

## 伊乐藻等几种沉水植物的生物量 和生产量测定以及竞争态势试验

胡 耀 辉

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

**提要** 对1993—1995年在东太湖边池塘中进行的伊乐藻等几种沉水植物的生物量、生产量测定以及竞争态势试验结果进行了分析,阐明了因收割方法不同,水草的单位面积产量及营养物质不同;并以中位刈割方法为最佳;在竞争试验的环境条件下伊乐藻是优劣势种。

**关键词** 沉水植物 生产量 竞争

伊乐藻 *Elodea Nuttallii* 是一年生高等沉水草本植物,不仅营养丰富,鱼的适口性好,而且生长迅速,产量高。在东太湖区,植丛都能长到水面,越到上部分枝越多,植丛的生物量分布呈现出所谓“倒三角形”型式,在水的上层连成片。东太湖渔民收割其他水草用名谓牛头刀,刀口与泥面保持一定距离,被割的植物尚有再生能力。而收割伊乐藻是用两根竹竿插入伊乐藻植丛中,两手同时转动两根竹竿,伊乐藻则连株带根绕缠在两根竹竿上,我们称它为“绞收”。这种绞收方法,虽然一个人就可以作业,劳动强度小,收获量大,但当年的再生能力极小,甚至影响第二年植被的恢复。就是说每年的生产量最多相当于生物量。

杨清心等<sup>[1]</sup>在东太湖进行伊乐藻引种试验时已经注意到,在人工栽培条件下一年四季都能正常生长,但在自然条件下,东太湖伊乐藻表现出以年为周期的生长节律,夏季高温时生长停滞,进入休眠状态,至秋季再度生长,形成新的群落。可见,只要在人工管理的条件下,合理收割,伊乐藻的生产潜力是很大的。

伊乐藻盛长期的季节早于其他水草,最大生物量往往出现在6月中、下旬。但东太湖渔民在4月开始刈割伊乐藻,加上不合理的“绞收”刈割方式,强化了对伊乐藻的采收压力,也阻抑了伊乐藻分布区的进一步扩大,制约了伊乐藻生产能力的进一步提高。

湖泊围栏养鱼面积不断扩大,草食性鱼类的产量不断提高,以东太湖为例,除了湖区大量围栏养鱼需要捞取大量水草,湖周围大量内塘养鱼每天有众多船只入湖打捞水草,据统计,仅经茭白港闸口进入湖区捞水草的船只达80只/天以上。湖中水草面临着求大于供的压力。因此,除了引入国外生长繁育能力强、营养丰富水生高等植物外,如何掌握植物的生长规律,采取合理的采割方法和采割时间,也是提高湖泊水生高等植物产量的必要手段。“伊乐藻—草鱼圈养人工复合生态系统建设”课题,其中就有以伊乐藻种植为中心,提高伊乐藻产量的研究任务。为此,我们以伊乐藻为主,再包括东太湖的优良沉水植物——黑藻 *Mydrilla verticillate* 和微齿眼子菜 *Ptilamoyeton maackianus*,通过不同的刈割方法比较,了解它们的生物量和生产量。还同时进行了伊乐藻与其他几种沉水植物的竞争态势试验。

由于该研究在湖中很难操作和做到量化,所以试验安排在湖边的两个池塘和两个水泥池内进行。每一种植物试验期间至少一周年。

## 1 材料与方 法

### 1.1 四种沉水植物的主要生物学特点

**伊乐藻:**雌雄异株,属一年生沉水草本植物。植株鲜绿柔嫩,茎节上的叶腋内可分生新枝,有时还伴有细线状不定根;叶无柄,三枚轮生,枝株呈倒圆锥形分布。适应性强,人工栽植易成活。1986年引入的是雄性植株,所以东太湖的都是营养繁殖的群体。主要分布在近岸水位较浅的区域,株高50—150cm。在东太湖自然条件下,伊乐藻以年为周期的生长规律,夏季高温生长停滞,进入休眠状态,秋季再度生长,形成新的种群。本试验完全用植株剪断后栽植形成伊乐藻种群。

**黑藻:**雌雄异株,一年生草本沉水植物。具有性和无性两种繁殖方式,花果期为夏秋季。每年秋末在各小分枝的顶端会产生冬芽。冬芽圆形,脱离母体后沉入湖底越冬,翌年春萌后形成新的植株;黑藻枝条被折断离开母体后一旦沉入水底着泥,也能发育成新植株。本试验完全用植株剪断后栽植形成黑藻种群。

**微齿眼子菜:**多年生草本沉水植物。根系发达,植株丛生、喜温暖,到冬季整个植株枯黄,枯死的叶片到翌年3、4月会大量脱落,枯茎逐渐倒伏。春季后水温上升,贴底的枝条节间萌生根系、开始抽发新植株。贴伏底泥越冬的枝条每间隔3cm左右就会抽发萌生一新的幼小植株,每根贴泥枝条一般可抽发出5至8枝新植株。因此,微齿眼子菜的种群结构中,有多年的老植株,也有当年新生的植株。微齿眼子菜的开花结果期一般在6—9月,8—9月为结果盛期,9—10月间,其生物量达到最大值,12月开始停滞生长。微齿眼子菜也可无性繁殖。本试验用移栽方式形成种群。

**金鱼藻:**雌雄同株,具有性和无性两种繁殖方式;9—10月其成熟的果实脱离母体后沉入水底越冬,待翌年春季萌发新的植株。本试验用移栽方式形成种群。

### 1.2 伊乐藻、黑藻和微齿眼子菜的生物量与生产量试验

在东太湖边选定一池塘,长56m,宽17m,深1.5m,按需要调控水深。用较密的胶丝窗纱网将该塘分隔成3个区,每个区再用塑料薄膜分隔成面积相等的16个小格,伊乐藻区每小格面积为8.96m<sup>2</sup>,轮叶黑藻区和微齿眼子菜区中的每个小格面积均为4.48m<sup>2</sup>(图1)。塑料薄膜高30cm,插入泥面下15cm,以防止小格之间植物互相渗透影响精度。

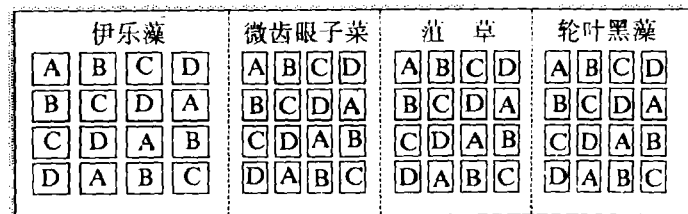


图1 三种水草生物量与生产量试验设置

Fig. 1 Topological design of experiment of biomass and annual production of 3 submerged plants

每种水草按 A、B、C、D 分四组, A 组采用中位刈割法收割, B 组采用底部(泥面以上 5cm 左右处)刈割法收割, C 组采用渔民惯用的用两根竹竿“绞收”收割。D 组为最大生物量即对照组。为尽可能消除地块间的底泥肥力、光线、土壤结构等因子影响, A、B、C、D 四组都以拉丁方布设。

1993 年 4 月 8 日, 在试验池塘分别插植和移栽伊乐藻、黑藻和微齿眼子菜。同一种水草在每小格中所插植和移栽的鲜苗量尽量相等, 伊乐藻区每小格栽植鲜苗量为 2.5kg, 黑藻区每小格栽植鲜苗量为 1.5kg, 微齿眼子菜区每小格移栽苗量为 2kg。等插植或移栽的苗成活后, 检查每小格中是否均匀, 如不均匀再用补栽方法使其均匀后开始实验。

每种水草除 D 组对照组外, 其余 A、B、C 各组均是当水草长达水面时进行收割, 各组收割次数取决于复长情况。

### 1.3 伊乐藻、黑藻、微齿眼子菜和金鱼藻的竞争态势试验

在东太湖边选定两个面积均为 25.5m<sup>2</sup> 的水池, 水池深 1m, 池中水通过水泵从东太湖泵入, 水深一般控制在 90cm 左右。

试验从 1994 年 4 月 21 日开始, 采用临界法和混合法两种方案同时进行。

(1) 临界法: 按图 2 所示布设, A、B、C、D 四个区分别同时插植伊乐藻、黑藻、微齿眼子菜和金鱼藻。插植密度尽可能一致。各区之间不设置任何分隔物, 四种水草之间边界用悬于水面上的拉绳作标记。

(2) 混合法: 即四种水草等量混合插植。先将选择好的四种水草鲜苗切成 20cm 长, 然后称取各种水草 2.5kg, 混合均匀, 插植于第二号水池中。

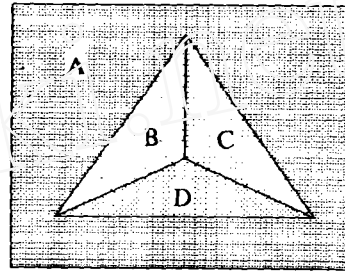


图 2 伊乐藻等几种沉水植物竞争态势临界法设置  
Fig. 2 Topological design of competitive growth experiment of the four submerged plants

## 2 结果与讨论

### 2.1 伊乐藻等三种水草生物量与生产量试验

因收割方法不同, 三种水草的单位面积产量差异较大, 其中均是中位刈割法所获得的鲜草量最多(表 1)。一年内获得的鲜草总量(刈割后洗净并用洗衣机甩干筒转动 30 秒称量)分别为: 伊乐藻 5.88kg/m<sup>2</sup>, 黑藻 4.48kg/m<sup>2</sup>, 微齿眼子菜 4.7kg/m<sup>2</sup>。根据 Logistic 种群最大增长原理, 要维持种群的持续高速生长发育, 其种群密度或生物量宜保持在 50% 的容量。中位刈割法保持了水草快速再生发育所需的生物量, 使得一年中收割次数多, 产量大。伊乐藻可刈割 4 至 5 次, 黑藻和微齿眼子菜可刈割 2 至 3 次。采用当地渔民惯用的“绞收”方法, 所获产量最少, 还不及最大生物量。一年中伊乐藻仅为 2.34kg/m<sup>2</sup>, 黑藻仅为 2.23kg/m<sup>2</sup>, 微齿眼子菜仅为 2.6kg/m<sup>2</sup>, 分别比最大生物量少 47.8%、64.6% 和 19.2%。同中位刈割法比较, 三种水草一年内单位面积生产量分别少 151.3%、100.9% 和 80.7%。“绞收”法之所以单位面积产量如此低, 主要原因除了过度采收了植物再生所需的生物量外, 还在很大程度上损坏了植物根系及新的生长点, 严重破坏了植物再生能力。绞收期越早, 破坏程度越大, 产量也越低。结果表明, 只要改进水草的收割方法, 在面积相同的条件下, 每年可增加一倍的鲜草量。

表 1 最大生物量及不同收割方法的产量

Tab. 1 Peak biomass and annual production by different means of harvest

种 类	伊乐藻			黑藻			微齿眼子菜		
	中位刈割	底部刈割	绞收	中位刈割	底部刈割	绞收	中位刈割	底部刈割	绞收
年内收割次数	4	2	2	3	2	1	2	2	1
年内鲜草产量(kg/m <sup>2</sup> )	5.88	3.75	2.34	4.48	3.78	2.23	4.7	3.87	2.6
最大生物量(kg/m <sup>2</sup> )	3.46			3.67			3.1		

收割方式因收割植物体的部位不同,鲜草的营养成分含量也不同(表2)。将三种收割方法所获得的植物鲜草量及营养成分含量推算出蛋白质和脂肪的总量进行比较,也都是以中位刈割法所获的量最多,其次是底部刈割法,“绞收”法最少(表3)。

表 2 不同收割方式收割的植物体中营养成分

Tab. 2 Nutrients composition of plants in different means of harvest

种 类	收割方式	含水量(%)	占干物质百分比(%)				
			粗蛋白(%)	粗脂肪(%)	粗纤维(%)	灰分(%)	无氮浸出物(%)
伊 乐 藻	中位刈割	89.1	23.37	2.03	23.12	18.05	33.43
	底部刈割	83.18	20.15	2.88	26.63	17.86	32.48
	绞 收	82.86	19.96	2.46	26.71	17.66	33.21
黑 藻	中位刈割	86.86	20.46	3.75	27.12	18.51	30.16
	底部刈割	84.62	20.14	2.54	29.15	18.46	29.71
	绞 收	84.2	19.36	2.61	29.63	19.46	28.94
微齿眼子菜	中位刈割	88.42	16.55	2.62	18.52	20.56	41.75
	底部刈割	87.74	17.1	2.71	20.16	21.09	38.94
	绞 收	84.25	17.27	2.73	21.62	21.83	36.55

表 3 不同收割方法获得相当于蛋白质和脂肪量的比较 单位:g/(a·m<sup>2</sup>)

Tab. 3 Annual output of protein and lipids of plants by different means of harvest

种 类	伊乐藻			黑藻			微齿眼子菜		
	中位刈割	底部刈割	绞收	中位刈割	底部刈割	绞收	中位刈割	底部刈割	绞收
蛋白质	150	127	80	90	81	71	121	117	68
脂 肪	13	18	10	14	13	11	22	15	9

综上所述,无论是鲜草产量还是营养物质产量,比较结果,三种水草都以中位刈割法为最佳,是值得推广的收割方法。

## 2.2 伊乐藻等四种沉水植物竞争态势

### 2.2.1 临界法

1994年6月10日观测,伊乐藻和黑藻生长快,种群密度大,植株高;微齿眼子菜和金鱼藻长势不如前两种。但相互之间的界面清楚,没有出现侵入现象。6月19日观测,黑藻和伊

乐藻已长至水面,密度很大,在界面处都明显侵入到金鱼藻和微齿眼子菜的种群区域内。伊乐藻和黑藻之间没有侵入现象。7月10日,伊乐藻和黑藻不仅在界面处侵入微齿眼子菜和金鱼藻种群中深入达20—35cm,而且在微齿眼子菜和金鱼藻的种群区域中部有伊乐藻和黑藻丛。到8月14日,微齿眼子菜和金鱼藻区大部分被伊乐藻和黑藻取代,覆盖度达80%以上。伊乐藻和黑藻之间仍未出现互侵现象。9月15日,分别在微齿眼子菜和金鱼藻原种群区域中随机抽样一平方米,底部刈割后分离出各种水草鲜重分别为:微齿眼子菜种群区计有微齿眼子菜355g、伊乐藻1350g、黑藻550g;金鱼藻种群区计有金鱼藻510g,伊乐藻1050g,黑藻595g。伊乐藻比黑藻侵入性强、侵入面大。

一年后的1995年,各种水草都经过了一次生长发育期和休眠期,它们的竞争态势已成格局。1995年7月18日,整个种植区乃至整个水池全部生长伊乐藻,其它三种水草基本不存在。分别在四种水草的原种植区A、B、C、D中(图2)拔收1.5m<sup>2</sup>,获得的鲜草全是伊乐藻,分别为8.45kg、5.5kg、5.75kg和5kg。

### 2.2.2 混合法

1994年6月8日,测定四种水草株高分别为:伊乐藻55—65cm、黑藻62—78cm,微齿眼子菜37—40cm,金鱼藻未见增长。6月19日,从水面上测定各种水草覆盖度,黑藻最大,达55%左右;其次是伊乐藻,达30%左右,微齿眼子菜约5%,金鱼藻从水面上难以看到。

6月22日,用底部刈割法随机抽样1m<sup>2</sup>,分离后称得各种水草鲜重分别为:伊乐藻320g、黑藻815g、微齿眼子菜31g,金鱼藻10g。8月12日,在未刈割处再随机取样1m<sup>2</sup>,分离称鲜重,伊乐藻640g,株高68厘米;黑藻1050克,株高78厘米;微齿眼子菜150克,株高41cm;金鱼藻35g,株高28cm。在植物群落中,黑藻占一定优势。

至9月15日,在6月22日刈割的那一处植物已恢复,生物密度和植株高度与未收割处的一样。再次从底部刈割,分离后称得鲜草重分别为:伊乐藻845g,株高70—75cm;黑藻1005g,株高70—75cm;微齿眼子菜295g,株高55—62cm;金鱼藻150g,株高40—45cm。显然,经过刈割后,恢复能力伊乐藻和黑藻强于微齿眼子菜和金鱼藻。

一年后的1995年,试验池基本被伊乐藻覆盖,其它三种水草几乎不存在。1995年7月18日,随机取样两处,各1m<sup>2</sup>,获鲜草全是伊乐藻,分别为8.75kg和8.1kg。

两种试验结果表明,4种水草中数伊乐藻竞争力最强。黑藻在其生长旺期,空间竞争能力和伊乐藻比较,难分强弱,但经过冬季休眠期后,翌年复萌再生时,其竞争力远不如伊乐藻。笔者认为主要原因有二:一是伊乐藻在适宜条件下,增长迅猛,6月至8月期间,伊乐藻的日平均伸长达1.9cm,最大伸长速度可达3—4cm/d<sup>[1]</sup>。如此快速地伸长使其植株先于其它水草长到上层水面,在光照充足的上层水面大量分枝,形成类似于乔木的倒三角形的生物量垂直分布,在光竞争方面处于明显优势,抑制了微齿眼子菜和金鱼藻正常的生长发育;二是伊乐藻较耐寒,水温5℃即可生长,而轮叶黑藻、微齿眼子菜和金鱼藻等冬季休眠期较长,早春它们还处于休眠期时,伊乐藻已处于生长期。因而,伊乐藻在冬春时空竞争方面占有优势。

以上仅是提供了一个初步的竞争试验结果。在自然状态下,植物间的竞争要比人为设计的复杂得多,这方面的试验还有待深入。

### 3 小结

(1) 收割方法不同会影响水草的年生产量。试验结果表明中位刈割是最佳收割方法,比较收可多产鲜草 1.5 倍左右。

(2) 临界法和混合法两种竞争试验结果都显示伊乐藻在同黑藻、微齿眼子菜及金鱼藻的竞争中是优势种。

### 参 考 文 献

- 1 杨清心,李文朝.伊乐藻在东太湖的引种.中国科学院南京地理与湖泊研究所集刊,第 6 号.北京:科学出版社,1989. 84-91

## TESTING STUDY OF BIOMASS, PRODUCTION AND COMPETITIVE GROWTH OF *ELODEA NUTTALLII* AND OTHER SUBMERGED PLANTS

Hu Yaohui

(*Nanjing Institute of Geography & Limnology, Chinese Academy of Sciences, Nanjing 210008*)

### Abstrcat

The biomass, production and competitive growth of *Elodea Nuttallii* and other submerged plants was studied in a pond by Taihu Lake side during 1993-1995. The study shows that means of harvest affect the production of the submerged plants, cutting its half biomass per time make peak annual output, and *Elodea Nuttallii* is dominant species under the environmental condition of experiment.

**Key Words** Submerged plant, production, competition