

伊乐藻等水生高等植物的快速营养繁殖技术和栽培方法

连 光 华 张 圣 照*

(中国科学院南京地理与湖泊研究所, 南京 210008)

摘要 在太湖自然条件下,伊乐藻等7种沉水植物主要靠营养繁殖来延续和扩大种群。在浅水湖泊的生态恢复中,需要在短期内大面积恢复水生植被,营养繁殖与栽培为之提供了有效的手段。在五里湖的实验研究结果表明,伊乐藻、黑藻和金鱼藻的插枝繁殖简单易行,可以大面积操作,种源充足,栽植期长,适合于大规模繁殖和栽培。苦草、微齿眼子菜和马来眼子菜营养繁殖力较差,可以分苗移栽,但效率较低,操作比较困难。苦草地下块茎和马来眼子菜根状茎的采集和栽植更加困难,不宜采用这种繁殖与栽培方式。

关键词 沉水植物 营养繁殖 栽培

水生高等植物是浅水湖泊生态系统的重要组成部分,它不仅具有较高的生产能力和经济价值,而且具备很强的环境生态功能^[1]。它能保持清澈的水质和复杂多样的环境条件,为鱼类、鸟类等水生动物的栖息和繁殖提供丰富多彩的生活环境。它能大量吸收同化湖中的氮、磷等营养物质,在保持湖泊营养平衡和防止富营养化方面有突出的功效^[2]。

在五里湖等浅水湖泊中,由于围垦、污染和放养草鱼而丧失了水生高等植物,原来清澈的湖水日趋富营养化,导致浮游藻类的大量繁殖,引起了严重的水质问题^[3,4]。随着社会文明的发展和水质问题的日益尖锐化,治理富营养湖泊已成为一项迫切任务。西方许多浅水湖泊的治理经验表明,湖内的生态恢复是治理中的关键步骤,而重建水生植被是湖泊生态恢复的必须手段^[5]。

在自然条件下,水生高等植物可以通过种子或营养繁殖体进行自动繁殖,并以营养繁殖较为普遍^[6]。但在湖泊治理过程中,由于缺乏种源和水下光照、氧气供给等环境条件不适宜,不可能实现水生植被的自动恢复^[4]。在人工协助下的水生植被恢复过程中,需要在短期内建成大面积的密集植物群落,以便形成对藻类的竞争优势,实现较高的群落稳定性,这就需要快速方便的水生植物繁殖与栽培技术。种子繁殖往往受到季节的严格限制,并且水生植物的种子很难大量采集,因此将希望寄托于营养繁殖。

本课题以伊乐藻等沉水高等植物为研究对象,以富营养的五里湖为实验基地,运用实验生态学方法,研究它们各种可能的营养繁殖方式,探索人工辅助下的快速营养繁殖技术和栽培方法,为重建水生植被提供基本手段。

* 李文朝同志参加了部分工作。

1 材料与方 法

实验材料为水生高等植物的营养体和特化的营养繁殖器官,在不同的生长季节采自东太湖或五里湖周围的河道中。种类包括伊乐藻 *Elodea Nuttallii*、菹草 *Potamogeton crispus*、黑藻 *Hydrilla verticillata*、苦草 *Vallisneria spiralis*、金鱼藻 *Ceratophyllum demersum*、微齿眼子菜 *P. maackianus* 和马来眼子菜 *P. malaianus*。实验分为 4 种类型。

1.1 自然营养繁殖的观察研究

1992—1993 年对东太湖自然生长的各种沉水植物进行定期采样,观察研究其营养繁殖方式和繁殖能力。与此同时,将采集到的伊乐藻枝尖、菹草芽苞和枝尖、苦草休眠地下块茎、金鱼藻鳞芽和枝尖、马来眼子菜越冬根系等种植在以粗沙和湖水为基质的玻璃水箱中,进行为期两年的连续培养,观察记载各种植物的生长发育及营养繁殖节律,同时测量水温。

1.2 特化营养繁殖体栽培实验

1992 年 9 月将 1.6kg 菹草芽苞撒播在 2000m²围隔中,观察发芽和成活情况。1993 年 2 月在直径为 42cm 的塑料盆中各加入五里湖底泥至 10cm 厚度,分别将苦草的越冬地下块茎、黑藻和金鱼藻的越冬芽苞及马来眼子菜的地下根状茎栽种其中,在五里湖实验区和盛满湖水的水缸中悬挂在 0.5m 水深处培养,观察记载萌发与生长情况,每种植物每一培养条件设 3—5 个重复。1993 年 6 月对菹草芽苞作同样的栽培实验。1994 年 6 月将 8kg 菹草芽苞撒布在面积为 4m²的网架上,悬挂在湖中水面下 10cm 处进行培养,观察记载发芽时间和发芽率。

1.3 枝尖插植实验

1992 年 9 月在 2000m²围隔中插栽伊乐藻枝尖 225kg;1992 年 10 月在 2000m²围隔中插栽金鱼藻枝尖 245kg;1994 年 4 月在 25m²围隔中插栽黑藻枝尖 2.5kg;1995 年 3 月在 4 个 200m²围隔中插栽伊乐藻枝尖 600kg。1993 年 4 月在盛有湖泥的塑料盆中各插植伊乐藻、菹草、金鱼藻枝尖 60 个,分别在水缸和湖水中悬挂培养,观察成活情况,每种植物每一培养条件设 3—5 个重复。

1.4 营养体移栽实验

1994 年 3—4 月采集苦草、菹草、马来眼子菜及微齿眼子菜幼苗,分别在塑料盆和 25m²围隔中进行栽植实验。盆栽实验中每盆栽入幼苗 10 棵,培养方法同前。25m²围隔栽植实验每种植物一个实验区,种苗量分别为苦草 500 棵、菹草 100 棵、马来眼子菜 200 棵、微齿眼子菜 200 棵。幼苗栽植方法为:在宽 5cm 的竹片头部做一缺口,将幼苗根部卡入缺口中,手持竹片将幼苗插进湖底淤泥中,轻轻拔出竹片。当水深超过 2m 插栽不便时,用黄泥包裹植物根部,放入湖水中令其自动下沉,即沉栽法。

2 结果与讨论

本项实验与同一课题中的其它实验有交叉或重叠,这里不再逐一罗列实验观察纪录,仅就与本文有关的结果进行归纳和讨论。

2.1 自然状况下沉水植物的营养繁殖特性

2.1.1 伊乐藻 伊乐藻为雌雄异体植物,引进我国的是雄性植株,营养繁殖是其唯一的繁

殖方式。它能忍受 0℃ 甚至冰点以下的寒冷,在人工栽培管理条件下能在一年四季正常生长。但在自然条件下,东太湖的伊乐藻仍表现出以年为周期的发育节律,在夏季高温期生长停滞,进入休眠状态;秋季再度生长,形成新的群落。伊乐藻不形成任何特殊的营养繁殖器官,靠茎枝上产生不定根和腋芽萌发形成新苗。伊乐藻的休眠与再生实际上是其本身所具有的特性,春末夏初(5—6月)当达到 10kg/m² 以上生物量时,密集的冠层使得下层茎叶和根系得不到光照和氧气补给,随着水温升高和微生物活动的加剧,下层茎叶和根系发生腐烂,植物体漂浮于水面,在强烈的光照和高温下生长停滞,大部分茎叶死亡腐烂,残留的茎秆沉于湖底。到了秋季,残留茎秆上的腋芽萌发,并产生不定根,实现自然再生。

在生长季节,伊乐藻的断枝可随水流漂移,并能在水中形成不定根。若不定根着泥或缠绕在异物上,就能形成固定生长的新植株,这是伊乐藻自动扩大分布范围的主要方式。

2.1.2 黑藻 黑藻和与伊乐藻同属于水鳖科 Hydrocharitaceae,二者的营养体形态和生长方式极为相似。黑藻为雌雄异体植物,能结出果实和种子。喜温而耐热,冬季不能生长。能在枝尖形成特化的营养繁殖器官——鳞状芽苞。黑藻的生长可以从初春 3 月持续到初冬 11 月,营养体的分枝能力很强,单株植丛可产生多达上百个分枝。10 月以后随着水温的降低,枝尖节间不再伸长,密集的轮生叶片特化成鳞片状紧包在生长点外,形成类似松球状的休眠芽苞。到了 11 月,随着植物体的解体,芽苞脱落沉入湖底,进入冬季休眠。春季当水温上升到 10℃ 以上时(3 月),芽苞节间开始伸长,将生长点推出覆盖其上的沉积物层,在光照下茎叶转为绿色;同时从芽苞基部叶腋中萌生出不定根,形成新的植株。

黑藻和伊乐藻只有不定根,在茎秆任何高度的茎节上都能产生分枝和不定根,因此可通过断枝进行营养繁殖,有很强的分枝能力和营养繁殖能力。

2.1.3 菹草 菹草较为耐寒,其生长节律与伊乐藻较为相似,夏季死亡。它是两性花植物,能结出具有繁殖力的种子,但在自然界中仍以营养繁殖为主。在 5—6 月,菹草枝尖能形成特化的营养繁殖体——芽苞。芽苞含 5—7 个由叶片特化而成的硬质鳞片,分两列排列在硬化了的茎尖上(长约 2cm),每个鳞片腋中都有腋芽。夏季随着植物体的死亡,芽苞掉落湖底;进入夏季休眠期。9 月以后芽苞开始萌发,几乎所有的腋芽都有萌发力。萌发出的芽体基部产生多数不定根,形成幼苗。随着幼苗的生长,其基部的腋芽开始横向伸长,形成水平根状茎;再由根状茎节上萌生新苗。如此无限生长,单株菹草可在一个生长季内形成面积 1m² 左右的庞大植丛。

菹草茎秆在深水层不产生分枝,当茎秆生长到近水面时,每个叶腋内都能形成新的分枝,在较好的生态条件下分枝可达 3—5 级。

2.1.4 金鱼藻 金鱼藻为喜温植物,不能越冬生长。虽然它能结实,但在自然状况下(尤其是在高密度的植物群落中)结实率很低。据观察,金鱼藻仍以营养繁殖为主。秋末冬初,随着水温的降低,金鱼藻枝尖节间不再伸长,密集的叶丛紧包生长点,形成特化的营养繁殖体——球状休眠芽苞。冬季植物体死亡,芽苞掉落在湖底越冬。春季芽苞顶部生长点和腋芽开始生长,并产生不定根,形成新的植株。

金鱼藻为地上芽植物,根系为不定根,其断枝萌生不定根后可形成新的植株,在没有根系的情况下金鱼藻也能正常生长。金鱼藻有较强的分枝能力,在任何生长高度上均能产生分枝。

2.1.5 微齿眼子菜 微齿眼子菜为多年生沉水植物,虽然在冬季出现生长停滞,水中茎叶大部分死亡,但根系存活,且在近泥面处部分枝尖仍在缓慢生长,因而不存在季节性再生问题。它较高的结实率,但在其分布范围内主要依靠水平根状茎的伸长和产生新苗来扩大其群体数量。微齿眼子菜一般生长在水较浅、透明度较低的湖区,主要在接近泥面处产生分枝,在表水层不形成分枝。因而,水深和透明度对其生存尤为重要。

2.1.6 马来眼子菜 马来眼子菜为宿根性多年生沉水植物,主要以水平根状茎产生分枝进行营养繁殖,这种凭借根状茎的营养繁殖方式与菹草和微齿眼子菜基本相同。马来眼子菜的生长形态与菹草颇为相似,具有较高的体形,在近水面层形成较多的分枝,能适应 2m 以上的水深和较低的透明度。它能产生种子,但不形成其它特化的营养繁殖体。进入冬季后,水中茎叶全部死亡,以地下根状茎越冬。春季从地下根状茎上萌生新苗。

2.1.7 苦草 苦草为喜温性沉水植物,在营养生长期生长点位于泥面以下,只有带状叶片伸展在湖水中。苦草的分枝方式类似于禾本科植物的分蘖方式,由泥中叶腋内的腋芽长出分枝。分枝的第一个节水平伸长大约 5—10cm 后,枝尖向上生长,形成节间紧缩的直立根状茎,从直立根状茎上长出叶片伸展到水中,并在节上产生多数不定根,形成新苗。新苗长到 10cm 左右时其基部叶腋内可产生新的分枝,如此无限生长。

苦草不能越冬生长,在秋末冬初生长出的分枝不再长成新苗,而是由枝尖膨大形成块状茎,植物体死亡后块状茎在泥中休眠越冬。块状茎长 1—2cm,其上有 3—5 个微小的膜质叶片和腋芽,春季这些腋芽萌发形成新的植株。苦草也能结实,但在自然状况下多以块状茎进行营养繁殖。

2.2 特化营养繁殖体的繁殖能力

在所研究的 7 种沉水植物中,黑藻、苦草、菹草和金鱼藻均能形成特化的营养繁殖体,并以它们为主要的繁殖方式(表 1)。

表 1 4 种沉水植物依赖于特化营养繁殖体的繁殖能力

Tab. 1 Reproductive capacity of 4 submerged plant species by specialized vegetative reproduction

种 类	黑 藻	苦 草	金 鱼 藻	菹 草
营养繁殖体	鳞状芽苞	地下块茎	球状芽苞	硬质芽苞
形成部位	枝尖	地下茎尖	枝尖	枝尖
产生数量	多数枝尖	每株 1—5 个	多数枝尖	半数枝尖
萌发率(%)	100	100	100	10.5—87.5
萌发方式	腋芽和顶芽生长	腋芽和顶芽生长	腋芽和顶芽生长	腋芽生长
出苗数/芽苞	2 个以上	1—3	1—2	1—3
估计营养繁殖能力(倍/年)	10—50	5—15	10—50	50—500

在自然条件下,苦草的营养繁殖能力较差。虽然其地下块茎能全部萌发,一个块茎上可产生 1—3 棵幼苗,在一个生长季内每棵幼苗通过分枝能形成含 7 个以上苗的植株,但一个植株只能形成 1—5 个地下块茎。苦草的地下块茎深埋在底泥中,采集非常困难。黑藻和金鱼藻具有极强的分枝能力,且在大部分枝尖上都能形成营养繁殖芽苞,几乎所有的芽苞都能萌发成苗。因此,这两种植物具有很强的营养繁殖能力。菹草的地下茎和地上茎均具有较高的分枝能力,约有 30%—50% 的分枝顶部在生长末期能形成营养繁殖芽苞,一个芽苞上能

萌发出1—5个幼苗。1994年5月在25m²的实验区收获菹草冠层茎叶41.5kg,其中芽苞重4.85kg,占总鲜重的11.7%。收获芽苞总数19938个,平均密度达797个/m²。但芽苞发芽率较低,强壮的芽苞可以全部发芽,瘦弱的大多数难以萌发,实测平均发芽率为10.5%—87.5%。尽管如此,菹草仍具有很强的营养繁殖能力,最高可达500倍/年。

2.3 枝尖插植繁殖

伊乐藻、黑藻和金鱼藻属于“假根类”植物,只有须状不定根。在营养生长期,枝尖插植繁殖均获得成功。在插植3天后就能生根,形成新的植株。微齿眼子菜、马来眼子菜和菹草则属于“真根类”植物,由根状茎和须根组成发达的根系。它们的枝尖插植后也能产生不定根,但不能形成水平根状茎,无法产生泥下分枝。故伊乐藻、黑藻和金鱼藻更适合于枝尖插植繁殖。

2.4 营养体移栽繁殖

全营养体的移栽繁殖在7种植物上都获得了成功,但这毕竟是一种低效率的人工栽培繁殖方式。对于象伊乐藻、黑藻、金鱼藻和菹草这样有较强营养繁殖能力的种类就大可不必采用移栽繁殖,但对于苦草、微齿眼子菜和马来眼子菜一类以根系担负主要营养繁殖任务的种类,带有根系的移植是唯一的营养繁殖与栽培方式。苦草依赖于地下块茎的营养繁殖方式操作比较困难,实验证明,将苦草的地下茎切断后分苗移栽,可促使每一裸苗萌生泥下分枝,这种分苗移栽方式可以大大提高苦草的营养繁殖速度。

2.5 快速营养繁殖与栽培

观察研究证明,在自然条件下,伊乐藻等7种沉水植物均以营养繁殖为主要繁殖方式(表2),在人工辅助下,可对它们进行快速营养繁殖和栽培。黑藻、金鱼藻和菹草都能在枝尖产生大量特化的营养繁殖体,但依赖于营养繁殖体的繁殖与栽培要受到季节的严格限制。伊乐藻、黑藻和金鱼藻的插枝繁殖不仅简单易行,可以大面积操作;而且种源充足,栽植期长,适合于大规模繁殖和栽培。苦草、微齿眼子菜和马来眼子菜的营养繁殖力相对较差,必要时分苗移栽不失为一种有效的繁殖与栽培方式,但效率较低,操作比较困难。苦草地下块茎和马来眼子菜根状茎的采集和栽植更加困难,除非特殊需要,不宜采用这种繁殖与栽培方式。

表2 7种沉水植物营养繁殖与人工栽培技术

Tab.2 Vegetative reproduction and plantation skill of seven submerged plants

种 类	营养繁殖方式	人工栽培技术	适宜栽培季节
伊 乐 藻	枝尖扦插繁殖	插栽20cm以上枝尖	9—4月
黑 藻	1) 鳞状芽苞繁殖	采集嫩播芽苞	10—11月
	2) 枝尖扦插繁殖	插栽20cm以上枝尖	3—8月
菹 草	1) 芽苞繁殖	采集嫩播芽苞	5—6月
	2) 分苗移栽繁殖	带根移栽幼苗	11—4月
金 鱼 藻	1) 芽苞繁殖	采集嫩播芽苞	11—2月
	2) 枝尖扦插繁殖	插栽20cm以上枝尖	3—8月
苦 草	1) 地下块茎繁殖	采集埋植地下块茎	11—2月
	2) 分苗移栽繁殖	带根移栽幼苗	3—5月
微齿眼子菜	分苗移栽繁殖	带根移栽幼苗	2—4月
马来眼子菜	1) 根状茎繁殖	采集埋植根状茎	2—3月
	2) 分苗移栽繁殖	带根移栽幼苗	3—4月

参 考 文 献

- 1 Wetzel R G. Limnology, 2nd edition. Philadelphia: CBS College Publishing, 1975. 767
- 2 李文朝等. 太湖湿地的生态功能与利用. 见: 陈宜瑜等著. 中国湿地研究. 长春: 吉林科学技术出版社, 1995. 191-201
- 3 李文朝. 五里湖营养状况及治理对策探讨. 湖泊科学, 1994, 6(2): 136-143
- 4 李文朝. 五里湖营养化过程中生物及生态环境的演变. 湖泊科学, 1996, 8(增刊): 37-45
- 5 Moss B. Engineering and biological approaches to the restoration from eutrophication of shallow lakes in which aquatic plant communities are important components. *Hydrobiologia*. 1991, 200/201: 367-377
- 6 陈洪达. 菹草的生活史. 生物量和断枝的无性繁殖. 水生生物学报, 1985, 9(1): 32-39

ARTIFICIAL VEGETATIVE REPRODUCTION AND PLANTATION TECHNIQUE FOR *ELODEA NUTTALLII* AND SIX OTHER SPECIES OF SUBMERGED PLANTS

Lian Guanghua Zhang Shenzhao

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

Abstract

Under natural environmental conditions of Taihu Lake, *Elodea Nuttallii* and six other species of submerged plant depended mainly on vegetative reproduction to survive and spread their population. In the restoration process of shallow lakes, aquatic macrophyte should be planted on a large scale in a relatively short time, and artificial vegetative reproduction and plantation skill is needed for this purpose. Transplanting the cuttings of *Elodea Nuttallii*, *Hydrilla verticillata* and *Ceratophyllum demersum* was proved to be very easy and effective for sufficient shoot supply, long planting season, and large-scale operation. However, *Vallisneria spiralis*, *Potamogeton maackianus* and *P. malaianus* had low vegetative reproduction capacity. As a result, seeding transplantation was still effective although it was difficult and slow. It's more difficult and undesirable to transplant subterraneous tuber of *Vallisneria spiralis* and stock of *Potamogeton maackianus* unless it was particularly needed.

Key Words Submerged plant, vegetative reproduction, plantation