

# 放牧退化群落中冷蒿种群生物量资源分配的变化\*

王静<sup>1,2</sup> 杨持<sup>1\*\*</sup> 王铁娟<sup>3</sup>

(<sup>1</sup>内蒙古大学生态与环境科学系,呼和浩特 010021;<sup>2</sup>内蒙古科技大学包头师范学院,包头 014030;<sup>3</sup>内蒙古师范大学生命科学学院,呼和浩特 010022)

**【摘要】** 对放牧退化群落中冷蒿种群生物量及生物量资源分配的变化进行了研究.结果表明,在放牧干扰下,随着放牧退化程度的增加,冷蒿种群叶、茎、根的生物量及总生物量增加.其中根的重量增加幅度较大,但生殖构件(花序、果实)的生物量在轻度退化群落中增加,中度退化群落中迅速减少,重度退化群落中未发现生殖构件.随着放牧退化程度增加,冷蒿种群生物量的资源分配发生变化,对根的分配增加,对茎、叶的分配减少,根冠比增加;对无性繁殖的分配增加,对有性生殖的分配减少.在重度退化群落,冷蒿有性生殖严重受阻,繁殖格局发生变化.从资源分配的动态来看,随着放牧退化程度的增加,生长初期至盛期,冷蒿种群资源优先分配给地上部分,尤其是光合器官叶;而生长盛期至末期,资源优先分配给有性生殖或贮藏器官.繁殖格局的转变是冷蒿种群耐牧,在重度退化下成为建群种的关键.资源分配格局的时空变化,使生长、维持和繁殖等方面的分配达到和谐,是冷蒿种群在重度退化下成为建群种的物质基础.

**关键词** 冷蒿种群 放牧退化 生物量 资源分配

**文章编号** 1001-9332(2005)12-2316-05 **中图分类号** Q143, Q948 **文献标识码** A

**Changes of biomass allocation of *Artemisia frigida* population in grazing-induced retrogressive communities.** WANG Jing<sup>1,2</sup>, YANG Chi<sup>1</sup>, WANG Tiejuan<sup>3</sup> (<sup>1</sup>Department of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia University, Hohhot 010021, China; <sup>2</sup>Baotou Normal College, Inner Mongolia Science and Technology University, Baotou 014030, China; <sup>3</sup>College of Life Sciences, Inner Mongolia Normal University, Huhhot 010022, China). -Chin. J. Appl. Ecol., 2005, 16(12):2316~2320.

The study showed that under the disturbance of grazing, the biomass of *Artemisia frigida* leaves, stems, roots and total plant were increased with increasing retrogressive degree, and that of roots was increased more. The biomass of inflorescences and fruits was increased in light retrogressive community while decreased rapidly in mid retrogressive community, and no reproductive model was observed in heavy retrogressive community. With the increase of retrogressive degree, biomass allocation changed. The allocation to roots increased, but that to sexual reproduction decreased, which was badly inhibited in heavy retrogressive community, accompanying with the change of reproduction pattern. As for the dynamics of resource allocation, the resource was prior to allocate to aboveground portion, especially to photosynthesis organ from early to mid growth period, and allocate to sexual reproduction or reserve organ from mid to late growth period, with the increase of retrogressive degree. The alternation of reproductive pattern was the key that *A. frigida* population resisted grazing and became the established species in heavy retrogressive community. The change pattern of resource allocation made the allocation harmonious between the growth, resistance and reproduction, and was the substantial base that *A. frigida* population became the constructive species in heavy retrogressive community.

**Key words** *Artemisia frigida*, Grazing-induced retrogression, Biomass, Resource allocation.

## 1 引言

植物在整个生长发育阶段中,生长、繁殖和维持等功能对有限资源始终存在着竞争<sup>[2, 11, 12, 14, 18, 19, 22, 26, 27]</sup>,而植物必须权衡这些功能间的资源分配<sup>[4, 5, 22, 30, 33]</sup>,使生长、维持和繁殖等方面的分配达到最佳.植物资源分配格局在一定程度上能反映植物对环境的响应和适应,而且植物在不同环境条件下的资源分配格局与其适合度有关<sup>[32]</sup>.资源分配的模式在很大程度上反映了植物生活史特征<sup>[3]</sup>.因此,生物生活史中的繁殖对策早已引起生态学界的高度重视.以植物生殖为核心,通过资源配

置的研究揭示植物对环境的适应机理是生态学研究的一个重要方面.

冷蒿(*Artemisia frigida*)是菊科小半灌木,是一种营养繁殖相当旺盛的兼性克隆植物,耐干旱、耐践踏、耐土壤侵蚀,生根萌蘖的再生生长能力很强<sup>[17, 29]</sup>,在牲畜强烈啃食及土壤侵蚀状况下,仍能继续更新繁殖,使草场在强度利用条件下仍保持一定的生产力水平.这在阻挡草原群落的进一步退化上起着十分重要的作用.冷蒿种群伴随着退化演替的各个阶段,发生着连续的数量动态变化,对群落结

\* 国家自然科学基金资助项目(30360018).

\*\* 通讯联系人. E-mail: Yangchi@mail.imu.edu.cn

2005-01-26 收稿, 2005-05-26 接受.

构与功能产生重要的影响.因此冷蒿是最可靠的正定量放牧指示植物,同时也是草原退化的阻击者,冷蒿种群的数量动态变化是演替过程的显著标志之一<sup>[15,16]</sup>.为此,在放牧退化演替群落中选取冷蒿种群进行生物量资源分配研究,探讨退化演替过程中种群资源分配的变化规律.

## 2 研究地区与研究方法

### 2.1 研究地区概况

研究地点位于中国科学院内蒙古草原生态系统定位研究站(43°33'N, 116°40'E, 海拔 1 200~1 250 m), 年均气温 -0.4℃, 1 月份均温 -22.3℃, 7 月份均温 18.8℃. 年降水量 350 mm, 主要集中于 6~9 月份, 占全年降水量的 80%, 但季节和年度变化差异很大. 蒸发量约为降水量的 4 倍. 地带性土壤为栗钙土. 研究在羊草草原退化系列上进行. 从已围栏保护了 20 多年的羊草样地到附近居民点, 在多年的放牧影响下已形成了一个明显的退化梯度, 选择无放牧(定位站羊草样地围栏内)、轻度退化、中度退化和重度退化 4 个退化演替群落进行研究. 样地基本情况见表 1.

表 1 不同放牧退化梯度草原群落类型

放牧退化程度 Degree of grazing-induced degenerated	群落类型 Communities type	冷蒿种群 <i>A. frigida</i> population	
		群落成员型 Cenotype	多度 Abundance
CK	羊草 + 冰草 + 丛生禾草 <i>L. chinensis</i> + <i>Agropyron cristatum</i> + tussock grass	伴生种 Companion species	Sol
LR	羊草 + 大针茅 + 冷蒿 + 丛生禾草 <i>L. chinensis</i> + <i>S. grandis</i> + <i>A. frigida</i> + tussock grass	亚优势种 Subdominant species	Cop <sup>1</sup>
MR	羊草 + 冷蒿 + 糙隐子草 + 丛生禾草 <i>L. chinensis</i> + <i>A. frigida</i> + <i>Cleistogenes squarrosa</i> + tussock grass	优势种 Dominant species	Cop <sup>2</sup>
HR	冷蒿 + 糙隐子草 + 小丛生禾草 <i>A. frigida</i> + <i>C. squarrosa</i> + small tussock grass	建群种 Established species	Cop <sup>3</sup>

CK: 无放牧 No grazing; LR: 轻度退化 Light retrogress; MR: 中度退化 Moderate retrogress; HR: 重度退化 Heavy retrogress. 下同 The same below.

### 2.2 研究方法

2002 年选取生长季初期、盛期、末期 3 个生长时期. 各时期分别在每个退化梯度样地中, 随机做 4 个 1 m × 1 m 样方记录群落的种类组成、群落特征, 测定冷蒿种群生物量. 地上生物量: 由地面剪取冷蒿地上部分, 并将其地上器官叶、茎、花序和果实分别装袋; 地下生物量: 用直径为 30 cm 的土壤环刀取样, 清水冲洗干净后, 精心挑选冷蒿地下部分装袋. 所有样品均在 80℃ 烘箱中烘至恒重后称重, 分别记载每一营养构件(叶、茎、根等)和生殖构件(花序、果实)的生物量.

测定标准: 冷蒿资源分配为各构件干重占总干重百分比.

### 2.3 统计分析

用一元方差分析揭示放牧退化环境对冷蒿生物量和资源分配的影响. 若主效应显著, 用 LSD 进行多重比较, 确定相应指标在处理间的差异是否显著 ( $P=0.05$ ).

## 3 结果与分析

### 3.1 不同放牧退化群落中冷蒿种群生物量变化

冷蒿种群随着放牧退化程度的增加, 叶、茎、根的生物量及总生物量(表 2)增加, 其中根的重量增加幅度较大, 中度和重度退化群落中根的生长显著增加. 但生殖构件的生物量在轻度退化群落增加, 中度退化群落中迅速减少, 重度退化群落中未发现冷蒿的生殖构件. 其在不同的生长时期表现出基本一致的趋势.

表 2 不同放牧退化群落中冷蒿种群生物量的变化\*

生长时期 Growth period	生物量 Biomass ( $g \cdot m^{-2}$ )					根/冠 Ratio of root to shoot	
	叶 Leaves	茎 Stems	花序、果实 Inflorescences and fruits	根 Roots	总生物量 Total biomass		
初期 Early period	CK	0.52a	0.74a		0.86a	2.12a	0.68
	LR	1.15ab	1.07ab		2.32a	4.53a	1.05
	MR	2.38bc	1.97bc		7.59b	11.94b	1.75
	HR	3.24c	2.88c		16.46c	22.58c	2.69
盛期 Middle period	CK	0.93a	1.79a	0.14a	0.76a	3.63a	0.26
	LR	2.42a	3.36ab	0.32b	1.94a	8.04a	0.26
	MR	8.73b	4.68b	0.01c	12.10b	25.51b	0.90
	HR	12.36c	6.16c		20.44c	38.96c	1.10
末期 Late period	CK	0.62a	1.69a	0.77a	2.01a	8.92b	0.25
	LR	1.55a	4.02b	1.35b	2.01a	8.92b	0.29
	MR	6.71b	6.24c	0.02c	10.81b	23.79c	0.83
	HR	6.96b	7.79c		20.09c	34.83d	1.36

\* 相同生长时期同一列中字母不同者差异显著 Different letters indicate significant difference in the same growth period ( $P \leq 0.05$ ). 下同 The same below.

随着放牧退化程度的增加, 冷蒿种群的生物量根冠比增加. 不同生长时期表现出相同的趋势, 但是不同生长期又有差异. 生长初期地上部分刚刚开始生长, 生物量的积累较少, 因此根冠比较大; 生长盛期地上部分“枝繁叶茂”根冠比降低; 生长末期生长趋于停止, 地上部分逐渐枯萎, 营养物质向地下转移, 根冠比又有所增加, 但增加的幅度不大.

### 3.2 不同放牧退化群落中冷蒿种群资源分配

3.2.1 生物量资源分配 由表 3 可以看出, 随着放牧退化程度增加, 冷蒿种群对根的生物量分配增加, 对茎、叶的分配减少. 生长初期重度退化群落中冷蒿种群对根的分配高达 75.80%, 而对叶、茎的分配仅有 12.78% 和 11.42%.

随着放牧退化程度的增加, 冷蒿种群繁殖分配减少(表 3). 如在生长末期, CK 和 LR 群落中冷蒿种群的繁殖分配为 19.85% 和 15.15%, 达到或接近对叶和根的分配. MR 在降水比较充沛的 2002 年, 有部分植株进行有性生殖, 平均资源分配为 0.10%, 而在较为干旱的 2001 年, 未发现有性生殖植株. 在重度退化草地有性生殖严重受阻, 冷蒿只有通过克隆器官匍匐茎上芽萌发生成枝条和不定根来

表3 不同放牧退化群落中冷蒿种群生物量资源分配的变化  
Table 3 Changes of biomass allocation of *A. frigida* population in different grazing-induced degenerated communities

生长时期 Growth period		生物量的资源分配 Biomass allocation (%)			
		叶 Leaves	茎 Stems	花序、果实 and fruits Inflorescences	根 Roots
初期 Early period	CK	24.65a	33.3a		42.03a
	LR	25.53ab	23.84ab		50.63a
	MR	18.37bc	14.98bc		66.65b
	HR	12.78c	11.42c		75.80c
盛期 Middle period	CK	25.09a	50.69a	4.16a	20.06a
	LR	30.04a	41.97ab	4.04a	23.95a
	MR	34.07b	18.30b	0.03c	47.61b
	HR	31.71c	15.71c		52.59c
末期 Late period	CK	16.15a	43.72a	19.85a	20.28a
	LR	17.32a	45.06b	15.15b	22.47a
	MR	28.19b	26.25c	0.10c	45.46b
	HR	19.98b	22.35c		57.67c

实现无性繁殖.即在放牧干扰下,冷蒿种群的繁殖格局发生了变化.

**3.2.2 资源分配动态变化** 对比盛期和初期各构件的资源分配可以发现,随着退化程度的增加,对叶的分配比例 CK→HR 分别增加了 0.44%、4.51%、15.69%和 18.93%;茎中增加了 17.37%、18.13%、3.32%和 4.28%;生殖构件增加了 4.16%、4.04%和 0.03%;根下降了 21.97%、26.68%、19.04%和 23.21%,说明随着退化程度的增加资源优先分配给地上部分,特别是光合器官——叶.这提高了对光的截获量,从而提高光合速率,增加光合产物,保证重度退化下冷蒿的生存和再生.从生长盛期到生长末期,生殖构件的资源分配变化最为显著,CK、LR 和 MR 的有性生殖分配分别增加了 15.69%、11.11%和 0.07%,而在以无性繁殖为主的 HR 中冷蒿生物量对茎和根的分配分别增加了 6.64%和 5.88%,说明生长盛期到末期生物量优先分配给有性生殖或储藏器官.

## 4 讨 论

### 4.1 不同生境对冷蒿种群生长格局的影响

放牧包括动物的采食和践踏,以及由此引起的土壤的理化状况变化<sup>[9,13]</sup>,是一个综合的环境梯度.放牧可使草场干旱化、碱化、贫瘠化加重,直至成为光碱斑.Weiner<sup>[25]</sup>、杜国祯等<sup>[6]</sup>的研究表明,不同生境条件对植物生长模式的制约作用强烈,本实验结果也证实了这一点.在放牧退化样地中,随着放牧退化强度的增加,土壤的理化状况改变,生境逐渐恶劣,因而如何以较高的资源吸收、同化和储藏速率完成植物种群的生活史,将较多的光合同化资源用于同化器官的建造,成为种群适应的重要方面<sup>[10,23]</sup>.随放牧退化程度的增加,冷蒿种群通过旺盛的克隆生长实现了营养枝密度、不定根密度的增加<sup>[5]</sup>.在

这一过程中叶、茎、根的生物量及总生物量增加.冷蒿种群资源分配结果表明,冷蒿种群通过增大根系生物量分配,从而增强根系吸收养分、水分的潜在能力而补偿环境中养分、水分可利用性的降低.增加光合器官叶的生物量分配有利于冷蒿增大捕获光资源的潜在面积,提高同化效率.

在不同退化生境中,冷蒿种群根冠比显著增加,表明随退化程度增加,同化产物分配给储藏器官的比例增加,同化产物的储存为再生提供充足的能量保证,使冷蒿抗逆能力增加.根冠比还可用来度量植物的可利用比例.在放牧干扰下,冷蒿种群的根冠比增加,动物可采食部分的比例降低.因此,随着放牧强度的增加,冷蒿损失的能量比例也在减少,这是冷蒿种群回避采食的生态对策.冷蒿为多年生小半灌木,地下部分的积累及根冠比除了与地上部分有关外,还与定居时间及种间竞争有关.

### 4.2 不同生境对植物繁殖格局的影响

植物种群的繁殖分配是其繁殖对策的重要内容,使植物在其特定生境中的适合度最大限度地得到发展<sup>[20,21]</sup>.繁殖与生长密切相关,共享有限资源,繁殖分配反映繁殖过程与生长过程之间的权衡策略,并与气候条件<sup>[7]</sup>和群落特征存在密切关系<sup>[8]</sup>.有性繁殖在对不同环境的适应能力方面存在着优越性.它可以增加植物种群的遗传多样性,种子比营养繁殖体更加有利于传播和散布,抗扰动力更强.而营养繁殖进化程度虽然比有性繁殖低,但由于“风险扩散”和“生理整合”作用可以提高克隆分株对逆境的忍耐性和竞争力.因而植物枝条、叶片等营养构件与花、果实等繁殖构件的生物量配置格局是植物种群对特定环境的进化适应特征.研究表明,随着放牧退化程度的增加,生境逐渐恶劣,冷蒿种群的繁殖分配逐渐减少.但是冷蒿种群通过克隆生长实现无性繁殖增加,即繁殖策略发生了改变.繁殖策略的改变使冷蒿种群营养枝密度、不定根密度增加<sup>[5]</sup>,进而与基株能有效地占据相当大的生境面积,种群的适合度增加.由此可见,繁殖分配变化是影响植物适合度的直接因素<sup>[10]</sup>.

### 4.3 资源分配与退化演替

随着放牧退化程度的增加,生境逐渐恶劣,冷蒿种群的繁殖分配逐渐减少,生长格局、繁殖格局发生变化,种群适合度增加.但是,退化演替系列的顶级群落中的一些建群种、优势种如羊草、大针茅等不适应这种变化,营养繁殖和有性生殖严重受阻,制约了种群的更新<sup>[1,24,25,28]</sup>,在群落中的优势地位逐渐被

其他物种所代替,甚至在群落中消失<sup>[1]</sup>,使群落向退化方向演替。放牧干扰下,冷蒿种群在生长与繁殖二者取舍中,生物量优先分配给叶、茎,以供其生长;在生长与维持二者间取舍,生物量优先分配给储藏器官,为再生提供充足的能量保证。因此,冷蒿种群资源分配格局的时空变化使生长、维持和繁殖等方面的分配达到和谐,是冷蒿种群在重度退化下成为建群种的物质基础。

## 5 结 论

**5.1** 随着放牧退化程度增加,冷蒿种群叶、茎、根的生物量及总生物量增加。其中根的重量增加幅度较大,但生殖构件(花序、果实)的生物量在轻度退化群落中增加,中度退化群落中迅速减少,重度退化群落中未发现生殖构件。

**5.2** 随着放牧退化程度增加,冷蒿种群的生物量根冠比增加,表明同化产物分配给储藏器官的比例增加,为再生提供充足的能量保证,使冷蒿抗逆能力增加。冷蒿种群的根冠比增加,使动物可采食部分的比例降低,由于采食而损失的能量比例也减少。这是冷蒿种群回避采食的生态对策。

**5.3** 随着放牧退化程度增加,冷蒿种群生物量的资源分配发生了变化,对根的分配增加,对茎、叶的分配减少;对无性繁殖的分配增加,对有性生殖的分配减少。在重度退化群落中冷蒿有性生殖严重受阻。

**5.4** 随着放牧退化程度增加,生长初期至盛期,冷蒿种群资源优先分配给地上部分,特别是叶;而生长盛期至末期,资源优先分配给有性生殖或贮藏器官。

## 参考文献

- Baoyin T-G-T(宝音陶格涛), Li Y-M(李艳梅), Yang C(杨持). 2000. Comparison of plant community characteristics under different gradients of grazing intensity. *Prat Sci* (草业科学), **19** (2): 13~15(in Chinese)
- Begon M, Harper JL, Townsend CR. 1990. *Ecology: Individuals, Populations, and Communities*. London: Blackwell. 437~509
- Bostock SJ, Bessor RA. 1979. The reproductive strategies of five perennial compositae. *J Bot*, **82**: 621~629
- Cheplick GP. 1995. Life history trade-offs in *Aphibromus scabrialvois* (Poaceae): Allocation to clonal growth, storage, and cleistogamous reproduction. *Amer J Bot*, **82**: 621~629
- De Wreedr RE, Klinger T. 1988. Reproductive strategies in Algae. In: Doust LL ed. *Plant Reproductive Ecology: Patterns and Strategies*. Oxford: Oxford University Press.
- Du G-Z(杜国祯), Sun G-J(孙国均), Bao Y-Q(包永清). 1998. The relationship between reproductive strategy and phosphorus of *Elymus nutans*. *J Lanzhou Univ* (Nat Sci) (兰州大学学报·自然科学版), **34**(2): 146~153(in Chinese)
- Famworth EJ, Bazzaz FA. 1995. Inter- and intra-generic in growth reproduction and fitness of nine herbaceous annual species in elevated CO<sub>2</sub> environments. *Oecologia*, **104**: 454~466
- Grime JP. 1979. *Plant Strategies and Vegetation Processes*. Chichester: John Wiley and Sons. 63~75
- Guan S-Y(关世英), Qi P-Q(齐沛钦), Kang S-A(康师安). 1997. Effects on the steppe soil nutrient contents under different grazing intensities. *Res Grassl Ecosyst* (草原生态系统研究), **5**: 17~22(in Chinese)
- He W-M(何维明), Dong M(董 鸣). 2002. Ramets and genets in the tillering clonal herb *Panicum miliaceum* in hierarchical response to heterogeneous nutrient environments. *Acta Ecol Sin* (生态学报), **22**(2): 169~175(in Chinese)
- Hickman JC. 1975. Environmental unpredictability and plastic energy allocation strategies in the annual *Polygonum cascadenae* (Polygonaceae). *J Ecol*, **63**: 689~701
- Hu J-C(胡继超), Jiang D(姜 东), Cao W-X(曹卫星). 2004. Effect of short-term drought on leaf water potential, photosynthesis and dry matter partitioning in paddy rice. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(1): 63~67(in Chinese)
- Jia S-H(贾树海), Cui X-M(崔学明), Li S-L(李绍良). 1997. Changes of soil physical attributes along grazing gradient. *Res Grassl Ecosyst* (草原生态系统研究), **5**: 12~16(in Chinese)
- Li H(李 红), Yang Y-F(杨允菲). 2004. Effect of restorative measures on quantitative characters of reproduction for *Leymus chinensis* population in the degenerated grassland. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **15**(5): 819~823(in Chinese)
- Li Y-H(李永宏). 1994. Research on the grazing degradation model of the main steppe rangelands in Inner Mongolia and some considerations for the establishment of a computerized rangeland monitoring system. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), **18**(1): 68~79(in Chinese)
- Li Y-H(李永宏). 1988. The divergences and convergence of *A-neurolepidium chinense* steppe and *Stipa grandis* steppe under the grazing influence in Xilin River valley Inner Mongolia. *Acta Phytoecol Geobot Sin* (植物生态学与地植物学学报), **3**(12): 189~196(in Chinese)
- Nei Mongol-Ning Xia Integrated Investigation Team, CAS(中国科学院内蒙古-宁夏综合考察队). 1985. *Vegetation of Inner Mongolia*. Beijing: Science Press. 631(in Chinese)
- Ogden J. 1974. The reproductive strategy of higher plants II. The reproductive strategy of *Tussilago farfara*. *J Ecol*, **62**: 319~324
- Pitelka LF, Stanton DS, Peckham MO. 1980. Effects of light and density on resource allocation in a forest herb, *Aster acuminatus* (Compositae). *Amer J Bot*, **67**: 942~948
- Silvertown JW. 1993. *Introduction to Plant Population Biology*. London: Blackwell Scientific Publications.
- Silvertown JW. 1982. *Introduction to Plant Population Ecology*. New York: Longman Group Limited. 1~13
- Sutherland SR, Vickery K Jr. 1998. Trade-offs between sexual and asexual reproduction in the genus *Mulus*. *Oecologia*, **76**: 330~335(in Chinese)
- Wang R-Z(王仁忠). 2000. Effect of grazing on reproduction in *Leymus chinensis* population. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(3): 399~402(in Chinese)
- Wang R-Z(王仁忠). 2000. Energy allocation to growth and reproduction in *Leymus chinensis* population. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), **11**(4): 591~594(in Chinese)
- Weiner J. 1988. The influence of competition on plant reproduction. In: Doust LL ed. *Plant Reproductive Ecology, Patterns and Strategies*. Oxford: Oxford University Press. 228~245
- Westley LC. 1993. The effect of inflorescence bud removal on tuber production in *Helianthus tuberosus* L. (Asteraceae). *Ecology*, **74**: 2136~2144
- Wu C(吴 楚), Fan Z-Q(范志强), Wang Z-Q(王政权). 2004. Effect of phosphorus stress on chlorophyll biosynthesis, photosynthesis and biomass partitioning pattern of *Fraxinus mandchurica*

- seedlings. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(6):935~940(in Chinese)
- 28 Yang C(杨 持), Jia Z-B(贾志斌), Hong Y(洪 洋), *et al.*. 2002. A comparative study on reproductive allocation of mutual species in moderate-temperate and warm-temperate steppe. *Acta Phytoecol Sin* (植物生态学报), 26(1):39~43(in Chinese)
- 29 Yang C(杨 持), Baoyin T-G-T(宝音陶格涛), Li L(李 良). 2001. Variation of module of *Artemisia frigida* population under different grazing intensities. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 21(3):405~408(in Chinese)
- 30 Zhang D-Y(张大勇). 2000. Researches on Theoretical Ecology. Beijing: China Higher Education Press. 32~38(in Chinese)
- 31 Zhong Z-C(钟章成). 2000. Study on Ecological Adaptative Mechanism of Plant Population. Beijing: Science Press. 1~14(in Chinese)
- 32 Zhong Z-C(钟章成). 2000. Study on Ecological Adaptative Mechanism of Plant Population. Beijing: Science Press. 50~86(in Chinese)

---

作者简介 王 静,女,1969年生,博士,副教授.主要从事植物生态学研究,发表论文 16 篇. Tel: 0472-3993065; E-mail: wangjin8237@sina.com

---

·新书通报·

## 欢迎订购《应用生态学》

应用生态学是研究协调人类与生物圈之间关系和协调此种复杂关系以达到和谐发展目的的科学,应用生态学是一个极其宽广的研究领域,是生态学的一大研究门类,所有与研究人类活动有关的生态学分支如农业生态学、渔业生态学、林业生态学、草地牧业生态学、污染生态学、城市生态学、资源生态学以及野生动植物管理保护、生态预测乃至景观生态学、区域生态学及全球生态学中的部分或大部分领域都可归属在应用生态学这一门类之下,应用生态学的根本任务在于认识和改造环境,保护和改善人类的生存环境和促进经济、社会发展同资源、环境相协调。

为纪念中国科学院沈阳应用生态研究所建所 50 周年,系统总结过去 50 年的研究成果,组织有关科技人员,在多年研究积累的基础上,参阅了国内外近年来在应用生态学方面的创新性研究成果,开拓性地撰写了这本学术性专著《应用生态学》,全书共 12 章,主要包括:应用生态学概论,农业生态与农业生态工程,森林生态与林业生态工程,草地生态与草地生态系统管理,水域生态与流域管理,湿地生态与湿地恢复,旅游生态与生态旅游规划和管理,污染生态与环境生态工程,城市生态与城市生态建设,景观生态与区域生态建设,保护生物学与生物多样性,全球重大生态问题与对策。

本书可供生态学、农学、林学、地学和环境科学等领域的科技人员参考,也可供有关研究部门管理者和高等院校师生参考。

本书由科学出版社出版,计 146 万字,定价为 163 元,另加邮费 10 元,有需要者请与《应用生态学报》编辑部联系,电话:024-83970393。