

退化禾草/白三叶草地植被和土壤特征

李艺妆¹, 赵 敏¹, 赵一军¹, 王 文², 徐 震¹, 毛文娅³, 于应文¹

(1. 兰州大学 草地农业科技学院; 甘肃 兰州 730020; 2. 云南省种羊繁育推广中心, 云南 寻甸 655204;
3. 兴义市众彝农牧发展有限公司, 贵州 兴义 562407)

摘要: 禾草/白三叶(*Trifolium repens*)草地是中国南方喀斯特地区主要刈牧地之一, 探究退化禾草/白三叶草地植物个体、种群、群落及土壤养分变化特征, 可一定程度为该类草地退化等级的划分提供科学依据。定量分析了显著退化(DG)和未退化(CK)禾草/白三叶草地多年生黑麦草分蘖和白三叶匍匐茎特征、群落特征、生物量构成、土壤养分及群落稳定性。结果显示: 1) 群落高度, 盖度和地上生物量及多年生黑麦草分蘖密度和分蘖重均为 CK>DG, 白三叶匍匐茎密度和匍匐茎重在 CK 与 DG 之间相近; 2) 播种禾草(多年生黑麦草 *Lolium perenne* + 鸭茅 *Dactylis glomerata*) 地上生物量比例为 CK (83.750%±2.067%)>DG (55.100%±4.593%), 杂类草和白三叶地上生物量比例为 CK<DG; 3) 0~10 cm 土壤 pH、OM 和全 P 含量为 CK>DG; (4) CK 草地植物种 Raunkiaer 频度直方图接近反 J 型, 群落处于相对稳定状态, 群落演替度值为 CK (42.25±3.43)<DG (53.27±3.64), 退化草地处于更高演替阶段。研究认为, 多年生黑麦草分蘖、播种牧草的生物量构成及土壤 pH, 可作为禾草/白三叶草地退化等级划分依据。

关键词: 禾草/白三叶草地; 群落结构; 生物量构成; 土壤养分; 分蘖

中图分类号: S812 **文献标志码:** A **文章编号:** 1009-5500(2020)01-0028-07

DOI: 10.13817/j.cnki.cyyep.2020.01.004

禾草/白三叶(*Trifolium repens*)草地是世界温带地区种植面积最大的集约化人工草地之一, 也是该区域主要放牧地和割草地。自 20 世纪 80 年代以来, 禾草/白三叶草地在我国南方喀斯特山区广为建植, 已成为南方喀斯特山区草地畜牧业主要生产基地之一^[1-2], 能有效改善当地受损生态环境并解决农牧民的生计问题。但禾草/白三叶草地建植后, 受人类不合理的社会经济活动及不当刈牧管理措施, 导致该生态系统发生逆向演替, 草地极易退化, 主要表现在草地生

产力、牧草营养价值、植物群落多样性和稳定性降低^[3-4]; 种群格局及其地位改变^[5]; 土壤结构及其肥力下降^[6]; 主要播种牧草、少量播种牧草及当地非播种牧草组分比例发生变化等^[7], 严重制约当地畜牧业发展及人类生活水平提高。因此, 根据退化草地等级的合理划分, 制定适宜的退化草地恢复措施, 以有效缓解禾草/白三叶草地退化趋势, 优化该生态系统结构和功能, 对提高当地农业发展具有重要作用。

由于植物群落特征和土壤质量变化是草地退化和演变的最敏感指标, 故草层高度, 盖度和生产力^[8], 土壤养分和水分常作为草地退化等级划分的直接指标^[9-10], 且一些学者进一步将群落演替度、物种多样性、活力及恢复力作为草地退化分级标准^[11-12]。同时, 由于草地退化往往导致植物群落物种组成、优势种和建群种比例^[13]、杂草或毒草植物产量^[14]、可食牧草比例等变化^[15], 虽然众多学者将其视为草地退化的关键分级指标, 但不同草地类型及退化阶段的植物群落组成差别较大, 从而学者们也依据草地经济类群组分

收稿日期: 2019-06-16; **修回日期:** 2019-10-21

基金项目: 贵州省科技计划项目(黔科合支撑[2016]2585号), 兴义市众彝农牧发展有限公司委托项目“云贵高原禾草/三叶草草地稳定性及草畜动态平衡研究”; 长江学者和创新团队发展计划(IRT-17R50)资助

作者简介: 李艺妆(1998-), 女, 河南南阳人, 本科生。

E-mail: liyzzh16@lzu.edu.cn

于应文为通讯作者。E-mail: yuyw@lzu.edu.cn

或生活型比例对草地进行退化等级划分^[5,16-17],如任继周^[18]将草地群落中的植物分为减少者(decreasers)、增加者(increasers)、入侵者(invaders)3类,并根据其数量划分草地退化等级。此外,植物个体功能性状,如花大小和叶数量^[19]、茎矮化度和根系直径、根长也可作为退化草地分级依据^[20-21]。因此,草地变化体现于植物个体、种群、群落及土草养分4个水平,需从这4个层次进行草地退化特征研究,以客观反映退化草地的演变特征。

目前,对禾草/白三叶草地退化特征的研究,限于植被群落水平上播种牧草生产力降低及土壤养分衰竭方面,而对播种牧草的个体和种群特征方面的定量分析相对缺乏。笔者从退化和未退化禾草/白三叶草地播种牧草的个体、种群和群落水平及土草系统角度,探究退化禾草/白三叶草地植被和土壤变化规律及稳定性特征,为禾草/白三叶草地退化等级的划分提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 研究区概况

试验位于贵州省威宁种羊场凉水沟草地,地理坐标为E 103°36′~104°45′,N 26°36′~27°26′,冬无严寒,夏无酷暑,年均气温10~12℃,年均降水量962 mm,海拔2 200 m以上。草地为1992年建植的多年生黑麦草(*Lolium perenne*) + 鸭茅(*Dactylis glomerata*)/白三叶草地,草地植物种主要有多年生黑麦草、白三叶、黑穗画眉草(*Eragrostis nigra*)、裂稃草(*Schizachyrium brevifolium*)、旋叶香青(*Anaphalis contorta*)、荷兰豆草(*Drymaria cordata*)、白苞蒿(*Artemisia lactiflora*)、蒲公英(*Taraxacum* sp.)等,土壤以高原山地黄棕壤为主。

1.2 样地选择

2018年7月末,在研究区1992年建植,每年4月初~11月末多年连续放牧利用的多年生黑麦草+鸭茅/白三叶草地上,基于草地植被特征,选择显著退化(Degradation grasslands, DG)和未退化(Control, CK)的面积为0.1~0.3 hm²的多年生黑麦草+鸭茅/白三叶草地各4块(即4次样地重复)。放牧家畜为2~3岁健康考力代绵羊。草地每年6月中下旬和10月中下旬分别施氮肥(尿素)60 kg/hm²和钙镁磷肥(过磷酸钙)300 kg/hm²。

1.3 测定指标和方法

植被特征:2018年8月初,在每块样地上,均匀设置5个0.25 m²的正方形样方,测定各样方内草层的高度、盖度,计数测定各样方内多年生黑麦草的分蘖密度。然后齐地刈割收获地上生物量,将其分2份分别称鲜重;1份先按活物质、死(凋落物+立枯体)物质分开,再将活物质按不同种分开后烘干称干重;另1份在65℃下烘干后用于牧草养分分析。并基于样方分种生物量数据,统计植物物种数。

多年生黑麦草分蘖和白三叶匍匐茎特征测定:在测定完地上生物量的各样方内,分别设置0.01 m²的正方形样方2个,挖取0~5 cm深度土心,测量匍匐茎总长度(折算为匍匐茎密度, m/m²),烘干称干重,获得白三叶匍匐茎重(g/m²)。由多年生黑麦草地上生物量除以其分蘖密度,计算其分蘖重(mg/分蘖);由单位面积白三叶匍匐茎重除以其匍匐茎密度,计算其个体匍匐茎重(g/m)。

牧草功能群生物量构成统计:基于样方分种生物量数据,按多年生黑麦草、鸭茅、白三叶、杂类草4类,分别统计退化和未退化草地各功能群生物量及其占地上总绿色生物量比例。

土壤采集:在测定完植被特征的各样方内,用直径3.5 cm土钻采集表层0~10 cm土样,将同一重复样地内5个样方土样混合,共得到8个混合土样,用于土壤养分分析。

土草养分分析:采用酸度计法测定土壤pH,重铬酸钾法测定土壤有机质(Organ matter, OM);凯氏定氮法测定土草全N含量,钼锑抗比色法测定土草全P含量;采用灼烧法测定粗灰分(Ash),ANKOM-A200i半自动纤维仪滤袋技术测定牧草酸性洗涤纤维(Acid Detergent Fiber, ADF)和中性洗涤纤维(Neutral Detergent Fibre, NDF)含量,原子吸收光谱法测定牧草全Ca含量。具体分析方法见文献[22]。所有指标数据均换算为干物质基础数据。

草地稳定性:基于样方植物出现与否和分种生物量数据,分别用Raunkiaer植物种频度系数(Raunkiaer, R)和草地演替度(Degree of Succession, DS)评价。Raunkiaer植物种频度系数由 $R(\%) = (\text{某植物种在全部取样样方中出现的次数} / \text{总样方数}) \times 100\%$ 计算,分为A(级)=1%~20%、B(级)=21%~40%、C(级)=41%~60%、D(级)=61%~80%和E(级)=

81%~100%共5个等级,试验退化和未退化草地的总样方数均为20个,该频度图越呈反J型,草地群落越稳定,并计算草地演替度(DS)^[18]:

$$DS=\frac{\sum(e\times d)}{N}\times\mu$$

式中:*e*为物种的寿命;*d*为植物种重要值(此次研究用分种生物量比例数据);*N*为各重复样地内群落总植物种数;*μ*为植被覆盖度;*DS*越大,草地群落越趋于顶极阶段。

1.4 数据分析

利用Excel处理基础数据及制图,用SPSS16.0

中的T-Test对退化和未退化草地植被和土壤养分及草地稳定性等数据进行显著性检验分析。数据表示为均值±标准误差(mean±standard error of mean)。

2 结果分析

2.1 牧草高度,盖度及地上生物量

草地植物群落特征结果显示,牧草高度、盖度、活物质和死物质及地上生物量均为未退化草地极显著高于退化草地(*P*<0.01),且前者地上生物量约为后者的3.1倍,但植物物种数在退化和未退化草地之间差异不显著(*P*>0.05)(表1)。

表1 禾草/白三叶草地植物群落特征

Table 1 Plant community characteristics of grass/*Trifolium repens* grassland

草地	高度/cm	盖度/%	活物质 /(g·m ⁻²)	死物质 /(g·m ⁻²)	地上生物量 /(g·m ⁻²)	物种数 (No./样方)
退化草地	11.5±14.5**	84.25±3.52***	34.00±1.87***	1.93±0.19***	35.93±1.78***	6.50±0.65 _{ns}
未退化草地	12.5±15.5	99.00±0.71	100.50±4.98	10.75±1.11	111.25±5.28	5.75±0.48

注:*,**,***和_{ns}分别表示*P*<0.05,*P*<0.01,*P*<0.001和*P*>0.05。下同

2.2 多年生黑麦草分蘖密度和白三叶匍匐茎

多年生黑麦草分蘖密度和白三叶匍匐茎特征结果显示,多年生黑麦草分蘖密度和分蘖重均为未退化草地显著或极显著高于退化草地(*P*<0.05或*P*<0.001),且前者为后者的3.4倍和1.4倍;白三叶匍匐茎密度、个体匍匐茎重和匍匐茎重在未退化与退化草地之间均差异不显著(*P*>0.05)(表2)。说明,禾草/白三叶草地退化显著降低多年生黑麦草个体生长,而对白三叶匍匐茎特征影响小。

2.3 功能群生物量及构成

草地地上生物量及其比例结果显示,多年生黑麦草地上生物量及其比例为未退化草地极显著高于退化草地(*P*<0.01),且前者分别为后者的4.6倍和1.6倍;杂类草地上生物量及其比例为未退化草地显著或

极显著低于退化草地(*P*<0.05或*P*<0.01),且后者为前者的2.0倍和5.7倍;鸭茅地上生物量为未退化草地显著高于退化草地(*P*<0.05),但二者生物量占地上总绿色生物量比例差异不显著(*P*>0.05);白三叶地上生物量在未退化与退化草地之间相近(*P*>0.05),但其生物量比例则为退化草地极显著高于未退化草地(*P*<0.01)(图1)。播种禾草(多年生黑麦草+鸭茅)地上总生物量及其比例均为未退化草地(83.892±2.461 g/m²和83.750%±2.067%)极显著或显著高于退化草地(18.655±1.575 g/m²和55.100%±4.593%)(*P*<0.05或*P*<0.001),且前者为后者的4.5倍和1.5倍。说明,退化禾草/白三叶草地植被特征主要为播种禾草生产力降低,而当地野生杂类草生产力增加,进而导致草地退化。

表2 多年生黑麦草和白三叶种群密度和个体大小特征

Table 2 Density and size of *Lolium perenne* tiller and *Trifolium repens* stolon

指标		退化草地	未退化草地
多年生黑麦草	分蘖密度/(分蘖·m ⁻²)	1912.00±157.65***	6427.50±523.95
	分蘖重/(mg·分蘖 ⁻¹)	9.50±0.65*	13.00±0.91
白三叶	匍匐茎密度/(m·m ⁻²)	64.25±8.84 _{ns}	54.50±4.27
	个体匍匐茎重/(g·m ⁻¹)	1.05±0.07 _{ns}	1.23±0.06
	匍匐茎重/(g·m ⁻²)	65.30±8.77 _{ns}	55.73±4.24

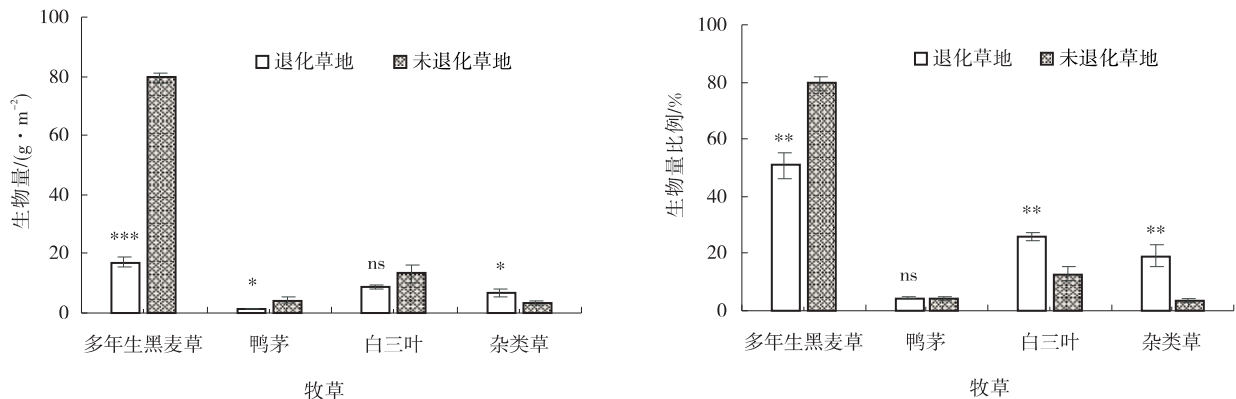


图 1 禾草/白三叶草地功能群地上生物量及比例

Fig. 1 Aboveground biomass and its composition in grass/*Trifolium repens* grassland

2.4 土草养分

草地土草养分结果显示,牧草全 P 及 Ca 含量为未退化草地显著高于退化草地 ($P<0.05$ 或 $P<0.001$),其中,前者分别为后者的 1.3 倍和 1.9 倍,牧草 Ash、CP、ADF 及 NDF 含量在退化和未退化草地之间相近($P>0.05$)(表 3)。草地土壤 pH,OM 和全 P 含量为未退化草地显著高于退化草地 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$),且前者分别为后者的 1.1,1.1 和 1.5 倍,而土壤全 N 含量在两种草地之间差异不显著 ($P>0.05$);土壤 TC:TN、TC:TP 及 TN:TP 在退化与未退化草地中差异显著 ($P<0.05$ 或 $P<0.01$),且前者分别是后者的 0.9 倍,1.4 倍和 1.5 倍(表 4)。说明,

退化禾草/白三叶草地养分特征表现为牧草 Ca 和 P 含量降低,土壤酸化且有机质衰竭,土壤 C:N:P 化学计量比平衡失调。

2.5 草地稳定性

群落植物种 Raunkiaer 标准频度直方图结果显示,未退化草地符合 Raunkiaer 频度定律,其频度图呈一定反 J 型;而 DG 草地不符合典型的 Raunkiaer 频度定律,其频度图偏离 J 型(图 2)。草地群落演替度值为 DG (53.27 ± 3.64)>CK (42.25 ± 3.43) ($P<0.05$)。说明,未退化草地的植物物种分布较均匀,群落整体处于相对稳定状态;而退化草地处于更高演替阶段,群落更不稳定。

表 3 禾草/白三叶草地牧草养分

Table 3 The herbage nutrients of grass/*Trifolium repens* grassland

草地	Ash/%	CP/%	P/%	Ca/(g·kg ⁻¹)	ADF/%	NDF/%
退化草地	9.48±0.37ns	21.50±1.19ns	0.40±0.02*	3.30±0.21***	25.55±1.30ns	54.53±2.14ns
未退化草地	9.38±0.51	18.25±1.32	0.50±0.02	6.25±0.25	25.35±1.20	51.78±1.62

表 4 禾草/白三叶草地土壤养分及化学计量比

Table 4 The soil nutrients of grass/*Trifolium repens* grassland

	pH	OM/%	N/%	P/%	TC:TN	TC:TP	TN:TP
退化草地	5.13±0.08**	5.30±0.16*	0.15±0.00ns	0.06±0.01**	19.90±0.67*	50.02±5.10*	2.50±0.20**
未退化草地	5.75±0.10	6.03±0.17	0.15±0.00	0.09±0.00	22.48±0.46	37.46±0.54	1.67±0.04

3 讨论

草地群落特征变化是草地退化最直观的表现,常作为最直接的草地退化等级划分依据。此次研究中,

退化禾草/白三叶草地的草层高度、盖度、地上生物量和稳定性均明显下降,这与张建贵等^[17]、胡小龙等^[23]的研究结果一致。研究中两类草地群落物种数无差异,可能因为随人工草地退化,草地群落中野生杂草类比例的增加仅中和了播种牧草比例降低的生物量和牧

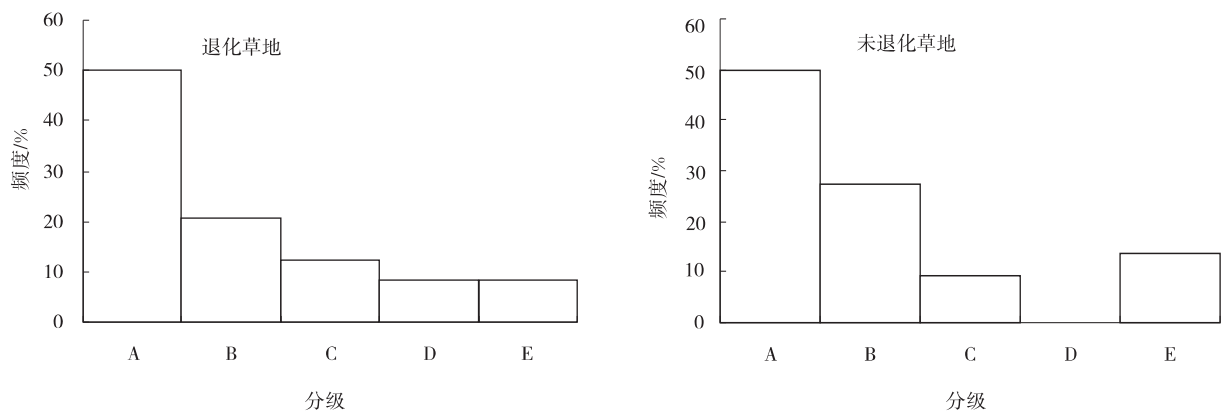


图 2 禾草/白三叶草地植物物种 Raunkiaer 标准频度直方

Fig. 2 Standard frequency histogram of plant species in grass/*Trifolium repens* grassland

注: A. 1%~20%, B. 21%~40%, C. 41%~60%, D. 61%~80%, E. 81%~100%

草构成损失,但并未给草地群落以外的野生物种的入侵提供有利条件,致使退化草地物种数保持相对稳定;也可能由于退化草地尚处于中度和重度退化过渡时期,野生物种还未充分侵入退化禾草/白三叶草地中。

植物个体小型化是其对不良环境或不合理利用的一种负反馈机制^[24]。植物个体可通过调整其功能性状和物质分配以应对外界干扰^[25],其个体生长对草地退化的响应敏感性既可反映其在退化生境中的适应机制,也可作为退化等级划分依据。研究发现,退化禾草/白三叶草地中多年生黑麦草分蘖密度和分蘖重显著降低,白三叶匍匐茎密度和匍匐茎重无显著变化;这与以往研究中刈牧通过降低多年生黑麦草对白三叶的遮阴作用,使更多红光照射于白三叶而刺激其匍匐茎生长的结果存在分异^[26]。其原因是试验中因家畜对多年生黑麦草过度采食,对其造成较大采食损伤而不利其恢复生长,使多年生黑麦草种群密度和高度降低,解除了多年生黑麦草对白三叶生长点的遮荫,这虽能促进白三叶的快速生长^[27],但因草地退化,禾草与豆科牧草对光、水和土壤矿物元素竞争加剧,禾草由于依赖白三叶的固氮作用而形成的偏利关系大于白三叶对禾草的竞争影响^[28],同时多年生黑麦草对白三叶生长的依赖作用与放牧对白三叶匍匐茎的损伤作用保持平衡,以致白三叶匍匐茎密度无明显变化。混播草地中多年生黑麦草分蘖和白三叶匍匐茎对刈牧利用的响应差异,是退化禾草/白三叶草地植被差异的重要表现。

群落中优势植物数量和退化指示植物及其占草群总产量的比例是草地退化分级的主要依据。研究中,退化禾草/白三叶草地白三叶和杂类草生物量比例增

加,而多年生黑麦草比例降低,是因为多年生黑麦草、白三叶和杂草间通过生物量相互补偿,以维持合理比例和混播组分之间动态平衡所致^[29]。试验中,退化禾草/白三叶草地鸭茅生物量明显降低,是由于鸭茅作为一种根茎一疏丛型牧草,具良好环境适应性,且在放牧或割草以后,恢复迅速,同时在稍贫瘠土壤,也能生长较旺盛^[30],但在退化禾草/白三叶混播草地,因其具较强竞争力杂类草生长旺盛,以致鸭茅竞争能力下降,生物量减小。因此,可以推断,禾草和白三叶种群生物量比例对刈牧利用的不同响应,是退化禾草/白三叶草地植被群落种群格局变化的主要表现,而鸭茅作为播种的生物量少种,可视为草地群落结构特征变化的主要关键种。

地表状况常作为草地退化分级的重要条件。以往研究表明,土壤 N:P 升高导致土壤生物固氮量下降^[31],较高的土壤 C:P 不利于微生物在有机质分解过程中的养分释放,降低土壤中有效磷含量^[32],进而降低植物所吸收的有效氮量,使植物生长受氮素限制^[33],表现出较低的植被高度,盖度及地上生物量;同时,不当刈割等影响草地植物群落环境资源利用率,使优势种与偶见种的生态位发生分化,重叠部分变少,致使群落种间关系松散,稳定性降低^[34]。研究发现,退化禾草/白三叶草地土壤具较低 pH、有机质与全磷,这可能是由于土壤中盐基离子淋失,致使酸离子含量增加,导致土壤酸化^[35],而退化草地表面较低的植物覆盖率、生物量及植物根系,减弱了土壤养分的富集,加之退化草地中土壤养分分解速率加快,导致土壤中有机质和全磷含量下降,且相比有机质及全磷含量,土

壤 pH 降低程度更显著。同时,研究发现,退化禾草/白三叶草地土壤中全 N 含量无明显变化,是因为试验草地为禾草/白三叶混播草地,草地中豆科植物的固氮作用和土壤中较高 C:N 对氮的矿化养分释放的抑制作用^[36],维持了植被-土壤系统中的氮素平衡。因此,土壤 pH 对禾草/白三叶草地刈牧利用响应更敏感,可作为该类草地退化的主要土壤指示指标。

4 结论

在草地植物群落和土草系统水平上,退化禾草/白三叶草地植物群落高度,盖度以及地上生物量显著降低,群落处于较高演替阶段,稳定性低,土壤养分呈酸化、有机质衰竭和全 P 含量降低;在草地植物个体和种群水平上,退化禾草/白三叶草地多年生黑麦草的分蘖密度,分蘖重与种群生物量及比例降低,白三叶种群地上生物量比例增加。多年生黑麦草对草地退化响应敏感,白三叶对草地退化具一定耐性。多年生黑麦草分蘖、播种牧草的生物量构成及土壤 pH,可作为禾草/白三叶草地退化等级划分依据。

参考文献:

- [1] 于应文,蒋文兰,徐震,等.刈割对多年生黑麦草分蘖与叶片生长动态及生产力的影响[J].西北植物学报,2002,22(4):176—182.
- [2] Yu Y W, Nan Z B, Matthew C. Population relationships of perennial ryegrass and white clover mixtures under differing grazing intensities[J]. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 124(1): 40—50.
- [3] 李晓波,王德利.放牧对吉林羊草草原植物多样性的影响[J].东北师大学报(自然科学版),1996(2):94—98.
- [4] 王长庭,龙瑞军,王启兰,等.放牧扰动下高寒草甸植物多样性、生产力对土壤养分条件变化的响应[J].生态学报,2008,28(9):4144—4152.
- [5] 刘学敏,罗久富,陈德朝,等.若尔盖高原不同退化程度草地植物种群生态位特征[J].浙江农林大学学报,2019,36(2):289—297.
- [6] 周华坤,赵新全,周立,等.青藏高原高寒草甸的植被退化与土壤退化特征研究[J].草业学报,2005,14(3):31—40.
- [7] 周姗姗,孙红,廖加法,等.放牧对黑麦草+白三叶混播草地植被构成的作用[J].草业科学,2012,29(5):814—820.
- [8] 王合云,郭建英,李红丽,等.短花针茅荒漠草原不同退化程度的植被特征[J].中国草地学报,2015,37(3):74—79.
- [9] 蔡晓布,张永青,邵伟.不同退化程度高寒草原土壤肥力变化特征[J].生态学报,2008,22(3):1034—1044.
- [10] 吕桂芬,吴永胜,李浩,等.荒漠草原不同退化阶段土壤微生物、土壤养分及酶活性的研究[J].中国沙漠,2010,30(1):104—109.
- [11] 包秀霞,廉勇,易津,等.不同放牧方式下克氏针茅草原退化等级的评价[J].中国草地学报,2015,37(6):62—66.
- [12] 王立新,刘华民,吴璇,等.基于活力和恢复力的典型草原健康评价和群落退化分级研究[J].环境污染与防治,2010,32(12):9—13.
- [13] 梁燕,韩国栋,周禾,等.羊草草原退化程度判定的植物群落学指标[J].草地学报,2006,14(4):343—348.
- [14] 李剑杨,刘丽,李政海,等.呼伦贝尔草原根系分布特征及其与植物功能类群及草原退化的关系[J].中国草地学报,2016,38(4):55—62.
- [15] 马玉寿,董全民,施建军,等.三江源区“黑土滩”退化草地的分类分级及治理模式[J].青海畜牧兽医杂志,2008(3):1—3.
- [16] 王钦.川西北高原放牧草地植物群落数量特征及退化分类评价指标体系研究[D].雅安:四川农业大学,2005.
- [17] 张建贵,王理德,姚拓,等.祁连山高寒草地不同退化程度植物群落结构与物种多样性研究[J].草业学报,2019,28(5):15—25.
- [18] 任继周.草业科学研究方法[M].北京:中国农业出版社,1998:45—56.
- [19] 张茜,赵成章,董小刚,等.高寒退化草地不同海拔狼毒种群花大小与叶大小、叶数量的关系[J].生态学杂志,2015,34(1):40—46.
- [20] 李西良,侯向阳,吴新宏,等.草甸草原羊草茎叶功能性状对长期过度放牧的可塑性响应[J].植物生态学报,2014,38(5):440—451.
- [21] 史亚博.放牧对典型草原群落地下生物量及植物个体根系功能性状的影响[D].呼和浩特:内蒙古大学,2016.
- [22] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科学技术出版社,2000.
- [23] 胡小龙.内蒙古多伦县退化草地生态恢复研究[D].北京:北京林业大学,2011.
- [24] 王炜,梁存柱,刘钟龄,等.草原群落退化与恢复演替中的植物个体行为分析[J].植物生态学报,2000(3):268—274.
- [25] 李有涵,唐然,解新明.华南象草分株构件生长及其生物量分配的相关性[J].生态学杂志,2011,30(9):1875—1880.
- [26] Teuber N, Laidlaw A S. Influence of irradiance on branch growth of white clover stolons in rejected areas within grazed swards[J]. Grass and Forage Science, 1996, 51

- (1);73—80.
- [27] 于应文,徐震,苗建勋,等.混播草地中多年生黑麦草与白三叶的生长特性及其共存表现[J].草业学报,2002,2(3):34—39.
- [28] 李莉,王元素,王堃.喀斯特地区永久性禾草+白三叶混播草地群落种间竞争与共存[J].草业科学,2014,31(10):1943—1950.
- [29] 吴艳玲,吕世杰,刘红梅,等.不同放牧强度对短花针茅草原植物种群间关系的影响[J].生态科学,2016,35(6):34—40.
- [30] 张荣华.鸭茅对不同利用方式的生理生态响应研究[D].乌鲁木齐:新疆农业大学,2010.
- [31] 王玉琴,尹亚丽,李世雄.不同退化程度高寒草甸土壤理化性质及酶活性分析[J].生态环境学报,2019,28(6):1108—1116.
- [32] 张萍,章广琦,赵一娉,等.黄土丘陵区不同森林类型叶片凋落物-土壤生态化学计量特征[J].生态学报,2018,38(14):5087—5098.
- [33] Güsewell S. N:P ratios in terrestrial plants: variation and functional significance[J]. New Phytologist, 2004, 164(2):243—266.
- [34] 徐满厚,刘敏,翟大彤,等.植物种间联结研究内容与方法评述[J].生态学报,2016,36(24):8224—8233.
- [35] 王喜艳.土壤酸化的原因及治理措施[J].江西农业,2018(8):51.
- [36] 张蕊,曹静娟,郭瑞英,等.祁连山北坡亚高山草地退耕还林草混植植被对土壤碳氮磷的影响[J].生态环境学报,2014,23(6):938—944.

Vegetation and soil characteristics of degraded grass/*Trifolium repens* grassland

LI Yi-zhuang¹, ZHAO Min¹, ZHAO Yi-jun¹, WANG Wen², XU Zhen¹,
MAO Wen-ya³, YU Ying-wen¹

(1. College of Pastoral Agriculture Science and Technology, Lanzhou University, Lanzhou 730020, China;
2. Yunnan Sheep Breeding Promotion Center, Xundian 655204, China; 3. Zhongben Agriculture
and Animal Husbandry Development Co., Ltd., Xingyi 562407, China)

Abstract: Grass/*Trifolium repens* grassland is one of the main pastures for grazing and hay harvesting in the karst areas of southern China. Clarifying the characteristics of individual, population and community of plant, and soil nutrients of degraded grass/*Trifolium repens* grassland will provide scientific basis for its classification. The *Lolium perenne* tillers, *T. repens* stolons, community characteristics, biomass composition, soil-herbage chemical characteristics and community stability of degraded grassland (DG) and un-degraded grassland (CK) were quantitatively measured. The results showed that 1) Height, coverage and aboveground biomass of plant community, and tiller density and tiller weight of *L. perenne* were CK > DG, while the density and weight of *T. repens* stolons were similar between CK and DG. 2) The aboveground biomass composition of the sown grass (*L. perenne* + *Dactylis glomerata*) was CK (83.750% ± 2.067%) > DG (55.100% ± 4.593%), while for the forbs and *L. perenne*, it was CK > DG. 3) The pH, organic matter and total P in 0~10 cm soil layer were CK > DG. The species Raunkiaer frequency histogram of CK was inversely J-type, which was relatively stable, while the community succession value was CK (42.25 ± 3.43) < DG (53.27 ± 3.64), CK was in a higher succession stage. *L. perenne* tillers, biomass composition of sown grass and *T. repens*, and soil pH could be used as the basis for classification of degraded grass/*Trifolium repens* grassland.

Key words: grass/*Trifolium repens* grassland; community structure; biomass composition; soil characteristics; tiller