

内蒙古河套灌区 3 种沉水植物种子休眠及萌发特性*

王 譞, 李青丰**, 胡 杨, 贾红梅, 李玲玲
(内蒙古农业大学生态环境学院, 呼和浩特 010019)

摘 要: 沉水植物在湖泊生态系统中具有重要作用, 它不仅是湖泊生态系统食物链中重要的生产者, 同时还对湖泊的营养物沉积和循环有着重要的意义, 并由此影响着湖泊的富营养化进程. 本文以黄河内蒙古段河套灌区湖泊中常见的 3 种沉水植物篦齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、穿叶眼子菜 (*Potamogeton perfoliatus*) 和狐尾藻 (*Myriophyllum verticillatum*) 为研究对象, 对其种子休眠及萌发特性进行了初步研究. 结果表明: 狐尾藻种子休眠率较高但休眠易破除, 通过切破种皮、低温层积、硝酸钾和赤霉素处理均可显著提高萌发率; 篦齿眼子菜种子休眠性较强, 低温层积及赤霉素浸泡处理能够显著提高其萌发率; 穿叶眼子菜有较深的休眠特性, 破除硬实、硝酸钾、赤霉素及低温层积处理均不能有效解除其休眠.

关键词: 沉水植物; 种子休眠; 萌发; 篦齿眼子菜; 穿叶眼子菜; 狐尾藻; 河套灌区

Seeds dormancy and germination behavior of three submerged macrophytes in the Hetao Irrigation area of the Inner Mongolia, China

WANG Xuan, LI Qingfeng, HU Yang, JIA Hongmei & LI Lingling
(College of Ecology and Environmental Science, Inner Mongolia Agricultural University, Huhhot 010019, P. R. China)

Abstract: Submerged macrophyte plays an important role in lake ecosystems. It is not only a primary producer in the food chain, but also plays a major role in lake nutrient accumulation and circulation, thus, having a great influence on the eutrophication process of lakes. This study reports the seed dormancy and germination of three submerged macrophytes (*Potamogeton pectinatus*, *Potamogeton perfoliatus* and *Myriophyllum verticillatum*) in the Yellow River, located in the Hetao irrigation area of the Inner Mongolia. The result shows: *Myriophyllum verticillatum* seed has a high dormancy rate, but its dormancy is easy to be broken. Various treatments including seed coat scarification, low temperature stratification, applications of KNO₃ and gibberellin can significantly increase the germination percentages. *Potamogeton pectinatus* seed has a deep dormancy. Low temperature stratification and application of GA can effectively break the seed dormancy, but other treatments had no effect on. *Potamogeton perfoliatus* seed has a deep dormancy. None of the above mentioned treatments can significantly break its dormancy.

Keywords: Submerged macrophytes; seed dormancy; germination; *Potamogeton pectinatus*; *Potamogeton perfoliatus*; *Myriophyllum verticillatum*; Hetao Irrigation area

内蒙古河套灌区存在大小湖泊近 300 个, 各种动植物在此繁衍生息, 其中的沉水植物在湖泊生态系统中起到了重要的作用. 这些沉水植物不仅是湖泊生态系统中重要的生产者, 同时沉水植物还能够吸收氮、磷等导致水体富营养化的物质, 具有一定的改善水质的作用^[1]. 因此, 了解沉水植物的繁衍更新特性对于保持湖泊生态系统稳定性和治理湖泊富营养化污染有着重要的作用.

国内外专家对沉水植物的有性繁殖有了较多的研究, 并发现大部分的沉水植物种子都具有很强的休眠性. 休眠的原因各异, 有受种皮控制的硬实性休眠, 也有胚自身原因引起的生理性休眠. 通过破除种皮障碍或对种子层积处理能够使一些种子萌发率显著提高^[2-11]. 上述研究多涉及南方地区的沉水植物, 北方

* 国家水体污染控制与治理科技重大专项项目 (2009ZX07212-004-3)、内蒙古自治区自然科学基金项目 (2009ws0510) 和内蒙古农业大学科技创新团队项目 (NDTD2010-5) 联合资助. 2012-01-04 收稿; 2012-05-21 收修改稿. 王譞, 男, 1987 年生, 硕士研究生; E-mail: wxhel1987@163.com.

** 通信作者; E-mail: llff202@126.com.

地区的相关研究则少见. 由于气候原因以及植物的生长发育节律所致, 北方地区的沉水植物繁衍更新特点与南方地区有较大差异. 本文拟对内蒙古河套地区几种常见沉水植物的种子萌发及休眠特性进行研究.

1 材料与方法

1.1 材料

通过对内蒙古河套灌区水体中沉水植物的调查, 较常见的沉水植物有 3 种: 篦齿眼子菜 (*Potamogeton pectinatus*)、穿叶眼子菜 (*Potamogeton perfoliatus*)、狐尾藻 (*Myriophyllum verticillatum*). 本试验在内蒙古自治区巴彦淖尔市乌梁素海及附近的农田退水排水支沟中采集了这 3 种沉水植物种子, 并在实验室内进行萌发测定.

1.2 方法

1.2.1 沉水植物种子解剖形态观察 观察 3 种沉水植物种子形成方式, 采集种子并统计每条生殖枝产生种子的数量及败育种子的数量. 选取采集到的新鲜饱满种子进行解剖, 观察种子及胚的形态并加以描述.

1.2.2 沉水植物种子萌发率及活种率测定 1) 种子萌发率测定: 将 3 种沉水植物置于培养皿中, 以两层滤纸为基质, 加入自来水, 于 25℃ 环境下进行萌发测定. 设置 4 个重复, 30 d 后统计种子的萌发率.

2) 红墨水法测定活种率: 将种子种皮切开并完全露出种子胚, 将其放入 10% 红墨水溶液中, 静置 3 h 后洗去红墨水, 观察统计. 设置 4 个重复. 胚不变色的种子为活种子.

1.2.3 沉水植物种子休眠打破 在上一步实验中观察到 3 种沉水植物有着较强的休眠性, 为了打破种子的休眠进行如下处理:

- 1) 对照组: 不对种子进行任何处理, 只使用自来水进行萌发测定.
- 2) 切破种皮: 用小刀切破种子坚硬的种皮, 再进行萌发测定.
- 3) 硝酸钾处理: 使用 0.37 g/L 硝酸钾溶液代替水进行萌发测定.
- 4) 赤霉素处理: 使用 0.98 g/L 赤霉素溶液浸泡种子 30 d 后进行萌发测定.
- 5) 层积处理: 将种子置于 4) 环境下贮藏 60 d 后进行萌发测定.
- 6) 多因素处理: 在切破种皮的同时, 增加硝酸钾、赤霉素处理.

以上处理的萌发测定均于培养皿中进行. 培养皿以两层滤纸为基质, 设置 4 个重复并将培养皿置于 25℃ 环境下萌发 30 d. 使用硝酸钾及赤霉素代水进行萌发测定时, 第一周使用硝酸钾或赤霉素溶液, 之后使用自来水湿润滤纸, 以防止药品浓度过高导致种子生理干旱.

2 结果与分析

2.1 种子解剖形态

3 种沉水植物种子及瘦果形态差距较大, 成熟的瘦果以篦齿眼子菜最大, 穿叶眼子菜次之, 狐尾藻最小. 篦齿眼子菜和穿叶眼子菜花序呈穗状顶生, 果实呈倒卵形; 狐尾藻种子轮生于生殖枝上, 通常四个花序为一组环绕生殖枝, 每一个花序可产生四颗瘦果. 3 种沉水植物每条生殖枝产生种子数量差异较大, 其中穿叶眼子菜每条生殖枝平均产生 39.8 个种子, 种子败育率 9.22%; 篦齿眼子菜平均产生 15.4 个种子, 种子败育率 1.11%; 狐尾藻平均产生 51.2 个种子, 种子败育率 17.44%.

篦齿眼子菜与穿叶眼子菜的解剖形态相同, 其成熟瘦果的果皮呈棕红至深褐色, 种皮坚硬有气室, 胚呈螺旋形于种皮内. 狐尾藻种子广卵形, 解剖形态与眼子菜属植物不同, 种皮坚硬有气室, 其胚则呈柱状.

2.2 种子萌发率及活种率

3 种沉水植物活种率较高, 其中篦齿眼子菜最高达到 85.25%, 而最低的穿叶眼子菜的活种率也有 60.25%, 但萌发率均较低, 萌发率最高的篦齿眼子菜也仅达到 18.00%, 表明 3 种沉水植物种子有较强的休眠性 (图 1).

2.3 不同处理对打破种子休眠的效果

狐尾藻种子直接进行发芽时的萌发率较低, 切破种皮、层积处理以及施用硝酸钾或赤霉素都能够

显著提高狐尾藻种子的萌发率. 在 4℃ 低温层积处理下, 狐尾藻种子萌发率最高, 达到了 58.5%, 而切破种皮也能够显著提高种子的萌发率(表 1).

在 4℃ 低温层积处理下能够显著提高篦齿眼子菜种子萌发率, 而切破种皮和硝酸钾处理不能显著提高篦齿眼子菜的萌发率, 赤霉素处理下篦齿眼子菜萌发率提高到了 25.5%. 在切破种皮加赤霉素和硝酸钾处理的实验组中, 种子萌发率并没有显著提高(表 1).

穿叶眼子菜种子在各处理下的萌发率均低于 10%, 虽与篦齿眼子菜同属, 但其层积处理萌发率仅为 1%, 其他各处理下的萌发率并没有显著提高.

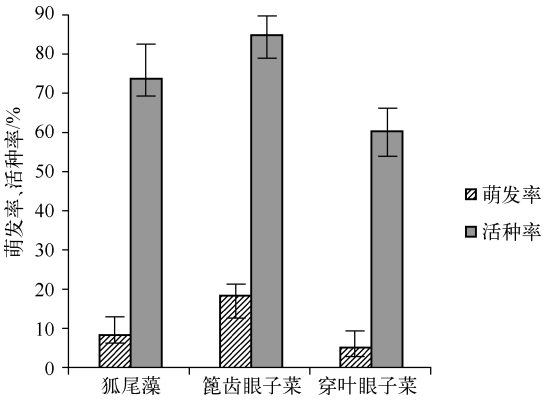


图 1 沉水植物萌发率及活种子率

Fig. 1 The germination percentages and seed survival rate of submerged macrophytes

表 1 沉水植物各处理下萌发率及差异显著性

Tab. 1 Germination percentages and significant difference of submerged macrophytes under different treatments

狐尾藻	层积	切破种皮	切破 + 硝酸钾	赤霉素	切破 + 赤霉素	硝酸钾	对照组
萌发率	58.50%±7.49%	42.00%±2.83%	38.00%±1.41%	34.00%±1.28%	31.00%±2.83%	23.00%±1.41%	8.50%±1.91%
5% 差异	a ¹⁾	b	c	d	d	e	f
1% 差异	A	B	BC	CD	D	E	F

篦齿眼子菜	层积	赤霉素	对照组	切破 + 硝酸钾	切破 + 赤霉素	切破种皮	硝酸钾
萌发率	39.00%±5.71%	25.50%±2.83%	18.50%±4.12%	15.00%±1.28%	14.00%±5.56%	11.50%±4.36%	10.00%±5.56%
5% 差异	a	b	C	d	de	ef	f
1% 差异	A	B	C	CD	CD	D	D

穿叶眼子菜	切破 + 硝酸钾	切破 + 赤霉素	对照组	切破种皮	层积	硝酸钾	赤霉素
萌发率	6.00%±1.41%	6.00%±1.91%	5.10%±1.41%	4.50%±2.52%	1.00%±1.30%	1.00%±1.28%	1.00%±1.41%
5% 差异	a	a	A	a	b	b	b
1% 差异	A	A	AB	AB	B	B	B

1) A~F 及 a~f 为对应置信区间内两处理间差异显著性的比较,不同字母表示差异显著.

3 讨论与结论

狐尾藻种子萌发率较低,但经过破除硬实、赤霉素、硝酸钾、层积等处理后其萌发率显著提高. 其中,层积处理后狐尾藻种子的萌发率接近 60%,表明经过了低温层积处理后,狐尾藻大部分的种子能够打破休眠. 穿叶眼子菜种子活种子率最低,并且在各项处理下其萌发率都显著低于其他两种沉水植物. 在萌发 30 d 后可见培养皿内有较多穿叶眼子菜种子腐烂变软,而休眠种子的外果皮都保存完好. 对于我国北方地区狐尾藻和穿叶眼子菜种子萌发休眠特性的研究较少,仅有文献指出,狐尾藻种子在聚集密度较高时萌发率会显著降低,而种子聚集作用对于穿叶眼子菜影响不大^[2]. 本研究发现,穿叶眼子菜种子的休眠特性与狐尾藻截然不同,以常规的方法难以打破其休眠. 其萌发和休眠特性还有待进一步研究.

篦齿眼子菜种子在对照组中萌发率是 3 种沉水植物中最高的,但也仅为 18.5%,表明其有较严重的休眠现象. 低温层积处理下篦齿眼子菜种子萌发率显著提高,其萌发率接近 40%. 除去已死亡的种子,篦齿眼子菜在低温层积处理下仍有 54.25% 的种子处于休眠中. Van Wijk 对篦齿眼子菜种子进行的相关研究显示,破除种皮和低温层积处理均能够显著提高种子的萌发率,并认为篦齿眼子菜坚硬的种皮是影响种子休眠的

主要因素,而低温层积处理也能够改善种皮的通透性,从而提高其萌发率^[3].而另一些学者对云南滇池生长的篦齿眼子菜进行研究发现,篦齿眼子菜种子破除硬实后萌发率显著提高,而低温层积处理萌发率提高不显著^[4].虽与本实验的结论不同,但可以看出我国南方地区和北方地区生活的篦齿眼子菜虽为同种植物但其种子休眠的特性有着明显差异.

其他学者研究发现,竹叶眼子菜(*Potamogeton malaianus* Miq)的种子在常温下的萌发率仅为8%左右,但撕破种皮后种子萌发率最高可达96%,经过低温冷藏后的种子萌发率亦能达到30%左右^[5].微齿眼子菜(*Potamogeton maackianus* A. Bennett)在撕破种皮后胚的呼吸速率明显提高,但新鲜种子在撕破种皮后也难以萌发,而经过低温层积后的萌发率提高到22.37%,因此认为微齿眼子菜种子有后熟作用^[6].结合本研究中篦齿眼子菜种子经层积处理后的萌发表现可以看到,低温层积处理都能够有效打破眼子菜种子的休眠,提高其萌发率.生理性后熟可能是这些种子休眠的主要原因之一.这也符合沉水植物种子在自然环境下需要经历冬季低温环境后再进行萌发的生理特性.但穿叶眼子菜为一个例外,其种子具有深度休眠的特性,各种处理均难以有效解除其休眠.

利用沉水植物治理湖泊水体富营养化污染已成为广泛应用的手段.在利用沉水植物种子进行湖泊植被生态恢复时,应根据不同沉水植物种子休眠的特性做相应处理以提高种子的萌发率,低温层积处理与破除硬实处理均能有效地提高篦齿眼子菜和狐尾藻的种子的萌发率,而穿叶眼子菜种子的休眠机制尚不清楚,尚未找到有效提高其萌发率的处理方法.

4 参考文献

- [1] 谢贻发. 沉水植物与富营养湖泊水体、沉积物营养盐的相互作用研究[学位论文]. 广州:暨南大学,2009.
- [2] 李洁琳,尹黎燕,陈媛媛等. 几种水生植物种子萌发的聚集效应研究. 武汉植物学研究,2010,3:330-335.
- [3] Van Wijk RJ. Ecological studies on *Potamogeton pectinatus* L. III. Reproductive strategies and germination ecology. *Aquatic Botany*, 1989, 33: 271-299.
- [4] 陈开宁,李文朝,潘继征. 不同处理对篦齿眼子菜(*Potamogeton pectinatus* L.)种子萌发率的影响. 湖泊科学,2005,17(3):237-242.
- [5] 蒲云海,刘贵华,李伟. 竹叶眼子菜种子的萌发实验研究. 武汉植物学研究,2005,23(2):179-182.
- [6] 王孝民,孙士国,郭友好. 微齿眼子菜瘦果萌发特性的初步研究. 水生生物学报,2003,27(1):95-97.
- [7] 由文辉,宋永昌. 淀山湖3种沉水植物的种子萌发生态. 应用生态学报,1995,6(2):199-200.
- [8] 陈开宁,强胜,李文朝等. 篦齿眼子菜繁殖多样性研究. 植物生态学报,2003,27(5):672-676.
- [9] 安彦杰,张彦辉,杨劭. 沉水植物菹草的人工种子技术. 水生生物学报,2009,33(4):643-648.
- [10] 陈永密. 关于种子休眠问题的研究. 湖北林业科技,1984,2:40-42.
- [11] 付婷婷,程红焱,宋松泉. 种子休眠的研究进展. 植物学报,2009,44(5):629-641.