

# 不同刈割强度对牧草地上部和地下部生长性状的影响\*

章家恩\*\* 刘文高 陈景青 施耀才 蔡燕飞

(华南农业大学热带亚热带生态研究所, 广州 510642)

**【摘要】** 研究了不同刈割强度对牧草地上部和地下部生长状况的影响. 结果表明, 适度刈割可提高牧草地上部植株的再生能力. 刈割后牧草再生叶片的叶绿素总量变化不大, 而叶绿素 a/b 比值有所增加, 轻刈割和重刈割的牧草叶绿素 a/b 比值分别增至 1.59:1 和 1.52:1, 不刈割为 1.22:1, 有利于增强植物的光合作用. 与不刈割处理相比, 在刈割初期, 重刈割处理下柱花草根系总长、总表面积和平均直径分别下降了 54.9%、66.5% 和 27.2%, 根系活力显著下降; 但在中后期, 刈割处理的牧草地下部根系形态指标活力可恢复到更高的水平. 从一年两次收获的累计生物量来看, 以轻刈割最高, 为  $3\ 179.8\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ , 重刈割次之, 为  $3\ 006.1\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ , 不刈割最低, 为  $2\ 936.98\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ , 说明一年两次刈割可以提高牧草产量.

**关键词** 刈割 牧草 生理生态 根系 生物量

**文章编号** 1001-9332(2005)09-1740-05 **中图分类号** S812.5 **文献标识码** A

**Effects of different cutting intensities on above- and underground growth of *Stylosanthes guianensis*.** ZHANG Jia'en, LIU Wengao, CHEN Jingqing, SHI Yaocai, CAI Yanfei (Institute of Tropical and Subtropical Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(9): 1740~1744.

The study on the effects of different cutting intensities on the eco-physiological characteristics and growth status of *Stylosanthes guianensis* showed that moderate cutting could promote the regrowth capacity of the grass. The total content of leaf chlorophyll had no significant difference between zero-, light- and heavy cutting, but the ratio of leaf chlorophyll a/b increased to 1.59:1 and 1.52:1 under light- and heavy cutting, respectively, compared with 1.22:1 under zero-cutting, which could be very helpful for the plant to over-compensate itself. Cutting also affected the growth status and activities of plant roots. At the earlier stage of heavy cutting, the total length, total surface area and mean diameter of plant roots decreased by 54.9%, 66.5% and 27.2%, respectively, and root activities also decreased greatly, in comparing with zero-cutting. But, the above-mentioned indices could be recovered to a higher level under different cutting treatments than under zero-cutting at the later growth period of the grass. As for the total annual yield of the grass, it was  $3\ 179.8\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  under light-cutting,  $3\ 006.1\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  under heavy-cutting, and  $2\ 936.98\ \text{g}\cdot\text{m}^{-2}$  under zero-cutting, indicating that rational cutting could improve grass productivity.

**Key words** Cutting, Forage grass, Eco-physiological characteristics, Root system, Biomass.

## 1 引言

刈割是牧草生产中一种较为常见的收获方式. 刈割对植物地上部会产生直接的损伤. 不同的刈割频率(刈割间期)与强度(留茬高度), 对牧草的群体结构、生理生态、品质、干物质分配、生物量和产量以及草地生态系统等将产生不同程度的影响<sup>[1~5, 10~14, 16~21, 29~30]</sup>. 目前, 国内外就刈割对牧草生长的影响多限于地上部分的系统研究, 而对其地下部分的研究较少<sup>[6, 25]</sup>. 根系是植物吸收养分、转化和储藏营养物质的重要器官<sup>[24, 28]</sup>, 也是植物从土壤中获取水分和营养元素的主要途径, 根系吸收水分和营养元素的功能与叶片吸收碳的功能同样重

要<sup>[7]</sup>. 由于植物是一个整体协调的生命系统, 牧草地上部刈割势必对地下部根系生长及其活力造成影响. 为此, 本实验就不同刈割强度对牧草地上部以及地下部根系的某些生理生态特征与生长状况进行了研究, 旨在为牧草可持续生产提供一些理论依据.

## 2 材料与方法

### 2.1 供试材料

试验地位于广州的华南农业大学农场. 该地气候冬季少

\* 国家自然科学基金项目(30400274)和广东省自然科学基金资助项目(010274, 032246, 980148).

\*\* 通讯联系人.

2005-03-07 收稿, 2005-04-21 接受.

严寒,年均温高,水热充足.试验期间年平均气温在 22 ℃ 左右,最冷月(1 月)平均气温约 13 ℃;最热月(7 月)平均气温在 29 ℃ 左右,年降雨量约 1 800 mm,适合于植物生长.供试材料为圭亚那柱花草(*Stylosanthes guianensis*)中的 CIAT184,由广东省农业厅牧草工作站提供.柱花草为放牧和刈割兼用型豆科牧草,1962 年引入我国海南,随后推广到华南地区,主要用作饲料和绿肥作物,有较好的固氮能力和保持水土功能.该品种生育期大约 210 d,其刈割利用一般第一年 1~2 次,留茬高度在 30 cm 以上,每 3~4 个月刈割,可获得较高的生物量<sup>[8,9]</sup>.在广州地区,柱花草最迟的刈割期不应超过 10 月底或 11 月初.因为太晚刈割将影响柱花草根系的养分贮藏和安全过冬<sup>[9,22]</sup>.

## 2.2 研究方法

根据柱花草的基本生理特性,设计了轻刈割(留茬 50 cm)、重刈割(留茬 25 cm)和不刈割(对照)3 种处理.每处理 3 次重复,随机排列共 9 个小区,每个小区 3 m×4 m,四周设置保护行.2002 年 4 月 1 日开始整地、平地,4 月 12 日进行播种,按照株距 40 cm、行距 60 cm 穴播,每穴 3~5 粒种子.播种后给每个小区施含 N、P、K 各 15% 的挪威复合肥 1.8 kg 作为基肥,以保证柱花草后期生长的养分需求,此后整个过程不施肥.柱花草播种一周后出苗,到 8 月 25 日进行刈割(此时柱花草大致处于始花期<sup>[8]</sup>).在刈割前(8 月 24 日)、刈割后(9 月 30 日和 11 月 1 日)分别对柱花草某些生理生态指标及其生长状况进行观测,主要指标包括植株高度、地上部生物量、植株新芽再生能力、叶绿素含量、根系形态指标和根系活力.

表 1 柱花草刈割前后株高变化\*

Table 1 Height changes of *S. guianensis* before and after cutting (mean ± SD, cm)

处理 Treatment	8 月 24 日 24 August	8 月 25 日 25 August	9 月 13 日 13 September	10 月 8 日 8 October	11 月 1 日 1 November
HC	78.15 ± 1.57 <sup>A</sup>	25.00 ± 0 <sup>C</sup>	28.75 ± 0.29 <sup>C</sup>	41.38 ± 0.34 <sup>C</sup>	77.27 ± 1.32 <sup>A</sup>
LC	78.13 ± 1.93 <sup>A</sup>	50.00 ± 0 <sup>B</sup>	56.02 ± 1.26 <sup>B</sup>	73.12 ± 1.43 <sup>B</sup>	78.15 ± 2.55 <sup>A</sup>
NC	79.12 ± 3.57 <sup>A</sup>	79.12 ± 3.57 <sup>A</sup>	79.91 ± 3.29 <sup>A</sup>	80.67 ± 2.29 <sup>A</sup>	79.12 ± 1.33 <sup>A</sup>

\* 同列中相同字母表示在 0.01 水平差异不显著,不同字母表示在 0.01 水平下差异显著(DMRT 法)The same capital letter within a column in the table showed no significant differences at 0.01 levels, the different capital letter within a column showed significant differences at 0.01 levels, respectively. HC: 重刈割 Heavy cutting; LC: 轻刈割 Light cutting; NC: 不刈割 No cutting or CK. 下同 The same below.

不同强度刈割后一周,柱花草开始重新长出新芽(新梢),并迅速生长.轻刈割处理的植株的新芽再生速度较快,重刈割处理的再生速度则相对较慢,二者呈显著差异.到 10 月 8 日,轻刈割的新梢增长到约 23.12 cm,重刈割新梢增加约 16.38 cm(表 1),说明重度刈割对牧草的再生能力造成一定的影响.

## 3.2 刈割对柱花草地上部生物量的影响

刈割前 3 种处理生物量无显著差异,基本在 2 370 g·m<sup>-2</sup> 以上,说明柱花草的生长状况基本相同(图 1).刈割后,重刈割处理(留茬 25 cm 左右)柱花草地上部剩下的平均生物量为 1 310 g·m<sup>-2</sup>,比刈割前减少了 52.8%,而轻刈割处理(留茬 50 cm 左右)为 1 836 g·m<sup>-2</sup>,比刈割前减少了约 22.9%.

柱花草植株高度和地上部生物量直接在试验地测定;叶绿素含量采用无水乙醇浸提,然后用分光光度计法测定;根系活力采用 TTC 法测定<sup>[26]</sup>.根系形态测定是在田间 60 cm×60 cm 范围内,用铁锹挖至 40 cm 深土层,连土挖取柱花草根系后,用水冲洗,待吸干根系水后,在 STD1600 根系扫描仪下扫描,用 WinRHIZO3.1 软件统计分析,测定根系总根长、总表面积和平均直径.试验数据采用 SPSS 和 EXCEL 软件进行统计分析.

## 3 结果与分析

### 3.1 刈割对牧草株高及其再生能力的影响

刈割前(8 月 24 日),柱花草株高大约在 78~79 cm,3 种处理柱花草的株高差异都不显著,说明 3 种处理在刈割前不存在土壤肥力与其他环境要素本底差异和管理上的差异.从不同刈割程度处理下柱花草高度的发展动态来看,刈割后,3 种处理下柱花草株高增长逐渐表现为显著性差异,其中不刈割处理的柱花草株高在 9~11 月间基本上没有增长;而轻刈割处理在 9 月份柱花草即恢复到 70 cm 强,在 11 月初到达刈割前的高度;重刈割处理柱花草在 9~10 月为一个快速增长的过程,到 11 月初基本恢复到刈割前的高度.到 11 月份,3 种处理柱花草高度无显著差异(表 1).

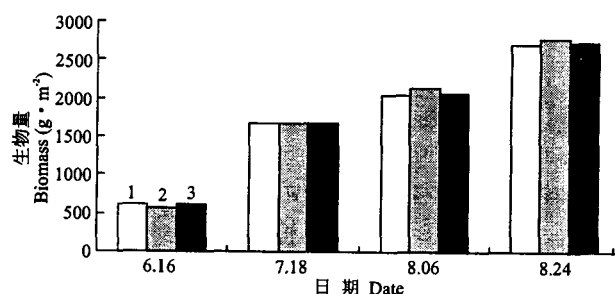


图 1 柱花草刈割前生物量的动态变化

Fig. 1 Dynamic change of biomass of *S. guianensis* before cutting (g·m<sup>-2</sup>).

1) 重刈割 Heavy cutting; 2) 轻刈割 Light cutting; 3) 不刈割 No cutting.

刈割后,各处理间生物量都有一个增加趋势,表

现为不刈割<重刈割<轻刈割,到11月1日,轻刈割和不刈割之间存在显著性差异,各处理间增加的生物量以轻刈割最高,为 $757.9\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ;重刈割次之,为 $625.2\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ;不刈割最少,为 $560\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ (表2).刈割2次累积生物量(即生产量)以轻刈割最高,为 $3\ 179.8\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ;重刈割次之,为 $3\ 006.1\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ;不刈割最低,为 $2\ 936.98\text{ g}\cdot\text{m}^{-2}$ ,说明一年2次刈割牧草生产量均高于不刈割处理.

表2 柱花草刈割后再生物量的变化

Table 2 Changes of regrowth biomass of *S. guianensis* after cutting( $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ )

处理 Treatment	9月13日 13 September	10月8日 8 October	11月1日 1 November
HC	$200.8\pm 85.5^A$	$453.9\pm 82.4^A$	$625.2\pm 83.9^{AB}$
LC	$316.1\pm 97.3^A$	$537.7\pm 83.5^A$	$757.9\pm 95.6^A$
NC	$294.6\pm 100.6^A$	$427.8\pm 87.2^A$	$560.0\pm 72.5^B$

### 3.3 刈割对柱花草叶片叶绿素含量的影响

刈割处理前(8月24日),3种处理下柱花草叶片中叶绿素总量差异不显著.刈割后,各个处理间差异也不显著.由表3可见,叶绿素a的含量变化趋势表现为重刈割和轻刈割处理均高于不刈割处理;叶绿素b为不刈割处理>重刈割>轻刈割处理,并且存在着显著差异.虽然刈割前后叶绿素总量变化不大,但不同强度刈割后,叶绿素a含量有所增加(无显著性差异),叶绿素b含量有所减少.刈割前柱花草叶绿素含量a/b平均为1.44:1;刈割后(11月1日)柱花草叶绿素含量a/b有所上升,达1.59:1(轻刈割)和1.52:1(重刈割),而不刈割仅为1.22:1.说明刈割对牧草叶片叶绿素组成有一定影响.由于叶绿素a比叶绿素b对植物光合作用的影响更大<sup>[27]</sup>,因此,在牧草地上部遭受刈割后,植物体尽量地增加叶绿素a的比重,以提高光能利用率来适应或补偿来自外界的直接伤害.

表5 柱花草刈割前后柱花草根系活力的变化

Table 5 Changes of root activity of *S. guianensis* after cutting( $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{h}^{-1}$ )

处理 Treatment	6月5日 5 June	7月4日 4 July	7月27日 27 July	8月24日 24 August	9月30日 30 September	11月1日 1 November
HC	$11.3\pm 1.2^A$	$27.3\pm 0.3^A$	$43.4\pm 1.0^A$	$56.6\pm 1.2^A$	$23.6\pm 1.2^C$	$123.3\pm 1.3^A$
LC	$11.1\pm 0.4^A$	$27.6\pm 0.1^A$	$44.6\pm 1.2^A$	$57.1\pm 0.3^A$	$64.9\pm 3.3^B$	$108.6\pm 3.0^B$
NC	$11.1\pm 1.2^A$	$27.5\pm 1.0^A$	$44.1\pm 1.2^A$	$57.1\pm 2.1^A$	$87.4\pm 7.2^A$	$97.2\pm 4.5^C$

## 4 讨 论

许多研究表明,不同刈割留茬高度对牧草的再生能力和生物量有一定的影响.刈割时留茬越高,牧草的再生能力愈强,但再生能力的增长有一定的范围<sup>[4]</sup>.本研究采用了轻刈割(留茬50cm)和重度刈

表3 柱花草刈割前后叶绿素a和叶绿素b含量变化

Table 3 Changes of content of chlorophyll a and b of *S. guianensis* after cutting( $\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$ )

处理 Treatment	8月24日 24 August	9月30日 30 September	11月1日 1 November
叶绿素a Chl a	HC $0.501\pm 0.041^A$ LC $0.468\pm 0.056^A$ NC $0.480\pm 0.048^A$	$0.674\pm 0.038^A$ $0.674\pm 0.072^A$ $0.663\pm 0.087^A$	$1.092\pm 0.095^A$ $1.070\pm 0.023^A$ $0.989\pm 0.065^A$
叶绿素b Chl b	HC $0.342\pm 0.027^A$ LC $0.327\pm 0.037^A$ NC $0.330\pm 0.048^A$	$0.387\pm 0.027^A$ $0.365\pm 0.038^A$ $0.378\pm 0.045^A$	$0.715\pm 0.048^{AB}$ $0.672\pm 0.065^B$ $0.807\pm 0.044^A$

### 3.4 刈割对柱花草根系形态及活力的影响

与不刈割相比,重刈割处理1个月对柱花草根长、根表面积和平均直径分别下降了54.9%、66.5%和27.2%,均呈明显的下降趋势(表4).刈割后柱花草的根系上须根、根瘤大量减少,部分根发生死亡;而不刈割处理的植物须根和根瘤未见明显减少,说明重刈割对植物根系生长发育有较大影响.

表4 刈割对柱花草根系形态指标的影响

Table 4 Changes of root morphological indices of *S. guianensis* after cutting

处理 Treatment	总根长 Total length (cm)	表面积 Surface area ( $\text{cm}^2$ )	平均直径 Mean diameter (cm)
NC	$634.61\pm 5.61^A$	$551.65\pm 56.12^A$	$0.29\pm 0.01^A$
HC	$286.37\pm 3.27^B$	$184.83\pm 25.42^B$	$0.21\pm 0.01^B$

在不刈割情况下,随着柱花草生长过程的推进,其根活力不断上升.刈割后约1个月,不刈割处理下柱花草的根系活力极显著高于刈割处理根系活力,尤其是重刈割的柱花草的根系活力下降到两个月前的水平.但刈割后2个月左右,刈割处理的柱花草根系活力明显高于不刈割处理的根系活力,而且重刈割处理柱花草的根系活力又高于轻刈割处理的根系活力.这说明刈割初期对植物的根系活力影响较大.但在后期,刈割处理柱花草的根系活力可恢复到比不刈割处理更高的水平(表5).

割(留茬25cm)两种留茬高度,结果发现,轻度刈割的牧草具有较强的再生能力和较高的生产量,与大多数研究结论基本一致<sup>[10-12,14,17-21,29]</sup>.然而,不同牧草存在着最佳的刈割高度.本项目中采用的重度刈割(留茬25cm)虽然在刈割初期对植株的再生能力和根系生长造成一定影响,但是其最终的两次

累积生物量仍高于不刈割处理,说明在广州地区,当年种植柱花草的首次刈割高度可以低于 25 cm. 这与蒋昌顺<sup>[9]</sup>的研究结果有所差异. 他认为,当年种植时,柱花草刈割留茬高度不应低于 30 cm. 因此,对于柱花草的最佳刈割高度的研究,应从牧草刈割后的当年产量、对牧草生理生态特征、地下部根系以及土壤肥力的影响,以及对次年的可持续生产的影响等方面进行综合考虑与判断. 关于柱花草的最佳刈割时期,本研究第一次刈割时期选在牧草的始花期,第二次刈割在 11 月初. 这种刈割制度安排无论是重刈割和轻刈割均提高了牧草的生产力和产量. 蒋昌顺<sup>[9]</sup>的研究表明,当年种植植株高达 60 cm 以上时,可进行第一次刈割,割后若植株再生良好,还可割第二次(宜在 11 月割),次年可刈割 3~4 次,刈割间隔期为 70~80 d. 本文的研究结果基本证实了这一观点.

本研究中,重刈割和轻刈割的产量均高于不刈割处理,说明适度刈割在一定程度上可以促进植物的再生生长,即表现为补偿或超补偿生长现象<sup>[23]</sup>. 补偿生长现象是植物在受到阈值内的胁迫压力(干旱、动物的采食与践踏、机械损伤等)之后,在具有恢复因子和过程条件下,在构件和生理水平上产生的一种有利于植物生长发育和产量形成的能力<sup>[15]</sup>. 本研究发现,牧草刈割后叶绿素 a 含量和叶绿素 a/b 比值有所增加. 这对增强植物的光合作用具有十分重要的作用<sup>[27]</sup>,也可能是作物损伤后产生补偿生长的重要生理表现之一. 但是,过度刈割损伤也会造成植物的不足补偿问题<sup>[15,23]</sup>. 因此,对于植物遭受刈割后其补偿效应的内在生理生态学机制,还有待深入研究.

目前,关于牧草刈割对地下部根系生长的影响研究相对较少<sup>[6]</sup>. 本研究发现,刈割对牧草地下部根系形态和生理活性会产生一定影响. 在刈割初期,由于地上部植株的损伤,光合作用和有机物的转运发生了变化,柱花草地下部根系生长发育也势必受到影响,结果导致根系形态指标如总根长、总根表面积和平均根直径等明显降低,植物根系活力也显著下降,与类似研究报道的结果基本一致<sup>[6,28]</sup>. 刈割后期,由于地上部植株的逐步恢复,地下部根系形态指标与活力又恢复到与不刈割处理相比更高的水平,说明地下部根系也表现出一定的超补偿生长效应. 由于植物根系是植物从土壤中获取水分和养分的重要器官,因此,保持适度的刈割强度十分必要. 因为过度刈割伤害不仅直接影响到地上部植株的生

长状况,也会影响到地下部根系的生长发育,最终又通过改变根部对地上部的养分和水分供应状况而影响到地上部植株的生长.

#### 参考文献

- Bai K-Y(白可喻), Zhao M-L(赵萌莉), Wei Z-J(卫智军). 1996. Effects of cutting on carbohydrate reserves of plants in the Desert Steppe. *Acta Agrestia Sin* (草地学报), 4(2): 126~133(in Chinese)
- Bao G-Z(包国章), Li X-L(李向林), Shen W-B(沈万斌), et al. 2003. Effect of cutting periodicity on energy allocation and architecture of *Trifolium repens*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(2): 215~218(in Chinese)
- Bao G-Z(包国章), Lu G-H(陆光华), Guo J-X(郭继勋), et al. 2003. Effects of grazing, cutting and decapitating on grass populations on the artificial grassland in subtropical zone of China. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(8): 1327~1331(in Chinese)
- Chang H-N(常会宁), Li G-J(李国江), Wang W-H(王文焕). 1998. Effects of cutting on leaves growth of *Festulolium*. *Grassl China* (中国草地), (3): 9~12(in Chinese)
- Fan F-C(樊奋成), Wang P(王培), Han J-G(韩建国). 1995. Effects of cutting on leaf tissue turnover for white clover. *Acta Agrestia Sin* (草地学报), 3(4): 311~316(in Chinese)
- Guo Z-G(郭正刚), Liu H-X(刘慧霞), Wang Y-R(王彦荣). 2004. Effect of cutting on root growth in Lucerne. *Acta Bot Boreal-Occident Sin* (西北植物学报), 24(2): 215~220(in Chinese)
- Jackson RB, Mooney HA, Schiule ED. 2001. A global budget for fine root biomass, surface area, and nutrients contents. *Ecology*, 94: 7362~7366
- Jiang C-S(蒋昌顺), Zou D-M(邹冬梅). 1998. Preliminary observation on the growth of major varieties of *Stylosanthes* in Sanya region, Hainan. *J Grass Livestock* (草与畜杂志), (1): 7~9(in Chinese)
- Jiang C-S(蒋昌顺). 1995. Study and utilization of different varieties of *Stylosanthes* in China. *Trop Agric Sci* (热带农业科学), (3): 64~70(in Chinese)
- Li J-D(李建东), Liu J-X(刘建新). 2000. A feasibility study on mowing two times a year in *Leymus chinensis* grassland. *Grassl China* (中国草地), (5): 32~34(in Chinese)
- Li J-H(李金花), Li Z-Q(李镇清), Liu Z-G(刘振国). 2004. Growth and resource allocation pattern of *Artemisia frigida* under different grazing and clipping intensities. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(3): 408~412(in Chinese)
- Li W-J(李文建), Han G-D(韩国栋). 1999. The study about the cutting and its influence on the grassland ecological system. *Grass Indus Inner Mongolia* (内蒙古草业), (4): 1~3(in Chinese)
- Liu Y(刘颖), Wang D-L(王德利), Han S-J(韩士杰), et al. 2003. Variations of water-soluble carbohydrate and nitrogen contents in *Leymus chinensis* and *Phragmites communis* under different stocking rates. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(12): 2167~2170(in Chinese)
- Liu Y(刘颖), Wang D-L(王德利), Wang X(王旭), et al. 2002. Comparison of leaf tissue turnover for *Leymus chinensis* and *Phragmites communis* after grazing. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(5): 573~576(in Chinese)
- Shi J-Y(施积炎), Yuan X-F(袁小凤), Ding G-J(丁贵杰). 2000. The reviews of study on water deficit compensation and over-compensation effect for crops. *J Mountain Agric Biol* (山地农业生物学报), 19(3): 226~233(in Chinese)
- Wang J(王静), Yang C(杨持), Han W-Q(韩文权). 2003. Effects on water-soluble carbohydrate of *Artemisia frigida* under different defoliation intensities. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 23(5): 908~913(in Chinese)
- Wang M-J(王明玖), Li Q-F(李青丰), Qing X-L(青秀玲), et al. 2002. Effects of cutting treatments on plant growth and reproductive status in *Stipa baicalensis* steppe I. Effects in the treating year and next spring. *J Inner Mongolia Agric Univ* (内蒙古农业大学

- 学报), 23(1):20~28(in Chinese)
- 18 Wang S-P(汪诗平), Wan C-G(万长贵), Ronald EC. 2001. Influence of different clipping intensity and R/FR ratio in light radiation on tillering of weeping lovegrass. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(2):245~248(in Chinese)
- 19 Wei J-S(韦加少), Liu G-D(刘国道), Cai B-Y(蔡碧云). A study on effect of cutting period and fertilizing on yield and quality of *Panicum maximum*. *Acta Agrestia Sin* (草地学报), 10(2):139~143(in Chinese)
- 20 Xia J-X(夏景新), Fan F-C(樊奋成), Wang P(王培). 1994. Progress in studies of the effects of defoliation on regrowth and production in grass pasture. *Acta Agrestia Sin* (草地学报), 2(1):45~55(in Chinese)
- 21 Yang J-Z(杨锦忠). 2001. The study on effects of cutting heights on swards features—Application of canonical variate analysis as a tool for grassland ecosystem research. *J Biomathem* (生物数学学报), 16(1):109~113(in Chinese)
- 22 Yang Z-Y(杨中艺), Xin G-R(辛国荣), Yue C-Y(岳朝阳), et al. 1996. Effect of cutting at different time in Autumn on trend of storing nutrients within root of *Stylosanthes guianensis*. *J Sunyaten Univ* (Nat Sci) (中山大学学报·自然科学版), (2):116~119(in Chinese)
- 23 Yuan B-Z(原保忠), Wang J(王静), Zhang R(张荣) et al. 2002. Effect of clipping at seedling stage on growth and yield of spring wheat. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(4):413~416(in Chinese)
- 24 Za X(扎西). 1987. Observation on the root system of four legumes. *Pratac Sci China* (中国草业科学), (4):56~57(in Chinese)
- 25 Zeng X-B(曾希柏), Liu G-L(刘更另). 2000. Effects of cutting on vegetation composition and soil properties. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(1):57~60(in Chinese)
- 26 Zhang X-Z(张宪政), Chen F-Y(陈凤玉), Wang R-F(王荣福), et al. 1994. *Experimental Techniques of Plant Physiology*. Shenyang: Liaoning Science and Technology Press. 51~75(in Chinese)
- 27 Zhao G-D(赵广东), Liu S-R(刘世荣), Ma Q-L(马全林). 2003. Ecophysiological responses of two xerophytes *Atraphaxis frutescens* and *Elaeagnus angustifolia* to the change of ground water depth in arid area I. Change in leaf nutrient, chlorophyll, soluble sugar and starch contents. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 27(2):228~234(in Chinese)
- 28 Zhao M-X(赵明轩), Tan C-H(谭成虎), He D-Y(何德元). 1990. A study of root system of *Artemisia dalailamen*. *Pratac Sci* (草业科学), 7(3):55~57(in Chinese)
- 29 Zhong Y-K(仲延凯), Bao Q-H(包青海). 1999. The effects of different mowing intensity on natural grassland. *Grassl China* (中国草地), (5):15~18(in Chinese)
- 30 Zhong Y-K(仲延凯), Sun W-G(孙卫国), Sun W(孙维). 1999. Influence of mowing on storing amount and distribution of nutrient elements in typical steppe II. Storing amount and distribution of nutrient elements in plant above ground. *J Arid Land Resour Environ* (干旱区资源与环境), 13(3):77~83(in Chinese)

作者简介 章家恩,男,1968年生,博士,副教授.主要从事土壤生态学和农业生态学等方面的研究,发表论文80余篇,独立著作1部,主编1部. Tel: 020-85280211; E-mail: jeanzh@scau.edu.cn

## 欢迎订阅 2006 年《生态学杂志》

《生态学杂志》(1982年创刊)是由中国生态学会主办、中国科学院沈阳应用生态研究所承办和科学出版社出版的学术期刊,亦是全国中文核心期刊,2002年入选中国期刊方阵.读者对象为从事生态学、生物学、地学、林农牧渔、海洋、气象、环保、经济、卫生和城建部门的科研、教学、科技工作者、有关决策部门的科技管理人员、大专院校师生和中学教师.

本刊主要刊登具有创新性的生态学研究论文以及有关专题的综述和评论,研究方法和新技术的应用,学术讨论与争鸣;国外生态学研究(包括译文,但必须取得原著作权人的授权);国内外学术消息和动态;生态学知识讲座和生态学新书刊介绍等.

《生态学杂志》为A4开本,月刊,112页,每册定价40元,全年480元.国内外公开发行.国内邮发代号:8-161,全国各地邮局均可订阅.如未能在当地邮局订到,可与编辑部直接联系订阅.

地址:沈阳市文化路72号中国科学院沈阳应用生态研究所转《生态学杂志》编辑部

邮编:110016

电话:024-83970394

传真:024-83970394 E-mail: cje@iae.ac.cn