

水深、基质、光和去苗对菹草石芽萌发的影响

简永兴 王建波 何国庆 陈家宽

(武汉大学生命科学院, 武汉 430072)

摘要: 通过野外调查, 研究了水深对菹草石芽萌发率的影响, 比较了梁子湖与湖北省其他四个不同水深的湖泊间菹草石芽萌发率月动态; 并通过萌发实验探讨了基质、光和去苗对菹草石芽萌发的影响。结果如下: 无光环境下菹草石芽的萌发率较有光下的小, 基质的有无及其类型对萌发率影响不大, 去苗能使其萌发第二苗和第三苗的百分率分别从自然状况下的 3.2% 和 1.0% 提高至 96.8% 和 64.0% (12 月初); 五个湖泊的石芽均于 7 月初即开始萌发, 相同月份不同湖泊石芽的平均萌发率基本与其平均水深成负相关关系, 但 12 月初各湖泊的平均萌发率相近 ($> 95\%$); 同一湖泊水深越大, 相同月份的萌发率越低, 水深的增加能显著推迟萌发起始时间, 但不改变其最终萌发率 (12 月初 $> 95\%$)。菹草石芽高萌发率的特征和极高的萌发第二、第三苗的潜力可能是其成为许多湖泊优势种的两个极其重要的维持机制。

关键词: 水深梯度; 基质; 光; 去苗; 菹草; 石芽; 萌发

中图分类号: Q948 **文献标识码:** A **文章编号:** 1000-3207(2001)03-0224-06

菹草 (*Potamogeton crispus* L.) 为眼子菜科 (*Potamogetonaceae*) 多年生沉水草本植物, 世界性广泛分布, 生于湖沼、河沟、池塘和稻田, 为许多草型湖泊的优势种, 生长周期与大多数春秋型水生植物有所不同, 是一种典型的秋季发芽, 越冬生长的沉水植物。其经济价值较大, 首先因其草质嫩脆而为草食性鱼类的良好饵料, 石芽含有丰富的核黄素有助于蛋黄质量的提高而作为鸭饲料, 其丛生之处是蟹类的良好栖息地和脱壳期与繁殖期的隐蔽场所, 还是牲猪的良好补充饲料和上等农田绿肥; 其次是具一定的营养价值: 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%^[1]。更重要的是菹草对水域富营养化有较强的适应能力, 在受生活污水较严重污染的水体中亦能茂密生长, 具有净化水体的作用^[2], 是冬季至初夏期间净化水质的主要水生植物。

为了恢复水生植被、发展草食性鱼类或蟹类的养殖和净化水质, 目前不少湖泊和池塘需要引种菹草^[3]。菹草虽产生种子, 其种子在自然状况下却极少有萌发现象, 尽管其断枝亦有繁殖作用, 但主要靠特殊的石芽进行繁殖^[4-6], 这种石芽又称休眠芽、芽苞、殖芽和鳞枝等, 是于强光、长日照、水温高的季节产生的^[7, 8]。播种石芽操作简便, 是目前最主要的

收稿日期: 1999-12-23; 修订日期: 2000-03-15

基金项目: 国家自然科学基金重大项目 (项目编号: 39893360)

作者简介: 简永兴 (1964-), 男, 湖南省新化县人; 博士在读, 副教授; 主攻植物保护生物学

通讯作者: 陈家宽, 现在上海复旦大学生物系工作

引种菹草切实可行的方法。对菹草石芽萌发生态学进行研究, 既具理论意义, 对生产实践尚具一定的指导作用。

1 研究方法

1.1 水深梯度与菹草石芽萌发率的关系 1999 年湖北省梁子湖高水位持续了四个多月之久(六月下旬至 11 月上旬, 最大水深 6.8m, 平均水深 5.6m), 为历史上高水位持续时间最长之年。从 1999 年 6—12 月对梁子湖每月调查一次, 用 GPS-12XL 定位, 设 3.0—3.5m、3.6—4.0m、4.1—4.5m、4.6—5.0m、5.1—5.5m、5.6—6.0m 共 6 个取样水深(深度范围是调查时期内样点的水深波动范围), 每次各种水深调查 10 个采样点, 每个采样点计算 500 个石芽的萌发率, 各种水深取 10 个取样点的平均值。

1.2 不同湖泊间菹草石芽萌发率月动态比较 除梁子湖外, 同时选取湖北省另外四个平均水深各不相同的湖泊进行调查, 每月一次, 用 GPS-12XL 定位, 采用断面法布置取样点, 各点每次统计 500 个石芽的萌发率, 取各断面的平均值作为该湖的平均萌发率。5 个湖泊设置的断面数、取样点数及其湖泊基本情况见表 1。

表 1 5 个湖泊设置的断面数、取样点数和湖泊基本情况

Tab. 1 The numbers of transects, sampling points and basic characteristics of the five lakes

	梁子湖 Lake Liangzihu	西凉湖 Lake Xilianghu	长 湖 Lake Changhu	白莲湖 Lake Bailianhu	海口湖 Lake Haikouhu
面积 Area(km ²)	227	72	129	3	7
平均水深 Average water- depth(m)	5.6	4.2	3.1	2.6	1.8
pH 值 pH value	5.0—6.5	5.5—6.5	5.5—6.5	5.5—6.5	5.5—6.0
透明度 Transparence(m)	1.0	1.1	1.2	0.8	1.0
断面数 Number of transects	8	5	6	3	3
取样点数 Number of sampling points	38	24	30	12	12

1.3 基质和光对菹草石芽萌发率的影响 选取发育成熟的石芽分装入盛有适量泥、细沙或无任何基质的花盆, 每盆 500 个, 分有光和无光两组, 有光组无任何遮盖, 无光组各用一黑色布块密封盆顶, 仅留二个 small 孔通气。然后将花盆吊入水池, 使材料离水面 0.8m。各种处理同时重复五次, 时常照管, 保持水深, 定期计数萌发率, 取其平均值。实验用菹草石芽、泥和细沙均于 1999 年 6 月 10 日取自梁子湖, 实验用水为自来水, 其 pH 值为 5.5—6.0, 透明度为 1.3m, 实验地点为武汉大学植物分类室网室。

1.4 去苗对菹草石芽萌发第二、第三苗的影响 自然状况下菹草石芽绝大多数只萌发一个幼苗, 但当这个幼苗被鱼类啃食后, 石芽常能进一步萌发, 这对菹草保持其种群延续是有利的。为了研究石芽继续萌发的潜力, 在上述萌发实验时, 待萌发出的幼苗长至 3cm 时将其剪去, 计算石芽继续萌发的百分率。

2 结果

2.1 湖泊水深梯度与菹草石芽萌发率的关系

结果表明: 梁子湖水深小于 4.1m 的区域, 菹草石芽于 7 月初即开始萌发; 水深越大,

萌发起始时间越迟, 同期萌发率越低, 如水深 5.1—5.5m 和 5.6—6.0m 的区域萌发起始时间分别迟至 9 月初和 10 月初, 9 月初水深 3.1—3.5m 区域的萌发率已达 61.4%, 而水深 5.1—5.5m 及 5.6—6.0m 的区域分别低至 3.4% 和 0。虽然水深加大明显使萌发时间推迟, 但 12 月初各水深区的萌发率均很高(> 95%), 相差不大(图 1)(11 月初至 12 月初梁子湖水深普遍下降了 1.3m)。

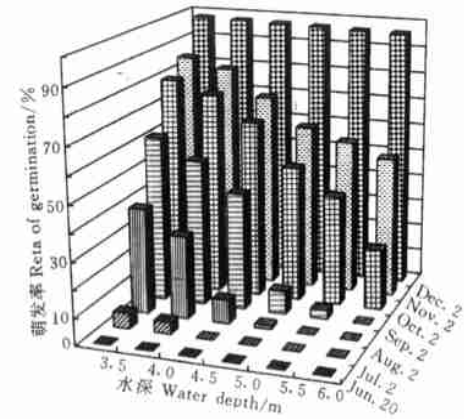


图 1 1999 年梁子湖水深梯度与
菹草石芽萌发率的关系

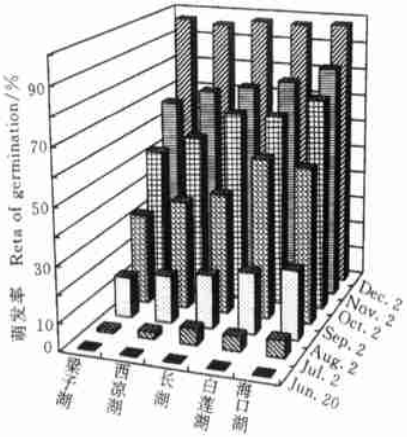


图 2 1999 年湖北省 5 个湖泊菹草石芽
萌发率月动态比较

Fig. 1 Relationship between the water depth
gradients of Lake Liangzi and germination rates of the
turions of *Potamogeton crispus* in 1999

Fig. 2 Monthly dynamics of germination
rates of turions of *Potamogeton crispus*
in the five lakes of Hubei Province
of China in 1999

2.2 不同水深湖泊间菹草石芽萌发率月动态比较

各湖泊的菹草石芽均于 7 月初即开始萌发, 各湖泊同期平均萌发率基本与其平均水深成负相关, 随其平均水深的减小而增高, 总的说来以平均水深最大的梁子湖(5.6m)最低, 以平均水深最小的海口湖(1.8m)最高, 7 月初海口湖的萌发率约为梁子湖的 6 倍; 尽管 11 月初之前各湖泊平均萌发率各不相同, 但 12 月初时均很高, 相差不大, 这与同一湖泊不同水深与萌发率的关系相似(图 2)。

2.3 基质与光对菹草石芽萌发率的影响

实验表明: 基质的类型和有无对菹草石芽萌发率影响不大, 不管是在有光还是在无光的条件下, 以泥、细沙为基质或无基质三种处理中石芽的同期萌发率总是很接近, 在有光条件下即使无任何基质, 其萌发率于 12 月初亦可达 98.0%; 从平均数看, 大多数时期以泥为基质的萌发率略高于以细沙为基质或无基质的萌发率。不管基质情况如何, 无光条件下的萌发率明显较相同时期有光条件下的为低。如 10 月初有光条件下以泥为基质的萌发率为 66.7%, 无光条件下以泥为基质的只有 43.3%, 这两种处理 12 月初的萌发率分别是 98.2% 和 82.0%(图 3)。

2.4 去苗对菹草石芽进一步萌发的影响

在实验条件下不去苗的石芽 12 月初萌发第二苗和第三苗的百分率分别低至 4.8% 和 0.6%, 但除去第一幼苗的石芽与第一、第二幼苗均除去的石芽至 12 月初时分别萌发

第二、第三幼苗的百分率为 96.8% 和 64.0% (图 4)。可见菹草石芽具极强的萌发潜力。在野外作者观察到: 自然状况下的菹草石芽绝大多数只萌发一个幼苗, 其萌发第二、第三幼苗的百分率极低(分别为 3.2% 和 1.0%), 第一、第二幼苗被鱼类啃食后的石芽能进一步萌发。

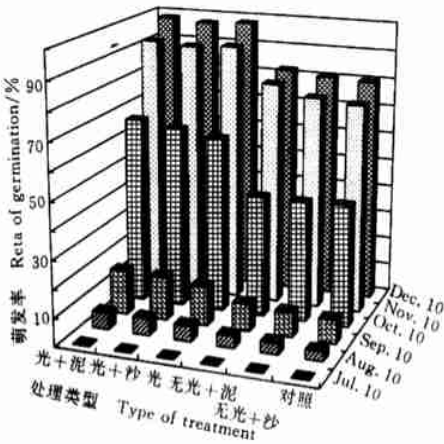


图 3 基质和光对菹草石芽萌发率的影响

Fig. 3 Effects of matrix types and light on germination rates of the turions of *Potamogeton crispus*

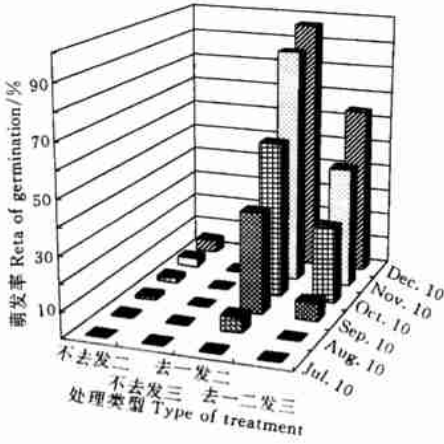


图 4 实验条件下去幼苗对菹草石芽萌发的影响

Fig. 4 Effects of removing the plantlets on further germination rates of turions of *Potamogeton crispus* under the experiment condition

3 讨论

研究结果表明, 梁子湖及其他四个湖泊菹草石芽均于 7 月初即开始萌发, 这比有些研究者观察的时间要早, 如 Rogers 与 Breen 在南非特德湖的调查结果是菹草石芽迟至秋季才开始萌发^[8], 罗晓铮在武昌东湖调查的萌发起始时间是 8 月¹⁾。

Rogers 与 Breen 还指出, 在 15—25℃ 的温度区间内, 随温度的降低菹草石芽的萌发率明显升高。低温对菹草石芽萌发有利而高温有碍这一结论已被不少研究者所证实^[9—11], 7—10 月梁子湖随水深增大水温降低, 但此期内石芽萌发率却随水深的增大而减小, 水深增大造成的光线减弱固然是萌发率降低的原因之一, 但水深增大造成的其他因子的改变也起到了不可忽视的阻碍作用, 因实验证明无光条件下的石芽亦有相当大的萌发率。Rogers 与 Breen 的另一结论是: 野外菹草石芽只能在水温 < 25℃ 的秋季方可萌发, 此与作者的调查结果不同, 因夏季梁子湖水深 < 4.5m 的水域, 其水温 > 25℃, 但具有相当高的萌发率(图 1)。李永函在这方面也做了较为详细的研究, 其结果表明, < 13℃ 和 > 30℃ 的适当温度分别能缩短和延长石芽休眠期^[9], 温度与石芽萌发的这种关系表明, 对于无啃食或啃食压力小的湖泊与池塘, 可以用较低的温度处理菹草石芽再播种, 使其提前萌发, 幼苗能充分利用夏秋良好生长季节以积累生物量; 而针对许多湖泊 11 月之前鱼类啃食压力极大的情况, 可以在较高温度的环境下储存石芽, 待鱼类被大量捕捞、啃食压力大为减小后

1) 罗晓铮, 武汉东湖产泽泻亚纲植物营养繁殖初步研究[D]. 武汉大学硕士学位论文

(11 月之后) 再播种以使幼苗躲过强烈啃食期。

相同时期各湖泊的平均萌发率与其平均水深成负相关, 这是因为所研究的五个湖泊间除水深之外的湖沼学特性基本相似, 不同的是水深大小, 因而与同一湖泊水深梯度对萌发率的影响相似。从调查结果看, 不管是同一湖泊的不同水深区域间还是具不同水深的湖泊间, 水深的增大只能推迟石芽萌发的时间, 却不影响其最终萌发率, 各湖泊 12 月初的萌发率均很高 ($> 95\%$), 即使平均水深最大的梁子湖, 其水深 6m 区域 12 月初的萌发率亦达 96.0%。这种高萌发率特征对于其种子在自然状况下极难萌发^[8]的菹草来说特别重要, 是菹草成为许多湖泊优势种的维持机制之一。应当指出, 湖北省绝大多数湖泊 11 月以后平均水深 $< 3\text{m}$, 对菹草幼苗的生长无大的限制作用。

基质对萌发率影响不大, 这是因为石芽本身含有丰富的养料, 足够供其萌发所需, 足够的水分才是萌发的必要条件。有光环境中的石芽的萌发率较无光环境高, 这一结果与 Rogers 和 Breen 及李永函的结论一致。据此, 可以用光照处理石芽缩短休眠期或在黑暗条件下储藏石芽延长休眠期, 以达到提前播种或推迟播种的目的。

在实验条件下, 不去幼苗的石芽萌发第二、第三幼苗的百分率很低, 与野外的情况相仿, 但除去第一幼苗后的石芽 12 月初萌发第二幼苗的百分率显著增大至 96.8%, 第一、第二幼苗均除去的石芽 12 月初萌发第三幼苗的百分率增大至 64.0%, 这种极大的萌发第二、第三幼苗的潜力有利于菹草在强烈啃食压力下延续种群, 是其成为许多湖泊优势种的另一维持机制。菹草石芽自然状况下常只萌发一个幼苗而保存着极大的萌发潜力, 这比一开始就萌发数个幼苗而丧失萌发潜力更有利, 作者在野外观察到幼苗被啃食之后的石芽需要较长时间才能萌发出另一幼苗, 不少石芽至 11 月啃食压力基本消除时第一、二幼苗均已被啃食, 但还保留着萌发第三幼苗的能力。这种萌发潜力与其高萌发率和多石芽特性^[1]相结合, 保证了菹草种群的繁衍, 使得其一直成为许多湖泊的优势种。

参考文献:

- [1] 陈洪达. 菹草的生活史、生物量和断枝的无性繁殖[J]. 水生生物学报, 1985, 9(1): 32—39
- [2] 金送笛. 菹草对水中氮、磷的吸收及若干影响因素[J]. 生态学报, 1994, 14(2): 168—173
- [3] 杨富亿. 池塘移植菹草养鱼技术[J]. 水产科学, 1995, 14(4): 27—30
- [4] Owens M. et al., Determination of biomass of aquatic plants using an optical method [J]. *J. Ecol.*, 1967, 53(3): 671—676
- [5] Sastroutomo S S. Environmental control of turion formation in curly pondweed (*Potamogeton crispus*) [J]. *Physiol. Plant.*, 1980, 49: 261—264
- [6] Sastroutomo S S et al. The importance of turions in the propagation of pondweed (*Potamogeton crispus* L.) [J]. *Ecol. Rev.*, 1979, 19: 75—88
- [7] Kunii, H. Continuous growth and clump maintenance of *Potamogeton crispus* L. in Naruton River, Japan [J]. *Aquat. Bot.*, 1989, 33(1—2): 13—26
- [8] Rogers, K. H. et al. Growth and reproduction of *Potamogeton crispus* in a South Africa Lake [J]. *J. Ecol.*, 1980, 68: 561—576
- [9] 李永函. 几种生态因子对菹草鳞枝形成和萌发的影响[J]. 大连水产学院学报, 1989, 4: 3—4
- [10] Kadono Y. Germination of the turion of *Potamogeton crispus* L [J]. *Physiol. Ecol. Japan.*, 1982, 19(1): 1—5
- [11] Waisel Y. Seasonal activity and reproductive behavior of some submerged hydrophytes in Israel [J]. *Hydrobiologia*,

1971, 12: 219—227

EFFECTS OF WATER-DEPTH GRADIENTS, MATRICES, LIGHT AND REMOVAL OF PLANTLETS ON GERMINATION OF TURIONS OF *POTAMOGETON CRISPUS* L.

JIAN Yong-xing, WANG Jian-bo, HE Guo-qing and CHEN Jia-kuan¹⁾

(College of Life Sciences, Wuhan University, Wuhan 430072)

¹⁾ (Institute of Biodiversity Science, Fudan University, Shanghai 200433)

Abstract: *Potamogeton crispus* L., as an important fodder source for herbivorous fish, can grow well in polluted lakes. However, seeds of the plant can rarely germinate in the nature, and thus sowing the plant turions has been considered as a major method for introduction of the plant. By field investigations and germination experiments, the authors investigated the effects of water-depth gradients on the germination rates of the turions in Lake Liangzi in Hubei Province of China and compared the results with those obtained from other four lakes also in the province. The effects of matrices, light and removal of the initial plantlets on the germination were also examined in the present study. In the environment with light, the turions displayed higher germination rates than those in the absence of light. However, the effect of different bottom matrices was not observed. Moreover, removal of plantlets had an increase impact on the further germination rates. Germinations of the turions in the five lakes were recorded at the beginning of July, with the average germination rates varying inversely with the average water depth through until December. From July to December, the deeper the water in Lake Liangzi, the lower the germination rates observed, indicating that increased water depth may caused delays of the germination. But, at the early December high germination rates of more than 95% were observed in all areas of the lake with different water depths. It is suggested that the high germination rates and the potential of germinating a second or third plantlet are probably two important mechanisms to maintain the plant as a dominant species in lakes.

Key words: Water-depth gradients; Matrices; Light; Removal of Plantlet; *Potamogeton crispus*; Turions; Germination