

菹草的生活史、生物量和断枝的无性繁殖

陈 洪 达

(中国科学院水生生物研究所)

提 要

菹草是一种比较典型的秋季发芽、越冬生长的沉水植物。在夏季,多数植株衰败死亡, 殖芽则落入水底进入夏季休眠期。春季是菹草群落生物量 and 生产力的高峰期。植株生物量的垂直分布属表层分布型。植株含水量从根部向枝顶逐渐减少, 全株干物质含量的周年测定值平均为风干重=湿重 \times 0.625。水温和植物发育阶段是影响断枝的生根、生长速度和殖芽形成的重要因素。在营养生长阶段,水温3—25 $^{\circ}$ C范围内,断枝均能生根,断枝的相对生长速度为5.49—30.25毫克/克/天。断枝在殖芽形成期均能生长殖芽,但个体较小。

菹草 (*Potamogeton crispus* Linnaeus) 属单子叶植物的眼子菜科 (Potamogetonaceae), 是一种世界性分布的多年生沉水植物。广泛分布于湖沼、池塘、河沟和稻田。菹草的生长时期与大多数水生植物有所不同,冬、春生长良好,对水域的富营养化有较强的适应能力。因此,我们在开展恢复城市湖泊的水生植被以利水质净化的研究时,把菹草列为对象之一,且作为冬、春季节水生植被的主要成分来考虑。为有效地利用这种植物,必须对它的生物学和生态学进行深入的研究。菹草虽然产生有种子,但主要是靠特殊的生殖芽体(以下简称殖芽)^[2,5,7-10]繁殖。至于植株断枝的无性繁殖虽有提及,尚无专门报道。作者在1963—1964年东湖菹草生活史和生物量的调查资料基础上,于1981—1983年着重对菹草断枝生根、生长速度、殖芽形成以及生态学方面进行了研究。

材 料 和 方 法

1963年3月至1964年4月对东湖菹草的生活史和生物量进行了一周年的调查。在菹草群落中的1个断面(第XII断面)上设置9个采集点^[1],逐月测定生物量,并观察其生活史。生物量的测定是采用面积为0.25米²的带网铁钵进行的。植物营养成分的分析由我所化学分析组承担。

菹草植株生物量垂直分布的测定:将生长在东湖湖边池塘中的植株连根拔起,把茎拉直,平放于瓷盘内,从基部算起,每隔10厘米为一段,剪下称鲜重。

菹草断枝生根和生长速度的试验:断枝分为顶枝和中枝,顶枝取自枝条顶部,长7—10厘米,中枝取自枝条上半部中间,长10—13厘米。顶枝和中枝混放于两个直径为25厘米,盛水12升的圆形瓷缸内,对所有断枝均进行编号标记,称重。培养液为东湖自来水,

试验缸置于塑料棚内,每天 8 时和 14 时测量水温,记录断枝生根和殖芽形成情况。试验结束后,称断枝重量,按 $RGR = \frac{1}{W} \cdot \frac{dW}{dt}$ 公式求出断枝的相对生长速率 (RGR)。菹草光合作用的测定是采用黑白瓶测氧方法,在实验室进行。

结果和讨论

(一) 菹草的生活史

根据 1963—1964 年对东湖菹草生活史的观测以及其后多年调查所得的资料(图 1),

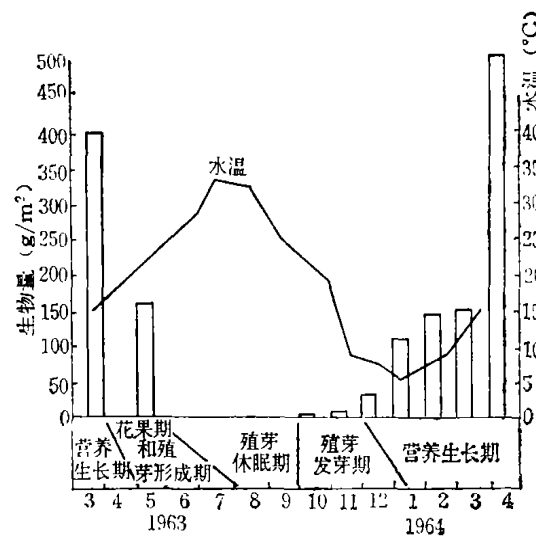


图 1 武汉东湖菹草的生活史和群落生物量的逐月变化

Fig. 1 The life history and monthly changes of biomass of *Potamogeton crispas*

可以看出菹草是一种比较典型的秋季发芽、越冬生长的沉水植物。夏季,多数植株衰败死亡。菹草繁殖主要靠殖芽,殖芽发芽于 10 月初(湖边水沟内的殖芽发芽于 9 月中旬),平均水温低于 23°C。随着水温下降,殖芽的发芽率提高,发芽最适时间为 10 月底到 11 月初,平均水温 20°C 左右。发芽时间可延长到次年 1 月。生长速度以 10—11 月和 3—4 月较快。3 月下旬至 7 月为开花结实期和殖芽形成期。殖芽成熟后落入湖底,7—9 月,水温 25—33°C,殖芽在湖底度过夏季休眠期,大多数植株逐渐衰败死亡。根据 Rogers 等 (1980)^[6]和 Kunii (1982) 的报道^[4],水温是影响菹草殖芽休眠和发芽的主要因素,当水温高于 25—30°C 时,殖芽处于休眠状态,低于 20—25°C 时,殖芽发芽。他们的结论与我们的观察结果是一致的。

殖芽成熟后落到湖底,据 1963 年 7—11 月的逐月测定,在菹草群落样地上每平方米的殖芽数从 25.6 个下降到 3.8 个。个体重 0.7—1.1 克(湿重)。据 Kunii (1982) 的引述资料,野外菹草群落中每平方米可采得殖芽 450—2,088 个,甚至在 1 个植株上可生产 23,000 个。1983 年 6 月 24 日,我们对东湖边鱼池中的菹草进行调查,经 3 次取样,测得每 100 克鲜重植株上有殖芽 69—108 个。若按这个数字估算,1963 年东湖菹草群落生物量平均每平方米为 500 克,可能生产殖芽 464 个,但实测殖芽数最高仅为 25.6 个。造成 1963 年

东湖菹草群落中殖芽数量特少的主要原因,是由于5月份殖芽形成初期,菹草植株遭受了严重的虫害,在100克重的植株上竟有400条水生昆虫(摇蚊幼虫),叶片几被吃光,影响了殖芽的生产量;另外,个体小的殖芽也可能被鱼类所摄食。大多数殖芽仅有1个腋芽发芽,在35个殖芽中,第二腋芽发芽率占71%,第三腋芽占17%,第一腋芽占12%。东湖的菹草也产生种子,但尚未发现种子萌发的幼苗。据四川省报道,播种在水田中的菹草种子能于8月上旬发芽¹⁾。

菹草的殖芽(或种子)发芽后,靠匍匐生长的地下茎分枝生成许多新的植株。菹草植株高度一般为2米,有的在3米以上,这与水深有关。菹草的茎枝在水中基本上呈挺直向上分布。对植株生物量的垂直分布测量的结果表明(图2),植株的生物量是从基部向顶部逐渐增大的,且主要集中在植株顶部。我们对长1米左右的植株进行了测定,其在高50厘米以内者,每10厘米的生物量鲜重在0.3克以下,在顶部,则每10厘米鲜重达2克以上。所以在菹草群落中的水下层往往都有较大的水体空间。据Owens等(1967)报道^[5],水生

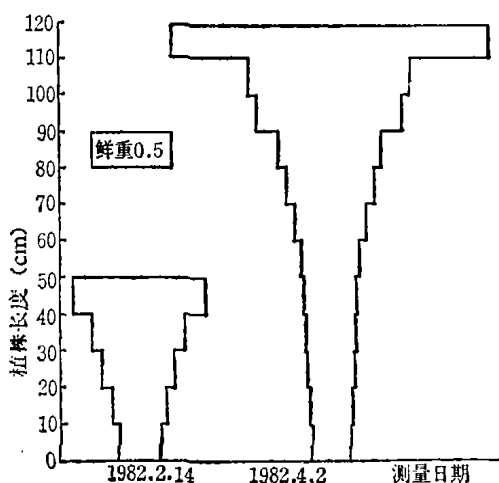


图2 菹草植株生物量的垂直分布

Fig. 2 Vertical distribution of biomass of *Potamogeton crispus*

植物生物量的垂直分布有3种类型,其中有一种类型的生物量大部分是分布于水的表层,如多数的眼子菜科植物。东湖的眼子菜科植物有7种^[1],其中生物量最大的为黄丝草(*Potamogeton maackianus*),其次为菹草。但黄丝草生物量在水中的垂直分布并不是表层分布型,往往是密集在水的中、下层,占据了中、下层水体空间,特别在浅水地区,会给大型鱼类的活动带来不利的影响。而菹草群落则留有较大的中、下层水体空间,有利于水体下层鱼类和其他水生动物的活动。

(二) 菹草的生物量和经济价值

根据1963—1964年对东湖菹草群落生物量的测定资料(表1),群落生物量是以菹草占绝对优势,金鱼藻和聚草等仅占少量。群落生物量和菹草生产量在4月份较高,其平均湿重分别为507.3克和11.05克/平方米/天。生物量和净生产量的低峰期出现在9—10

1) 邓清明, 1981. 围水田种草和蓄草养鱼的初步试验. 四川水产, 3: 43—44.

表 1 菹草群落的生物量 and 生产力 (根据第 XII 断面上 9 个点的测定资料)

Tab. 1 Biomass and productivity of Community of *Potamogeton crispus* (fresh weight)

日 期	群落生物量 (g/m ²)	菹草生物量 (g/m ²)	菹草净生产力 (g/m ² /day)
1963.5.6	168	162	-5.38*
6.5	26	0.7	0.02
7.5	26.7	1.3	-0.04
8.5	6.7	0.2	0.01
9.5	3.5	0	0.01
10.4	1.9	0.2	0.19
11.4	15.3	6	0.79
12.5	35.2	30.6	3.20
1964.1.3	195.7	123.5	0.82
2.4	163.1	149.8	0.05
3.6	170.6	151.3	11.05
4.7	507.3	504.9	

* 由于发生严重虫害,致使生产量下降而出现负值

月。

菹草干物质的计算是根据周年测定数据,即每 100 克湿重植株得鲜重 77.2 ± 6.4 克,每 100 克鲜重得风干重 8.10 ± 1.4 克,因此风干重 = 湿重 $\times 0.625$ 。但植株不同部位的干物质含量是不同的,顶枝烘干物质含量为鲜重的 8.29%,中枝为 6.15%,下枝为 5.58%,根为 4.38%,即植株含水量从根部向枝顶逐渐减小。

菹草具有一定的营养价值,在干物质含量中,粗蛋白质占 26.72%,粗脂肪占 5.48%,粗纤维占 15.78%,无氮浸出物占 35.67%。每克干物质含能量 3,942 卡。

菹草是草食性鱼类的良好食料,也是牲猪的补充饲料和农田绿肥,其殖芽含有比较丰富的核黄素,可作鸭的饲料,有助于蛋黄质量的提高。菹草在受生活废水污染比较严重的水域中亦能茂密生长,是秋季到初夏期间净化水质的主要水生植物。因此,应给予一定的重视,保护其资源。

(三) 菹草断枝的无性繁殖

1. 断枝生根试验 从 1981 年 11 月到 1983 年 5 月,进行了 9 次 18 组断枝生根的试验(表 2, 图 3)。从图表中可以看出,顶枝和中枝的生根率达 50% 的时间分别为 8—24 天和 7—15 天,平均值分别为 16.3 ± 6.5 天和 10.7 ± 3.3 天。生根率达 100% 的时间均不超过 50 天。

水温和植物的发育阶段是影响断枝生根的重要因素,从 9 月到次年 3 月,植物处于营养生长阶段,在早晨平均水温 $3.2-21.2^{\circ}\text{C}$,中午水温 $8.2-24.4^{\circ}\text{C}$ 条件下,断枝生根率均可达 100%。据 12 月 8 日到次年 1 月 18 日所作的顶枝生根试验,每段顶枝有 13 节,多数节上都有腋芽,生根的节数占总节数的 80%,通常每节上生根 2—3 条(图 4)。将已生根的断枝栽种在泥上,均能长成新的植物体。有 3 次 6 组的断枝试验,是在 4—5 月间进行的,试验水温早晨平均为 $19.3-21.9^{\circ}\text{C}$,中午为 $27.7-36.1^{\circ}\text{C}$,所有断枝均未发现生根

表2 菹草断枝生根试验日期、水温和生根所需天数

Tab. 2 Date of experiment, water temperature and days for rooting of the cut branches of *Potamogeton crispus*

编号	枝条部位	试验日期	水温(°C)				生根率达50%的天数	生根率达100%的天数
			早晨	中午	最低	最高		
A	顶	1981.11.9—12.23	8.2	16.3	5.5	23	8	14
B	中	11.9—11.21	8.2	17	5.5	23	7	12
C	顶	12.8—12.30	3.6	12.7	0	16.5	20	22
D	中	12.8—1.3	3.6	11.9	0	16.5	15	26
E	顶	1982.1.7—1.25	3.2	10.1	0	19	11	18
F	中	1.7—1.22	3.2	8.2	0	19	11	37
G	顶	2.16—3.22	7.7	13.2	2	22	24	34
H	中	2.16—3.10	6.8	12.1	2	22	8	22
I	顶	9.22—10.21	21.1	24.4	16	27	13	29
J	中	9.22—10.20	21.1	24.4	16	27	14	28
K	顶	11.10—12.30	7.2	12.8	0	23	22	50
L	中	11.10—12.30	7.2	12.8	0	23	9	50
M	顶	1982.4.20—5.24	19.3	27.7	12.5	36	均不生根,但形成殖芽	
N	中	4.20—5.24	19.3	27.7	12.5	36		
O	顶	4.30—5.24	20.1	28.5	12.5	36		
P	中	4.30—5.24	20.1	28.5	12.5	36		
Q	顶	1983.4.6—4.16	21.9	36.1	19	39		
R	中	4.6—4.16	21.9	36.1	19	39		

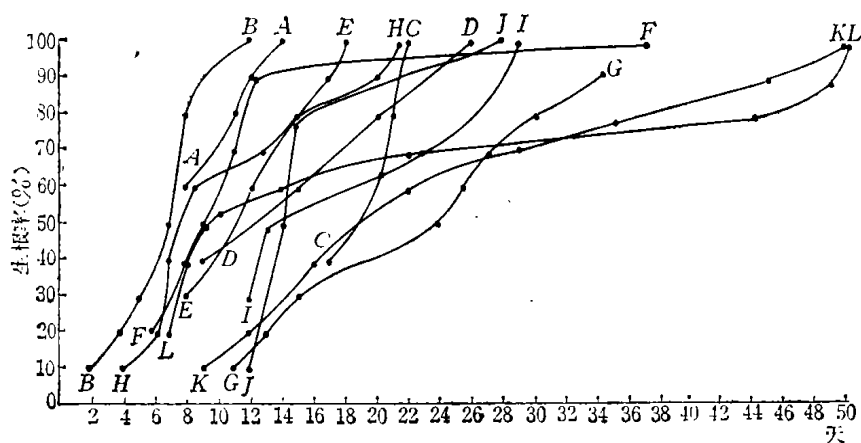


图3 菹草断枝的生根率

Fig. 3 Percentage of rooting of the cut branches of *Potamogeton crispus*

现象,但却形成殖芽。

2. 断枝的生长速度 断枝生长速度的测定资料表明(表3),在枝条从植株上剪下后的24—50天内,用东湖自来水培养,不管生根与否,其重量均有增加,相对生长速度为5.49—30.25毫克/克/天。在4—5月间,早晨水温10—20°C时,断枝的增重速度较快,为

14.72—30.25 毫克/克/天;特别是殖芽形成期,断枝虽然不生根,但顶枝和中枝的增重量均较大。

作者曾对不同年龄的菹草枝条离体后 1 天内的光合作用和呼吸作用进行过多次测定,结果表明它们的毛产量、呼吸量和净产量均为顶枝大于中枝,而殖芽最小(甚至其净产量出现负值)。

水温是影响断枝生长速度的重要因素之一,根据断枝重量测定法和黑白瓶测氧法所得的结果,均表明当水温不超过 16—20℃ 时,生长速度随水温上升而加快。1982 年 1—2 月,采用黑白瓶测氧法测算了菹草断枝的光合作用,在光强 8,000 lx、水温在 0—40℃ 范围的条件下,水温与毛产量的关系式为 $y = 0.1547 + 0.0594x - 0.0015x^2$;水温与净产量的关系式为 $y = 0.0170 + 0.0477x - 0.0015x^2$ 。y 代表每克鲜重植物,每小时放出的氧量(毫克)。毛产量的最适水温约在 20℃,净产量的最适水温约为 16℃¹⁾。

3. 断枝上殖芽的形成 在天然环境条件下,菹草殖芽于 4—7 月间形成。1982 年 4 月 20 日至 5 月 24 日、4 月 30 日至 5 月 24 日以及 1983 年 4 月 6 日至 16 日,先后 3 次对顶枝和中枝(各 30 枝)进行了试验(表 2—4)。顶枝的平均重量为 1.49 克,中枝为 1.68 克,长度为 10—15 厘米。试验期间早晨平均水温分别为 19.3、20.1 和 21.9℃,中午平均水温分别为 27.7、28.5 和 36.1℃。经 34、24 和 10 天,所有断枝均形成殖芽。平均每个断枝产生殖芽 3.9 个,约为每克重断枝产生 1 个殖芽。但断枝上形成殖芽的个体重量比天然条件下产生的要小得多。

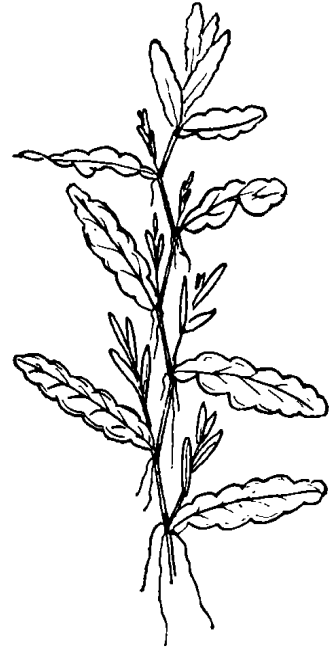


图 4 菹草的断枝生根

Fig. 4 Rooting at the nodes of the cut branch of *Potamogeton crispus*

表 3 菹草断枝的生长速度

Tab. 3 Relative growth rate of the cut branches of *Potamogeton crispus*

实验日期	枝条部位	水温(℃)		枝条鲜重(g)		生根率(%)	殖芽数	相对生长速度(mg/g/day)
		早晨	中午	开始	结束			
1981.12.8—1.18	顶	3.8	11.7	0.54	0.73	100	0	7.35
1982.1.7—2.2	顶	2.8	7.6	1.50	1.73	100	0	5.49
	中	2.8	7.6	1.34	1.57	100	0	6.09
3.16—4.19	顶	10.8	16.5	1.45	3.17	—	—	23.00
4.20—5.24	顶	19.3	27.7	2.37	3.91	0	3.7	14.72
4.20—5.24	中	19.3	27.7	3.12	5.65	0	6.1	17.46
4.30—5.24	顶	20.1	28.5	1.20	2.48	0	2.5	30.25
4.30—5.24	中	20.1	28.5	1.35	2.67	0	3.1	28.42
11.10—12.30	顶	7.2	12.8	0.50	0.95	100	0	12.84
11.10—12.30	中	7.2	12.8	0.95	1.29	100	0	6.12

1) 陈洪达, 1983。温度和光强度对菹草光合作用和呼吸作用的影响(摘要)。淡水生物学科情报第 5 期。

表4 菹草断枝上殖芽的形成

Tab. 4 Turion formation of the cut branches of *Potamogeton crispus* (1982.4.20—5.24)

枝条部位	实验缸号	枝条编号	枝条鲜重 (g)		殖芽数	枝条增重(%)	
			开始	结束			
顶 枝	I	1	2.30	3.0	3	30.43	
		2	1.40	3.5	3	150	
		3	2.2	3.5	4	59.09	
		4	1.5	4.5	4	200	
		5	3.2	3.5	3	9.83	
		平均	2.12	3.6	3.4	69.81	
	II	1	2.60	4.0	4	53.85	
		2	2.20	4.2	4	90.91	
		3	2.80	4.4	4	61.54	
		4	3.5	5.0	5	42.86	
		5	2.00	3.5	3	75.00	
		平均	2.62	4.22	4	61.07	
	合计平均			2.37	3.91	3.7	65.44
	中 枝	I	1	2.8	4.4	5	57.14
2			1.9	4.5	5	136.84	
3			2.2	4.1	6	86.36	
4			1.5	5.9	6	293.33	
5			3.7	5.5	7	48.65	
平均			2.42	4.88	5.8	101.65	
II		1	4.0	6.8	8	70.00	
		2	3.9	6.5	7	66.67	
		3	3.1	6.0	5	93.55	
		4	4.4	6.9	6	56.82	
		5	3.7	5.9	6	59.46	
		平均	3.82	6.42	6.4	68.00	
合计平均			3.12	5.65	6.1	80.56	

参 考 文 献

- [1] 陈洪达、何楚华, 1975. 武昌东湖水生维管束植物的生物量及其在渔业上的合理利用问题. 水生生物学集刊, 5(3): 410—420.
- [2] 大潼末男、石忠户, 1980. 日本水生植物图鉴. 238—239. 北隆馆.
- [3] Boyd, C. E., 1968. Fresh water plants: a potential source of protein. *Econ. Bot.*, 22: 359—368.
- [4] Kunii, H., 1982. Life cycle and growth of *Potamogeton crispus* L. in a shallow pond, Ojagaike. *Bot. Mag. Tokyo*, 95: 109—124.
- [5] Owens, M. et al., 1967. Determination of biomass of aquatic plants using an optical method. *J. Ecol.*, 55(3): 671—676.
- [6] Rogers, K. H. and C. M. Breen, 1980. Growth and reproduction of *Potamogeton crispus* L. in a south African lake. *J. Ecol.*, 68: 561—571.

- [7] ———, 1982. Decomposition of *Potamogeton crispus* L.: the effects of drying on the pattern of mass and nutrient loss. *Aquat. Bot.*, 12: 1—2.
- [8] Sastroutomo, S. S., 1980. Environmental control of turion formation in curly pondweed (*Potamogeton crispus*). *Physiol. Plant.*, 49: 261—264.
- [9] ———, 1981. Turion formation, dormancy and germination of curly pondweed, *Potamogeton crispus* L. *Aquat. Bot.*, 10: 161—173.
- [10] Sastroutomo, S. S., Ikusima, I., Numata, M. and S. Iizum, 1979. The importance of turions in the propagation of pondweed (*Potamogeton crispus* L.). *Ecol. Rev.*, 19: 75—88.

LIFE HISTORY, BIOMASS AND CUT-BRANCH PROPAGATION OF *POTAMOGETON CRISPUS* L.

Chen Hongda

(Institute of Hydrobiology, Academia Sinica)

Abstract

Life history, monthly changes of biomass, vertical distribution of biomass and nutritive value of *Potamogeton crispus* were studied during 1963—1964 and 1981—1983. The rooting, growth rate and turion formation of the cut branches of this species were also studied during the period.

Potamogeton crispus is a submerged macrophyte which germinates in the autumn and grows throughout the winter. Turion forming period is from April to July; dormant stage of turion is from July to September, while turion germinating period is from September to next January. The maximum biomass occurs during April to May.

The experimental cut-branches used for the study of rooting, growth rate and turion formation were 7—13 cm long and 0.5—4 g in fresh weight. They were suspended in water during the experiment. The period for the branches to reach 100% rooting was 29 ± 13 days during September to March, with the water temperature ranged 3—25°C. The relative growth rate of the cut branches was found to be 5.49—30.25 mg/g/day during turion forming stage.

Key words: Life history, *Potamogeton crispus* L. cut-branch propagation