < 0.05$ ), \*\* 表示差异极显著( $P < 0.01$ )。

Note: \* and \*\* indicate significant difference at 0.05 and 0.01 levels, respectively.

表4 补播和划破草皮对草地地上生物量、高度、总盖度和功能群多样性指数总和的影响

Table 4 Effects of reseeding and sward cleavage on aboveground biomass, plant height, total coverage and total diversity index of functional group of grassland

处理 Treatment	地上生物量 Aboveground biomass/g · m <sup>2</sup>	高度 Plant height/cm	总盖度 Total coverage/%	功能群多样性总指数 Total diversity index of functional group of forage
R <sub>0</sub> S <sub>0</sub>	153.8f	9.7e	82.4d	0.838f
R <sub>0</sub> S	168.5e	11.1bc	83.0cd	0.928e
R <sub>1</sub> S <sub>0</sub>	165.4e	10.7cd	83.4cd	1.022d
R <sub>1</sub> S	200.1b	12.6a	88.9b	1.284a
R <sub>2</sub> S <sub>0</sub>	179.7d	10.2de	84.5cd	1.091c
R <sub>2</sub> S	211.4a	11.7b	90.5ab	1.290a
R <sub>3</sub> S <sub>0</sub>	188.2c	9.8e	85.2c	1.129b
R <sub>3</sub> S	214.8a	11.0bc	91.3a	1.277a
R <sub>0</sub>	161.2d	10.4c	82.7c	0.883c
R <sub>1</sub>	182.8c	11.7a	86.1b	1.153b
R <sub>2</sub>	195.6b	10.9b	87.5ab	1.190a
R <sub>3</sub>	201.5a	10.4c	88.2a	1.203a
S <sub>0</sub>	171.8b	10.1b	83.8b	1.020b
S	183.4a	11.6a	88.4a	1.195a

注: S 表示划破草皮, S<sub>0</sub> 表示未划破草皮。图 1 同。同列不同小写字母表示不同组合处理间或不同单独处理间差异显著( $P < 0.05$ )。

Note: S and S<sub>0</sub> indicate sward ripping and no sward ripping, respectively. The same in Fig. 1. Different lower case letters within the same column indicate significant difference among eight combination treatments or five single treatments at 0.05 level.

均值而言,划破草皮处理组合的植被高度比未划破草皮处理组合提高 14.9%。

植被高度与补播量之间的规律和牧草地上生物量与补播量之间的规律不一致。在两个划破草皮水平下,牧草地上生物量随着补播量增加而增加,而植

被高度随补播量增加而降低。划破草皮水平下,植被高度为  $R_1 > R_2 > R_0 > R_3$ ,而在未划破草皮水平下,植被高度为  $R_1 > R_2 > R_3 > R_0$ ,二者间的不同主要是未划破草皮情况下的补播效果并不能完全发挥,牧草之间的竞争较弱,而划破草皮与之相反。在

各划破草皮处理中,不同补播处理的植被高度差异显著。就各划破草皮水平的平均值而言, $R_1$  的高度比  $R_0$ 、 $R_2$  和  $R_3$  分别显著提高了 12.5%、7.3% 和 12.5% ( $P < 0.05$ )。

#### 2.4 补播和划破草皮对牧草总盖度的影响

补播和划破草皮对植被总盖度有显著交互作用(表 3),植被总盖度由大到小为  $R_3S > R_2S > R_1S > R_3S_0 > R_2S_0 > R_1S_0 > R_0S > R_0S_0$ ,其中在  $R_1$ 、 $R_2$ 、 $R_3$  的水平下,划破草皮的总盖度显著高于未划破草皮 ( $P < 0.05$ ),在  $R_0$  的水平下,划破草皮与未划破草皮间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。由于划破草皮切断草根,对原生植物生长造成影响,牧草总盖度高于未划破草皮(表 4)。就各补播水平的平均值而言,划破草皮的牧草总盖度显著高于未划破草皮。

牧草总盖度与补播量之间的规律和牧草地上生物量与补播量之间的规律基本一致。在两个划破草皮水平下,牧草总盖度随着补播量的增加而增加。就各划破草皮的平均值而言, $R_3$  的总盖度显著高于  $R_0$  与  $R_1$  ( $P < 0.05$ ), $R_1$  和  $R_2$  的总盖度显著高于  $R_0$ ,而  $R_1$  与  $R_2$ 、 $R_2$  与  $R_3$  之间差异不显著 ( $P > 0.05$ )。

#### 2.5 补播和划破草皮对功能群多样性总指数的影响

补播和划破草皮对功能群多样性总指数有显著交互作用(表 3),功能群多样性总指数由大到小为  $R_2S > R_1S > R_3S > R_3S_0 > R_2S_0 > R_1S_0 > R_0S > R_0S_0$ , $R_2S$  组合的功能群多样性总指数最高,为 1.290,这与地上生物量的规律不一致(表 4)。在各补播处理中,划破草皮的功能群多样性总指数显著高于未划破草皮 ( $P < 0.05$ )。就各补播水平的平均值而言,划破草皮的功能群多样性总指数比未划破草皮提高 17.2%。划破草皮可提高补播的效果,引起草地群落结构组成的变化,因此,划破草皮的功能群多样性总指数显著高于未划破草皮。

牧草功能群多样性总指数与补播量之间的规律和牧草地上生物量与补播量之间的规律基本一致。就各补播水平的平均值而言, $R_3$  的功能群多样性总指数比  $R_0$ 、 $R_1$  和  $R_2$  分别提高 36.3%、4.3% 和 1.1%。功能群多样性总指数的差异反映出草地群落功能群结构的变化, $R_2$  和  $R_3$  的功能群多样性总指数显著高于  $R_0$  和  $R_1$ , $R_1$  的功能群多样性总指数

显著高于  $R_0$ ,而  $R_2$  与  $R_3$  间差异不显著。

#### 2.6 补播和划破草皮的灰色关联度分析

补播和划破草皮对地上生物量、高度、总盖度和功能群多样性总指数影响极显著 ( $P < 0.01$ ) (表 3),说明补播和划破草皮对地上生物量、高度、总盖度和功能群多样性总指数之间有显著 ( $P < 0.05$ ) 的交互。通过对补播和划破草皮的不同处理组合进行灰色关联度分析发现(图 1),各处理组合经灰色关联度分析结果由大到小的排序为  $R_2S > R_3S > R_1S > R_3S_0 > R_2S_0 > R_1S_0 > R_0S > R_0S_0$ 。由此可知, $R_2S$  为补播和划破草皮的最优组合。

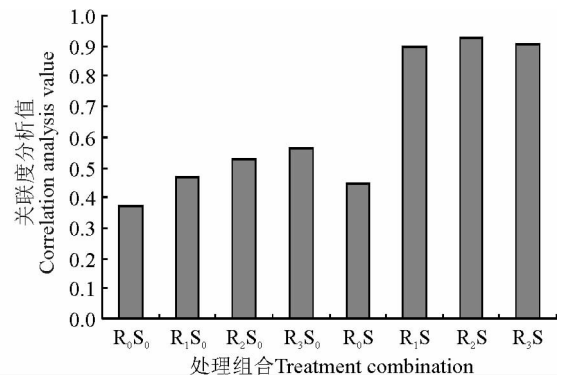


图 1 不同处理植被各指标的灰色关联度分析

Fig. 1 Grey correlation analysis on indexes of different treatments

### 3 讨论

草地退化受多种因素的影响,牧草不能完成生活史<sup>[13]</sup>和土壤紧实度的增加是造成草地退化的重要因素。连续放牧导致牧草不能完成生活史,牧草种子逐渐减少,Kalamees 和 Zobel<sup>[14]</sup>研究发现,利用土壤种子库恢复爱沙尼亚西部严重退化石灰质草地植被的可能性不大,而且土壤紧实度增加对草地植被生长和草地植物种子生根发芽都有影响<sup>[15]</sup>。使用一些草地培育措施促进退化草地的植被恢复,对保护草地具有重要意义。如,施肥、补播、划破草皮和综合措施(施肥+划破草皮+补播)等草地恢复措施对高寒草甸天然草地生产力的提高都有显著的促进作用<sup>[16]</sup>,但划破草皮会增加有毒植物的地上生物量,而其它措施均可有效降低群落中有毒植物的地上生物量<sup>[16-17]</sup>。补播是退化草地人工培育的重要措施之一,该措施可以迅速增加退化草地优良牧草的比例,提高草产量和牧草高度<sup>[18-21]</sup>,而混播处理提

高草地地上生物量尤为显著<sup>[20]</sup>。本研究也表明,补播显著增加了草地地上生物量和总盖度,可能是由于当地连年放牧导致草丛低矮,在围栏1年后的对照区内,珠芽蓼、平车前和鹅绒委陵菜(*Potentilla anserina*)等杂类草占据主要地位,补播草种紫花苜蓿、老芒麦和垂穗披碱草(*Elymus nutans*)皆为多年生牧草,尤其是紫花苜蓿,根颈发达,生长旺盛,第2年生长状况优于补播第1年,补播草种具有更强的生长优势,在原生植被中迅速占据了重要位置。有研究<sup>[18-22]</sup>表明,补播后草地植物多样性指数减小,但本研究中,随着补播量的增加,草地功能群多样性总指数显著增加,但牧草高度减小,可能是由于草地类型、草地退化程度和补播牧草组合及牧草种类不同所致。

划破草皮的深度应随着草地类型和退化程度的不同而不同,划破草皮对原生植被少有破坏或严重的破坏,不同地区、不同草地类型及不同退化程度的草地适宜于相应的干扰程度。万秀莲和张卫国<sup>[8]</sup>研究发现,划破草皮可显著提升草地地上生物量,显著提高优良牧草所占比例,对禾草类植物的影响随干扰强度增加而增加,而莎类草和杂类草则与之相反。本研究发现,划破草皮可提高植被高度、总盖度、地上生物量和功能群多样性总指数。一方面划破草皮有利于补播牧草的生根发芽,为补播草种创造了一个适宜的生长环境;另一方面划破草皮能增加土壤的通透性,有利于原生牧草及补播牧草的生长。本研究表明,补播和划破草皮对地上生物量、高度、总盖度和功能群多样性总指数有显著的互作。划破草皮和补播组合显著优于未划破草皮补播或仅划破草皮,说明划破草皮和补播之间有相互促进作用,两者结合使用对退化草地的植被恢复具有重要意义。

#### 4 结论

在甘肃省甘南州临潭县亚高山草甸围栏内补播和划破草皮对退化草地地上生物量、高度、总盖度和功能群物种多样性总指数都有显著影响,地上生物量、总盖度和功能群物种多样性总指数随补播量的增加而增加,而牧草高度与之相反。

补播和划破草皮对植被生长有显著交互作用,结合地上生物量、高度、总盖度和功能群物种多样性总指数等各项指标,补播量2和划破草皮为最优组合。

#### 参考文献

- [1] 杨跃萍. 我国20%可利用草地实施禁牧、休牧和划区轮牧[J]. 草业科学, 2006, 23(7): 3.
- [2] 阎志坚. 中国北方半干旱区退化草地改良技术的研究[D]. 呼和浩特: 内蒙古农业大学, 2001.
- [3] 北京农业大学. 草地学[M]. 第2版. 北京: 中国农业出版社, 1995: 257.
- [4] 胡建国. 划破草皮是改良退化草地的有效方法[J]. 青海草业, 1996, 5(3): 31-32.
- [5] 郑翠玲, 曹子龙, 王贤, 等. 围栏封育在呼伦贝尔沙化草地植被恢复中的作用[J]. 中国水土保持科学, 2005, 3(3): 78-81.
- [6] 左万庆, 王玉辉, 王凤玉, 等. 围栏封育措施对退化羊草草原植物群落特征影响研究[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 12-19.
- [7] 安渊, 鲁颖, 石海娟. 补播技术在库布齐沙地草场中的应用[J]. 中国沙漠, 1997, 17(3): 303-312.
- [8] 万秀莲, 张卫国. 划破草皮对高寒草甸植物多样性和生产力的影响[J]. 西北植物学报, 2006, 26(2): 0377-0383.
- [9] 陈文业, 戚登臣, 李广宇, 等. 施肥对甘南高寒草甸退化草地植物群落多样性和生产力的影响[J]. 中国农业大学学报, 2009, 14(6): 31-36.
- [10] 孙吉雄. 草地培育学[M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 30-31.
- [11] 任继周. 草原调查与规划[M]. 北京: 农业出版社, 1985: 145-152.
- [12] 刘思峰, 郭天榜, 党耀国. 灰色系统理论及其应用[M]. 北京: 科学出版社, 1999: 32-35.
- [13] 张荣, 陈亚明, 孙国钧, 等. 繁殖体与微生境在退化草地恢复中的作用[J]. 生态学报, 2004, 24(5): 972-977.
- [14] Kalamees R, Zobel M. Soil seed bank composition in different successional stages of a species rich wooded meadow in Laelatu, western Estonia[J]. Acta Oecologica, 1998, 19(2): 175-180.
- [15] Buttery B R, Tan C C, Drury C F, et al. The effects of soil compaction, soil moisture and soil type on growth and nodulation of soybean and common bean[J]. Canadian Journal of Plant Science, 1998, 78: 571-576.
- [16] 葛庆征, 魏斌, 张灵菲, 等. 草地恢复措施对高寒草甸

- 植物群落的影响[J]. 草业科学, 2012, 29(10): 1517-1520.
- [17] 魏斌, 葛庆征, 张灵菲, 等. 草地植被恢复措施对高寒草甸有毒植物的影响[J]. 草业科学, 2012, 29(11): 1665-1670.
- [18] 张永超, 牛得草, 韩潼, 等. 补播对高寒草甸生产力和植物多样性的影响[J]. 草业学报, 2012, 21(2): 305-309.
- [19] 张云, 武高林, 任国华, 等. 封育后补播“高寒1号”生态草对玛曲退化高寒草甸生产力的影响[J]. 草业科学, 2009, 26(7): 99-104.
- [20] 陈子萱, 田福平, 时永杰, 等. 补播对玛曲高寒沙化草地物种丰富度和生物量的影响[J]. 南方农业学报, 2011, 42(6): 635-638.
- [21] 舒思敏, 杨春华, 陈灵鸷. 补播豆科牧草对扁穗牛鞭草草地的影响[J]. 草业科学, 2011, 28(6): 1041-1043.
- [22] 郑华平, 陈子萱, 牛俊义, 等. 补播禾草对玛曲高寒沙化草地植物多样性和生产力的影响[J]. 草业学报, 2009, 18(3): 28-33.

### Effects of reseeding and sward ripping on vegetation restoration in degraded subalpine meadow

FENG Zhong-xin<sup>1,2</sup>, ZHOU Juan-juan<sup>1,2</sup>, WANG Xin-rong<sup>1</sup>, ZHANG Li-ping<sup>1</sup>,  
SHI Jing<sup>1,2</sup>, WANG Sheng-wen<sup>1,2</sup>, CHEN Ben-jian<sup>1,2</sup>

(1. College of Grassland, Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

2. Department of Education Key Laboratory of Grassland ecosystem,  
Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China)

**Abstract:** A split plot design has been carried out to study the effects of reseeding and sward ripping in the fence on vegetation height, total coverage, aboveground biomass and species diversity index summation of functional groups since June 2011 in a reseeding and sward ripping experiment on degraded subalpine meadow in Lintan County of Gannan City, Gansu Province. The results showed that pasture coverage, aboveground biomass and species diversity index of functional groups, treated by sward ripping, increased with reseed amount, while vegetation height increased with reseed amount at first, and then decreased. There has been a significant interaction between reseeding and sward ripping ( $P < 0.01$ ), reseeding 3 combining with sward ripping has a positive effect on aboveground biomass of pasture, coverage, species diversity index of functional groups, the maximum reaching  $201.5 \text{ g} \cdot \text{m}^{-2}$ , 88.2% and 1.203 respectively. The vegetation height tested by reseeding 1 and sward ripping reached 11.7 cm. On the basis of the average value of different reseeding amount, the vegetation height, coverage, aboveground biomass and species diversity index of functional groups of sward ripping were significantly higher than the control one (without sward ripping). In conclusion, correlation degree analysis indicated that treatment reseeding 2 with sward ripping was the best choice considering of height, total coverage, aboveground biomass and species diversity index of functional groups.

**Key words:** reseeding; sward ripping; subalpine meadow; vegetation restoration

Corresponding author: CHEN Ben-jian E-mail:bjc5381@gsau.edu.cn