

济南市五峰山地区灌草丛草地植被特征研究

王国良, 吴波, 贾春林, 杨秋玲, 盛亦兵

(山东省农业可持续发展研究所, 山东 济南 250100)

摘 要: 为探索灌草丛草地植被生长动态及合理利用途径, 对山东省济南市五峰山地区灌草丛草地植被地上生物量、物种多样性以及合理利用状况进行了调查研究。结果表明, 草地植被总地上生物量在 8 月达到最大值, 结缕草、野古草、黄背草、荩草为主要优势草地植物, 其中结缕草和野古草重要值均高于其它草地植物; 草地植被均匀度 Pielon 指数、多样性指数 Simpson 和 Shannon—Wiener 指数生长季内呈递增趋势; 2009 年草地植被禾本科草类保护指标为 151.87 g/m^2 , 结缕草、野古草、黄背草和荩草保护指标分别为 76.34 , 59.95 , 23.37 和 46.60 g/m^2 。

关键词: 灌草丛; 草地植被; 生长动态; 物种多样性; 保护指标

文献标识码: A

文章编号: 1000-288X(2011)02-0228-04

中图分类号: S812, Q948

Grassland Vegetation Characteristics of Shrub-grass Land in Wufeng Mountain Area of Ji'nan City

WANG Guo-liang, WU Bo, JIA Chun-lin, YANG Qiu-ling, SHENG Yi-bing

(Shandong Institute of Agricultural Sustainable Development, Ji'nan, Shandong 250100, China)

Abstract: For further understanding of growth dynamics and reasonable utilization of grassland, an experiment was carried out in shrub-grass vegetation in degradation hilly area of Wufeng Mountain, Ji'nan City of Shandong Province. Above-ground biomass, species diversity, and reasonable use were addressed. Results showed that above-ground biomass of the grassland reached its maximum value in August. *Zoysia japonica*, *Arundinella anomala*, *Themeda japonica*, and *Arthraxon hispidus* were the dominant grassland species, and the importance values of *Zoysia japonica* and *Arundinella anomala* were higher than the other grassland species. Species diversity indices of Pielon, Simpson and Shannon—Wiener were increased with growth time. In 2009, the protective index of gramineae was 151.87 g/m^2 , and the protective indices of *Zoysia japonica*, *Arundinella anomala*, *Themeda japonica* and *Arthraxon hispidus* were 76.34 , 59.95 , 23.37 and 46.60 g/m^2 , respectively.

Keywords: shrub-grass; grassland vegetation; growth dynamic; species diversity indices; protective index

灌草丛草地是指草地的灌丛郁闭度在 $0.3 \sim 0.5$ 之间, 树冠高度为 $1.5 \sim 2.0 \text{ m}$ 的草地, 灌丛间生长着多种旱生多年生草本植物, 它是灌丛与草丛相结合的一种植被类型, 是森林植被受到破坏后形成的一种阶段性次生植被类型^[1]。作为一种次生植被演替类型, 土层较薄, 土壤持水力低^[1], 植被群落虽具有相对稳定性, 但整体生态系统比较脆弱, 破坏后不易恢复。草地植被的生长动态和多样性研究已有很多^[3-4], 但主要集中在草原植被, 对灌草丛草地植被的研究还比较少。五峰山位于济南市南部低山丘陵地区, 该区域分布着大量灌草丛, 深入研究灌草丛草地植被动态规律, 对于草地植被恢复与保护利用以及改善和充分发挥植被的

水源保护功能和生态经济效益具有重要的借鉴价值。由于济南市南部山区灌草丛植被独特的生态功能及其在水土保持中的作用, 长期以来一直是各级政府严格控制和管理的区域, 不少专家学者对此进行了专门研究, 取得了一定的成果^[5-6]。相对其它典型区域, 该地区植被研究还比较欠缺, 以目前的研究积累还不足以完善该地区的生态保护与利用的理论与技术体系。特别是对济南市南部山区灌草丛草地植被的现状调查、保护模式研究则更少。

本研究以五峰山地区典型灌草丛草地植被为研究对象, 通过对群落结构和主要草本植物的研究, 初步掌握草地植被生长规律和多样性变化趋势, 旨在为

收稿日期: 2010-05-22

修回日期: 2010-07-21

资助项目: 山东省博士基金“鲁中南丘陵地区退化灌草丛草地植被恢复研究”(BS2010NY028); 山东省农业良种工程牧草项目(2008LZ019-01)

作者简介: 王国良(1977—), 男(汉族), 山东省汶上县人, 博士, 助理研究员, 研究方向为草地生态学。E-mail: wangguoliang@126.com。

通信作者: 盛亦兵(1963—), 男(汉族), 山东省济南市人, 研究员, 硕士生导师, 研究方向为草地学。E-mail: shengyib@163.com。

济南市南部山区退化灌草丛草地的恢复和重建以及草地的合理利用提供参考依据。

1 研究区概况与试验方法

1.1 研究区概况

试验区位于济南市长清区五峰山,地处山东省中南部丘陵区泰山西北麓,东经 116°47',北纬 36°28',海拔 158 m,年平均气温 13.7 °C,平均降水量 623.1 mm,极端高温 40.5 °C,极端低温 -16.1 °C,无霜期平均 215 d,大于 10 °C 的积温 4 563 °C。试验区位于北部阴坡,坡度在 30°左右,土壤为粗骨褐土^[7],pH 值为 7.0,有机质含量为 2.6%,全氮为 0.27%,有效氮为 215.4 mg/kg,有效磷为 29.4 mg/kg,速效钾为 686 mg/kg。样地已封育 8 a,不再进行放牧或割草,植被组成处于稳定状态,植被类型以灌草丛为主,零星分布着一些侧柏(*Platycladus orientalis*)。灌木主要以荆条(*Vitex negundo*)、酸枣(*Ziziphus jujuba*)为主;优势草地植物主要有野古草(*Arundinella anomala*),结缕草(*Zoysia japonica*),黄背草(*Themeda japonica*),荩草(*Arthraxon hispidus*);伴生杂类草有野菊(*Dendranthema indicum*),远志(*Polygala tenuifolia*),山韭(*Allium senescens*)等。

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 草地植被地上生物量采用收获法测定,在围封地内选取样地,按随机区组法设定样方,不做任何处理。测定时间从 2009 年 4 月至 2009 年 10 月,每月中旬取样一次,生长季共测定 7 次,样方面积为 1 m×1 m,6 次重复,齐地面刈割,装入密封袋,在实验室内将植物按种分开,于 65 °C 下 48 h 烘干至恒重,称取干物质质量。

1.2.2 植被群落特征计算方法 取样时统计样方内各物种数量、盖度、高度、密度、生物量,根据下列公式进行物种重要值和多样性指标分析^[8]。

重要值(V_i :important value)的计算公式为:

$$V_i = (\text{相对盖度} + \text{相对高度} + \text{相对密度} + \text{相对生物量}) / 4 \times 100\%$$

物种丰富度(species richness)采用物种数和 Margalef 指数: $M_a = (S - 1) / \ln N$

物种多样性(species diversity)采用 Simpson 指数(D)和 Shannon—Wiener(H')指数:

$$D = 1 - \sum P_i^2; \quad H' = - \sum P_i \ln P_i$$

均匀度采用 Pielou 指数(J'): $J' = H' / \ln S$

式中: S ——样方中的物种数; N ——所有物种的个体数之和; P_i ——样方中的第 i 种植物重要值占有物种重要值之和的比例^[9]。

1.2.3 牧草资源种群保护指标 由种群生态学可知,在环境条件制约下,牧草资源种群变化是一种非线性过程呈现阻滞增长,表示种群增长机制的基本模型是 Logistic 增长模型^[10],牧草资源种群保护的 $k/2$ 值最大持续产量原理就是利用该模型推算得出,种群的保护指标不应低于 $k/2$ 值。模型参数 k 的生态学含义是所论种群的环境容纳量(或饱和值),是由牧草种群所在地的生境条件决定的,作为一个宏观指标,它反映了一定生境条件下牧草种群增长的上限。在实验条件下,可以用各生态因子适宜情况下实验监测的最大值替代,即用实验最大值估计 k 值^[11]。在实际操作中,常以地上生物量饱和值来代替 k 值^[12-13]。所以在本试验中,以植物生长季期间监测到的种群地上生物量(干物质)最大值去估算保护指标 $k/2$ 值。

1.2.4 数据分析 数据分析采用 SAS 9.0 统计软件,作图采用 Excel 软件。

2 结果与分析

2.1 草地植被组成

五峰山地区灌草丛是次生演替植被类型,牧草资源较为丰富。据样方调查统计,样地内共有 10 余种草地植物(表 1)。植物群落以禾本科为主,野古草、结缕草、黄背草等均为优势建群种,豆科植物较少,且生长比较低矮。除野菊外,其它杂类草分布不均匀,零散分布。

群落组成相对稳定,禾本科草为主要建群种和优势种,由于群落处于次生演替阶段,生态类型比较脆弱,生态保护和合理利用尤为重要。

表 1 主要草地植物分类

植物名称	科名	生活型
野古草	禾本科(Gramineae)	PH
结缕草	禾本科(Gramineae)	PH
黄背草	禾本科(Gramineae)	PH
荩草	禾本科(Gramineae)	PH
白羊草	禾本科(Gramineae)	PH
狗尾草	禾本科(Gramineae)	AH
达乌里黄芪	豆科(Leguminosae)	PH
胡枝子	豆科(Leguminosae)	PH
野菊	菊科(Compositae)	PH
阿尔泰狗哇花	菊科(Compositae)	PH
远志	远志科(Polygalaceae)	PH
山韭	百合科(Liliaceae)	PH
白背委陵菜	蔷薇科(Rosaceae)	PH
堇菜	堇菜科(Violaceae)	PH

注:AH 代表一年生,PH 代表多年生;白羊草(*Bothriochloa ischaemum*);狗尾草(*Setaria viridis*);达乌里黄芪(*Astragalus dahuricus*);胡枝子(*Lespedeza bicolor*);阿尔泰狗哇花(*Heteropappus altaicus*)。

2.2 主要草地植物地上生物量动态

根据 2009 年观测数据,生长季内草地群落地上生物量呈先增加后减少的变化趋势,8 月份地上生物量测定值达到最大 320.32 g/m^2 ,此时多数植物处于开花盛期,干物质积累量最大,形成了群落地上生物量的最大值,此时地上生物量显著高于其它月份($p < 0.05$),此后牧草进入结实期,温度开始降低,部分开始枯黄,地上生物量逐渐下降,到了 10 月中旬,草地已大面积枯萎,种子成熟脱落,牧草进入休眠期,直到明年 3 月份返青。

从表 2 可以看出,结缕草地上生物量在群落生物量中占有优势地位,5 月到 6 月为地上生物量积累快速时期,生物量由 43.47 g/m^2 增加到 118.07 g/m^2 ,

生长速率达到最大,地上生物量峰值出现在 7 月份。野古草地上生物量在群落总生物量中也占据一定的优势,野古草快速生长期出现在 4 月到 5 月份之间,地上生物量由 31.90 g/m^2 增加到 67.87 g/m^2 ,生长速率也达到最大。野古草地上生物量在 8 月份达到最大值,其后开始下降。黄背草在 6 月份之前增长比较缓慢,7 月份地上生物量最大值 46.73 g/m^2 ,6 月到 7 月份之间生长速率最大。荻草地上生物量在 7 月份之前增长比较平缓,生物量值较小,7 月份到 8 月份之间增长加快,生物量由 30.93 g/m^2 增加到 93.20 g/m^2 ,生长速率达到最大。野菊由于优势度低,分布比较零散,所占生物量比重小,测定期间地上生物量值变化起伏不大,8 月份地上生物量值达到最大。

表 2 草地植被及主要草地植物地上生物量增长动态

g/m^2

项 目	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月
结缕草	14.20 ^b	43.47 ^{ab}	118.07 ^{ab}	152.67 ^a	132.00 ^{ab}	129.52 ^{ab}	141.28 ^{ab}
野古草	31.90 ^d	67.87 ^{cd}	79.00 ^{bc}	106.55 ^b	119.90 ^a	98.64 ^{bc}	54.72 ^{cd}
黄背草	14.30 ^b	13.33 ^b	20.10 ^b	46.73 ^a	33.73 ^{ab}	46.32 ^a	17.52 ^b
荻 草	0.87 ^d	9.80 ^c	20.20 ^{bc}	30.93 ^b	93.20 ^a	31.76 ^{bc}	15.84 ^{bc}
野 菊	2.73 ^b	1.53 ^b	7.93 ^b	10.40 ^{ab}	15.20 ^a	2.08 ^b	4.72 ^b
总地上生物量	97.50 ^b	141.72 ^b	234.68 ^{ab}	291.48 ^{ab}	320.32 ^a	309.12 ^a	234.08 ^{ab}

注:同行不同字母表示差异显著($p < 0.05$)。

2.3 草地植被数量特征变化

2.3.1 主要草地植物重要值变化 图 1 为主要草地植物的重要值生长季内变化动态。从图上可以看出,在生长季内,结缕草和野古草是草地植被中的优势种类,重要值均高于其它草地植物,并且重要值随着生长时间而增加。荻草和野菊在生长季内重要值低于结缕草和野古草,保持相对稳定状态。黄背草重要值生长季初期较高,由于黄背草属于高秆植物,返青较早,生长初期重要值较高,随着结缕草和野古草的迅速生长,黄背草优势地位下降并趋于稳定状态。

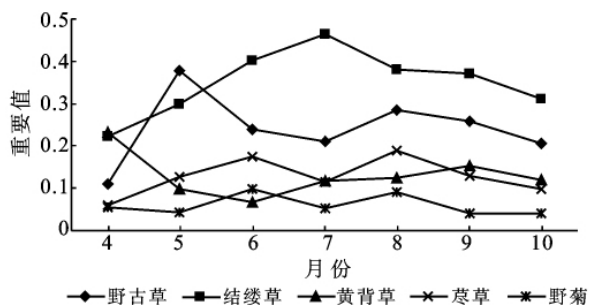


图 1 主要草地植物重要值变化

2.3.2 草地植物群落物种多样性指数变化 从物种多样性指数分布图(图 2)可以看出,生长季内草地植被物种数变化不大,每 1 m^2 物种数始终保持在 6~10

个左右。均匀度指数呈现增加的趋势,由最初的 0.42 增加到 8 月份的 0.60,说明群落增长逐步趋向稳定状态。多样性指数 Simpson 和 Shannon—Wiener 指数变化趋势相同,生长季内呈逐月递增的趋势,8 月份达到最大值,其后开始下降。群落的多样性指数变化规律说明,生长季内群落多样性在增加,群落的稳定性也在增强。

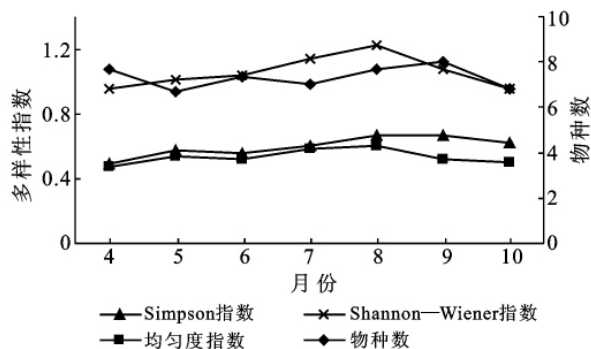


图 2 草地植物群落物种多样性指数变化

2.4 灌草丛草地植被可持续利用

确定草地保护指标对于保持草地生态平衡与可持续利用是十分必要的。利用资源种群保护的 $k/2$ 值原理,制定合理的保护指标,是利用草地的基本依据。对单个种群来说,可以制定各自种群的保护指

标。由于灌草丛草地植被主要以禾本科为主,还可以将禾本科牧草看作一个资源种群来制定保护指标^[14]。本试验中,以草地地上生物量(干物质)饱和值作为资源种群 k 值的测度,即以地上最大生物量去估算 $k/2$ 保护指标(表 3)。

表 3 南部山区草地植被环境容纳量与保护指标 g/m^2

草地植物种类	环境容纳量 k 值	保护指标 $k/2$
结缕草	152.67	76.34
野古草	119.93	59.97
黄背草	46.73	23.37
荻草	93.20	46.60
禾本科	303.73	151.87

根据 2009 年测定值,结缕草、野古草、黄背草、荻草的保护指标分别为 76.34, 59.97, 23.37, 46.60 g/m^2 ,禾本科草地植物保护指标为 151.87 g/m^2 。运用 $k/2$ 最大持续产量原理确定禾本科和各种类的保护指标,根据指标进行定位观测,就能使牧草资源得到有效保护,并使草地植被地上收获量达到最大。通过围栏轮牧、刈割等管理措施,进行保护性监测和进行相应的适度放牧,不仅不会破坏草地生态平衡,而且还可以促进草地生产力的发展。

3 结论

(1) 在中国植被分类系统中,灌草丛相当于群系组一级^[15]。对于北方的灌草丛来说,其群落的区系组成并不复杂,一般在 9~31 种植物,常见的优势草本植物主要有黄背草、白羊草、野古草,等,灌木主要种类有荆条与酸枣^[1]。针对山东省石灰岩山地丘陵的灌草丛,有研究者将其分为 3 个代表性的群系:白羊草群系、黄背草群系和荻草、大油芒群系^[15]。而对于本研究选取的样地,坡度在 30° 左右,半阴坡,根据文中重要值的计算结果,可以定义为结缕草—野古草—黄背草群丛。该群丛土壤较为湿润,土层较厚,植被覆盖度较高,灌木以荆条为主,还有少量酸枣,草本植物以野古草、结缕草、黄背草为主,草本第一层主要以野古草、黄背草等高大禾草构成,高度在 60~80 cm;底层以结缕草为主,高度在 40 cm 以下。

由于土壤、水份等条件的差异,造成了群系组成上的差异,在群系划分上还有待进一步研究。由于该区封山育林育草实施的较早,草地植被盖度均在 70% 以上,而且结缕草、野古草等禾本科草根根部发达,固土护坡能力强,对水土保持贡献较大。随着封育时间的增加,灌草丛有可能向森林方向演替^[16]。

灌草丛草地植被结构不同于草原,是一种特殊的草地植被,所以掌握主要草地植物的生长规律尤为重要。结缕草具有强大的根状茎,侵占力强,匍匐生长,株丛较密集,植株高度平均在 20~30 cm 左右,相比野古草、黄背草而言属于低矮植物。野古草、黄背草属于高大禾草类,在生长盛期平均高度都在 80 cm 左右。该类草萌发较早,可在春末夏初进行刈割利用,抽穗后草质变差,质地粗糙,粗蛋白质含量下降,粗纤维增加,不利于饲喂家畜,但可作其它用途^[17]。

(2) 物种多样性是对一个群落内物种分布的数量和均匀程度的测量指标,是生物群落在组成、结构、功能和动态方面表现出的差异,反映各物种对环境的适应能力和对资源的利用能力^[18]。生长季初期,植物生长缓慢,覆盖度低,多样性指标(均匀度指数、Simpson 和 Shannon—Wiener 指数)较低。本试验结果表明,进入生长旺季后,植物对光照、水份、土壤养分等有限资源竞争也开始加剧,结缕草、野古草、黄背草等优势物种显现出强大的竞争力,植株叶片迅速覆盖地面,其它物种明显处于劣势地位。8 月份草地植被多样性指数达到最大值,物种竞争处于平衡状态,直到枯黄、凋萎。

(3) 在草地生态学研究中,为了保护优良牧草种群,并获得好的放牧收益,可以对优势种群进行定位测量,以估算其生物量饱和值,确定保护指标^[19]。种群生态学中的 $k/2$ 值最大持续产量模型有着广泛的应用范围。虽然模型要求的条件比较苛刻,但在生态学中已经作为一个经验方程来进行应用。而如果把禾本科草看作一个资源种群,再考虑到其内部的竞争因素,使模型的合理性也受到影响。由于本试验点已封育 8 a,各群落生长处于平衡状态,外来干扰因素少,从宏观管理上可以将禾本科看作一个资源种群对待,许多研究也采用这种方式^[20]。所求得的保护指标虽然不是很严格,有一定的不足,但在一定范围和条件下,对草地利用和管理可以提供不少有价值的数据,也是草地合理利用的判别标准之一。

(4) 本研究初步认为,研究区域灌草丛草地以结缕草、野古草、黄背草、荻草等禾本科草类为优势种,草地群落地上生物量在 8 月份达到最大值;生长季内草地植被多样性指数呈增加趋势,8 月份达到最大值;2009 年草地植被禾本科保护指标为 151.87 g/m^2 ,结缕草保护指标为 76.34 g/m^2 ,野古草保护指标为 59.95 g/m^2 ,黄背草保护指标为 23.37 g/m^2 ,荻草保护指标为 46.60 g/m^2 。

(下转第 237 页)

合柠条根系生长发育实际,测量结果更加精细、准确、科学,具有较好的可操作性。

(7) 限于研究条件等因素,本研究尚存在许多不足之处,如未能测定各土层土壤含水量、各土层的根系分布数量、各级侧根的质量等,尤其是对于柠条根系在 3 a 后的生长发育还有待于进一步研究。

[参 考 文 献]

- [1] 吴钦孝,丁汉福,刘克俭. 黄土丘陵半干旱地区柠条根系的研究[J]. 水土保持通报,1989,9(3):45-49.
- [2] 牛西午,丁玉川,张强,等. 柠条根系发育特征及有关生理特性研究[J]. 西北植物学报,2003,23(5):860-865.
- [3] 牛西午. 柠条生物学特性研究[J]. 华北农学报,1998,13(4):122-129.
- [4] 毕建琦,杜峰,梁宗锁,等. 黄土高原丘陵区不同立地条件下柠条根系研究[J]. 林业科学研究,2006,19(2):225-230.
- [5] 马增旺,顾新庆,贺登飞. 柠条生长量与生物量调查研究[J]. 河北林业科技,1998(4):25-27.
- [6] 刘占德,刘增文. 沙棘柠条的生物量及立地因子分析[J]. 西北农业学报,1994,3(2):92-96.

- [7] 周元福,王占林. 青海省乐都地区人工柠条林生长量调查[J]. 青海农林科技,1995(3):37-40.
- [8] 荀俊杰,李俊英,陈建文,等. 幼龄柠条根现存量与环境因子的关系[J]. 植物生态学报,2009,33(4):764-771.
- [9] 叶冬梅,德永军,赵翠平,等. 带状柠条林灌草根系质量空间分布格局[J]. 内蒙古农业大学学报:自然科学版,2009,30(1):101-104.
- [10] 贾丽. 豆科锦鸡儿属植物研究进展[J]. 植物研究,2001(21):515-518.
- [11] 程积民,万惠娥,王静,等. 半干旱区柠条生长与土壤水分消耗过程研究[J]. 林业科学,2005,41(2):37-41.
- [12] 王孟本,李洪建,柴宝峰. 柠条的水分生理生态学特性[J]. 植物生态学报,1996,20(6):494-501.
- [13] 牛西午. 广植柠条,恢复植被:关于在我国西北地区大力发展柠条林的建议[J]. 科技导报,1999(2):59-62.
- [14] 张灿娟,吴冬秀,张琳,等. 内蒙古草原 3 a 小叶锦鸡儿根瘤特征及其对环境变化的响应[J]. 植物生态学报,2009,33(6):25-27.
- [15] 刁治民. 青海豆科植物根瘤菌的初步研究[J]. 青海科技,1996,3(4):1-5.

(上接第 231 页)

[参 考 文 献]

- [1] 万里强,李向林,苏加楷,等. 不同放牧强度对三峡地区灌丛草地植物产量的影响[J]. 草业学报,2002,11(2):51-58.
- [2] 周光裕,叶正丰,李相敢. 中国北方的灌草丛[J]. 江西农业大学学报,1986(3):45-47.
- [3] 许志信,曲永全,白飞. 草甸草原 12 中牧草生长发育规律和草群地上生物量变化动态研究[J]. 内蒙古农业大学学报,2001,22(2):28-32.
- [4] 王长庭,龙瑞军,丁路明. 高寒草甸不同草地类型功能群多样性及组成对植物群落生产力的影响[J]. 生物多样性,2004,12(4):403-409.
- [5] 王琳,张祖陆. 济南市南部山区生态恢复与重建途径讨论[J]. 地理与地理信息科学,2003,19(3):71-75.
- [6] 王立红,秦艳红. 济南市南部山区渗漏带汇水区景观恢复与优化[J]. 山地学报,2004,22(4):433-438.
- [7] 王月海,房用,隋日光. 山东石灰岩山地荒山植被恢复技术的研究[J]. 水土保持研究,2006,13(4):240-242.
- [8] 董鸣. 陆地生物群落调查观测与分析[M]. 北京:中国标准出版社,1996.
- [9] 孙涛,毕玉芬,赵小社,等. 围栏封育下山地灌丛草地植被植物多样性与生物量的研究[J]. 云南农业大学学报,2007,22(2):246-250.
- [10] 李自珍. 应用生态学研究—生态系统的分析、调控与模拟[M]. 兰州:甘肃科学技术出版社,1991.
- [11] 李自珍,刘小平,蒋文兰. 人工草地放牧系统优化模式研究 I:人工草地的最大持续产量模型和最优控制

- 方法及应用[J]. 草业学报,1998,7(4):61-66.
- [12] 白永飞,许志信,李德新. 羊草草原群落生物量季节动态研究[J]. 中国草地,1994(3):1-5.
- [13] 多立安,田德昌,崔艳丽,等. 羊草+杂类草草原地上生物量增长动态的研究[J]. 东北农业大学学报,1995,26(3):297-301.
- [14] 杜国桢,李自珍,惠苍. 甘南高寒草地资源保护及优化利用模式[J]. 兰州大学学报:自然科学版,2001,37(5):82-87.
- [15] 卞文轩,吴志芬. 山东石灰岩山地丘陵灌草丛的生态分析及其在造林中的指示意义[J]. 山东林业科技,1981(4):20-25.
- [16] 余新晓,张晓明,王雄宾. 北京山区天然灌丛植被群落特征与演替规律[J]. 北京林业大学学报,2008,30(S2):107-111.
- [17] 岳喜成,郑观玉,刘耀曾. 野生黄背草人工繁殖及开发利用试验研究[J]. 中国水土保持,1994(12):29-30.
- [18] 董全民,马玉寿,李青云,等. 牦牛放牧率对小嵩草高寒草甸暖季草场植物群落组成和植物多样性的影响[J]. 西北植物学报,2005,25(1):94-102.
- [19] 胡宏友,林鹏,杨志伟. 宽叶雀稗群落生物量和生长规律的研究[J]. 福建农业学报,2002,17(4):226-230.
- [20] 李文龙,李自珍,王刚. 西部高寒湿地系统的草地资源保护与优化利用模式研究[J]. 西北植物学报,2004,24(9):1640-1645.