

文章编号 :1000-4025(2004)11-2069-06

# 高寒矮嵩草草甸不同退化演替阶段 植物地上部氮磷元素比较\*

李海英<sup>1</sup>, 彭红春<sup>1</sup>, 王启基<sup>2</sup>

(1 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所, 兰州 730000 2 中国科学院西北高原生物研究所, 西宁 810001)

**摘 要** 本研究旨在比较高寒草甸草地不同退化演替阶段下植物地上部氮磷元素含量、吸收速率以及单位面积累积重量。结果表明, 植物生长季内(5~9月), 3个样地植物地上部N、P含量都是在生长初期最高, 随植物生长季节的推移以及地上生物量的增加, 其含量逐渐稀释直到生长季节结束, 全氮含量范围为36.90~14.90 g/kg, 全磷的含量范围是2.22~1.06 g/kg。不同退化演替阶段由于植物组成的不同, 其N、P含量有明显的差异, P的含量中度退化样地最高(1.91%), 重度退化样地最低(1.51%)。N的含量则恰恰相反, 重度退化样地最高(26.40%), 中度退化样地最低(18.60%)。原生植被样地介于两者之间, 其生长季P的平均含量为1.63%, N的平均含量为20.80%。植物N、P的吸收速率和单位面积累积重量都是随退化程度的加剧而降低, 即原生植被样地>中度退化样地>重度退化样地, 并且植物营养元素吸收速率与地上生物量生长速率呈正相关关系。

**关键词** 高寒草甸 退化演替 植物群落 氮磷含量 吸收速率 植物地上部贮藏量

中图分类号 Q948.15 文献标识码 A

## Comparing the content of N and P contained in aboveground parts of plants among the stages of regressive succession in alpine meadow

LI Haiying<sup>1</sup>, PENG Hongchun<sup>1</sup>, WANG Qi-jun<sup>2</sup>

(1 Cold and Arid Regions Environmental and Engineering Research Institute, Chinese Academy of Sciences, Lanzhou 730000, China 2 Northwest Plateau Institute of Biology, Chinese Academy of Sciences, Xining 810001, China)

**Abstract** This article is about that comparing the content, uptake rates and storages per unit of N and P contained in the aboveground parts of plant among the stages of regressive succession in alpine meadow. The results suggested that the content of N and P of the aboveground parts of plants in the growth season is highest and decreases with the process of the plant growth, the content of N ranges from 36.90 g/kg to 14.90 g/kg, the content of P ranges from 2.22 g/kg to 1.06 g/kg. The content of N and P of them are different obviously because the components of the plant communities are different at the stages of regressive succession, the content of P is highest (1.91%) in the middle-degraded plot and is lowest in the heavily-degraded plot (1.51%); the content of N is highest (26.40%) in the heavily-degraded plot and is lowest in the middle-degraded plot (18.60%); the content of N, P of the primary vegetation plot is in the midst of the plots, the average content of N, P of this plot are 20.80% and 1.63% respectively. The uptake rate and

\* 收稿日期 2003-05-10 修改稿收到日期 2004-05-29

基金项目 中国科学院知识创新工程项目(KSCX2-1-07) 国家自然科学基金项目-中国西部地区陆面同化系统研究(90202014) 中国科学院寒区旱区环境与工程研究所知识创新工程项目“黑河流域交叉集成研究的模型开发和模拟环境建设”(2003102)

作者简介 李海英(1975-), 女(汉族), 山东人, 博士研究生. E-mail: lhysd2004@yahoo.com.cn

storages of N and P per unit decrease with the soil degraded, that is to say the primary vegetation plot > the middle-degraded plot > the heavily-degraded plot, and there is direct correlation between uptake rate of the N、P and grow rate of biomass

**Key words** alpine meadow regressive succession plant communities content of N and P uptake rates storages of above-parts of plants

高寒草甸草地是青藏高原主要天然草地, 约有 0.7 亿  $\text{hm}^2$ , 占青藏高原草地面积的 49% 左右。其丰富的草地资源和珍稀动植物资源, 为青藏高原国民经济和畜牧业的发展奠定了坚实的物质基础。但是, 随着人口的增加, 畜牧业的发展, 人类活动正以前所未有的规模和强度影响并改变着生物赖以生存和发展的地球环境。加之高寒草甸草地资源长期以来缺乏科学管理, 传统落后的利用方式, 掠夺式经营, 过度放牧、鼠虫危害和气候变化的影响, 使草地严重退化, 生产力水平下降, 生态环境恶化。据不完全统计, 目前青藏高原约有 0.5 亿  $\text{hm}^2$  退化草地, 约占青藏高原草地总面积的 1/3, 其中严重退化的次生裸地——“黑土滩”面积约 703.19 万  $\text{hm}^2$ , 约占退化草地面积的 16.5%<sup>[1]</sup>。不同的植物种类其体内各种元素都有特定的含量范围, 但是其绝对含量随土壤中各种元素的活性、植物组织的年龄、培养环境与气候条件而异, 因而植物体内营养元素的含量与土壤中该元素的含量有一定的相关性<sup>[2,3]</sup>。所以分析植物的矿物质元素可以间接了解土壤化学性质及肥力状况, 以此作为提高土壤肥力状况的参考<sup>[4]</sup>。

对于高寒草甸植物元素含量已有研究<sup>[5,6]</sup>, 但是关于高寒草甸不同退化演替阶段的植物地上部元素含量的研究还没有见报道。本文研究高寒草甸草地不同退化演替阶段植物群落地上部元素含量及其变化, 可以为高寒草地资源的保护、更新以及持续利用和退耕还林还草战略部署的顺利进行提供科学依据。

## 1 研究地区概况

### 1.1 研究区自然地理概况

研究试验地选择在中国科学院海北高寒草甸生态系统定位站固定样地。该站位于青藏高原东北隅, 37°20′~37°45′N, 101°12′~101°33′E, 地处祁连山东段冷龙岭南麓。冷龙岭由西北向东南方向绵延, 长约 300 km, 宽约 30 km, 山脊海拔 4 600 m 左右。两山之间河谷纵深, 高低悬殊, 地形复杂。定位站地区海拔 3 200~3 400 m, 周围被低山环绕, 山势平缓, 起伏不大。

海北站海拔高, 气温低, 热量不足(年平均气温 - 2 )。季风性气候, 降水量季节分配不均匀, 多集中于暖半年。空气稀薄干燥, 日照时间长(2 629 h/a), 太阳辐射强烈(634.72  $\text{kJ}/\text{cm}^2 \cdot \text{a}$ ), 属于高原大陆性气候。平均气温 - 1.7, 最热月(7月)平均气温 9.8, 最冷月(1月) - 14.8。相对无霜期仅 22 d, 无明显四季之分, 只有冷暖二季之别。年降水量 590 mm, 主要集中于 5~9 月, 占年降水量的 80%, 冷季降水极为稀少。形成了暖季湿润、多雨、凉爽, 冷季干燥、少雨、寒冷等独特的气候特征。

海北站主要植被类型有矮嵩草草甸(*Kobresia humilis* meadow)、金露梅灌丛(*Potentilla fruticosa* shrub)和华扁穗草、青藏苔草沼泽化草甸(*Blyssus sinocampressus* and *Carex moorcroftii* swamp meadow), 其中以矮嵩草草甸分布最广。土壤以高山草甸土、高山灌丛土和沼泽土为主。其中以高山草甸土分布最广。土壤有机质分解缓慢, 积累明显。

### 1.2 所选样地及其植物群落种类组成

本文选择矮嵩草草甸为研究对象。采用空间分布代替时间序列的方法, 即选择原生植被样地(嵩草草甸)、中度退化样地和重度退化样地, 代表了植被随着时间的延续而退化的情况。固定样地面积为 20 m × 20 m。

原生植被样地植物生长茂密, 群落平均盖度为 92%。原生植被样地由 37 种植物组成, 隶属 12 科 30 属。群落以垂穗披碱草(*Elymus nutans* Griseb.) 为优势种, 优势度为 13.19%。羊茅(*Festuca ovina* L.)、草地早熟禾(*Poa pratensis* L.)、矮嵩草(*Kobresia humilis* (C. A. Mey.) Sery) 为群落的次优势种, 优势度为 25.59%。主要的伴生种有: 花苜蓿(*Trigonella ruthenica* L.)、异针茅(*Stipa aliena* Keng)、异叶米口袋(*Gueldenstaedtia diversifolia* Maxim.)、高山唐松草(*Thalictrum alpinum* L.)等。

中度退化演替阶段群落平均盖度为 45%, 由 39 种植物组成, 隶属 12 科 29 属。群落优势种为青海风毛菊(*Saussurea kokonorensis* Ling), 优势度为 9.74%。次优势种有高山唐松草、柔软紫菀(*Aster flacoldus* Bunge)、垂穗披碱草, 其优势度为

19. 64% . 主要伴生种有鹅绒委陵菜 (*Potentilla anserina* L. )、雅毛茛 (*Ranunculus pulchellus* C. A. Mey)、草地早熟禾等 .

重度退化样地 . 群落的平均盖度为 33% , 由 33 种植物组成, 隶属 18 科 30 属 . 群落优势种为细叶亚菊 (*Ajania tenuifolia* (Jacq ) Tzvel ), 优势度为 11. 2% . 次优势种有鳞茎堇菜 (*Viola bulbosa* Maxim. )、海乳草 (*Glaux maritima* L. )、兰石草 (*Lancea tibetica* Hook f et Thom. )、二裂委陵菜 (*Potentilla bifurca* L. ), 优势度为 28. 51% . 主要伴生种有柔软紫菀、矮火绒草 (*Leontopodium nanum* (Hook f et Thom s Hand Mazz )、鹅绒委陵菜、西伯利亚蓼等 (*Polygonum sibiricum* Laxm. ) .

## 2 材料与方法

### 2.1 植物地上生物量及元素测定

在植物的生长季(5~ 9 月), 每月 25 日左右用收割法测地上生物量 . 每个样地随机取样方 5 个, 样方面积 50 cm × 50 cm . 齐地面剪取植物后, 在 70 的恒温箱内烘干至恒重后称取干重, 粉碎备用 . 植物元素分析, 全 N 采用高氯酸-硫酸硝化, 用蒸馏仪蒸馏测定 ; 全 P 用钼锑抗比色法, 由青海省化工研究院完成 .

### 2.2 数据分析

数据在计算机上用 SPSS 软件处理 . 文中所用公式如下 :

生长(或吸收)速率(*G*)

$$G = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \quad (1)$$

式中, *W*<sub>1</sub> 为 *T*<sub>1</sub> 时间测定的生物量或 N、P 吸收量 ; *W*<sub>2</sub> 为 *T*<sub>2</sub> 时间测定的生物量或 N、P 吸收量 .

## 3 结果与分析

### 3.1 植物地上部元素含量

在植物的生长季节(6~ 9 月)内, 植物地上部 N、P 含量随植物生长发育进程而降低(图 1、2) . 全氮含量范围是 36. 90~ 14. 90 g/kg, 全磷的含量范围是 2. 22~ 1. 06 g/kg . 由图 1 和图 2 可以看出, 3 个样地植物地上部 N、P 含量都是在生长初期最高, 随植物生长季节的推移以及地上生物量的增加, 其含量逐渐稀释<sup>[7]</sup>直到生长季节结束 . 原因是随着植物体的扩大, 细胞逐渐老化, 纤维物质增加, 发生了元素的稀释效应<sup>[5]</sup> . 枯黄期植物的 N、P 含量最低, 此时植物进入休眠期, 部分地上营养物质已转移到

地下贮存, 以备供给植物冬眠期的消耗及来年植物萌发的养分<sup>[6]</sup> .

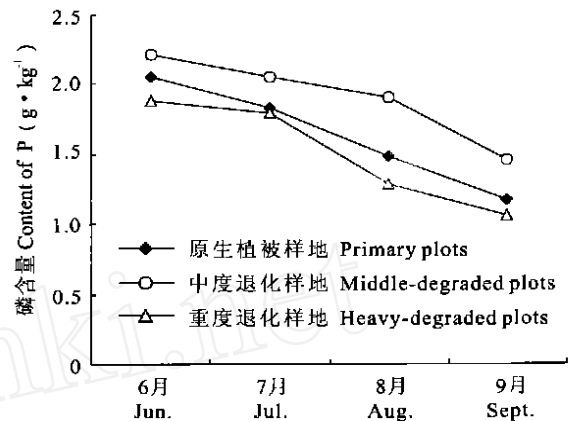


图 1 植物地上部全磷含量

Fig. 1 Contents of P in aboveground part of plant

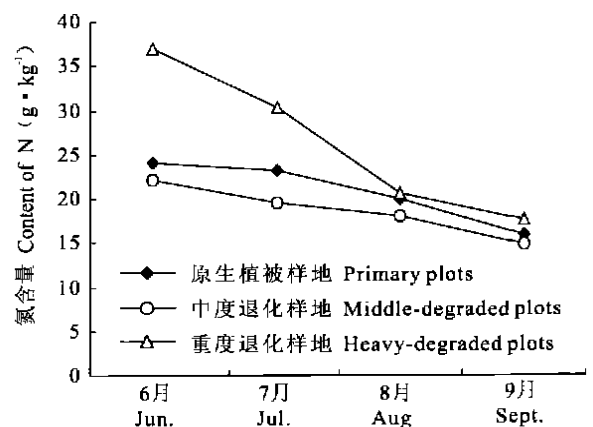


图 2 植物地上部全氮含量

Fig. 2 Contents of N in aboveground part of plant

不同退化演替阶段, 其 N、P 含量有明显的差异(图 1、2) . P 的含量中度退化样地最高(1. 91% ), 重度退化样地最低(1. 51% ) N 的含量则恰恰相反, 重度退化样地最高(26. 40% ), 中度退化样地最低(18. 60% ) . 原生植被样地介于两者之间, 生长季 P 的平均含量为 1. 63% , N 的平均含量为 20. 80% .

这是由于不同退化演替阶段植物群落组成不同 . 若以科属的重要值计算, 原生植被样地为禾本科(44. 49) > 莎草科(12. 75) > 豆科(12. 72) > 毛茛科(8. 24) > 蔷薇科(6. 30) > 菊科(6. 14), 其余 6 科 9 属重要值为 9. 36 . 中度退化演替样地为菊科(27. 11) > 禾本科(20. 32) > 毛茛科(16. 06) > 蔷薇科(8. 68) > 玄参科(5. 96) > 龙胆科(5. 12), 其余 6 科 9 属重要值为 16. 75 . 重度退化样地为菊科(24. 46) > 禾本科(13. 04) > 蔷薇科(11. 94) > 玄参

科(8.94) > 堇菜科(8.17) > 报春花科(7.22), 其余 12 科 15 属的重要值为 26.23. 若按生物量所占比例计算, 原生植被样地的地上总生物量, 6~9 月主要取决于禾草类和杂类草植物的生物量, 它们所占比例分别为 45.48% 和 31.78%; 中度退化样地和重度退化样地其群落生物量主要取决于杂类草的生物量, 其所占比例分别为 69.16% 和 85.37%, 禾草类和莎草类所占比例很小, 禾草类比例分别为 16.67% 和 10.20%, 莎草类比例分别为 1.66% 和 0.94%.

因此对群落生物量影响甚微. 张金霞<sup>[6]</sup>等对高寒草甸草地的 21 种植物进行分析, 各植物种间的 N、P 含量差异较大, 即不同植物元素含量不同, 由于 3 个样地群落组成的不同, 从而导致群落的地上部分元素含量有所不同.

### 3.2 N、P 元素吸收速率

由表 1 可见, 植物地上部元素吸收速率随退化程度地加剧而降低, 即原生植被样地 > 中度退化样地 > 重度退化样地.

表 1 植物地上部 N、P 吸收速率

Table 1 N、P uptake rates of plants ( $g \cdot m^{-2} \cdot d^{-1}$ )

样号 No. of plots	P				N			
	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September
1#	0.0039	0.0115	0.0031	-0.0082	0.0461	0.1565	0.0546	-0.1072
2#	0.0030	0.0104	-0.0007	-0.0065	0.0303	0.0950	-0.0073	-0.0561
3#	0.0021	0.0042	-0.0001	-0.0036	0.0421	0.0562	-0.0096	-0.0548

注: 1#. 原生植被样地 2#. 中度退化样地 3#. 重度退化样地.

Note: 1#. Primary plot 2#. Middle-degraded plot 3#. Heavily-degraded plot

因为植物的生长速率是原生植被样地 > 中度退化样地 > 重度退化样地. 经相关性分析, 植物营养元素吸收速率与地上生物量生长速率呈正相关关系. 原生植被样地, 地上生物量的生长速率与植物 N、P 吸收速率呈显著正相关, 相关系数分别为 0.961 和 0.978 ( $P < 0.05$ ), 中度退化样地地上生物量的生长速率与植物 N、P 吸收速率极显著正相关, 相关系数为 0.995 和 0.993 ( $P < 0.01$ ), 重度退化样地中两者的相关系数为 0.904 和 0.848. 植物地上部生物量的增长速率及其对元素的吸收速率见图 3~5.

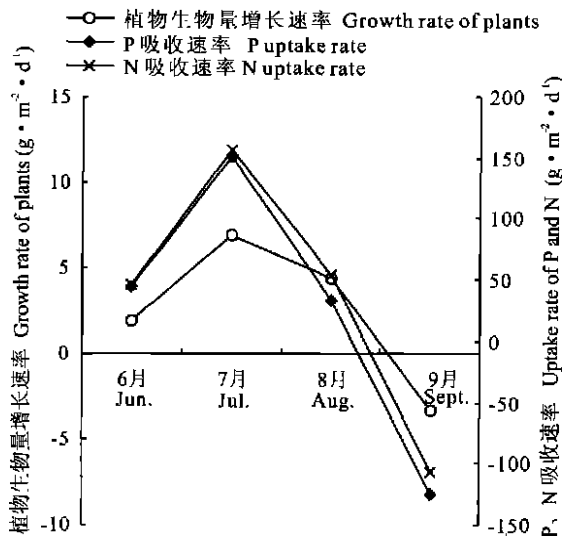


图 3 原生植被样地植物地上生物量的增长速率和对 N、P 的吸收速率

Fig. 3 Growth rates and N、P uptake rate of aboveground parts in the primary plot

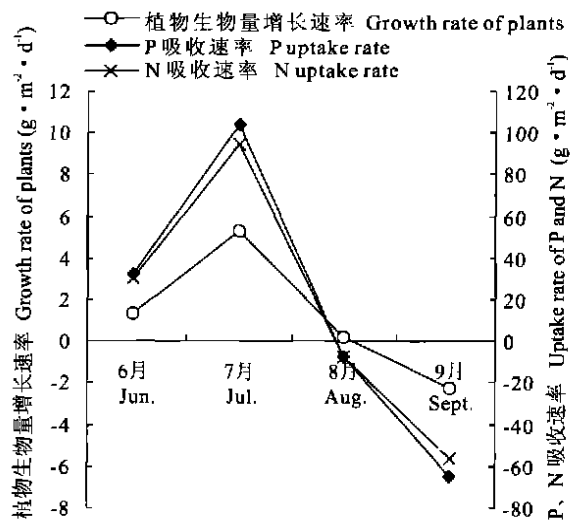


图 4 中度退化样地植物地上生物量增长速率与 N、P 吸收速率

Fig. 4 Growth rates and N、P uptake rate of aboveground parts in middle-degraded plot

5 月份植物刚开始萌发, 气温较低, 生长缓慢, 营养元素的积累较慢, 6、7 月份温度逐渐升高, 降雨量增多, 此时植物进入生长旺盛期, 光合作用增强, 生长速度加快, 物质积累量增加, 到 7 月达到高峰期. 植物的增长速率在 6、7、8 月 3 个月增长速率较高, 7 月份增长最快, 8 月份锐减, 9 月份出现负值. 对元素的吸收速率在 7 月份生物量生长速率最大时期, 吸收速率也最大. 到 8 月份原生植被 N、P 仍有积累, 而中度退化和重度退化草地积累呈负增长. 说

明植物的生育期结束,逐渐进入衰老和降解过程.植物不再从土壤中吸收营养元素,而且元素向地下转移.N元素还有淋失、分解及挥发损失.

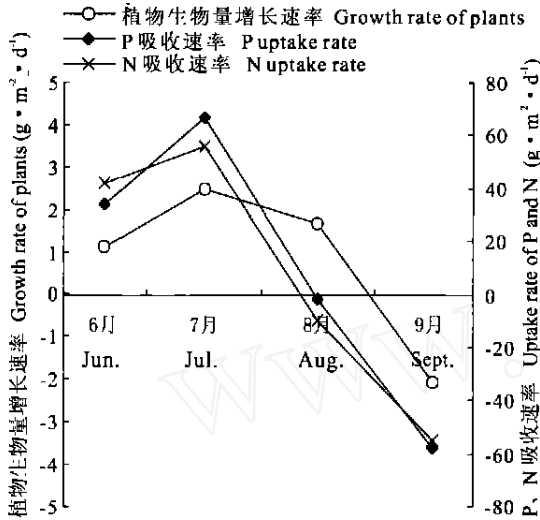


图5 重度退化样地植物地上生物量增长速率与P、N吸收速率

Fig. 5 Growth rates and N, P uptake rate of aboveground parts in heavily-degraded plot

表2 植物地上部N、P元素单位面积累计重量

Table 2 N, P storages of above-parts of plants(g·m<sup>-2</sup>)

样地 Plots	P				N			
	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September	6月 June	7月 July	8月 August	9月 September
原生植被 Primary vegetation	0.260	0.546	0.643	0.389	3.042	6.955	8.648	5.326
中度退化 Middle-degraded	0.200	0.459	0.437	0.236	1.998	4.372	4.145	2.404
重度退化 Heavily-degraded	0.142	0.246	0.243	0.131	2.778	4.184	3.885	2.186

### 4 结论

植物生长季内(5~9月),植物地上部N、P含量随植物生长发育进程而降低.不同退化演替阶段其N、P含量有明显的差异,主要是由于植物群落组成及其所占比例的不同.植物N、P的吸收速率和单位面积累计重量都随退化程度的加剧而降低,即原

### 3.3 植物地上部元素单位面积累计重量

原生植被、中度退化和重度退化样地植物地上部N、P单位面积累计重量见表2.从表2可知,原生植被N、P单位面积累计重量最大,重度退化样地单位面积累计重量最少,即随着退化程度的加剧其单位面积累计重量逐渐减少.原生植被样地的元素单位面积累计重量与生物量变化趋势相似,8月生物量达到最高值,其N、P单位面积累计重量也达最高值.退化样地略有不同,它们的生物量是8月底达最高值,但其N、P单位面积累计重量在7月底达最高值.植物地上部元素单位面积累计重量与植物地上生物量和植物地上部元素含量直接相关.虽然P的含量中度退化样地最高,重度退化样地最低,N的含量重度退化样地最高,中度退化样地最低,原生植被样地都介于两者之间.由于原生植被样地植物群落地上生物量显著高于中度和重度退化样地,致使元素单位面积累计重量呈现随退化程度加剧而降低的趋势.

生植被样地>中度退化样地>重度退化样地.N、P吸收速率与地上生物量的生长速率密切相关,而植物地上部N、P单位面积累计重量与各植物群落N、P的含量和地上生物量直接相关,他们同时也与土壤养分含量有关.关于中度退化样地植物地上部N含量高于原生植被样地的原因还有待进一步研究.

### 参考文献:

[1] MA Y SH(马玉寿),LANG BN(郎百宁),WANG Q J(王启基). Review and prospect of the study on deteriorated grassland[J]. *Practical Science(草业科学)*, 1999, 2: 5- 9(in Chinese).

[2] ZHANG X CH(张小川),CA IW Q(蔡蔚祺),XU Q(徐琪). The cycling of N, P, K, Ca and Mg of soil-plant in grassland ecosystem[J]. *Acta Pedologica Sinica(土壤学报)*, 1990, 27(2): 140- 150(in Chinese).

[3] LE Y ZH(乐炎州),BAO X K(鲍薪奎),ZHANG J X(张金霞). The study on the relation of alpine meadow soil and plant growth[J]. *Grassland of China(中国草原)*, 1980, 3: 28- 33(in Chinese).

- [4] 中国科学院南京土壤研究所. 土壤理化分析[M]. 上海:上海科学技术出版社, 1978: 357- 377.
- [5] CAO GM (曹广民),BAO X K (鲍薪奎),ZHANG J X (张金霞),WANG ZM (王在模). The phosphorus storage and cycling feature of plant pool in alpine meadow ecosystem. A lpine Meadow Ecosystem (Fasc 4)[M ](高寒草甸生态系统第 4 集). Science Press(科学出版社),1995: 27- 33(in Chinese).
- [6] ZHANG J X (张金霞),CAO GM (曹广民),ZHAO JM (赵静玫),WANG ZM (王在模). The N, P, K dynamics of *Kobresia humilis* meadow in alpine meadow ecosystem. A lpine Meadow Ecosystem (Fasc 4)[M ](高寒草甸生态系统第 4 集). Science Press(科学出版社). 1995: 11- 18(in Chinese).
- [7] WOODMANSEE R G,DUNCAN D A. Nitrogen and phosphorus dynamics and budgets in annual grassland[J]. *Ecology*. ,1980, **61**(4) : 893- 904

## 美国《剑桥科学文摘社网站: 生物技术与生物工程》 (CSA-BB)2003 年收录中国期刊名单

美国《剑桥科学文摘社网站: 生物技术与生物工程》2003 年共收录全世界期刊 644 种,其中中国期刊 17 种(黑体字为新进入的期刊,摘译自 *Serials Source List for Biotechnology and Bioengineering*)。在该数据库收录的期刊中,按期刊与该数据库宗旨和符合程度分为 3 种:

(1) Core sources: 核心期刊,每期论文全部收入;(2) Priority sources: 优先期刊,收录 50% 以上;(3) Selective sources: 选择期刊,收录 50% 以下。

期刊名称	刊号	收录类型	期刊名称	刊号	收录类型
<b>西北植物学报</b>	1000-4025	选择期刊	中国计量学院学报	1004-1540	选择期刊
海洋学报	0253-505X	选择期刊	环境科学学报(英文版)	1001-0742	选择期刊
细胞研究(英文版)	1001-0602	选择期刊	福建农业大学学报	1006-7817	选择期刊
应用与环境生物学报	1006-687X	选择期刊	华南农业大学学报	1004-411X	选择期刊
中国海洋与湖沼学报 (英文版)	0254-4059	选择期刊	浙江农业大学学报(已易名 浙江大学学报:农学版)	1000-2111	选择期刊
农药学学报	1008-7303	选择期刊	中国科学 C 辑	1006-9305	选择期刊
工业用水与废水	1009-2455	选择期刊	中国科学 F 辑	1009-2757	选择期刊
亚洲天然产品研究 (英文版,英国)	1028-6020	选择期刊	林业科学	1001-7488	选择期刊
中国农业大学学报	1007-4333	选择期刊			

(朱 诚 供稿)