

鱼塘水面无土栽培美人蕉研究^{*}

吴伟明 宋祥甫 金千瑜 应火冬 邹国燕

(中国水稻研究所 杭州 310006)

摘 要 1990年起,采用浮床无土栽培技术在鱼塘水面种植陆生植物美人蕉(*Canna generalis* Bailey)。结果表明,美人蕉对水栽表现出良好的生态适应性。水栽美人蕉单位面积生物产量比陆栽增加了50%左右,开花量增加近1倍。水栽美人蕉花期比同期的陆栽美人蕉延长21 d。水栽美人蕉的良好适应性还表现在它的分枝根多,根系活力强,白根所占比例较高。图1表4参5

关键词 美人蕉;鱼塘水面;无土栽培

CLC S682.22 : S359.9

STUDY ON SOILLESS CUTURE OF CANNA ON FISH POND

WU Weiming, SONG Xiangfu, JIN Qianyu, YING Huodong & ZOU Guoyan

(China National Rice Research Institute, 310006 Hangzhou, China)

Abstract *Canna* (*Canna generalis* Bailey) plants were cultured on fish pond by floating beds without soil from 1990 to 1995 in Fuyang County, Zhejiang. The results indicated that the canna plants grown in floating beds produced 52% more biomass than those in the soil. Besides, the former gave twice more flowers, flowering phase were 21 d longer, new root ratio was higher and root vigor was stronger comparing with the later. Fig 1, Tab 4, Ref 5

Keywords *Canna generalis* Bailey; fish pond; soilless culture

CLC S682.22 : S359.9

采用浮床无土种植技术在自然水面上种植粮食、蔬菜、花卉等作物,不仅可以利用广阔的自然水域生产粮食^[1,2]、蔬菜等农产品,还能种植花卉,营造新颖的水上园林景观,而且对富营养化水域有较好的净化作用^[3]。美人蕉是多年生球根花卉,花期长,生长繁茂,是园艺上常用的优良花卉。笔者自1990年在鱼塘水面成功地进行了浮床无土种植美人蕉试验以来,累计种植面积3300 m²。前几年的研究表明,陆生植物美人蕉不仅适应在鱼塘水域环境条件下生长,而且具有比陆地种植时更好的个体和群体生长优势,表现出良好的景观效果。在此基础上,1995年度着重研究了美人蕉在鱼塘水面上种植时的生长发育特点和物质生产特性,为今后利用该技术在鱼塘、水库等自然水域营造新颖的水上园林景观、净化水质提供技术依据。

1 材料与方法

试验在中国水稻研究所富阳试验基地鱼塘进行。美人蕉在该地区以休眠芽露地越冬。试验鱼塘水面1.5 hm²,全年平均水深1.5 m,丰水期水体中 $\alpha(N)$ 、 $\alpha(P)$ 分别是1.80 mg/L和0.15 mg/L,其它元素含量极微。采用 $l \times b = 150 \text{ cm} \times 100 \text{ cm}$, $\delta = 5 \text{ cm}$ 的聚苯乙烯发泡板为水上种植用浮床(浮体栽培床的简称,下同),以中泡海绵为固定基质。浮床本身无持肥能力,固定基质有较强的持肥能力,一般一次施肥后可以保持肥效20~30 d。栽植孔直径18 cm,种植面积600 m²。陆地种植对照设在本所花圃,土质为粘紫泥土,肥力中等,种植面积30 m²。

试验品种为 7 叶红色大花美人蕉 (*Cana generalis* Bailey), 当年采自美人蕉在土壤中越冬的休眠芽, 于 1995 年 4 月 29 日沙培, 5 月 29 日移栽, 栽植密度 50 cm×50 cm, 每丛两芽。肥料采用自配复合肥, 主要成分为尿素、过磷酸钙、氯化钾和菜籽饼, 其中 n(N):n(P₂O₅):n(K₂O) 比例为 1:0.8:1.1, 纯氮用量 52.5 kg/hm²。肥料采用手工穴施, 分别于移栽后的 d 5 和 d 15 施入, 后期不施追肥。陆栽对照的栽培要素与水栽相同。

试验期间详细记载美人蕉的生育期, 观察并记录个体和群体的生长发育特性, 后期测定干物重。其中, 生育期考查以 5% 美人蕉萌芽为萌芽期, 5% 植株开花为始花期, 95% 植株枯萎为枯萎期, 水栽和陆栽各调查 50 丛, 随机布点。其它项目调查 20 丛, 随机布点。试验期间还调查了 1993 年和 1994 年移栽到水面并在水面越冬的美人蕉的生育期。根系活力测定采用 α-萘胺法和吸附甲烯兰法, 随机取样, 每处理重复 2 次, 取平均值。

2 结果与分析

2.1 生育期

试验表明, 水栽美人蕉(水面种植美人蕉的简称)的年生长期一般比陆栽美人蕉(陆地种植美人蕉的简称)长 2~9 d(表 1)。其中由于当年移栽的水栽美人蕉移栽期与陆栽一致, 枯萎期比陆栽推迟 2 d, 故年生长期较陆栽长 2 d, 而水栽越冬苗(1 年或多年)的萌芽期比陆栽早 7 d 左右, 枯萎期迟 2 d, 年生长期长 9 d 左右。这种现象可能是由于水面的温、光、水、气等生长因素与陆栽有较大的差异而引起。

表 1 水栽与陆栽美人蕉生长期比较*

Table 1 Comparison of growth period of canna on fish pond and in soil*

种植方式	移栽年份	出苗日期	移栽日期	始花期	开花期	终花期	枯萎期	总花期	年生长期
Culture method	Transplanting year	Generating date (month-day)	Transplanting date (month-day)	Starting date of flower (month-day)	Flowering stage (month)	Ending date of flower (month-day)	Withering date (month-day)	Flowering duration (days)	Growth period (days)
水栽 (On water)	1995	04-29	05-29	07-13	07~10	11-27	11-27	137	212
	1994	04-26	-	06-10	07~10	11-27	11-27	170	215
陆栽 (CK)	1995	04-29	05-29	07-22	07~10	11-15	11-25	116	210
	1994	05-03	-	06-15	07~10	11-15	11-25	163	206

* 1995 年资料。Data from 1995.

2.2 群体和个体生长特征

在相仿的栽培技术条件下, 水栽美人蕉群体生长密度(n/m^{-2})高于陆栽, $n_{av} = 41.6m^{-2}$, 比陆栽的 $17.2m^{-2}$ 提高 41.3%(表 2), 表现了繁茂的群体生长优势和良好的景观效果。其单株发棵为 5.2 株, 比陆栽增加 67.7%。

表 2 水栽与陆栽美人蕉生物学特性比较

Table 2 Comparison of ecological characteristics of canna grown on fish pond and in soil

种植方式	植株生长密度	花朵数	单株分枝数	单株花朵数	株高	叶龄	节间长	茎基直径
Culture method	Plants m^{-2} (n/m^{-2})	Flowers m^{-2} (n/m^{-2})	Tillers per shoot (N)	Flowers per shoot (N)	Plant height (h/cm)	No. of leaves (N)	Length of internode (l/cm)	Diameter of stem (d/cm)
水栽 (On water)	41.6	365.2	5.2	10.7	172.0	7.3	23.6	3.5
陆栽 (CK)	24.4	172.8	3.1	9.0	132.9	7.6	17.5	3.2

水栽美人蕉平均株高比陆栽增高 39.1 cm, 平均节间长度比陆栽增长 6.1 cm, 茎基直径平均比陆栽粗 0.3 cm。水栽与陆栽美人蕉的叶片数无明显差异, 但叶片形状有一定的差别, 水栽美人蕉倒 1~倒 4 叶的长和宽平均比陆栽增加 27.6% 和 38.5%(表 3), 倒 1~倒 4 叶的平均长/宽比为 2.2, 比陆栽下降 0.3。相对而言叶形较为短阔, 在外观上表现为叶片更为坚挺, 不易披垂, 而陆栽的叶形略为细长, 相对较易披垂。它们最大叶片的位置基本一致, 一般都在倒 3 或倒 4 叶。

2.3 干物质生产

根据地上部枯萎前两天对干物质的考查分析表明, 水栽和陆栽美人蕉的干物质总量(包括根系)分别为 17.5 t/hm² 和 11.5 t/hm², 前者比后者增加了 52%。这不仅是水栽美人蕉生长优势的具体表现, 也是其赖以取得良好景观效果的物质基础。通过对当年移栽苗的营养成分分析, 其根、茎、叶的平均 $\overline{\alpha}(N)$ 、 $\overline{\alpha}(P)$ 含量分别为

1.2%和0.20% 除去从肥料中的吸收量,还可从水体中净吸收 N、P 分别为 162.4 kg/hm²和 18.7 kg/hm².由此可见,水上美人蕉在利用水体中浓度较低的 N、P 等营养元素生长发育的同时,起到了明显的净化水体、改善和保护水域环境的作用.

表 3 水栽和陆栽美人蕉叶片形状比较

Table 3 Comparison of leave shape of canna grown on fish pond and in soil

种植方式 Planting method	倒 1 叶		倒 2 叶		倒 3 叶		倒 4 叶		4 叶平均		
	1st leaf from top		2nd leaf from top		3rd leaf from top		4th leaf from top		Average of 4 leaves		
	(l/cm)	(b/cm)	(l/cm)	(b/cm)	(l/cm)	(b/cm)	(l/cm)	(b/cm)	(l/cm)	(b/cm)	l/b
水栽 (On water)	29.8	15.2	40.6	17.9	45.2	19.5	45.1	19.0	40.2	17.9	2.2
陆栽 (CK)	20.8	9.5	32.3	12.7	37.5	14.5	35.6	14.0	31.5	12.7	2.5

2.4 根系生长状况

水栽美人蕉根系与陆栽美人蕉根系的主要差别在于:第一,形态差异.水栽美人蕉每丛根系总数比陆栽略高(表 4) 根系分枝可达 4 次,与陆栽相似,但分枝数量和密度明显高于陆栽.其中,水栽和陆栽美人蕉的一次分支根分别为 7.5 条/cm 和 3.6 条/cm,二次分支根分别为 3.1 条/cm 和 1.9 条/cm,水栽美人蕉分别增加了 108.3%和 63.2%.水栽美人蕉各不定根和分枝根均无根毛,这与营养液无土栽培下植物根系的形态特征相同.显然,这是根系对水栽的一种适应.由于水栽美人蕉无根毛,因此陆栽条件下由根毛完成的吸收功能,在水栽条件下就主要依靠不定根及其分枝根来完成.为满足植株生长的养分需要,水栽美人蕉根系就不断增加分枝根,提高吸收的表面积以适应养分吸收需要,弥补没有根毛的不足.从根系形态可以发现,在整个生长期内水栽美人蕉的白根比例始终比陆地高,尤其是在生长后期,保持比陆栽高 10%左右的白根比例.第二,根系活力差异. α -萘胺氧化力是表示根系过氧化物酶活性高低的一个常用指标,在科研中常作为植物根系氧化力大小的一个重要参数.测定表明,水栽美人蕉的 α -萘胺氧化力比陆栽高 8.0 $\mu\text{g}/\text{ghFW}$ (表 4).从根系的比表面积和活性吸收表面百分比来看,水栽美人蕉比陆栽分别高出 99.8%和 13.5%.说明水栽美人蕉的根系生理指标优于陆栽.需要指出的是,由于陆栽条件下根系取样的损伤很大,根系的活跃吸收部位—幼嫩的根尖与根毛受到很大损失,因此影响了根系样品的测定结果,也是导致上述差异的一个重要原因.也正因如此,取样调查中无法取到陆栽美人蕉的整个根系,所以在表 4 中陆栽美人蕉的根长、根系体积和根冠比数据未列入.这也从一个侧面说明,利用自然水域无土栽培方法种植美人蕉等植物,可以在使所栽植物取得与陆地相仿甚至更好的生物群体的条件下,更加简便,而且更加准确地对其根系进行形态与生理研究.

表 4 水栽和陆栽根系性状比较

Table 4 Comparison of root characteristics of canna grown on fish pond and in soil

种植方式 Planting method	α -萘胺氧化力* Oxidizability of α -naphthylamine ($\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$)	比表面积 Total area/volume (m^2/mL)	活性比表面积 Active area/volume (m^2/mL)	活性表面积率 Rate of active area (%)	根长 Length of root (cm)	每丛根数量 Roots per hill (N)	每丛根系体积 Root volume per hill (ml)	根/冠 Ratio of Root/crown (g/g)
水栽 (On water)	24.6	0.62	0.27	42.9	47	65	213.5	0.11
陆栽 (CK)	16.6	0.35	0.13	37.8	—	51	—	—

* $n(\alpha\text{-naphthylamine})_{\text{mFW}}^{-1}\text{t}^{-1}/\mu\text{g g}^{-1}\text{h}^{-1}$,分析日期 (Analysis date):1999-09-12

2.5 越冬表现

根据多年的试验结果,美人蕉在试点地区鱼塘水域水上种植时,其休眠根茎可在水面上越冬,但越冬后的存活率因根荪上覆盖物的有无而不同.当根荪上覆盖稻草等时,越冬存活率为 95%以上,而不覆盖稻草等时,则越冬存活率仅在 40%左右.这是由于覆盖稻草等物使水栽美人蕉越冬根茎有一个保护层,避免了直接受到霜冻危害.另一方面,陆栽美人蕉在无覆盖物情况下的越冬存活率可达 100%,而水栽美人蕉即使依赖覆盖物的越冬存活率也达不到 100%,这可能是由于其体内含水量较高,导致抗寒力下降,因而在同样低温条件下比陆栽美人蕉更容易被冻伤.在萌芽期对水栽美人蕉越冬根茎的调查发现,不萌芽的根茎全部呈浸渍状,而萌芽的根茎及陆栽根茎均无浸渍现象.

2.6 群体花期

水栽美人蕉的群体花期比陆栽美人蕉长 20 d 左右,表现在开花期早,终花期迟,如表 1 所示。水上美人蕉当年移栽苗的始花期比陆地提早 9 d,终花期比陆地延迟 12 d,总花期延长 21 d。水上越冬苗的始花期比陆地提早 5 d,终花期比陆地延迟 12 d,总花期延长 17 d。比较移栽苗和越冬苗的花期还可以发现,无论是水栽或陆栽美人蕉,它们越冬苗的花期均比当年移栽苗长 35 d 左右,这主要是由于移栽苗在挖取时受到损伤,而且移栽苗的根茎与母茎分离,在营养的供给上也比越冬苗差的缘故。

2.7 个体开花特点

美人蕉为总状花序,大部分情况下,花朵为两朵聚生,并沿三棱柱状花枝的三个柱面着生。调查结果显示,水栽美人蕉单朵花的寿命与陆栽无明显差异,均为 3 d 左右,因天气、气温等因素会略有波动。对单株花期而言,两者存在显著的不同,水栽美人蕉平均可达 13 d,陆栽美人蕉在 7 d 左右。其原因是水栽美人蕉平均单株花朵数比陆地要多 1.7 朵,花期延长,但最主要的原因则是两者花枝上、下不同位置花朵的开花进程不同。由图 1 可以看到,同样是具 10 朵花的花枝,水栽美人蕉从 07~15 起开第一朵花,以后基本是每天开一朵,至最后一朵(顶部左位)开花是 07~23,单株花期 11 d。陆地美人蕉从 07~15 开第一朵花,以后基本是每天开两朵,至最后一朵开花是 07~19,单株花期 7 d,前者比后者延长了 4 d。产生这一现象是否由于水上美人蕉所处的温光条件及根系生长环境变化而引起它内源激素及同化产物供应和分配的变化,尚有待于进一步研究和探讨。

从一天当中花朵的开放时间来看,两者花朵的开放高峰均在上午 11 时至下午 1 时之间,两者的花朵大小无明显差异,花径与花朵长基本接近。

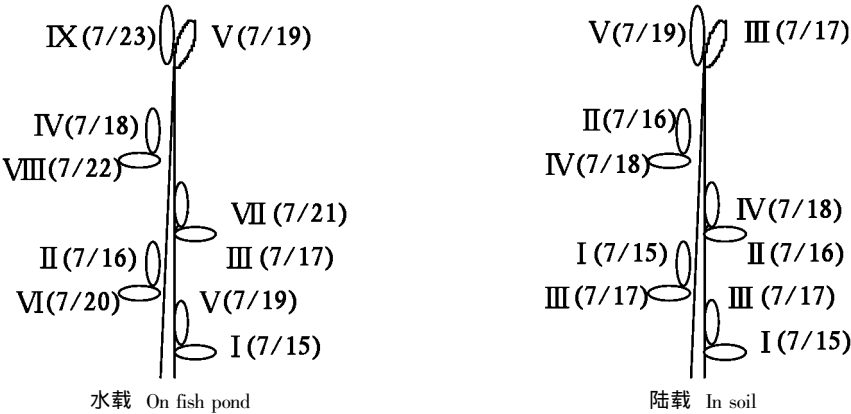


图 1 水栽和陆栽美人蕉的开花顺序示意图

Fig.1 Flowering order of canna grown on fish pond and in soil

I~IX:表示从第一朵花开花后的天数。括号中的数字为开花日期(月/日)

I~IX: The days after first flower. The figure in brackets is flowering date(month/day)

3 讨论

研究表明,美人蕉在自然水域无土栽培表现出良好的生态适应性,在相仿的栽培条件下取得了比陆地美人蕉更好的群体和个体生长特点。这首先是美人蕉本身具有良好的适应能力,尤其是其根系对水栽的适应能力。据 Drev(1979)、董建国(1983)等人的研究,许多陆生植物(如玉米、小麦等)在水体环境的胁迫下,其根系会对外界环境因子的变化产生适应,根系中产生比平时浓度高的乙烯,刺激纤维素酶浓度的提高,使一些薄壁细胞分解消失,从而在根系中产生通气组织^[4~5]。本研究也发现类似的现象,即水栽美人蕉根系薄壁组织中存在类似水稻等根系气腔的终向裂隙。李芳柏等(1998)研究发现,水栽美人蕉等植物根系对水体 pH、DO 等有明显的改善作用^[3],这可能是水栽植物根系适应新的环境以后其根系分泌物以及根系释放到水体中的氧气所引

起的.有关这方面的研究尚待于进一步深入.这也说明,许多陆生植物具有对水栽条件的潜在适应能力,这也将为陆生植物对水分的适应及抗涝研究提供新的研究思路和方法.

目前,我国 80% 以上的水域受到不同程度的污染,其中,因水体中氮、磷等营养元素过剩而引起的水体富营养化是主要问题.研究表明,利用自然水域无土栽培技术在受富营养化污染的水域如池塘、湖泊等种植美人蕉等适应性强、生物量较大的陆生植物,不仅可以利用水体丰富的温、光、水、气资源,吸收水体中的过量营养元素,使水体得到净化,而且可以营造新颖的水上园林景观,丰富水面的利用功能,将为我国的园林艺术增添新的内涵.

致谢 本文得到了中国水稻研究所刘光杰博士的大力支持,特此致谢!

参考文献

- 1 Song XH(宋祥甫), Ying HX(应火冬), Zhu M(朱敏), Wu WM(吴伟明). A Study on Growing Rice with Floating Method on the Waters. *Sci Agri Sini*(中国农业科学). 1991, 24(4): 8~13
- 2 Song XH(宋祥甫), Xiong ZM(熊振民), Ying HX(应火冬), Zhu M(朱敏), Wu WM(吴伟明). The Technology of Rice Soilless Culture on Natural Waters. *Bull Agri Sci and Technol*(农业科技通讯). 1992, 7: 6~7
- 3 Li FB(李芳柏), Wu QH(吴启堂). Domestic Wastewater Treatment with Means of Soilless Cultivated plants. *Chin J Appl Ecol* 应用生态学报). 1997, 8(1): 88~92
- 4 Dong JQ(董建国), Yu SW(余叔文). Formation of MACC in Relation to ACC levels and Ethylene Production in Wheat Plants During Waterlogging. *Acta Phyt Sin*(植物生理学报). 1983, 9(1): 103~104
- 5 Drew MC, Jackson MB, Giffard S. Ethylene - promoted adventitious rooting and development of cortical air space(aerenchyma) in roots may be adaptive responses to flooding in *Zea mays* L. *Planta*. 1979, 147: 83~88