第9卷 第1期 水生生物学报 Vol. 9, No. 1
1985年3月 ACTA HYDROBIOLOGICA SINICA Mar., 1985

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和生产力的高峰期。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×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℃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}的带网铁铗进行的。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，

1984年3月1日收到。

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），

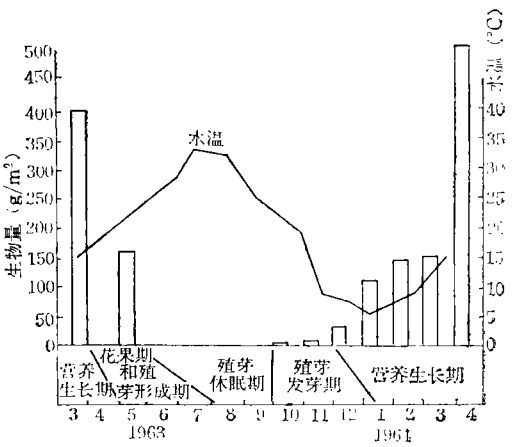


图 1　武汉东湖菹草的生活史和群落生物量的逐月变化

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

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℃。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℃ 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℃，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℃ 时，殖芽处于休眠状态，低于 20—25℃ 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

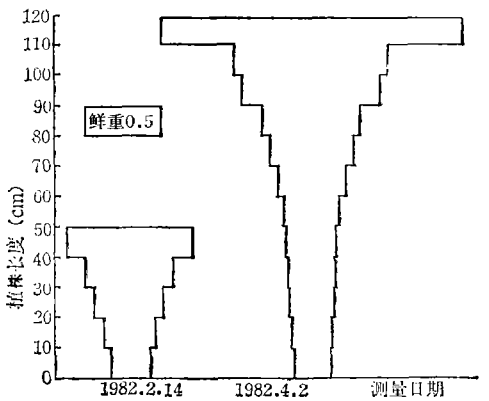


图 2 菹草植株生物量的垂直分布

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。囤水田种草和蓄草养鱼的初步试验。四川水产，**3**：43—44。

表 1　菹草群落的生物量和生产力(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	
6.5	26	0.7	−5.38*
7.5	26.7	1.3	0.02
8.5	6.7	0.2	−0.04
9.5	3.5	0	0.01
10.4	1.9	0.2	0.01
11.4	15.3	6	0.19
12.5	35.2	30.6	0.79
1964.1.3	195.7	123.5	3.20
2.4	163.1	149.8	0.82
3.6	170.6	151.3	0.05
4.7	507.3	504.9	11.05

* 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 × 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℃，中午水温 8.2—24.4℃ 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℃，中午为 27.7—36.1℃，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(℃)				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		

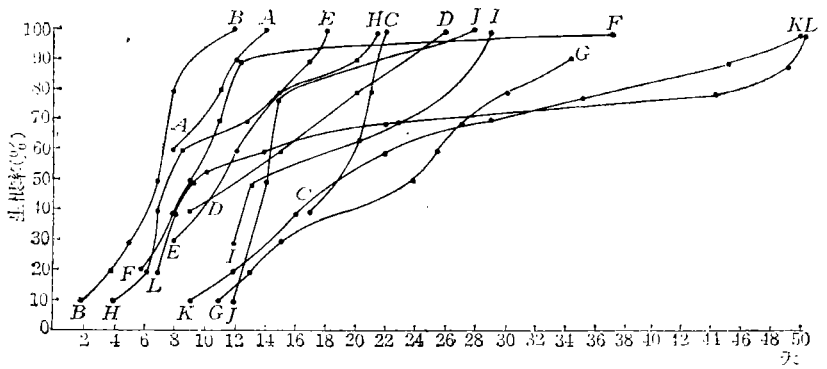


图 3 菹草断枝的生根率

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℃ 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]。

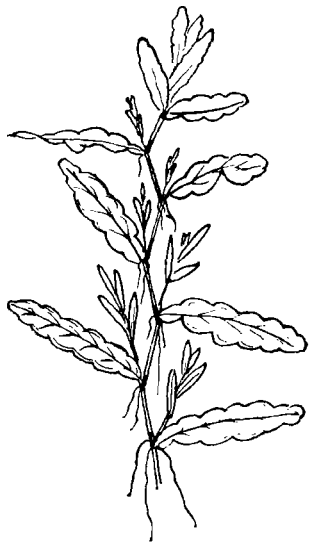


图 4　菹草的断枝生根

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

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。

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
1.7—2.2	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）。淡水生物学科技情报第 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] 大滝末男、石忠户，1980。日本水生植物图鑑。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 or 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 maximun 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