

植物的冗余及其生态学意义 I. 大型水生植物生长冗余研究

任明迅, 吴振斌

(中国科学院水生生物研究所淡水生态与生物技术国家重点实验室, 武汉 430072)

摘要:通过水生群落中常见优势种凤眼莲 (*Eichhornia crassipes*) 根系的去除实验证明了生长冗余的存在, 并在此基础上对大型水生植物的竞争力、“浮游生物的悖论”及水生群落稳定性的产生与维持作了新的阐述。根系去除实验表明: 群体中凤眼莲植株的根系生长冗余较单株生长时为多; 这些冗余根系的去除不会对整个植株的生长发育产生明显影响; 群体中植株根系冗余能够加强植株的竞争能力。生长冗余以及建立在生长冗余基础上的更高层次的冗余结构与生物多样性具有一定的相关性, 也是生物进化中自然选择的真正对象。据此提出了“进化在生物多样性的基础上进行”的新看法。

关键词:大型水生植物; 生长冗余; 生物多样性; 稳定性

Redundancy of plant and it's ecological significance I. studies on growth redundancy of aquatic macrophyte

REN Ming-Xun, WU Zhen-Bin (State Key Laboratory of Freshwater Ecology and Biotechnology, Institute of Hydrobiology, Chinese Academy of Sciences, Wuhan 430072, China)

Abstract: Early in 1983, E. P. Odum pointed out “redundancy can enhance the stability of a ecosystem”, SHENG Chengfa firstly gave a concept of “growth redundancy” in 1991, and demonstrated the over-compensation in crops. Many scientists carried out researches on the growth redundancy, putting whole interesting in growth redundancy in crops resulting in departure from a state by which men can benefit the most.

However, this is a subject for which, unfortunately, little evidence has been gathered. Growth redundancy in plants was poorly understood by experiments, there was no direct experiment on proof of growth redundancy in crops or in other plants, and seldom researches came to the issue of growth redundancy in no crop plants. One reason lies in the fact that growth redundancy cannot be investigated directly and great difficulties were encountered in defining “growth redundancy” and its degree. The lack of this work is surprising, and must be addressed. Our comprehension of how growth redundancy emerges, works and evolves will be sadly incomplete without a convincing proof of it and a concerted effort to understand the ecological significance of growth redundancy.

In this paper, we illustrated root growth redundancy in water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), a normally dominant species of aquatic macrophytes with typical fibrous root system, and the growth redundancy degree in plants lived in different habitats.

We conducted a series of experiments involved different hand-removal of roots to different *Eichhornia crassipes* plants lived in 3 different habitats: solely lived, lived in *Eichhornia crassipes* population and coexisted with *Hydrilla verticillata*, a submerged plant easily found in freshwater ecosystems in Yangtze River Basin. In each habitat, 3 plants were transplanted and lived for 2 weeks before the experiment. In experi-

基金项目: 国家杰出青年科学基金 (编号 39925007) 和欧盟国际科技合作 (合同号 ERBIC18CT960059) 资助项目

收稿日期: 1999-11-29 修订日期: 2000-07-02

作者简介: 任明迅 (1976~), 男, 贵州印江人, 博士。主要从事生态学和环境科学的研究。

ments, the 3 plants in every habitats underwent 3 different hand-removal of roots respectively, 1/3 removed, 1/2 removed, and 2/3 removed, to test whether there is a growth redundancy, and, if there is, how about the degree of it. The *Eichhornia crassipes* plants used for the experiment were selected from the sprouts of the same mother plant with nearly the same leaves and roots to ensure a similar growth potential.

The plant growth situations, root quantity and root maximum length were investigated one week after the experiments. We found, (i) in solely lived plants, the plant with 1/3 roots removed remained a natural growth, with little new root emerged; the plant with 1/2 roots removed remained a natural growth but many new roots emerged; the plant with 2/3 root removed turned to had a weaken and very slow growth, with little new root; (ii) lived in *Eichhornia crassipes* population, The plants with 1/3 and 1/2 roots removed both have flowered, and had the same root growth situation to the corresponding experimental plant in the former experiment. But, the one with 2/3 roots removed had only a declined, not weakened, growth with some new roots. It can be said the root growth redundancy in plants lived in population turned out to be much more than that in solely lived plants; (iii) coexisted with *Hydrilla verticillata*, The plants with 1/3 and 1/2 roots removed both have flowered as in the 2nd experiment. The plant with 1/2 roots removed had many long and new roots, and the one with 2/3 roots removed had a declined growth and some much longer roots.

Our data provided evidence for that there does exist growth redundancy in root of *Eichhornia crassipes*. The growth redundancy in root of *Eichhornia crassipes* plant lived in population or coexisted with *Hydrilla verticillata* are much more than that of the solely lived plants, and the longer root length in plants coexisted with *Hydrilla verticillata* was thought to be important for enhancing the competitive ability of *Eichhornia crassipes* plant. Based on this fact, it is suggested that the growth redundancy is indispensable for improved nutrient uptake in plants and enhanced competitive ability.

As a fundamental of redundancy, growth redundancy in plant organisms is thought to having basic effects on the other levels of redundancy. At levels of redundancy in plant, population, and ecosystem is ubiquitous. They make the corresponding system in which they are more stable and can resist the random disturbance in a quick and efficient way.

The results of the experiments also provided an evidence for the Connell's theory of *Intermediate disturbance hypothesis*. In our experiments, the 1/3, 1/2, and 2/3 roots remove, compared with each other, can be seen as slight, intermediate and severe disturbance respectively. The plants with 1/2 roots removed in different habitats all produced much more new roots than the other two did. So, the intermediate disturbance to a plant is estimated could promote the growth of the part or organism in which there is growth redundancy.

Absolutely, the redundancy is not the same as biodiversity. Every part of each redundancy shares the same function or has the potential of it, while biodiversity is "the total sum of life's variety". But, the redundancy parts, except sharing the same function in system, have obvious "diversity" between each other. It's believed that the redundancy in every different level in plant communities is somewhat similar to biodiversity.

Even though the results of laboratory studies cannot be fully extended to the field situations, the results gave valuable information about origin and maintenance of biodiversity and stability, and some suggestions merit further works.

Key words: 万方数据 *Eichhornia crassipes*; growth redundancy; biodiversity; stability

文章编号: 1000-0933(2001)07-1072-07 中图分类号: Q178 文献标识码: A

冗余理论是近几年发展起来的新学说,在国际上引起了热烈的讨论。有学者认为冗余现象对解释群落稳定性(包括抵抗力与恢复力)的产生与维持具有重要意义^[1]。著名生态学家 Odum, E. P. 曾指出:冗余能提高生态系统的稳定性^[2]。但是,这些论断都只是从理论上“推理”而出,并没有得到明确的实验支持。其主要原因在于群落中的冗余结构并无直观证据证明冗余的存在及其作用。因此,也有不少学者对冗余现象的存在与作用提出了质疑^[3,4]。

本文及随后的有关文章将对冗余结构的基础部分——生长冗余(主要包括植物体的根部、茎叶部及花部等部位的冗余)进行实验证明,在此基础上分析植物生长冗余与水生群落或陆地群落的稳定性之间的关系,以期从冗余角度对 Hutchinson 所谓的“paradox of the plankton(浮游生物的悖论)”和群落稳定性的产生与维持提供新的剖析思路。

1 冗余理论

冗余(Redundancy)的概念最初来源于自动控制系统可靠性理论。在生态学中,冗余则是指生命系统中两种或两种以上的元件或组分具有执行同一功能的能力^[2]。特别是指那些平时吸收能量很少,处于非工作状态或半工作状态的组分。它们在正常工作元件失效的情况下“填补空缺”,替代执行失效元件的功能。从定义可以看出,由于多个组分具有执行同一功能的能力,某一个组分的失效不会造成整个系统的功能失效。在群落中,这显然意味着具备冗余结构的群落具有高稳定性。

冗余还表现在生命系统中的不同层次上^[1]。如植物体器官的生长冗余、种群内的遗传结构冗余、群落中的物种冗余以及结构层次冗余等等。其中,植物体的器官生长冗余易于观测和研究,也是后几种冗余存在的基础。所以,以生长冗余为例进行冗余研究比较可行。

值得注意的是,冗余之间除具有相同功能以外,往往在其他方面存在着明显的差别。如同功能种团(Guild),它们占据相似的生态位,属于群落中的物种冗余,却常常是分类地位极远的两个种。除了在群落的能量流动中互为冗余外,它们没有任何相似之处。这一点在以前的冗余研究中都被严重忽略了。

2 研究方法

2.1 实验材料

凤眼莲(*Eichhornia crassipes*)属于典型的大型水生植物,是水生群落中常见的优势种。其根系为须根系,植株常漂浮于水面,除根系以外的茎叶花等部位都露出水面(只在发育后期,花萼弯曲将花序拉入水中)。有的生长在浅水水域的凤眼莲根系也扎入底泥。凤眼莲的繁殖方式主要为依靠发达的匍匐茎和匍匐茎上庞大根系进行的无性分蘖。研究凤眼莲根系的生长冗余对于认识其强大的繁殖力、竞争力和优势地位具有很大意义,同时可为退化水生生态系的恢复以及群落生物多样性的保护提供理论参考。

本实验所用凤眼莲采自同一母株上分蘖而出的大小、长势相似的萌株。萌株的叶片数大致相等。

2.2 实验方法

2.2.1 单株实验 取 3 凤眼莲植株依次放入 3 个盛水玻璃缸内。经 1 个星期的生长后,分别对 3 株植株进行 1/3、1/2、2/3 根系的剪除处理。再观察三者的生长状况。

2.2.2 同种群实验 在生长稳定的凤眼莲种群中,均匀放入 3 株实验用凤眼莲。待其生长稳定(2 星期后),分别进行 1/3、1/2、2/3 根系的剪除处理。观察其生长状况。

2.2.3 与黑藻共存的小群落实验 在生长稳定的黑藻(*Hydrilla verticillata*),一种常见的沉水植物,种群中均匀放入 3 株凤眼莲。待生长稳定后,同以上分别进行 1/3、1/2、2/3 根系的剪除处理。观察三者的生长状况。

3 结果与分析

经过 1 星期的稳定生长,去除根系的凤眼莲植株均发生叶片枯萎现象,且都为老叶。其原因是不同程度的根系去除必定会或多或少地影响到植株的营养吸收,代谢能力弱的老叶因得不到足够营养而饿死。

实验植株在数据上明显的生长和繁殖方式上的差别:单株生长的凤眼莲萌蘖发达,没有有性繁殖;而后两个实验中,凤眼莲几乎无分蘖,主要营有性繁殖。这一现象与前人的工作相吻合^[5]。

3.1 单株实验

根部去除 1/3 的凤眼莲植株没有明显的生长减弱且无新根萌发;根部去除 1/2 的凤眼莲植株也无明显的生长衰弱,但却萌生有大量新根系;而去除了 2/3 根系的凤眼莲植株生长缓慢,长势很弱。可以认为,凤眼莲植株大约存在着 1/3 左右的根系对正常生长的植株而言是冗余根系。而 1/2 根系被去除时生长虽无明显减弱,却引起了大量新根系的萌发。这说明根系去除量较大时(少部分根系冗余也被去除),剩下的冗余根系虽能满足植株的生长要求,植株也发展新根系以补充损失的冗余量实现“冗余补充(Redundancy recruitment)”。去除 2/3 的根系对植株来说已是典型的灾难性破坏了,不仅冗余部分,大多数旺盛生长着的根系也遭去除。剩余根系不能负担生长所需又无力发展新根系,植株的衰弱在所难免。

3.2 同种种群实验

实验的 3 株凤眼莲均未见分蘖,但有开花。根系去除一半的植株其新根系的萌生量没有单株凤眼莲的新根量多,可见,群体中凤眼莲植株的冗余程度要强于单株生长的凤眼莲。

3.3 与黑藻共存的小群落实验

凤眼莲的变化与同种种群实验中的变化基本相似,但萌生的新根少而极长,与其它两组实验中萌生的放射状须根长势明显不同。其原因是由于黑藻的沉水生长使得水体空间有限,凤眼莲根系不能成须根状占据水平方向上的地盘,只能向深处发展(表 1、图 1 和图 2)。

表 1 不同生境中的凤眼莲经不同根系剪除处理后的生长情况

Table 1 The growth of *Eichhornia crassipes* in different habitats after different root-removal

根系处理 Root-removal	单株生长 Solely lived	同种种群 Lived in same race population	与黑藻共存 Coexist with <i>Hydrilla verticillata</i>
去除 1/3 1/3 removed	生长正常,有萌蘖,无新根 Normal growth, sprout, no new root	生长正常,开花,无新根 Normal growth, flower, no new root	生长正常,开花,无新根 Normal growth, flower, no new root
去除 1/2 1/2 removed	生长正常,有萌蘖及大量新根 Normal growth, sprout, much new root	生长正常,开花,有新根 Normal growth, flower, some new root	生长正常,开花,较多极长的新根 Normal growth, flower, some new long root
去除 2/3 2/3 removed	生长显著衰弱,无新根 Weaken growth, no new root	生长缓慢,有少量新根 Declined growth, litter new root	生长缓慢,有少量极长的新根 Declined growth, litter new root

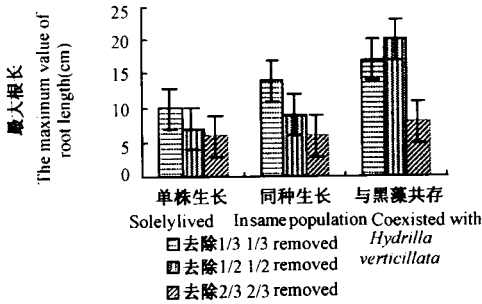


图 1 不同生境中的凤眼莲在不同根系去除处理后的最大根长

Fig. 1 The maximum length of root after different root removal to *Eichhornia crassipes* lived in different habitats

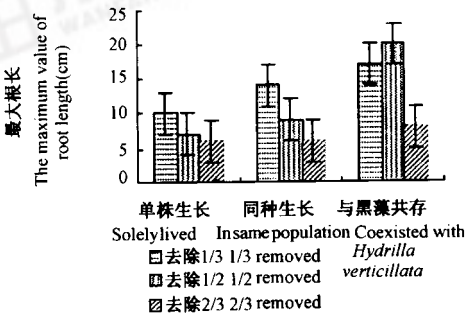


图 2 不同生境中的凤眼莲在不同根系去除处理后的根量

Fig. 2 The approximate root quantity after different root removal to *Eichhornia crassipes* lived in different habitats

4 讨论

4.1 根系生长冗余与竞争力

“生态学的根在于根之生态学(The roots of ecology are in the ecology of roots)”^[6],这句话一针见血地指出了根系研究在植物生态学中的重要地位。多年来,对于植株根系的固着支持功能、营养吸收与转化功能以及在竞争中的特殊作用等方面的生理与生态学研究一直都是植物学领域的热点^[6~11]。

在水环境中,由于营养元素多溶于水而易于被植物体吸收,根系的营养吸收功能不再重要而更主要地表现在固着并支持植株上。大型水生植物大多是植株粗大而缺乏纤维素,再加上水体中的扰动多为水平方向,因而大型水生植物的根系多为成放射状生长的须根系。对于象凤眼莲之类茎部高度退化缩短的植物,根系的这种固着支持功能显得尤为重要。另一方面,由于漂浮植物只有根系位于水中(挺水植物的根系扎入底泥中;沉水植物是整个植株均处于水环境),根系直接面临着水体中众多浮游生物以及其它大型水生植物根、茎,有时甚至还有叶的竞争。所以,根系是竞争的焦点。水环境中的大型水生植物,特别是凤眼莲往往是水生群落中的优势种,它们是如何在竞争中保持优势的呢?实验结果表明,根系的生长冗余是其加强竞争力的一个重要途径。

根系生长冗余增强植株竞争力的作用可从以下两个方面窥见一斑:

① 冗余根系能占据更多的地盘与资源,是占领新领域和加强竞争优势的有效方法。不论根系生长是在水平方向(须根系),还是在垂直方向上(直根系),庞大的错综复杂的根系都能占据很大的一片水域,别的生物很难侵入其间。如果根系能分泌化感物质(凤眼莲正是典型的这种植物),根系的竞争排除能力将更为强大,使得邻近区域极少有其它生物的存在。在与黑藻共存的实验中,发现凤眼莲根系大多呈伸长生长外,有部分呈缠绕状围绕于黑藻植株周围。相信这与两者间的竞争有关。

② 冗余根系使得植株在遭到竞争抑制或扰动受损的情况下继续维持正常活力。在受损较小的情况下,植株依靠冗余而不必进行伤口恢复和器官再生就可很快回到正常生活活力。如果受损影响到了冗余,植株也会及时进行自我修复,保持足够的冗余量(见 3.1)。这种有效的“替代”与“补偿”对策显然对激烈的竞争极为有利。

4.2 生长冗余与植株稳定性

自然环境,尤其是稳定性较高的水环境中破坏程度极大的灾难性扰动并不多,最为常见的是各种各样的程度较轻的小扰动。如不停变动的水位、水温、pH 值以及众多游来游去的藻类、菌类等微生物和浮游动物的感染与采食。因而,如何有效而节约地应付随时随地出现的小扰动,以保证植株在扰动影响下仍稳定生长成了植物面临的重大问题。

最为有效的方法也许是既具有强大的生长能力,又拥有旺盛的繁殖力。这使得植株必须将有限的能量同时投入到旺盛的生长与繁殖努力中。从资源配置来说,这是不可能的。即使是在某一个方面,如生长方面长期投入巨大能量都是不节约的。况且,应付小扰动本身并不需要太多的能量,植株若依靠经常性的器官修复与再生来应付小扰动实在是一种能量浪费。

长期进化选择的过程中,有效而节约的生长冗余似乎成了植物的唯一选择。

冗余根系虽然表面上看是浪费了能量,但在扰动使某部分根系功能失效之后仍能维持整个根系的正常功能,保证了植株在耗能很少的情况下一旦受到竞争抑制或扰动损伤后能够维持活力并很快恢复正常生长,从而提高了植株稳定性。这的确是一个既有效及时,又非常节约的途径。

不同群体中的去除实验结果证明:凤眼莲的根系冗余在群体中比单株生长时更为强大。这进一步证明了根系冗余是凤眼莲的竞争“王牌”。在群落中,植株面临着更为严酷的种间资源竞争和更多的随机干扰,发展更大的生长冗余是保证植株稳定生长和存活的一个有效手段。

4.3 冗余与生物多样性

虽然都有“多”的涵义,冗余和生物多样性的差别是十分明显的。其最大的不同在于同一冗余之间具有相同的功能,而生物多样性则是不同性质的生命系统的不同的、不相似的属性^[4]。虽然两者的涵义并非完全一致,但鉴于冗余存在的多层次性以及冗余内部之间也存在着差别(除了两者具有相同的功能外),本文

还是认为群落中的冗余与生物多样性包涵的内容基本相同。

群落生物多样性是生态学研究的核心问题,也是充满争议的一个领域。Hutchinson 于 1961 年指出的“浮游生物的悖论”尤其指出了水生群落中存在着令人费解的生物多样性。当前解释生物多样性的一个流行理论是“中度干扰学说”,其核心思想为:中等强度的干扰能使群落维持最高的物种多样性。但是,中度干扰是怎样产生高物种多样性的呢?以前的研究从群落演替的角度分析,认为中度干扰使得群落处于演替中期,而演替中期阶段是一个物种多样性比演替早期和后期都要高的阶段。其实,中度干扰造成高物种多样性还有更深层次的原因。

在本文实验中,3 种不同程度的根系去除象征着对凤眼莲植株 3 种不同的扰动强度。实验结果表明:小扰动(根系剪除 1/3)未影响植株的正常生长与发育,植株几乎没有发展明显的新根;高度扰动(根系剪除 2/3)破坏了比根系冗余程度更大的根系量,导致整个根系的功能失效,使植株丧失生长活力;只有中度扰动损害了部分冗余根系却未破坏整个根系的功能,植株能重新发展新根以实现“冗余补充”。由此可以发现,中度干扰促进了具有生长冗余的器官的大量发生。从群落水平来看,中度干扰也因之促进了群落冗余组分(主要包括冗余物种)的再生。物种多样性由此发生。

虽然这里讨论的是两个物种共存的小群落中的生长冗余与生物多样性间的关系,但所得到的结论具有更为广泛的应用范围。当然,这也必须通过以后更多更精确的实验,尤其是野外考证来确定,并希望有更多的学者对这一问题作进一步的探索。

4.4 自然选择的真正对象

生物进化的实质是生命系统各层次上的不同性状与特征被环境所选择。从这个意义上说,自然选择的对象就是不同的性状,而这不同的性状恰恰正是生命系统各层次,包括分子、生物个体、种群、群落等,普遍存在的“冗余”。具体地说,对于分子水平有遗传密码冗余和基因表达冗余;对于植株是各器官的生长冗余;对于种群是遗传结构冗余和个体冗余等;对群落则是物种冗余(同功能种团)、结构冗余及层次冗余等。也正是因为冗余的多层次性,自然选择也作用在多个层次上。因而,自然选择和进化在基因、个体、种群、群落(群落进化也即群落演替)等诸多层次上反映出来,也就不足为奇了。1995 年香山科学讨论会上,陈均远等人提出的“广义演化论”也指出“生命系统从分子、细胞、个体、种群、群落以至于整个生物圈各个层次都存在有相当的演化机制”^[12]。

由于冗余与生物多样性的相关性,从宏观上看,“自然选择和进化在冗余基础上发生”也是“自然选择和进化在生物多样性的基础上发生”。这否认了普遍认为的“多样性是进化的结果”的观点,深化了人们对于进化与生物多样性之间关系的认识,为重新全面研究进化与多样性之间的关系给予了重要的理论指导。现在并无有力的证据证明“自然选择和进化在生物多样性的基础上发生”,两者间的关系至少是互为因果的辩证关系,多样性并非仅仅是进化的结果。而这种关系的基础正是生命系统各个层次上的冗余结构。

植物的生长冗余在很大程度上还表现在除根系以外的枝、叶、花等器官上。正是由于植物的诸多器官的生长冗余才共同构成了更高层次的冗余,从而促进了生物多样性和群落稳定性的产生和维持。关于枝叶花等器官的生长冗余,尤其是花冗余(即开花不育)和雌雄性比率对维持生物多样性和群落稳定性的作用,将在以后的研究中陆续报道。

参考文献

- [1] 党承林. 植物群落的冗余结构——对生态系统稳定性的一种解释. 生态学报, 1999, **18**(6): 665~671.
- [2] Odum E P. *Basic Ecology*. Philadelphia: Saunders College Publishing, 1983. 46~155.
- [3] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grassland. *Nature*, 1994, **367**: 363~365.
- [4] Solbrig O T. Biodiversity: scientific issues and collaborative research proposal. MAB Digest 9. UNESCO. Paris. 1991, 39~49.
- [5] 郭友好, 陈家宽. 水生被子植物的繁育系统与进化. 水生生物学报, 1998, **22**(1): 79~85.
- [6] Sen D N. *Environment and root behavior*. Geobios International, Jodhpur, India.

- [7] Racette S, Louis I & Torrey J G. Cluster root formation by *Gymnostoma papuanum* (Casuarinaceae) in relation to aeration and mineral nutrient availability in water culture. *Canadian Journal of Botany*, 1990, **68**: 2564~2570.
- [8] Turnbull M H, Schmidt S & Erskine P D. Root adaptation and nitrogen source acquisition in natural ecosystems. *Tree Physiology*, 1996, **16**: 941~948.
- [9] Skene K R, Raven J A & Sprent J I. Aspect of cluster root development in *Grevillea Robusta* (Proteaceae). II. Development of the endodermis in a determinate root and in an indeterminate, lateral root. *New Phytologist*, 1998b, **138**: 733~742.
- [10] Dinkelaker B, Hengeler C & Marschner H. Distribution and function of proteriod roots and other root clusters. *Botanic Acta*, 1995, **108**: 183~200.
- [11] Skene K R. Cluster roots: some ecological considerations. *Journal of Ecology*, 1998, **86**: 1060~1064.
- [12] 陈均远. 寒武纪大爆发和对进化论的新认识. 大自然, 1998, (6): 44~45.
- [13] 原保忠, 王 静, 赵松岭. 植物补偿作用机制探讨. 生态学杂志, 1998, **17**(5): 45~49.
- [14] 赵发清. 作物生长冗余和生命体的节约原则. 生态学杂志, 1996, **15**(1): 32~34.
- [15] 张大勇, 姜新华, 赵松岭, 等. 半干旱区作物根系生长冗余的生态学分析. 西北植物学报, 1995, **15**(5): 110~114.
- [16] 李 话, 张大勇. 半干旱区春小麦根系形态特征与生长冗余的初步分析. 应用生态学报, 1999, **10**(1): 26~30.
- [17] 党承林, 黄瑞复. 生态系统的冗余与营养结构模型. 生态学杂志, 1997, **16**(4): 39~46.
- [18] 党承林. 也谈作物的冗余. 生态学杂志, 1998, **17**(4): 70~74.
- [19] 李 伟, 钟 扬. 水生植被研究的理论与方法. 武汉: 华中师范大学出版社, 1992.
- [20] Morin P J. Functional redundancy, non-additive interactions and supply dynamics in experimental pond community. *Ecology*, 1995, **76**: 133~149.
- [21] 倪乐意. 大型水生植物. 见: 刘建康主编. 高级水生生物学. 北京: 科学出版社, 1999. 224~230.

《生态学报》2002 年征订启示

《生态学报》是中国生态学会主办的综合性学术刊物,创刊于 1981 年。主要报道生态学各领域(动物生态、植物生态、微生物生态、农业生态、森林生态、草地生态、土壤生态、海洋生态、淡水生态、景观生态、区域生态、化学生态、污染生态、经济生态、系统生态、城市生态、人类生态等)的学术论文;特别欢迎能反映现代生态学发展方向的综述性文章;创造性研究报告和研究简报;生态学理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。为促进学术、科研信息的交流,欢迎踊跃投稿。

《生态学报》多年来受到广大读者的欢迎和赞誉。为进一步适应生态学学科发展和学术交流的需要,本刊自 2001 年起由双月刊改为月刊,以加快出版周期,使《生态学报》更好地为国内外从事生态学研究的科技工作者、广大干部及高等院校师生服务。

《生态学报》自 2001 年起为月刊,每期 176 页,信息容量约 35 万字。期定价 20.00 元,年定价 240.00 元。望广大读者互相转告,以便及时订阅。

《生态学报》编辑部地址:北京海淀区双清路 18 号,邮政编码:100085,电话:(010) 62941099

E-mail:Shengtaixuebao@sina.com 或 Shengtaixuebao@mail.rcees.ac.cn

本刊邮发代号:82-7,全国各地邮局均可订阅。

欢迎订阅! 欢迎投稿! 欢迎刊登广告!

万方数据