

不同放牧强度下荒漠草原植物的补偿性生长

马红彬, 谢应忠

(宁夏大学农学院草业科学研究所, 银川 750021)

摘要: 【目的】研究荒漠草原不同放牧强度下植物补偿性生长特征。【方法】通过不同放牧强度试验, 研究荒漠草原植物种群, 包括赖草 (*Leymus secalinus*)、长芒草 (*Stipa bungeana*)、糙隐子草 (*Cleistogenes squarrosa*) 和牛枝子 (*Lespedeza potaninii*) 等 4 种主要饲用植物的地上净初级生长量。【结果】荒漠草原植物在不同放牧强度下补偿性生长不同, 在绵羊放牧强度 0.60 只/ha (2005 年) 或 0.75 只/ha (2006 年) 时表现为等补偿生长, 小于此强度时则发生超补偿生长, 大于此强度表现为欠补偿生长。4 种主要饲用植物种群在不同放牧强度下补偿性生长特征也不尽相同。根据植物补偿性生长规律, 该地区荒漠草原的适宜采食率为 18.01%~33.82%。【结论】荒漠草原植物在放牧干扰下存在超补偿性生长情况, 降低放牧强度有利于超补偿和等补偿生长的出现。

关键词: 放牧强度; 荒漠草原; 植物补偿性生长; 采食率

Plant Compensatory Growth Under Different Grazing Intensities in Desert Steppe

MA Hong-bin, XIE Ying-zhong

(Pratacultural Science Institute of Agricultural College, Ningxia University, Yinchuan 750021)

Abstract: 【Objective】The objective of the research was to study the characteristics of plant compensatory growth under different grazing intensities in desert steppe. 【Method】Aboveground net primary production of plant and four main forage plant populations named *Leymus secalinus*, *Stipa bungeana*, *Cleistogenes squarrosa* and *Lespedeza potaninii* were studied by different grazing intensity trials in desert steppe. 【Result】Plants in desert steppe behaved different compensatory growth under different grazing intensities. Equal-compensatory growth took place when grazing intensity was 0.60 sheep/ha (in 2005) or 0.75 sheep/ha (in 2006). Over-compensatory occurred when grazing intensity was less than 0.60 sheep/ha (in 2005) or 0.75 sheep/ha (in 2006), while under-compensatory growth occurred when grazing intensity was more than the above-mentioned ones. Four main forage plant populations behaved different characteristics of compensatory growth under different grazing intensities. According to plant compensatory growth regularities, feasible intake rate of desert steppe in this region should be between 18.01%-33.82%. 【Conclusion】Plant in desert steppe can occur over-compensatory growth under grazing interference. Decreasing grazing intensity is beneficial to represent over-compensatory or equal-compensatory growth.

Key words: Grazing intensities; Desert steppe; Plant compensatory growth; Intake rate

0 引言

【研究意义】放牧系统中, 草与畜之间的关系是放牧生态学的研究重点。放牧过程中, 采食、践踏等行为对植物的正常生长产生影响, 一方面通过伤害植物的正常组织、形态, 抑制植物生长, 另一方面通过移去植物顶端和衰老组织, 刺激植物生长^[1]; 与不放

牧相比, 优化的放牧强度可消除植物的生长冗余, 有利于增加植物净初级生产潜力^[2-4]。因此, 研究放牧对草地植物的影响及草地植物对放牧的反应对草地的合理利用具有重要意义。【前人研究进展】前人关于放牧对牧草的再生能力、草地的初级生产力和草地土壤性质的影响等方面进行了不少研究^[5-9], 但从植物补偿性生长理论的角度研究放牧对草地生产力的影响则起

收稿日期: 2007-11-09; 接受日期: 2008-02-25

基金项目: 宁夏科技攻关计划项目 (2006); 宁夏自然科学基金资助项目 (NZ0512); 宁夏大学科研基金资助项目 (NS0508)

作者简介: 马红彬 (1975-), 男, 宁夏同心人, 博士, 研究方向为草地生态与资源环境。Tel: 0951-2061860; E-mail: ma_hb@nxu.edu.cn

步不久。植物补偿性生长是当前放牧生态学的一个新观点,也是研究和争论的热点^[10]。补偿性生长是植物对损伤的一种反应,对其认识有3种观点^[11]:(1)一定水平的失叶或动物采食有利于被采食的植物,植物表现超补偿性生长;(2)植物常常受害于失叶,表现为欠补偿性生长;(3)动物采食对植物影响较小,表现等补偿性生长。一些研究发现,放牧既有抑制植物生长的机制,也有促进植物生长的机制,植物的补偿性生长取决于促进与抑制之间的净效应,而这种净效应与草地群落类型、放牧制度、放牧强度以及环境条件等密切相关^[1~4,12~14]。无性繁殖植物比非无性繁殖植物更耐牧,这与无性植物具有更强的补偿性生长特性有关^[15],羊草(*Leymus chinensis*)具有较强的耐牧性也与其具有较强的补偿性有关^[16]。研究还发现绵羊唾液可增加采食植物的净初级生产力,促进补偿性生长的发生^[17]。但是,也有研究认为植物发生超补偿是罕有事件,需要不同寻常的环境条件^[18]。【本研究切入点】关于放牧草地植物的补偿性生长,目前学术界还有一些争论,更深层次的关系也在研究之中。【拟解决的关键问题】本文选择宁夏草原面积最大的荒漠草原,研究不同放牧强度下的植物补偿性生长特征,为该区荒漠草原的合理利用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验区概况

试验区设在宁夏盐池县花马镇四墩子行政村,位于北纬37°47',东经107°25',地貌为缓坡丘陵,海拔1380 m左右。年均气温7.7℃,≥0℃的年积温3430.3℃,多年平均降水量289.4 mm,年蒸发量2131.8 mm,无霜期162 d左右。地带性土壤为灰钙土,质地沙壤和粉沙壤。地带性植被为荒漠草原,主要分布有赖草、长芒草、糙隐子草、牛枝子、刺叶柄棘豆(*Oxytropis aciphylla*)、细叶骆驼蓬(*Peganum nigellastrum*)、中亚白草(*Pennisetum flaccidum*)等多年生植物和一些一年生植物。

1.2 试验设计

试验选择地形、土壤和植被状况较为一致的草地40 ha,用围栏围成6个等面积的小区,每小区6.67 ha,分别设0.45只/ha、0.60只/ha、0.75只/ha、1.05只/ha、1.50只/ha 5种放牧强度和一个禁牧区作为对照(CK),共6个处理。选择健康无病体重相近的2龄滩羊母羊29只,按上述放牧强度分为5组,组间羊只体重差异不显著($P>0.05$)。试验于2005年6月1日到10月

31日按上述处理进行连续放牧,2006年同期在上述同样地进行了重复试验。

1.3 测定内容和方法

试验期开始前,分种测定各放牧区和对照区植物地上生物量。试验期间,在各放牧区内设置5个活动围笼,围笼大小1.5 m(长)×1.5 m(宽)×1 m(高)。每月月底测定笼内外各植物种地上生物量,同时测定对照区植物地上生物量,每次月底测定后立即将围笼移动一次。各处理测定样方大小均为1 m×1 m,5次重复,植物样品65℃烘干称重。

对照区植物地上净初级生长量是指地上生物量达到最高峰时的产量。放牧区植物净初级生长量是指放牧开始前地上生物量与放牧期间地上生长量之和。放牧期间植物地上生长量为各月生长量之和,放牧区各月植物生长量和绵羊采食量由下列公式计算^[10],采食率由采食量按公式计算获得^[10]。

$$\text{植物生长量}=(f-c)+(c-f)[(\log d-\log f)/(\log c-\log f)]$$

$$\text{采食量}=(c-f)[(\log d-\log f)/(\log c-\log f)]$$

$$\text{采食率}=(\text{采食量}/\text{植物净初级生长量})\times 100\%$$

式中,c为笼外植物地上生物量,即时间为0(围笼固定初始)的生物量;d为时间1(月底测定时)的笼内植物地上生物量;f为时间1(月底测定时)的笼外植物地上生物量。

1.4 数据处理和分析

测定数据用Excel进行处理,用DPS7.05软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 植物的补偿性生长

2005和2006年放牧试验表明,不同放牧强度下植物的地上净初级生长量和采食率有较大差异,表现为不同的补偿性生长情况,且年际间也不尽相同,见表1。2005年放牧前,各放牧区和禁牧区植物生物量无差异($P>0.05$),但植物生长量之间存在显著极差异($P<0.01$),反映在当年植物净初级生长量上,放牧强度最小时最高($P<0.01$),植物表现为超补偿生长。放牧强度在0.60只/ha时,净初级生长量与对照区无差异($P>0.05$),表现为等补偿生长。当放牧强度大于0.60只/ha时,植物表现为欠补偿生长。2006年放牧前,各处理区由于2005年不同强度的放牧,牧前生物量差异极显著($P<0.01$)。植物生长量以0.45和0.60只/ha放牧处理时高,1.50只/ha放牧强度最低($P<0.01$)。植物净生长量方面,当放牧强度不超过

表 1 不同放牧强度下植物的地上净初级生长量和采食率

Table 1 Plant aboveground net primary production and intake rate under different grazing intensities

放牧强度 Grazing intensities (sheep/ha)	牧前生物量		生长量		净初级生长量		采食率	
	Biomass before grazing (DM, g·m ⁻²)		Production (DM, g·m ⁻²)		Net primary production (DM, g·m ⁻²)		Intake rate (%)	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
CK	20.06±1.81aA	20.58±1.24aAB	22.73±1.82bAB	39.94±0.61cB	42.79±0.01bB	60.52±0.64cB	-	-
0.45	19.86±1.59aA	21.44±0.86aA	29.49±3.18aA	51.64±1.01aA	49.35±1.59aA	73.08±1.86aA	23.92	18.01
0.60	21.10±0.85aA	19.45±1.95aAB	20.33±0.39bBC	45.46±1.38bB	41.43±0.46bBC	64.90±0.57bB	35.68	25.90
0.75	19.79±1.98aA	18.56±0.56abAB	17.01±1.59bcBCD	39.81±0.10cB	36.80±0.39cCD	58.38±0.46cB	44.80	33.82
1.05	20.77±1.04aA	15.24±0.31bcBC	11.74±0.13cdCD	30.26±0.69dC	32.51±1.17dDE	45.50±0.99dC	62.47	53.45
1.50	21.58±0.44aA	12.35±0.25cC	9.65±0.57dD	24.87±1.75eC	31.23±1.00dE	37.22±1.99eD	81.84	73.92
F 值 F value	0.28NS	11.5**	19.64**	84.38**	53.85**	110.34**	-	-

同列不同小写字母表示 0.05 水平上差异显著 ($P<0.05$), 不同大写字母表示 0.01 水平上差异显著 ($P<0.01^{**}$), NS 为差异不显著。下同
Different small letters in the same list showed significance of difference at 0.05 level. Different capital letters in the same list showed significance of difference at 0.01 level, and NS showed no difference. DM: Dry mass. The same as below

0.60 只/ha 时植物表现为明显的超补偿生长, 且以强度 0.45 只/ha 时补偿性生长大。放牧强度在 0.75 只/ha 时, 植物表现为等补偿生长, 大于此强度时植物均表现为欠补偿生长。

随着放牧强度的增加, 被采食掉的植物量越多, 所以 2 年试验均表现出采食率随放牧强度的增加而上升。因植物净生长量 2005 年低于 2006 年, 所以各放牧区 2005 年的采食率均高于 2006 年。

2.2 主要饲用植物种群的补偿性生长

从表 2 看出, 不同放牧强度下, 4 种牧草地上净初级生长量差异较大, 即使同一种牧草, 不同年份补偿性生长发生情况也不相同。2005 年赖草在各放牧区净初级生物量均显著低于对照区 ($P<0.01$), 放牧区均表现为欠补偿生长, 但 2006 年在放牧强度 0.45 只/ha 时表现为等补偿生长, 其它放牧强度表现为欠补偿生

长。2005 年长芒草在放牧强度不超过 0.60 只/ha 时, 净初级生物量显著高于对照区 ($P<0.01$), 表现为超补偿生长, 放牧强度为 0.75 只/ha 时表现为等补偿生长, 大于此放牧强度时表现为欠补偿生长。2006 年, 放牧强度为 1.05 只/ha 时长芒草表现为等补偿生长, 强度小于 1.05 只/ha 时表现为超补偿生长, 大于此强度时表现为欠补偿生长。糙隐子草种群 2005 年在放牧强度最小时出现等补偿生长, 其它处理下均为欠补偿生长, 2006 年则在放牧强度为 0.45 和 0.60 只/ha 时出现超补偿生长, 强度大于 0.60 只/ha 时表现为欠补偿生长。牛枝子 2005 年在放牧强度最小时出现超补偿生长, 放牧最重时出现欠补偿生长, 放牧强度 0.60~1.05 只/ha 时为等补偿生长。2006 年牛枝子在放牧强度 0.45~0.60 只/ha 出现超补偿生长, 其它放牧处理下补偿性生长情况与 2005 年类似。

表 2 不同放牧强度下主要饲用植物种群的地上净初级生长量 (干重, g·m⁻²)Table 2 Main forage plant population aboveground net primary production under different grazing intensities (DM, g·m⁻²)

放牧强度 Grazing intensities (sheep/ha)	赖草 <i>L.secalinus</i>		长芒草 <i>S.bungeana</i>		糙隐子草 <i>C.squarrosa</i>		牛枝子 <i>L.potanimii</i>	
	2005		2006		2005		2006	
	2005	2006	2005	2006	2005	2006	2005	2006
CK	4.77±0.09aA	6.86±0.31aA	8.15±0.24bB	12.39±0.29cB	5.88±0.05aA	8.64±0.07cB	3.44±0.03bBC	4.24±0.24cB
0.45	3.73±0.09bB	6.85±0.25aA	10.94±0.26aA	17.23±0.25aA	6.11±0.60aA	12.03±0.15aA	5.71±0.29aA	7.28±0.18aA
0.60	3.11±0.42bB	4.91±0.54bB	11.49±0.28aA	15.15±0.70bA	4.46±0.04bAB	10.41±0.04bAB	4.07±0.26bB	6.13±0.26bA
0.75	3.16±0.10bB	4.78±0.31bB	8.84±0.27bB	15.00±0.73bAB	3.67±0.32bBC	6.07±0.28dC	3.77±0.04bB	4.23±0.03cB
1.05	2.06±0.11cC	2.76±0.18cC	6.04±0.28cC	12.37±0.35cB	3.63±0.32bBC	4.75±0.59eCD	3.49±0.21bBC	4.36±0.06cB
1.50	1.63±0.11cC	2.62±0.38cC	4.79±0.30dC	8.34±0.38dC	2.17±0.35cC	3.49±0.56fD	2.61±0.23cC	2.94±0.57dB
F 值 F value	34.85**	28.96**	95.97**	40.10**	19.73**	88.10**	26.34**	30.03**

3 讨论

放牧是一种高度复杂的干扰方式,对植物群落既有积极作用,也有消极作用^[12,19]。放牧采食使植物叶面积指数降低,光合能力下降,但牧食的植株可通过提高现有的及再生的叶片的光合能力来恢复整个植株的光合能力,对于许多牧草而言,这种补偿性光合能力普遍存在^[13]。因此,放牧对植物光合能力的影响主要取决于刺激和抑制光合能力的净效应。试验发现在放牧强度分别为 0.60 只/ha (2005 年) 或 0.75 只/ha (2006 年) 时,荒漠草原植物表现为等补偿生长,小于此强度时则发生超补偿生长,大于此强度时则表现为欠补偿生长。说明补偿性生长是荒漠草原放牧系统中存在的一个生态学过程,降低放牧强度有利于植物产生超补偿或等补偿生长。

相同放牧强度下,不同饲用植物种群补偿性生长的差异说明了补偿性生长与植物本身的生物学特点有关。赖草在两年试验间均未出现超补偿生长与赖草是一种根茎型植物,耐牧性较差等因素有关。长芒草为密丛型禾草,分蘖芽位于地表以下,耐牧性强,加之生育后期适口性较差,绵羊采食较少。因此长芒草能够很快再生,表现出了较好的超补偿生长能力。糙隐子草耐旱耐瘠薄,绵羊喜食,适度放牧可以刺激其个体地上净光合效率达到超补偿生长^[13]。因此糙隐子草 2006 年在 0.45 和 0.60 只/ha 处理区出现超补偿生长。牛枝子是一种旱生、强旱生植物,幼嫩枝叶绵羊喜食,夏秋茎叶粗老适口性下降,其匍匐状的生长也有利于逃避采食,所以放牧试验中牛枝子普遍出现超补偿或等补偿生长。

两年试验间植物补偿性的差异与年际间降雨量密切相关。通过对生长季各月降雨量和同期每月净初级生长量(2 年平均)的相关性分析发现,对照(禁牧)区、0.45、0.60、0.75、1.05 和 1.50 只/ha 放牧区其净初级生长量(y)和降雨量(x)之间的回归方程分别为: $y_1=0.195x+0.2673$ ($r=0.9523$); $y_2=0.3006x-1.137$ ($r=0.9371$); $y_3=0.2184x-0.1431$ ($r=0.8811$); $y_4=0.1729x+0.3608$ ($r=0.8413$); $y_5=0.0918x+1.3755$ ($r=0.7088$); $y_6=0.0786x+1.0328$ ($r=0.6832$)。从方程可以看出,植物净初级生长量和降雨量具有较大的相关性,这在禁牧和放牧强度较小时体现的更为明显,当放牧强度加重时,由于家畜的采食对植物净初级生长量的影响加大,方程相关系数下降。试验区 2006 年 4~8 月降雨量为 166 mm,比 2005 年同期高

41.5 mm (图)。因此各处理下 2006 年植物和主要饲用植物种群的净初级生长量均高于 2005 年,发生超补偿性生长的情况也较 2005 年普遍。虽然 2005 年 9~10 月降雨量为 46.2 mm,比 2006 年同期高 13.7 mm,但是试验区属荒漠草原,植物生物量高峰期在 9 月上旬,9 月上旬以后气温降低,降水对植物当年的生长作用降低。因此生长季节降雨量是影响植物补偿性生长的一个因子。

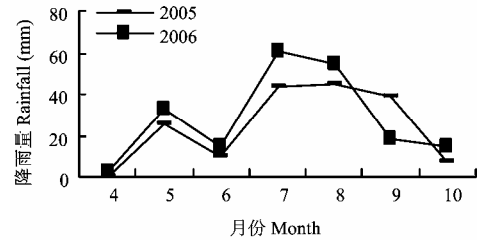


图 试验区 2005 和 2006 年生长季降雨量

Fig. Rainfall in growing season in 2005 and 2006 in experimental regions

试验区在放牧试验前是禁牧草地,加之 2005 年试验开始时各处理地形、土壤、植被条件是一致的,因此 2006 年与 2005 年植物补偿性生长差异还主要与 2005 年放牧利用强度试验对植被的影响有关。经过 2005 年 5 个月的放牧试验,放牧强度小的试验区植物现存量高于放牧强度大的试验区,引起 2006 年放牧强度小的试验区牧前植物生物量高于放牧强度大的试验区,这也促使了 2006 年植物发生超补偿性生长的情况较 2005 年普遍。因此,年际间植物补偿性生长的差异还与放牧史有关。

放牧草地群落管理的根本目的在于维持草地最大的、持续的生产能力。同时稳定地、最大限度地利用有限资源以实现放牧草地群落的最大功能,是构成草地的植物个体、种群乃至群落共有的特性,生长冗余及补偿生长即是在此基础上产生的,这种特性是植物在长期进化过程中适应环境变化所形成的^[3]。在一定条件下,用于冗余生产及维持的资源量增加,势必以减少用于牧草有效生产的资源量为代价。因而,可以通过适度的放牧削减草地群落的冗余来获得草地产量的超补偿^[4]。试验发现 2006 年放牧强度在 0.45~0.75 只/ha,采食率在 18.01%~33.82% 时可获得较高的植物净初级生产量,有利于其处于超补偿或等补偿状态,4 种主要饲用植物种群在放牧强度较小时发生超补偿

或等补偿生长。由此可见, 与禁牧相比, 适度的放牧不仅对草地植物的生长不会造成伤害, 而且有利于植物和一些主要种群生产力的增加, 放牧重时会导致草地生产力下降。同时 2005 年试验结果表明, 如遇到偏旱年份, 应适当降低放牧强度以减少植物的采食率。因此适度的放牧可作为草地管理的手段来消除生长冗余, 减少牧草资源的浪费, 实现草地的可持续利用。

荒漠草原植物补偿性生长是植物与家畜放牧在长期协同进化过程中形成的相互适应方式。补偿性生长的发生除与放牧强度、生长季降雨量、植物的生物学特性、放牧史有关外, 还可能与植物地下生物量、土壤养分变化等因素有关, 由于放牧史较短, 论文没有进一步分析这两个因素与年际间植物补偿性差异的关系, 这还有待于进一步研究。

4 结论

荒漠草原植物在放牧干扰下存在超补偿性生长情况, 植物补偿性生长的发生与放牧强度密切相关, 降低放牧强度有利于植物产生超补偿或等补偿生长, 同时补偿性生长受生长季降雨量、植物生物学特点及放牧史的影响。根据植物补偿性生长规律和生产实际, 该地区荒漠草原的放牧强度不应高于 0.75 只/ha, 草地的适宜采食率在 18.01%~33.82%, 在此范围内有利于草地的可持续利用。

References

- [1] Huhta A P, Hellström K, Rautio P, Tuomi J. Grazing tolerance of *Gentianella amarella* and other monocarpic herbs: why is tolerance highest at low damage levels? *Plant Ecology*, 2003, 166(1): 49-61.
- [2] 韩国栋, 李博, 卫智军, 杨静, 吕雄, 李宏. 短花针茅草原放牧系统植物补偿性生长的研究—I. 植物净生长量. *草地学报*, 1999, 7(1): 1-7.
- Han G D, Li B, Wei Z J, Yang J, Lü X, Li H. Plant compensatory growth in the grazing system of *Stipa breviflora* desert steppe—I. plant net productivity. *Acta Agraria Sinica*, 1999, 7(1): 1-7. (in Chinese)
- [3] 张荣, 杜国祯. 放牧草地群落的冗余与补偿. *草业学报*, 1998, 7(4): 13-19.
- Zhang R, Du G Z. Redundance and compensation of grazed grassland communities. *Acta Prataculturae Sinica*, 1998, 7(4): 13-19. (in Chinese)
- [4] 马红彬, 余治家. 放牧草地植物补偿效应的研究进展. *农业科学研究*, 2006, 27(1): 63-67.
- Ma H B, Yu Z J. Review on the research of plant compensation effect for grazing grassland. *Journal of Agricultural Sciences*, 2006, 27(1): 63-67. (in Chinese)
- [5] 董世魁, 丁路明, 徐敏云, 龙瑞军, 胡自治. 放牧强度对高寒地区多年生混播禾草叶片特征及草地初级生产力的影响. *中国农业科学*, 2004, 37(1): 136-142.
- Dong S K, Ding L M, Xu M Y, Long R J, Hu Z Z. Effect of grazing intensity on leaf characteristics and forage productivity on mixed pastures of perennial grasses in alpine region of Tibetan Plateau. *Scientia Agricultura Sinica*, 2004, 37(1): 136-142. (in Chinese)
- [6] 卫智军, 杨静, 苏吉安, 杨尚明. 荒漠草原不同放牧制度群落现存量与营养物质动态研究. *干旱地区农业研究*, 2003, 21(4): 53-57.
- Wei Z J, Yang J, Su J A, Yang S M. A study on the standing forages and nutrient dynamics of community on *Stipa breviflora* grassland under different grazing systems. *Agricultural Research in the Arid Areas*, 2003, 21(4): 53-57. (in Chinese)
- [7] 刘建军, 浦野忠朗, 鞠子茂, 及川武久. 放牧对草原生态系统地下生产力及生物量的影响. *西北植物学报*, 2005, 25(1): 88-93.
- Liu J J, Urano T, Mariko S, Oikawa T. Influence of grazing pressures on belowground productivity and biomass in Mongolia steppe. *Acta Botanica Boreali-Occidentalia Sinica*, 2005, 25(1): 88-93. (in Chinese)
- [8] 范春梅, 廖超英, 李培玉, 孙长忠, 许喜明. 放牧强度对林草地土壤物理性状的影响—以黄土高原丘陵沟壑区为例. *中国农业科学*, 2006, 39(7): 1501-1506.
- Fan C M, Liao C Y, Li P Y, Sun C Z, Xu X M. A study of the effects of different grazing intensities on soil physical properties of grassland and forest floor—for example hilly and gully regions on the Loess Plateau. *Scientia Agricultura Sinica*, 2006, 39(7): 1501-1506. (in Chinese)
- [9] 刘忠宽, 汪诗平, 陈佐忠, 王艳芬, 韩建国. 不同放牧强度草原休牧后土壤养分和植物群落变化特征. *生态学报*, 2006, 26(6): 2048-2056.
- Liu Z K, Wang S P, Chen Z Z, Wang Y F, Han J G. Properties of soil nutrients and plant community after rest grazing in Inner Mongolia steppe, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2006, 26(6): 2048-2056. (in Chinese)
- [10] 刘艳, 卫智军, 杨静, 杨尚明. 短花针茅草原不同放牧制度的植物补偿性生长. *中国草地*, 2004, 26(3): 18-23.
- Liu Y, Wei Z J, Yang J, Yang S M. Plant compensatory growth under different grazing systems in *Stipa breviflor* desert steppe. *Grassland of China*, 2004, 26(3): 18-23. (in Chinese)
- [11] Trlica M J, Rittenhouse L R. Grazing and plant performance. *Ecological Applications*, 1993, 3(1): 21-23.

- [12] Leriche H, LeRoux X, Gignoux J, Tuzet A, Fritz H, Abbadie L, Loreau M. Which functional processes control the short-term effect of grazing on net primary production in grasslands? *Oecologia*, 2001, 129(1): 114-124.
- [13] 汪诗平, 王艳芬. 不同放牧率下糙隐子草种群补偿性生长的研究. 植物学报, 2001, 43(4): 413-418.
Wang S P, Wang Y F. Study on over-compensation growth of *Cleistogenes squarrosa* population in Inner Mongolia steppe. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43(4): 413-418. (in Chinese)
- [14] 邢 旗, 双 全, 金 玉, 松 梅. 草甸草原不同放牧制度群落物质动态及植物补偿性生长研究. 中国草地, 2004, 26(5): 26-31.
Xing Q, Shuang Q, Jin Y, Song M. Studies on matter dynamics and plant compensatory growth under different grazing systems on meadow steppe. *Grassland of China*, 2004, 26(5): 26-31. (in Chinese)
- [15] Liu H D, Yu F H, He W M, Chu Y, Dong M. Are clonal plants more tolerant to grazing than co-occurring non-clonal plants in inland dunes? *Ecological Research*, 2007, 22(3): 502-506.
- [16] Marja A S, Niels P R A. Differences in the compensatory growth of two co-occurring grass species in relation to water availability. *Oecologia*, 2005, 146(2): 190-199.
- [17] Zhang Z, Wang S P, Jiang G M, Patton B, Nyren P. Responses of *Artemisia frigida* Willd. (Compositae) and *Leymus chinensis* (Trin.) Tzvel. (Poaceae) to sheep saliva. *Journal of Arid Environments*, 2007, 70(1): 111-119.
- [18] Belsky A J, Carson W P, Jensen C L, Fox G A. Overcompensation by plants: herbivore optimization or red herring? *Evolutionary Ecology*, 1993, 7(1): 109-121.
- [19] McIntyre S, Lavorel S, Landsberg J, Forbes T D A. Disturbance response in vegetation-towards a global perspective on functional traits. *Journal of Vegetation Science*, 1999, 10(5): 621-630.

(责任编辑 毕京翠)

欢迎订阅 2009 年《大豆科学》

《大豆科学》是由黑龙江省农业科学院主办的学术性期刊,是中国自然科学核心期刊,中国科学引文数据库来源期刊及国内外多家权威数据库收入期刊源。主要刊登有关大豆的遗传育种,品种资源,生理生态,耕作栽培,病、虫、杂草防治,营养施肥,生物技术,食品加工,药理研究和工业用途等方面的科研报告,学术论文,国内、外研究进展评述,研究简报,学术活动简讯,新品种介绍等。

《大豆科学》主要面向从事大豆科学研究的科技工作者、大专院校师生、各级农业技术推广部门的技术人员及科技种田的农民。

国内外公开发行,双月刊,16开本,每期180页。国内每期订价:10.00元,全年60.00元,邮发代号:14-95。国外每期订价:10.00美元(包括邮资),全年60美元。国外由中国国际图书贸易总公司发行,北京399信箱。国外代号:Q5587。

本刊热忱欢迎广大科研及有关企事业单位刊登广告,广告经营许可证号:2301004010071。

地址:哈尔滨市南岗区学府路368号《大豆科学》编辑部,邮编:150086。

电话:0451-86668735; E-mail: dadoukx@sina.com