

Effects of Different Cultivation Methods on Growth Development and Physiological Traits of Canna

Yue'e Xiao

Shanghai Chenshan Botanical Garden, Shanghai
Email: xiaoye_nau@163.com

Received: May 20th, 2014; revised: Jun. 18th, 2014; accepted: Jun. 29th, 2014

Copyright © 2014 by author and Hans Publishers Inc.
This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).
<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

Abstract

The cultivation experiments were conducted to study the differences in potted culture, hydroponics and soil culture on the growth development and physiological traits on five Canna cultivars. The results showed that soil culture was conducive to roots growth, especially the taproot of Cannas. In contrast, hydroponics could increase quantity of lateral roots and capillary root and magnify root cap area. The latter could facilitate nutrient uptake and growth development of plants. Meanwhile, hydroponics could dwarf Canna plants and increase the root cap ratio. Expressed by fluorescence parameters, photosynthetic efficiency of Canna plants had no significant difference between the hydroponics treatment and the soil culture treatment. Five Canna cultivars by potted culture had the lowest level of photosynthetic efficiency and growth rate. Thus, Canna could be used as hydroponic ornamental flowers.

Keywords

Canna, Hydroponics, Potted Culture, Soil Culture, Growth and Development, Photosynthetic Traits

不同栽培方式对美人蕉生长发育及生理特性的影响

肖月娥

上海辰山植物园, 上海
Email: xiaoye_nau@163.com

收稿日期: 2014年5月20日; 修回日期: 2014年6月18日; 录用日期: 2014年6月29日

摘要

本文比较了盆栽、水培和地栽三种不同栽培条件对5种不同美人蕉植株生长发育和生理特性的差异。结果表明, 地栽方式有利于根系尤其是主根的伸长, 水培有利于美人蕉侧根以及毛细根数量的增加和根系表面积的增加, 后者对于植物养分吸收与生长发育更为有效。水培条件还对美人蕉的植株有一定的矮化作用, 使其根冠比增大。测定不同品种在水培和地栽条件下基于叶绿素荧光参数的光合速率无明显差异, 而5种美人蕉在盆栽条件下的光合效率、生长速率均最低。因此, 美人蕉极具水培花卉的潜质。

关键词

美人蕉, 水培, 盆栽, 地栽, 生长发育, 光合特征

1. 引言

美人蕉(*Canna* spp.)观赏效果与生态效益兼备, 具有极大的开发潜力[1] [2]。花卉水培是以水为介质, 将花卉直接栽培在盛水容器中, 并施以生长所需的营养元素进行栽培[3]。随着人们生活水平提高, 室内养花及花卉环境装饰需求量逐年增加, 水培花卉以其独特的观赏性、洁净性以及养护方便性超越了以往盆栽花卉摆放的区域限制。并且由于水培技术独特, 且花卉观赏价值高, 因此具有十分广阔的市场前景。目前, 已成功进行水培的花卉种类有观叶类、观花类、观果类以及可食类多个种, 包括天南星科、百合科等植物, 满足了人们不同的需求。

不少园林工作者以美人蕉为材料进行水培花卉, 多个研究表明, 通过水培可以让植物产生适应水中生长的根系[4]-[6]。但不同植物的生物学与生理学特征对水培反应不一致。目前, 对于少有人对美人蕉水培条件下生长发育和生理特性进行深入研究。本研究通过比较同时也为美人蕉水培方式研究提供更多的理论依据。

2. 试验材料与试验设计

2.1. 实验材料

在引入品种中选择在上海地区适应性表现良好的5个美人蕉根茎为试验材料, 其中矮生型品种2个, 中型品种2个, 高型品种1个, 主要特征见表1。

2.2. 实验设计

设以下3个处理, 分别为水培、基质盆栽和土壤地栽3种栽培方式, 3次重复。试验时间为2012年4月20日~6月20日, 培养时间总计60 d。

处理 I: 水培营养液采用 Hogland-Arnon 经典配方: $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 0.9446 g/L、 KNO_3 0.6066 g/L、 $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ 0.1150 g/L、 $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.4929 g/L, 微量元素采用通用配方: $\text{Na}_2\text{Fe-EDTA}$ 399.68 mg/L、 H_3BO_3 2863 mg/L、 $\text{MnSO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ 2119 mg/L、 $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 0.23 mg/L、 $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ 0.0749 mg/L、 $(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$

Table 1. Biological characters of five Canna cultivars used in this study**表 1.** 用于本研究的 5 个美人蕉品种生物学特征

品种名	株型	花色	叶片特征	文中简写
Canna 'Marjorie Cole'	矮型	玫红	浅绿带红斑	MC
Canna 'En Avant'	矮型	黄带红斑	红褐色	EA
Canna 'Ace of Spades'	中型	红	浅绿色	AS
Cana 'President Mayer'	中型	橙色	浅绿色	PM
Cana 'Out of Africa'	高型	紫红	红褐色	OA

0.0247 mg/L。营养液 pH 值用 1.0 mol/LHCl 及 1.0 mol/LNaOH 调整至 6.0。各个处理先用蒸馏水进行脱盐处理 3 d，之后水培处理，每 7 d 更换 1 次营养液，盆栽和地栽每 7 d 浇 1 次营养液，用量为每盆 50 mL。若未到浇营养液时间，则浇以蒸馏水来补充水分。

处理 II：盆栽基质体积配比为：草炭:壤土:珍珠岩 = 4:7:1。

处理 III：直接地栽于辰山植物园科研引种苗圃，土壤为潞育型水稻土，养分储藏丰富，有机质平均含量 40.1%。

处理 II 和 III 每隔 10 d 施用一次复合肥。基质栽培和土壤栽培出现缺水状况也以蒸馏水来补充。

2.3. 试验方法

2.3.1. 生长发育指标测定

每 10 d 测定 1 次株高、冠幅和叶片数。实验结束时称取所有材料的鲜重，并以总高度和平均鲜重除以总天数，分别得出相对生长速率和生物量积累效率。

2.3.2. 根系结构测定

采用 LC-4800 植物根系测定仪测定各个品种不同栽培条件下的根系结构。

2.3.3. 根系活力测定

将不同栽培条件下栽培的植株根系冲洗干净，剪下大小相同的根系顶端，用去离子水冲洗干净、擦干。采取 α -萘胺氧化法测定，根系活力以单位重量根系单位时间内氧化 α -萘胺的相对量计量。n = 3。

2.3.4. 叶绿素荧光参数的测定

分别从不同品种、不同栽培方式的美人蕉取生长一致的单独 3 株，用相同叶位的健康叶片作为实验材料。采回的材料暗适应 1 h 后，采用脉冲调制荧光仪 PAM210 (Walz, 德国)测定室温下荧光动力学参数，其中驱动光合作用的光强(即作用光)大小为 $1500 \mu\text{mol} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ 。根据 Shreiber 等(1956)的公式计算 Fv/Fm(最大量子产额)，重复数为 10 次以上。

2.3.5. 色素含量和比例的测定

参照 Wellburn 和 Lichtenthaler (1984)的方法，不同的种称取相同叶位的等量叶片，加入 95%的乙醇在 4℃的条件下抽提 24h，分别用分光光度计测定 470nm，663nm 和 645nm 下光吸收值。然后根据下列公式计算光合色素叶绿素 a、b 和类胡萝卜素(Caotenoids, Car)的含量和比例： $\text{Ca} = 12.7 \times \text{OD}_{663} - 2.69 \times \text{OD}_{645}$ ； $\text{Cb} = 22.9 \times \text{OD}_{645} - 4.68 \times \text{OD}_{663}$ ； $\text{Car} = (1000 \times A_{470} - 2.05 \times \text{Ca} - 114.8 \times \text{Cb})/245$ 。

2.4. 数据统计分析方法

首先计算获得每个处理的平均值后，采用多重比较方法中的 LSD 法对不同处理的平均值进行单因素

方差(ANOVA)分析, 该分析在 SPSS 17.0 软件中完成。

3. 结果与讨论

3.1. 不同栽培方式对美人蕉生长发育的影响

3.1.1. 不同栽培方式对美人蕉生物量的影响

花卉植株鲜重可以表征植株整体长势状况: 植株越重, 表明花卉营养生长越旺盛, 植株就越健壮。梁郸娜和王合理(2011)的研究表明, 水培也有利于草莓株高增长、新根数目增加、新根长度增长、提高单叶面积和叶绿素相对含量等[7]。

由表 2 可知, 除矮生品种 MC 和高型品种 OA 外, 其余品种不同栽培条件下的生物量高低为: 水培>地栽>盆栽。品种 EA 在水培条件下的生长量分别是地栽和盆栽条件下的 1.32 和 1.47 倍, 与地栽和盆栽相比均达到极显著水平, 地栽和盆栽之间也达到极显著水平; 水培品种 EA 地上部分鲜重分别高出地栽和盆栽的 32.2% 和 24.7%, 与地栽和盆栽相比均达到极显著水平, 地栽和盆栽之间达到显著水平; 水培品种 EA 地下部分鲜重分别高出地栽和盆栽的 47.5% 和 24.6%。PM 水培条件下的生长量分别是地栽和盆栽条件下的 1.59 和 1.46 倍, 与地栽或盆栽相比均达到极显著水平, 而地栽和盆栽之间无差异。品种 MC 在不同栽培条件下的生物量无差异, 而品种 OA 地栽与水培条件下的生物量高于盆栽水平, 并达到极显著差异水平($P < 0.01$)。以上结果表明, 除矮型 MC 品种和高型 OA 品种的生长量水培条件下的增长未达到显著水平, 其余品种水培生长环境中的美人蕉生长较健壮, AS 的效果最为明显, 可以为提高美人蕉观赏品质提供有利保障。

之所以在水培条件下生长较健壮, 可能是水培方式能为植株的生长提供充足而均匀的养分与水分, 而其它 2 种栽培方式尤其是盆栽通透性差, 有可能致使根系无法吸收到充足的养分与水分。

3.1.2. 不同栽培方式对美人蕉根系性状的影响

根系是养分与水分吸收的主要器官, 根系长度、大小及构型的差异对于作物养分/水分利用效率有很大的影响[8]。总体来说, 除矮型品种 MC 盆栽条件下根系体积显著低于水培和地栽条件($P < 0.01$), 其它品种不同栽培条件下的根系体积大小无差异, 即栽培方式与美人蕉根系体积大小无关(表 3)。所有品种在地栽时根总长度为最大, 仅 EA 品种未达到显著差异水平, 其余品种在不同栽培方式下的根总长存在显

Table 2. Effects of three cultivation methods on biomass of five Canna cultivars
表 2. 3 种不同栽培方式对 5 个美人蕉品种生物量增长的影响

生物量(g/d)	方式	MC	EA	AS	PM	OA
鲜重增加	盆栽	19.1 ± 2.76aA	16.0 ± 1.28bB	18.4 ± 1.55bB	17.6 ± 1.09bB	22.7 ± 1.28bB
	水培	20.3 ± 1.42aA	23.6 ± 2.70aA	29.6 ± 0.98aA	28.1 ± 1.61aA	33.1 ± 1.60aA
	地栽	17.4 ± 1.75aA	17.8 ± 0.71bB	25.7 ± 2.96aA	19.2 ± 1.23bB	35.8 ± 1.58aA
地上部分鲜重	盆栽	15.3 ± 2.20aA	12.8 ± 1.02cB	14.7 ± 1.24cC	14.0 ± 0.86bB	18.1 ± 1.02bB
	水培	16.2 ± 1.13aA	18.8 ± 2.15aA	23.6 ± 0.78aA	22.4 ± 1.28aA	26.4 ± 1.28aA
	地栽	13.9 ± 1.40aA	14.2 ± 0.57bB	20.5 ± 2.36bB	15.3 ± 0.98bB	28.6 ± 1.26aA
地下部分鲜重	盆栽	3.8 ± 0.55aA	3.2 ± 0.25cB	3.6 ± 0.30 bB	3.5 ± 0.21 bB	4.5 ± 0.25bB
	水培	4.0 ± 0.28aA	4.7 ± 0.53aA	5.9 ± 0.19aA	5.6 ± 0.32aA	6.6 ± 0.32aA
	地栽	3.4 ± 0.35aA	3.5 ± 0.14bB	5.1 ± 0.14aA	3.8 ± 0.14bB	7.1 ± 0.14aA

注: 同列不同小写字母表示 LSD 多重比较达显著水平($P = 0.05$), 不同大写字母表示 LSD 多重比较达极显著水平($P = 0.01$)。

Table 3. Effects of three cultivation methods on roots' characters of five Canna cultivars

表 3. 3 种不同栽培方式对 5 个美人蕉根系性状的影响

品种	方式	根总长(cm)	表面积(cm ²)	主根表面积(cm ²)	体积(cm ³)	直径(mm)	根尖数	分叉数
MC	盆栽	14.8 ± 2.09bB	6.0 ± 0.00bB	0.8 ± 1.11bB	0.52 ± 0.73bB	5.4 ± 7.68bB	11.5 ± 2.12cB	4.5 ± 4.95bB
	水培	25.5 ± 1.51aA	11.9 ± 0.13aA	1.6 ± 0.04aA	1.04 ± 0.01aA	10.9 ± 0.06aA	22.0 ± 2.49aA	13.5 ± 0.61aA
	地栽	29.5 ± 0.03aA	11.6 ± 0.21aA	1.7 ± 0.77aA	1.01 ± 0.00aA	10.3 ± 0.46aA	15.2 ± 3.56bA	12.0 ± 2.05aA
EA	盆栽	27.7 ± 1.13aA	11.3 ± 0.27aA	1.4 ± 0.09aA	1.03 ± 0.00aA	10.8 ± 0.11aA	9.0 ± 4.24cB	3.5 ± 0.71bB
	水培	27.3 ± 0.77aA	12.6 ± 0.24aA	1.7 ± 0.63aA	1.04 ± 0.01aA	11.0 ± 0.00aA	20.5 ± 3.54aA	14.0 ± 4.24aA
	地栽	29.9 ± 5.77aA	11.4 ± 0.25aA	1.4 ± 0.08aA	1.01 ± 0.01aA	10.8 ± 0.03aA	16.0 ± 0.00bA	11.0 ± 4.24aA
AS	盆栽	26.0 ± 0.25bB	11.3 ± 0.46bA	1.3 ± 0.08aA	1.02 ± 0.01aA	10.8 ± 0.19aA	8.5 ± 6.36bB	7.5 ± 2.12aA
	水培	28.9 ± 0.86bB	15.3 ± 0.57aA	2.4 ± 0.50bA	1.04 ± 0.00aA	10.9 ± 0.01aA	18.5 ± 2.12aA	34.0 ± 8.38aA
	地栽	37.2 ± 3.32aA	11.8 ± 0.23bA	1.6 ± 0.07aA	1.10 ± 0.05aA	10.9 ± 0.13aA	14.53.54aA	2.5 ± 0.71bB
PM	盆栽	31.4 ± 5.46aA	11.8 ± 1.01aA	1.8 ± 0.58aA	1.02 ± 0.01aA	9.8 ± 1.42aA	13.0 ± 0.00aA	2.5 ± 0.71bB
	水培	32.2 ± 7.53aA	13.8 ± 1.72aA	2.2 ± 0.55bA	1.10 ± 0.03aA	11.0 ± 0.18aA	15.0 ± 2.66aA	34.0 ± 2.83aA
	地栽	34.9 ± 7.04aA	12.3 ± 0.28aA	1.7 ± 0.57bA	1.02 ± 0.01aA	9.7 ± 1.62aA	8.5 ± 1.95bA	3.0 ± 2.83bB
OA	盆栽	18.9 ± 8.41cC	10.8 ± 1.19aA	1.7 ± 0.76bA	1.04 ± 0.02aA	9.8 ± 1.82aA	10.0 ± 2.07bA	8.5 ± 2.12aA
	水培	28.0 ± 2.76bB	11.6 ± 0.88aA	1.5 ± 0.28bA	1.04 ± 0.02aA	11.0 ± 0.01aA	17.5 ± 2.12aA	9.0 ± 2.83aA
	地栽	36.9 ± 5.29aA	12.9 ± 0.46aA	2.1 ± 0.11aA	1.04 ± 0.05aA	8.82 ± 3.08aA	17.0 ± 2.83aA	9.0 ± 1.31aA

注：同列不同小写字母表示 LSD 多重比较达显著水平(P = 0.05)，不同大写字母表示 LSD 多重比较达极显著水平(P = 0.01)。

著或极显著差异。OA 地栽条件下的根长度分别高于水培和盆栽两种方式的 24.1% 和 48.7%，地栽处理与水培或盆栽处理均达到极显著差异(P < 0.01)。各个品种水培条件下的根系表面积、主根表面积、根尖数和分叉数为最大，其中品种 MC 这四个指标在水培、地栽与盆栽条件的差异达到极显著差异(P < 0.01)，而水培和地栽之间差异效果不显著。水培对于美人蕉根系根尖数和分叉数的增加明显作用，在两个矮型品种 MC、EA 中均达到极显著差异。结果表明，地栽方式却利于根系尤其是主根的伸长，水培有利于美人蕉侧根以及毛细根数量的增加和根系表面积的增大，后者对于植物养分吸收与生长发育更为有效。

3.1.3. 不同栽培方式对美人蕉生物性状的影响

花卉的冠幅扩展度和株高大小均会影响到花卉的观赏性。由表 4 可知，除高型品种 OA 外，其它品种水培条件的株高与盆栽和地栽相比均达到显著水平(P < 0.05)，其中 AS 不同栽培条件下的株高和冠幅差异达到极显著水平(P < 0.01)，其余 MC、EA 和 PM 盆栽和地栽之间的差异不显著。OA 在三种栽培条件下的株高无明显差异，但是水培、地栽和盆栽条件下的冠幅达到极显著差异。另外，除 OA 外，其余 MC、EA、和 PM 四个品种水培条件下的冠幅/株高比高于盆栽和地栽条件，矮 - 中型美人蕉冠幅/株高比适的品种观赏品质相对较高。另外，水培条件并未增加 OA 品种的株高，但使其冠幅和冠幅/株高比值显著增加(P < 0.01)，即水培条件下矮化了高型 OA 品种，株型更为紧凑。

3.2. 不同栽培方式对美人蕉根系结构与根系活力的影响

植物根系是活跃的吸收器官和合成器官，根系生长情况和活力水平直接影响地上部分生长和营养状况以及花卉的观赏性状表现。水培条件下的根系会在组织结构与形态上出现与之相适应的变化，包括须根增多、根茎变大、表皮细胞增大中出现通气组织等，以此来适应水培环境[9] [10]。比如，孔好和王忠

等(2009)通过研究发现土培吊兰的根因受到水分胁迫,根系呈肉质膨大、表面粗糙和皮层细胞变小,而水培下的吊兰由于水分供应充足根系较长、根径变小和皮层细胞层数变少等适应水培的特征[9]。通过测定根系活力,为不同栽培条件下的营养研究提供依据。由图 1 可知,除品种 OA 地栽条件下的根系活力最强外,其余品种在水培条件下的根系活力强于地栽和盆栽处理,盆栽条件下的根系活力最低。但矮生品种 MC 和 EA 三种处理间根系活力大小未达到差异水平。品种 AS 水培条件下的根系活力较盆栽和地栽条件下分别提高 43.3%和 23.7%,与盆栽达到极显著差异($P < 0.01$);品种 PM 水培条件下的根系活力较盆栽和地栽条件下分别提高 55.0%和 11.0%,与盆栽达到极显著差异($P < 0.01$),但地栽和水培之间无差异。

Table 4. Effects of three cultivation methods on biology characters of five Canna cultivars

表 4. 3 种不同栽培方式对 5 个美人蕉品种生物性状的影响

品种		MC	EA	AS	PM	OA
株高(cm)	盆栽	33.3 ± 3.2bB	45.1 ± 4.4bB	44.4 ± 0.3bB	54.0 ± 4.0bB	82.7 ± 5.4bA
	水培	52.4 ± 6.3aA	57.9 ± 1.9aA	63.1 ± 1.9aA	68.6 ± 3.7aA	87.7 ± 4.7aA
	地栽	38.9 ± 3.8bB	42.5 ± 2.5bB	33.6 ± 4.6cC	48.1 ± 5.5bB	94.0 ± 1.3aA
冠幅(cm)	盆栽	18.3 ± 4.3bB	13.4 ± 2.3cB	16.5 ± 1.5bB	14.2 ± 2.4bA	23.1 ± 2.1cC
	水培	26.2 ± 1.2aA	26.3 ± 2.4aA	27.3 ± 1.2aA	28.2 ± 2.3aA	47.3 ± 2.9aA
	地栽	18.6 ± 2.3bB	20.5 ± 1.4bB	20.2 ± 3.6cC	23.6 ± 5.3aA	34.5 ± 2.5bB
冠幅/株高	盆栽	0.55aA	0.29bA	0.37cC	0.26cC	0.279cC
	水培	0.50bA	0.45aA	0.43bB	0.35bB	0.503aA
	地栽	0.47bA	0.48aA	0.61aA	0.49aA	0.367bB

注: 同列不同小写字母表示 LSD 多重比较达显著水平($P = 0.05$), 不同大写字母表示 LSD 多重比较达极显著水平($P = 0.01$)。

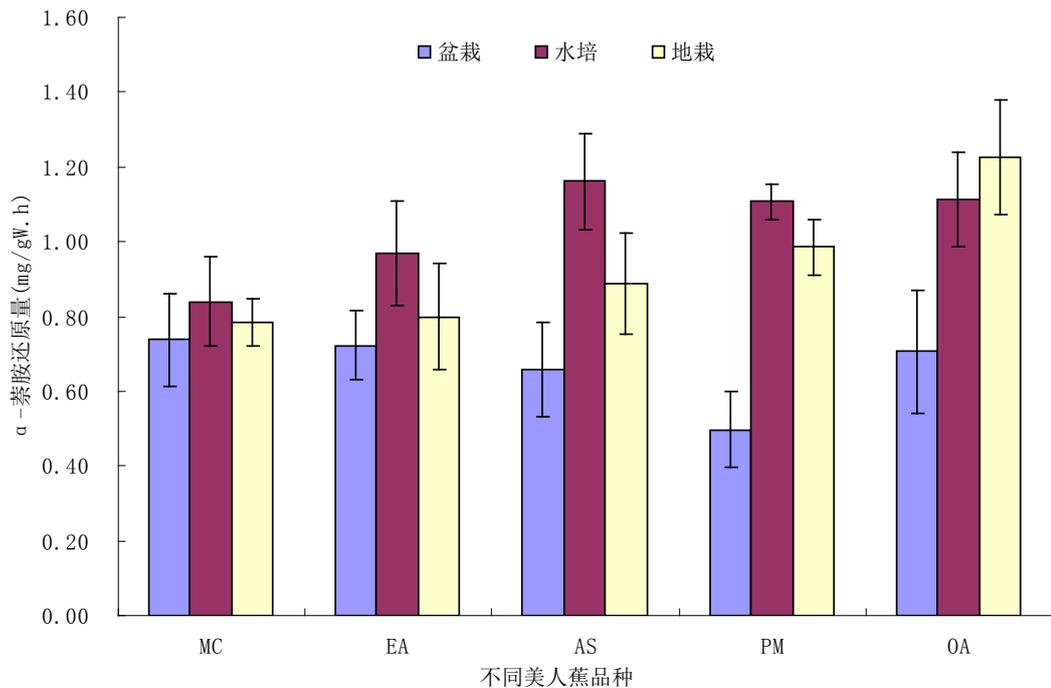


Figure 1. Effect of three cultivation methods on root vitality of five Canna cultivars

图 1. 3 种不同栽培条件对 5 个美人蕉品种根系活力的影响

结果表明, 水培条件下各个品种根系活力较高, 根系吸收能力较强, 而地栽有利于高型品种 OA 根系活力的提高。陈昆和刘世琦等(2011)研究表明增加水培中的钾离子浓度可显著增加大蒜幼苗生长量及根系活力[11]。本文后续研究可以探讨水培条件下不同营养元素对根系活力的影响。

3.3. 不同栽培方式下不同美人蕉品种光合作用比较

3.3.1. 不同美人蕉品种光合色素比较

5 种不同美人蕉光合色素含量和比例的结果见表 5。捕光天线系统主要由绝大部分 Chla 和全部 Chlb 构成, 一个种 Chla/Chlb 比值越低, Chlb 含量以及捕光色素复合物含量也相对较大, 在相同光照条件下能够将有限的光能更为有效的集中到反应心色素。由表 5 可以看出, 品种 OA 在不同栽培条件下的 Chla/Chb 比值明显高于其它品种, 并达到极显著差异水平, 表明这两个品种 Chlb 含量相对较高, 光捕获功能单位也较大, 光捕获能力强于其他两种材料。各个品种在地栽条件下的该值相对较小, 而在盆栽条件下相对较高, 但不同处理条件下未达到显著差异水平。对于叶绿素总量(Chla + Chlb)来说, 也有此类趋势, 地栽处理高于水培处理, 高于盆栽处理。类胡萝卜素包括叶黄素与胡萝卜素, 叶黄素又包括紫黄质(V)、环氧玉米黄质(A)以及玉米黄质(Z)等其它一些光合色素[12]。Car/T 比值增大反映了类胡萝卜素(包括叶黄素)相对含量的增加, 类胡萝卜素含量的增高有利于提高植物的抗逆性。另外, 它对外周天线 LHClI 的结构稳定也是必须的。而与叶黄素循环密切相关的非光化学淬灭 qN 能够将过量的光能进行热耗散, 从而保护光合机构免受高光强的损害, 减少体内活性氧的产生反映光保护能力大小。由表 5 可知, 两个叶片为紫红色品种 EA 和 OA 类胡萝卜素明显高于其它三个品种的含量。同时, 5 个品种 Car/T 比值在盆栽条件下该值水平最低, 与地栽和水培处理达到显著差异水平, 但地栽和水培处理间未有显著差异。

3.3.2. 不同栽培方式下不同美人蕉叶绿素荧光参数值比较

光合作用是一系列复杂的代谢反应的总和, 是生物界赖以生存的基础, 因而研究不同品种不同栽培条件下的光合作用能力大小具有重要作用[13]。对现常用于分析叶绿素荧光参数的技术称叶绿素荧光动力学技术, 其在测定叶片光合作用过程中光系统对光能的吸收、传递、耗散、分配等方面具有独特的作用, 该技术被称为研究植物光合功能的快速、无损伤探针, 已逐渐在环境胁迫对植物光合作用影响研究方面得到应用。

其中参数 Fv/Fm 值是 PSII 最大光化学量子产量, 反映 PSII 反应中心内禀光能转换效率[14]。高等植物叶片 Fv/Fm 比较恒定, 一般在 0.80~0.85, 不受物种和生长条件影响, 胁迫条件下该参数明显下降。由表 6 可以看出, 5 个品种的 Fv/Fm 值在 0.810~0.877, 属正常值范围, 未受到生理胁迫。品种 AS 的 Fv/Fm 值最高, 并与品种 PM 的差异达到极显著水平。品种 MC、EA、OA 之间未有明显差异。并且各个品种在不同栽培条件下 Fv/Fm 值大小也无明显差别。

4. 结论

由以上研究结果显示, 地栽方式有利于根系尤其是主根的伸长, 水培有利于美人蕉侧根以及毛细根数量的增加和根系表面积增大, 后者对于植物养分吸收与生长发育更为有效。同时, 用叶绿素荧光参数测定, 不同品种在水培和地栽条件下光合速率无明显差异。5 种不同美人蕉在盆栽条件下的光合效率、生长速率均最低。且本文研究结果显示, 水培条件下的光合效率与地栽条件并无明显区别, 因为美人蕉极具水培花卉的潜质。此外, 水培条件对美人蕉的植株有一定的矮化作用, 使其根冠比增大, 因为在选择水培用美人蕉品种时, 需根据实际情况考虑因素。此外, 在水培过程中发现, 培养液中由于营养丰富

Table 5. Effects of three cultivation methods on photosynthetic pigments of five Canna cultivars
表 5. 3 种不同栽培方式对 5 个美人蕉品种光合色素的影响

处理	色素(mg/g·Fw)	MC	EA	AS	PM	OA
盆栽	Chla	2.214 ± 0.167aA	2.310 ± 0.249aA	2.251 ± 0.115aA	2.210 ± 0.249aA	2.810 ± 0.149bB
	Chlb	1.458 ± 0.154aA	1.962 ± 0.174bA	1.872 ± 0.127bA	1.317 ± 0.102aA	1.275 ± 0.171aA
	Car	1.542 ± 0.114aA	1.987 ± 0.212bA	1.554 ± 0.071aA	1.826 ± 0.183aA	1.987 ± 0.171aA
	Chla/Chlb	2.204 ± 0.087bB	1.494 ± 0.297aA	1.438 ± 0.124aA	1.815 ± 1.878bB	1.519 ± 0.084aA
	Chla + Chlb	3.672 ± 0.213aA	4.272 ± 0.214bB	4.123 ± 0.137bB	3.527 ± 0.154aA	4.085 ± 0.120bB
	Car/T	0.420 ± 0.187bB	0.465 ± 0.179aA	0.340 ± 0.154bB	0.299 ± 0.211aA	0.410 ± 2.011aA
水培	Chla	2.547 ± 0.075aA	2.458 ± 0.047aA	2.697 ± 0.087aA	2.880 ± 0.154aA	2.954 ± 0.059aA
	Chlb	1.534 ± 0.124aA	1.645 ± 0.158aA	1.875 ± 0.166aA	1.587 ± 0.082aA	1.872 ± 0.106aA
	Car	1.648 ± 0.153aA	2.065 ± 0.254aA	1.554 ± 0.107aA	1.445 ± 0.048aA	2.085 ± 0.174aA
	Chla/Chlb	1.578 ± 0.557aA	1.177 ± 0.131aA	1.202 ± 0.154aA	1.678 ± 0.244aA	1.312 ± 0.095aA
	Chla + Chlb	4.081 ± 0.074aA	4.103 ± 0.205aA	4.572 ± 0.253bB	4.467 ± 0.236bB	4.826 ± 0.165bB
	Car/T	0.404 ± 0.045bB	0.503 ± 0.185aA	0.377 ± 0.113bB	0.515 ± 1.229aA	0.563 ± 0.885bB
地栽	Chla	2.692 ± 0.175aA	2.857 ± 0.057aA	2.971 ± 0.121aA	2.454 ± 0.354bB	2.581 ± 0.085aA
	Chlb	1.857 ± 0.124aA	2.017 ± 0.124aA	2.345 ± 0.064bB	2.377 ± 0.067bB	2.045 ± 0.125aA
	Car	1.896 ± 0.065aA	2.475 ± 0.087b	2.153 ± 0.085aA	2.245 ± 0.064aA	B2.487 ± 0.057bB
	Chla/Chlb	1.450 ± 1.411aA	1.416 ± 0.460aA	1.267 ± 1.891aA	1.032 ± 0.084bB	1.262 ± 0.080aA
	Chla + Chlb	4.549 ± 0.299aA	4.874 ± 0.181aA	5.316 ± 0.185bB	4.831 ± 0.121aA	4.626 ± 0.110aA
	Car/T	0.544 ± 0.108bB	0.461 ± 0.191bB	0.405 ± 1.424bB	0.447 ± 0.114bB	0.467 ± 0.168aA

注：同列不同小写字母表示 LSD 多重比较达显著水平(P = 0.05)，不同大写字母表示 LSD 多重比较达极显著水平(P = 0.01)。

Table 6. Comparison of Fv/Fm of five Canna cultivars by three cultivation methods
表 6. 5 种美人蕉品种在 3 种不同栽培方式下的 Fv/Fm 比较

Fv/Fm	MC	EA	AS	PM	OA
盆栽	0.831 ± 0.009bB	0.832 ± 0.006bB	0.867 ± 0.006cC	0.819 ± 0.006aA	0.838 ± 0.006bB
水培	0.829 ± 0.004bB	0.839 ± 0.005bB	0.861 ± 0.010cC	0.811 ± 0.014aA	0.843 ± 0.017bB
地栽	0.836 ± 0.009bB	0.843 ± 0.012bB	0.877 ± 0.007cC	0.810 ± 0.006aA	0.840 ± 0.012bB

注：同列不同小写字母表示 LSD 多重比较达显著水平(P = 0.05)，不同大写字母表示 LSD 多重比较达极显著水平(P = 0.01)。

易导致藻类繁生，宜选用遮光水培容器。

项目基金

上海市农委科技攻关项目(沪农科攻字 2007 第 1-3 号)。

参考文献 (References)

- [1] 王超, 任勇翔, 张海, 杨永哲 (2010) 水培技术作为人工湿地预处理工艺可行性研究. *中国环境科学*, **30**, 1079-1085.
- [2] 陆松柳, 胡洪营, 孙迎雪, 杨佳 (2009) 3 种湿地植物在水培条件下的生长状况及根系分泌物研究. *环境科学*, **30**,

1901-1905.

- [3] 袁梅, 林萍, 何银生, 刘健君, 刘朝蓬 (2006) 中国水培花卉研究现状及发展趋势. *西南园艺*, **3**, 35-37.
- [4] 董必慧, 杨琳 (2007) 旱生花卉鹅掌柴·月季不定根水培诱导试验. *安徽农业科学*, **35**, 11420-11421, 11427.
- [5] 原红娟 (2007) 吊兰水培与基质栽培根系结构比较研究. *安徽农学通报*, **13**, 64-65.
- [6] 孙叶, 陈秀兰, 包建忠等 (2009) 花卉植物水培根系生长研究. *江苏农业科学*, **2009**, 194-195.
- [7] 梁郦娜, 王合理 (2011) 不同水培方式对草莓生长发育影响的初步研究. *塔里木大学学报*, **2**, 86-90.
- [8] 陈晓辉, 蔡红光, 米国华, 安霞, 田自华, 陈范骏 (2010) 不同室内培养方法对玉米苗期根系生长的影响. *玉米科学*, **18**, 108-111.
- [9] 孔好, 王忠, 顾蕴洁, 熊飞, 陈娟, 张春 (2009) 良土培和水培吊兰根系结构的观察. *园艺学报*, **36**, 533-538.
- [10] 王代容, 刘晓荣, 陈敏, 李妙汉, 廖飞雄 (2011) 三种观叶植物水生性根系形成及NAA处理效应. *热带作物学报*, **32**, 1-7.
- [11] 陈昆, 刘世琦, 张自坤 (2011) 水培条件下钾对大蒜幼苗生长及根系活力的影响. *北方园艺*, **1**, 20-23.
- [12] 李大婧, 刘春泉, 白云峰, 方桂珍 (2006) 叶黄素、玉米黄质研究进展-叶黄素、玉米黄质的结构、性质和生物学功能. *核农学报*, **20**, 64-67.
- [13] 贺俊芳, 王水才, 蔡霞, 任兆玉 (2001) 光系统II的能量传递动力学. *全国植物光合作用、光生物学及其相关的分子生物学学术研讨会论文摘要汇编*, 513-518.
- [14] 王可玢, 许春辉, 赵福洪, 唐崇钦, 戴云玲 (1997) 水分胁迫对小麦旗叶某些体内叶绿素 a 荧光参数的影响. *生物物理学报*, **13**, 273-278.