

平茬对岩黄芪属植物生物学性状的影响*

闫志坚^{1,2} 杨 持^{1*} 高天明¹

(¹ 内蒙古大学生态与环境科学系, 呼和浩特 010021; ² 中国农业科学院草原研究所, 呼和浩特 010010)

【摘要】 探讨了3种岩黄芪属植物平茬与未平茬植株的生物学性状。结果表明,平茬后3种岩黄芪属植物植株的多种性状与未平茬植株无显著差异,但平茬植株基部新生枝条数比未平茬植株增加1.91倍。平茬不仅复壮了植株个体,提高了产量,而且提高了家畜可食部分(叶+嫩茎)的比例。平茬岩黄芪属植株5~8月生物量中以叶和嫩茎为主,在9月,由于枝条木质化,家畜不可食部分迅速增加,平均不可食部分占总生物量的69.26%。而未平茬的岩黄芪属植株由于有上一年残留的枯死枝条,因而5~8月一直有老茎存在,9月份家畜不可食部分平均达到77.79%。岩黄芪属植物可在植物生长的第2年进行平茬,应在8月底以前进行收割。8月平茬处理3种岩黄芪属植物的叶面积指数高于对照,散射光系数低于对照,说明在8月平茬处理植株的生长高于对照植株,生长更为繁茂。

关键词 岩黄芪属植物 平茬 复壮 生物学性状

文章编号 1001-9332(2006)12-2311-05 **中图分类号** S541 **文献标识码** A

Effects of cutting on biological characteristics of three *Hedysarum* species. YAN Zhijian^{1,2}, YANG Chi¹, GAO Tianming¹ (¹ Department of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China; ² Grassland Research Institute, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Hohhot 010010, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2006, 17(12): 2311 ~ 2315.

The study with 3 species of *Hedysarum* showed that no significant difference was observed in many of their biological characteristics between treatments cutting and un-cutting, but the number of new branches sprouted from base stem was 1.91 times higher in treatment cutting than in un-cutting. Cutting could not only rejuvenate the plants, but also increase the yield and ratio of edible parts (leaves and tender stems). From May to August, the plants in treatment cutting had more leaves and tender stems but less old stems, and in September, their inedible part for livestock was 69.26% of the total biomass while that in treatment un-cutting was 77.79%. The appropriate period of cutting was by the end of August in the second year of *Hedysarum* growth. After cutting in this month, the leaf area index of 3 species *Hedysarum* was higher, while the dispersion light coefficient was lower, indicating that *Hedysarum* was more flourishing under cutting.

Key words *Hedysarum* L., Cutting, Rejuvenation, Biological characteristics.

1 引言

全世界岩黄芪属植物约有140多种,广布于北半球温带,中国有51种,分布于蒙古高原的有19种、3变种^[9,18]。其中进行引种驯化和广泛栽培利用的有塔落岩黄芪(*Hedysarum laeve*)、细枝岩黄芪(*H. scoparium*)、山竹岩黄芪(*H. fruticosum*)^[1,2,7]。

岩黄芪属植物均为落叶亚灌木,具有喜沙质、耐干热、抗风沙、生物产量高和利用年限长等特性,是我国西北沙区防风固沙的先锋植物,也是极具开发潜力的经济植物。岩黄芪属植物有较长的栽培历史,如塔落岩黄芪近100年、细枝岩黄芪50年、山竹岩黄芪20年。近年来在北方干旱、半干旱地区沙区普遍采用这3种岩黄芪属植物进行大面积飞播及人工栽种,用于防风固沙。封育5~7年的岩黄芪灌木林可明显降低地面风速,固定流动沙丘,使低层植被得

以恢复,从而有效地改善了生态环境。岩黄芪属植物的茎、叶、花果是高蛋白、高脂肪的优质饲料,为各种家畜所喜食,可四季放牧或调制干草,在干旱、半干旱沙区国土治理、改善生态环境、发展生态畜牧业中具有巨大的发展潜力^[4,5]。然而,岩黄芪属植物生长数年后,生机减弱、植株衰老。在生长第2年老株枯亡,从根颈部又萌发出部分新枝。为使多年的植株复壮,可在秋冬季和春季对其平茬,以利更新。为此,本文研究了平茬对3种岩黄芪属植物生物学性状的影响,旨在为该区生态草地畜牧业发展提供基础数据。

2 研究地区与研究方法

2.1 自然概况

试验样地位于内蒙古鄂尔多斯市准格尔旗十二连城乡

* 国家农业部“948”资助项目(202099-03)。

** 通讯联系人。E-mail: Yangchi@imu.edu.cn

2006-07-31 收稿,2006-10-04 接受。

(111°05' ~ 117°07'43"E, 40°12'17" ~ 40°13'22"N). 该地属中温带大陆性季风气候区, 年平均气温 6 ~ 7 °C, ≥ 10 °C 积温 3 000 ~ 3 200 °C, 年平均降水量 380 ~ 400 mm, 年平均蒸发量 2 093 mm, 年平均日照时数 3 117 h, 极端最高气温 39.1 °C, 极端最低气温 -32.8 °C, 无霜期 145 d, 主要土壤类型为沙壤土和风沙土.

2.2 研究方法

试验区地形地貌为固定、半固定和流动沙丘, 在地势较为平缓的区域平整土地作试验小区, 种子 5 月中旬穴播, 每穴播种 5 ~ 8 粒种子, 株行距为 30 cm × 30 cm, 3 种岩黄芪的试验地面积各为 0.5 hm². 在 3 种岩黄芪植物生长的第 2 年秋季人工刈割, 留茬高度 10 cm, 平茬处理和未平茬处理的样地面积各为 0.2 hm², 下一植物生长季节选取 15 株平茬和未平茬植株测量其地上单株鲜重、产量鲜重、植株高度、茎直径和叶面积等要素, 同时测量平茬和未平茬植株 50 枝新生枝条长度、基部直径, 用 CI-202 便携式叶面积仪测量 50 片叶长、叶宽、叶长宽比等因子, 用 CI-110 植物冠层结构分析仪于 6 ~ 9 月测定平茬与未平茬岩黄芪属植物的冠层影像, 计算其叶面积指数、平均叶倾角和散射光穿透系数. 在 65 °C 的烘箱烘干获得植物的干重.

表 1 3 种岩黄芪属植物平茬与未平茬性状

Table 1 Characteristics of three *Hedysarum* species under cutting and un-cutting treatments

植物 Species	处理 Treatment	株高 Height (cm)	单株干重 Dry weight (g)	产量干重 Dry yield (g · hm ⁻²)	茎直径 Stem diameter (cm)	根直径 Root diameter (cm)	基部新生 枝条数 New shoots	株叶面积 Leaf area (cm ²)
A	I	120.20a	92.43a	2774.20a	1.48a	1.34a	3b	38.99a
	II	145.40a	120.32a	3612.67a	1.46a	1.64a	8a	87.82a
B	I	116.10a	121.99a	3661.44a	2.07a	1.76a	9b	811.35a
	II	132.80a	182.45a	5476.18a	1.94a	1.92a	14a	997.39a
C	I	105.60a	98.74a	2962.24a	0.67a	0.78a	7b	700.24a
	II	124.90a	107.05a	3213.11a	0.62a	0.95a	13a	857.69a

A: 细枝岩黄芪 *H. scoparium*, B: 塔落岩黄芪 *H. laeve*, C: 山竹岩黄芪 *H. fruticosum*; I: 未平茬 Un-cutting, II: 平茬 Cutting. 不同字母表示同种植物不同处理差异显著 Different letters meant significant difference for the same plants in different treatments ($P < 0.05$). 下同 The same below.

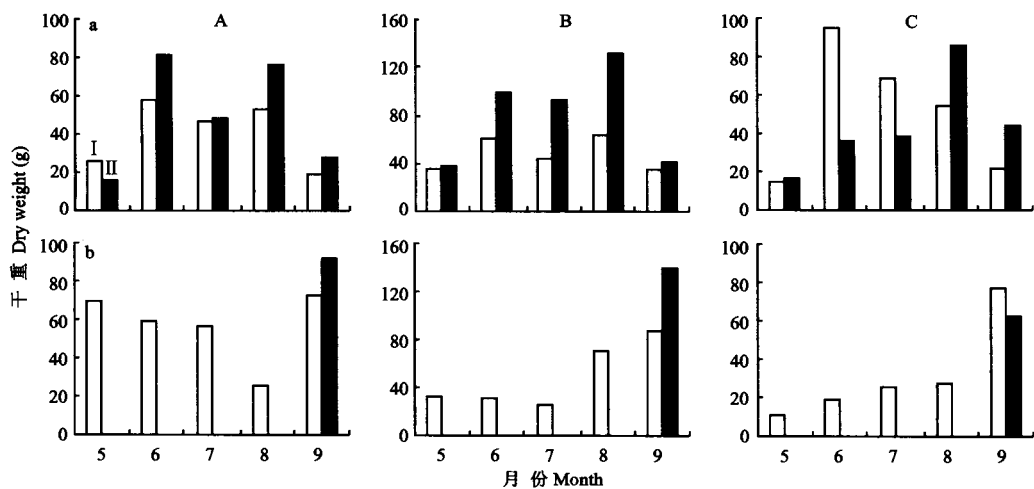


图 1 3 种岩黄芪属植物平茬与未平茬植株家畜可食(a)和不可食(b)部分月变化

Fig. 1 Monthly changes of edible parts (leaves and tender stems, a) and inedible parts (old stems, b) by livestock of three *Hedysarum* species under cutting and un-cutting treatments (g DW).

A: 细枝岩黄芪 *H. scoparium*, B: 塔落岩黄芪 *H. laeve*, C: 山竹岩黄芪 *H. fruticosum*; I: 未平茬 Un-cutting, II: 平茬 Cutting.

用 DPS-v-3.01 统计分析软件进行数据统计分析, 用新复极差法进行单因素多重比较.

3 结果与分析

3.1 平茬与未平茬植株主要性状对比

平茬是岩黄芪属植物更新复壮、防止老化、提高产量和产籽量的重要措施. 为此, 对生长 2 年的 3 种岩黄芪属植物在秋季进行了平茬试验 (表 1), 结果表明, 3 种岩黄芪属植物平茬植株的基部新生枝条数高于未平茬植株 ($P < 0.05$); 其它性状如株高、单株干重、地上生物量干重、叶面积等高于未平茬植株, 但差异不显著 ($P > 0.05$). 说明平茬对生长 2 年的岩黄芪属植物下一年的生长发育具有一定的促进作用, 基部新生枝条数的增多将在总体上提高生物量.

由图 1 可以看出, 平茬提高了家畜可食部分 (叶 + 嫩茎) 的产量. 平茬岩黄芪属植株 5 ~ 8 月生物量中无老茎 (木质化部分), 以叶和嫩茎为主, 到 9 月份, 由于枝条木质化, 家畜不可食部分迅速增加,

平均占总生物量的 69.26%。而未平茬的岩黄芪属植株由于有上一年残留的枯死枝条,5~8 月一直有老茎存在,9 月份家畜不可食部分达到最大值,平均不可食部分达地上生物量的 77.79%。对岩黄芪属植物适时平茬不仅可以提高其生物量,而且有效地降低了家畜不可食用部分在生物量中所占比例,提高了家畜可食用部分的比例。岩黄芪属植物可在生长的第 2 年进行平茬,应在 8 月底以前进行收割。

3.2 平茬对岩黄芪植株枝条自然高度和基茎影响

在平茬和未平茬的岩黄芪属植物样地,分别随机抽取 3 种岩黄芪各 50 条枝条,测量其长度和枝条基部直径^[3,6,8]。由表 2 可以看出,平茬 3 种岩黄芪新生枝条生长发育良好,当年枝条平均高度、平均基部直径与未平茬植株无显著差异($P > 0.05$),说明平茬对岩黄芪属植物无显著影响。

3.3 平茬与未平茬植株叶片二维尺度的差异

表 2 平茬与未平茬岩黄芪枝条高度及基茎的比较

Table 2 Comparison of height and diameter of 3 *Hedysarum* species under different treatments

项目 Item	植物 Species	处理 Treatment	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Average	标准差 SD	变异系数 Variance coefficient
自然高度 Natural height (cm)	A	I	141	30	85.61 ± 4.21a	29.46	0.34
		II	140	20	75.67 ± 4.44a	31.07	0.41
	B	I	145	38	80.80 ± 4.04a	28.84	0.36
		II	129	50	81.76 ± 2.96a	21.16	0.26
	C	I	120	40	69.8 ± 4.88a	18.47	0.26
		II	100	25	55.13 ± 4.85b	18.36	0.33
基茎 Diameter (cm)	A	I	0.80	0.10	0.40 ± 0.02a	0.16	0.39
		II	0.60	0.15	0.36 ± 0.02a	0.12	0.35
	B	I	0.90	0.10	0.39 ± 0.03a	0.19	0.47
		II	0.70	0.10	0.41 ± 0.02a	0.15	0.37
	C	I	0.60	0.10	0.30 ± 0.03a	0.10	0.33
		II	0.40	0.10	0.21 ± 0.02a	0.08	0.37

表 3 岩黄芪植株平茬与不平茬处理叶片长度、宽度及长宽比

Table 3 Comparison of length, width and length/width of 3 *Hedysarum* species under cutting and un-cutting treatments

植物 Species	项目 Item	处理 Treatments	最大值 Max	最小值 Min	平均值 Average	标准差 SD	变异系数 Variance coefficient
A	叶长 Leaf length (cm)	I	4.99	1.83	3.44 ± 0.17b	0.62	0.18
		II	5.50	2.75	3.99 ± 0.19a	0.68	0.17
	叶宽 Leaf width (cm)	I	0.53	0.21	0.38 ± 0.02a	0.09	0.24
		II	0.48	0.24	0.37 ± 0.01a	0.05	0.14
	长宽比 Length/width	I	18.22	3.27	9.24 ± 0.96a	3.50	0.38
		II	15.07	5.80	10.3 ± 0.64a	2.24	0.22
B	叶长 Leaf length (cm)	I	3.87	1.93	2.73 ± 0.14a	0.49	0.18
		II	3.57	2.04	2.67 ± 0.11a	0.38	0.14
	叶宽 Leaf width (cm)	I	0.45	0.25	0.36 ± 0.02b	0.05	0.15
		II	0.43	0.24	0.32 ± 0.01a	0.04	0.12
	长宽比 Length/width	I	10.28	4.22	6.71 ± 0.37b	1.34	0.20
		II	10.46	5.60	7.77 ± 0.32a	1.14	0.15
C	叶长 Leaf length (cm)	I	3.06	1.53	2.15 ± 0.09b	0.31	0.15
		II	2.55	1.53	1.99 ± 0.08a	0.29	0.14
	叶宽 Leaf width (cm)	I	0.67	0.31	0.5 ± 0.03a	0.09	0.19
		II	0.60	0.33	0.45 ± 0.02b	0.07	0.16
	长宽比 Length/width	I	8.00	2.60	4.18 ± 0.29a	1.04	0.25
		II	5.88	2.85	4.23 ± 0.19a	0.67	0.16

由表 3 可以看出,平茬岩黄芪植株与未平茬植株叶片在二维尺度上存在差异。平茬与未平茬细枝岩黄芪平均叶片长之间差异显著($P < 0.05$),叶宽和叶长宽比之间无显著差异($P > 0.05$);平茬与未平茬塔落岩黄芪平均叶片长之间差异不显著($P > 0.05$),叶宽和叶长宽比差异显著($P < 0.05$);平茬与未平茬山竹岩黄芪平均叶长和叶宽之间差异显著($P < 0.05$),长宽比差异不显著($P > 0.05$)。

3.4 平茬处理岩黄芪属植物冠层结构特征的分异

由表 4 可以看出,细枝岩黄芪 6 月份平茬处理的叶面积指数低于对照,二者差异显著($P < 0.05$);8 月份平茬处理则高于对照,但差异不显著($P > 0.05$);平均叶倾角 6 月和 8 月份平茬处理均低于对照,但差异不显著($P > 0.05$);散射光穿透系数 6 月平茬处理高于对照,二者差异显著($P < 0.05$);8 月份平茬处理低于对照,但差异不显著($P > 0.05$)。

表 4 3 种岩黄芪平茬与不平茬植株叶面积指数、散射光穿透系数和平均叶倾角比较

Table 4 Leaf area index, transmission coefficient of diffuse radiation and mean foliage inclination angle of 3 *Hedysarum* species under different treatments

植物种类 Species	处理 Treatment	6 月 June			8 月 August		
		叶面积指数 Leaf area index	散射光穿透系数 Transmission coefficient of diffuse radiation	叶倾角 Foliage inclination angle	叶面积指数 Leaf area index	散射光穿透系数 Transmission coefficient of diffuse radiation	叶倾角 Foliage inclination angle
A	I	1.142a	0.428b	53.360a	1.032a	0.451a	56.45a
	II	0.701b	0.534a	53.031a	1.199a	0.426a	61.62a
B	I	1.238a	0.390a	40.610a	1.149a	0.422a	63.81a
	II	1.168a	0.430a	54.017a	1.432a	0.419a	61.70a
C	I	1.359a	0.338a	47.214a	1.185a	0.376a	55.58a
	II	1.733a	0.225a	27.226a	1.324a	0.385a	39.32b

6 月份平茬塔落岩黄芪叶面积指数 1.168 低于对照 1.238, 8 月份平茬处理高于对照, 但二者差异不显著 ($P > 0.05$); 平均叶倾角和散射光穿透系数 6 月份平茬处理均高于对照, 8 月份平茬处理低于对照, 但二者差异均不显著 ($P > 0.05$).

6 月份和 8 月平茬处理山竹岩黄芪叶面积指数均高于对照, 二者差异不显著 ($P > 0.05$); 平均叶倾角和散射光穿透系数 6 月份平茬处理均高于对照, 8 月份平茬处理低于对照, 但二者差异均不显著 ($P > 0.05$).

4 讨论与结论

沙漠化已成为我国最严重的自然灾害和重大环境问题, 制约着我国经济的可持续发展^[10,11,13,17]. 我国西部干旱、半干旱地区气候干旱、降雨量少、风沙活动强烈, 真正能发挥效益的牧草和生态用草主要是一些多年生灌木、半灌木. 这些灌木、半灌木对干旱、半干旱地区环境有较强的适应性, 栽培范围广, 在防风固沙、水土保持、改善生态环境方面有突出作用. 此外, 灌木还可提供饲料、燃料, 有较高的饲用经济价值^[15,16].

灌木的饲料价值在干旱、半干旱地区的生态建设和经济发展中具有重要作用. 灌木鲜叶、嫩枝的产量高, 营养丰富, 可以和优质草本牧草相提并论. 王玉魁等^[12]研究表明, 细枝岩黄芪、塔落岩黄芪营养成分和氨基酸含量丰富, 部分指标高于紫花苜蓿、玉米秸秆, 适宜于家畜饲养要求, 粗蛋白质含量 15.99% ~ 9.10%, 粗纤维含量 37.94% ~ 20.71%, 有机质含量 93% 左右, 粗脂肪 4.36% ~ 3.19%. 许冬梅等^[14]对毛乌素沙地沙生灌木研究表明, 灌木粗蛋白质含量有随生长季节不断下降的趋势. 细枝岩黄芪、塔落岩黄芪以营养期最高, 果后营养期居中, 枯黄期最低. 细枝岩黄芪、塔落岩黄芪纤维性物质

(NDF、ADF、木质素) 含量为 NDF 以营养期最低, 果后营养期居中; ADF、木质素含量以果后营养期最高. 因而, 维持高比例的叶和幼嫩枝条是适时平茬, 保持饲料高饲用价值是适时收获. 今后的研究重点应是家畜可食部分生物量最大值和饲用营养最高值耦合点的研究.

岩黄芪属植物具有良好的防风固沙的生态功能, 生长 5 年的岩黄芪灌木林, 可使地面风速明显降低, 流动沙丘得以固定, 低层植被逐渐恢复, 从而有效地改善了生态环境. 但灌木、半灌木生长数年后, 生机减弱、植株衰老. 在第 4 年老株枯死, 从根颈部又萌发出部分新枝条. 为使多年的植株复壮, 可在秋季对其平茬, 以利更新. 本研究以传统理论为依据, 平茬试验留茬高度为 10 cm, 秋季刈割, 由于时间所限, 本研究仅对生长 2 年的岩黄芪属植物进行了平茬试验研究, 对其他生长年限的岩黄芪属植物的平茬试验尚需进行深入研究, 以确定岩黄芪属植物适宜的留茬高度和刈割时间.

研究表明, 平茬对生长 2 年的岩黄芪属植物多种性状有一定的促进作用. 平茬提高了家畜可食部分(叶 + 嫩茎)的产量. 5 ~ 8 月, 平茬岩黄芪属植株生物量中无老茎(木质化部分), 以叶和嫩茎为主, 而未平茬的岩黄芪属植株由于有上一年残留的枯死枝条, 因而一直有老茎存在, 9 月份家畜不可食部分达到 77.79%. 6 月份平茬处理细枝岩黄芪和塔落岩黄芪灌丛的叶面积指数低于对照, 散射光系数高于对照, 平茬处理植株繁茂程度不如对照植株; 而 8 月份则平茬处理植株的叶面积指数高于对照植株, 散射光系数低于对照, 说明在 8 月份平茬处理植株的生长更为繁茂, 郁闭度更高. 山竹岩黄芪平茬处理植株叶面积指数在 6 月份和 8 月份均高于对照植株, 散射光系数低于对照, 说明平茬处理对山竹岩黄芪植株的更新具有良好作用, 平茬植株生长较对照更

加旺盛,一直具有较高的郁闭度。

综上所述,平茬是一种有效的灌木更新复壮措施,对岩黄芪属植物的生长发育具有一定的促进作用,增加了新生枝条数,增大了郁闭度,提高了家畜可食部分(叶+嫩茎)的产量。

参考文献

- 1 Chen B-S (陈宝书). 2001. The Cultivation of Grass and Forage Crop. Beijing: China Agriculture Press. 291 ~ 297 (in Chinese)
- 2 Chen M-J (陈默君), Jia S-X (贾慎修). 2001. China Feeding Plant. Beijing: China Agriculture Press. 518 ~ 534 (in Chinese)
- 3 Gao Y-B (高玉葆), Ren A-Z (任安芝), Wang W (王巍), et al. 2002. A comparative study on photosynthesis and morphologic characteristics of *Salix gordejewii* between regenerated shoots and standing shoots. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 22(10): 1758 ~ 1764 (in Chinese)
- 4 Huang Z-J (黄祖杰), Yan G-X (闫贵兴), Wu B-G (武保国), et al. 1996. *Hedysarum* biomass accumulation and yield estimation. *Acta Pratacul Sin* (草业学报), 5(4): 35 ~ 40 (in Chinese)
- 5 Huang Z-J (黄祖杰), Yan G-X (闫贵兴), Wu B-G (武保国), et al. 1996. Study on the physiological properties of smooth sweetvetch and rodshaped sweetvetch and their forms of variability. *Acta Agrestia Sin* (草地学报), 4(1): 12 ~ 18 (in Chinese)
- 6 Liang Y (梁宇), Gao Y-B (高玉葆), Ren A-Z (任安芝), et al. 2000. Quantitative characteristics of *Salix gordejewii* population in different sandy land habitats. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 20(1): 80 ~ 87 (in Chinese)
- 7 Ma Y-Q (马毓泉). 1989. Flora in Inner Mongolia. Huhhot: Inner Mongolia People's Press. 331 ~ 338 (in Chinese)
- 8 Ren A-Z (任安芝), Gao Y-B (高玉葆), Wang J-L (王金龙). 2001. Root distribution and canopy structure of *Salix gordejewii* in different sandy land habitats. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 21(3): 399 ~ 404 (in Chinese)
- 9 Sa R (萨仁), Zhao Y-Z (赵一之). 2001. A cladistic taxonomy study on the genus *Hedysarum* in Mongolian Plateau. *Bull Bot Res* (植物研究), 21(1): 18 ~ 23 (in Chinese)
- 10 Wang T (王涛). 2001. Research and practice of chinese desertification control. *J Desert Res* (中国沙漠), 21(1): 1 ~ 3 (in Chinese)
- 11 Wang T (王涛), Chen G-T (陈广庭), Qian Z-A (钱正安), et al. 2001. Situation of sand-dust storms and countermeasures in north China. *J Desert Res* (中国沙漠), 21(4): 321 ~ 327 (in Chinese)
- 12 Wang Y-K (王玉魁), Yan Y-X (闫艳霞), An S-Q (安守芹). 1999. Nutrition of the forage-used psammobiontic shrubs in Wulanbuh Desert. *J Desert Res* (中国沙漠), 19(3): 280 ~ 284 (in Chinese)
- 13 Wu Y-N (乌云娜), Pei H (裴浩), Bai M-L (白美兰). 2002. Relationship between sand desertification and climatic change, human activity in Inner Mongolia. *J Desert Res* (中国沙漠), 22(3): 292 ~ 297 (in Chinese)
- 14 Xu D-M (许冬梅), Cui W-X (崔慰贤), Guo X-J (郭思加), et al. 2001. The dynamics of nutrient contents in several psammophyte shrubs in Maowusu sand land, Ningxia, China. *Pratacul Sci* (草业科学), 18(6): 23 ~ 26 (in Chinese)
- 15 Yan Z-J (闫志坚), Yang C (杨持), Gao T-M (高天明), et al. 2006. The comparison study of eco-economy value on six fixing sandy plants. *J Arid Land Resour Environ* (干旱区资源与环境), 20(3): 163 ~ 168 (in Chinese)
- 16 Zhang Q (张强), Zhao X (赵雪), Zhao H-L (赵哈林). 1998. Grasslands in Desert Areas of China. Beijing: Meteorological Press. 198 ~ 235 (in Chinese)
- 17 Zhang G-P (张国平), Liu J-Y (刘纪远), Zhang Z-X (张增祥), et al. 2002. Remote sensing based analysis of the distribution pattern and dynamic changes of sandy land in China from 1995 to 2000. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 22(9): 1500 ~ 1506 (in Chinese)
- 18 Zhao Y-Z (赵一之), Cao R (曹瑞), Sa R (萨仁). 1997. The textual research of the *Hedysarum laeve* Maxim. *Grassl China* (中国草地), (1): 5 ~ 8 (in Chinese)

作者简介 闫志坚,男,1962年12月生,博士研究生,副研究员.主要从事草地生态恢复与重建的研究,发表论文30篇. Tel: 0471-4926871; E-mail: yanzjl1962@sina.com.

责任编辑 李凤琴