

三叶半夏组培快繁与优良单株的选育*

金银兵 杨宗岐 陈集双**

(浙江理工大学生物工程研究所 杭州 310018)

摘要 利用组织培养技术实现了3种不同叶型三叶半夏的快速繁殖,并通过光合生理特征的比较对其优良单株进行了选育。结果表明:半夏能在分化培养基 MS + 6-BA 1.0 mg/L + NAA 0.2 mg/L + 蔗糖 3% + 琼脂 5.0 g/L 和离体块茎诱导培养基 (1/2 MS + IBA 0.03 mg/L + NAA 0.01 mg/L + 蔗糖 5% + 琼脂 5.0 g/L + AC 0.3 g/L) 上快速扩繁,继代繁殖系数为 1:6.23,培养 3 个月后块茎的平均直径达 0.88cm。对其光合生理特征的研究结果表明:三叶半夏是一种典型的阴生植物,其光饱和点为 $700\mu\text{mol} \cdot \text{photons}/\text{s} \cdot \text{m}^2$;3 种叶型的三叶半夏都存在着明显的光抑制现象,其中柳叶型最明显。在所选育的 11 个单株后代中,以桃叶 2 号(T2)的净光合速率和产量最高,柳叶 2 号(L2)对强光的耐受力最强。经过 6 个月的扩繁,获得优良单株 T2 和 L2 离体块茎各 1 万颗。在温州乐清实验基地中经过 1 年的大田种植后获得优良单株半夏块茎各 100kg。

关键词 三叶半夏 优良单株 扩繁 光合生理 产量比较

中图分类号 Q813.1

三叶半夏 [*Pinellia ternata* (Thunb.) Breit.] 为天南星科 (*Araceae*) 半夏属多年生草本植物,是我国一种名贵的中药材,以块茎入药,具有燥湿化痰,降逆止呕,消痞散结等功效^[1,2]。近年来国内外市场需求成倍增加^[3],致使野生半夏资源由于多年盲目采挖而遭到严重破坏并濒临枯竭^[4];人工栽培又面临病毒侵染^[5],种质资源退化等问题,致使产量和品质下降^[6,7]。为满足市场用药及出口需求,开展优质半夏选育和人工栽培势在必行。因此,通过组织培养等现代生物技术选育高产优质的优良半夏新品种成为解决半夏的供需矛盾和保护现有野生资源的有效途径。

三叶半夏是一个区域跨度很大的广布种,由于长期处于不同的生态环境,不同居群遗传性状发生了一定程度的改变,在种内居群之间出现了不同程度的分化现象^[8,9],形成了具有一定生态适应性的种内类群,本草上就有竹叶型和芍药叶型半夏的记载。半夏叶形的变化复杂多样,各种类型叶片均可见到,几无规律可循,但最常见、种群数量最多的叶形主要有心形叶型

(或圆叶型),桃叶型(或椭圆叶型)和柳叶型(或线叶型)3种。不同叶型半夏在光合生理特征、产量和品质上存在一定的差异,如狭叶半夏的生物碱含量就高于椭圆叶半夏^[10],但形态与产量和品质之间的关系并不明了。

植物的光合作用速率 (photosynthetic rate) 是衡量绿色植物光合作用能力大小及其运转状况的一个重要指标。作物光合特性的研究,对提高作物光能利用率有着重要的意义。本论文从光合速率、叶绿素荧光参数及净光合速率等方面对 3 种不同叶型三叶半夏的光合特性及产量进行了研究,并通过组织培养对优良单株进行选育,以期对不同叶型三叶半夏的栽培提供新的种质和理论根据。

1 材料和方法

1.1 试验材料

试验材料收集地见表 1,收集后种植于浙江理工大学生物工程研究所实验田。从中选择长势比较旺盛的桃叶型 (Peach leaf *P. ternata*)、柳叶型 (Willow leaf *P. ternata*)、心叶型 (cordate *P. ternata*) 三叶半夏各 3 株及中间型三叶半夏 (GS, ZJ) 两株 (图 1),移栽于装有营养

收稿日期:2008-01-25 修回日期:2008-03-19

* 国家“863”计划资助项目(2002AA241121)

** 通讯作者,电子信箱:chenjs@zist.edu.cn

土的钵中,待新的叶片出现时进行组织培养扩繁。

表 1 11 个三叶半夏优良单株的来源

Table 1 The source of 11 superior individual *P. ternata*

编号	来源地	编号	来源地	编号	来源地
X1	北京	T4	四川南充	L6	山东临沂
X2	河北安国	T10	四川绵阳	GS	甘肃西和
X3	安徽亳州	L1	山东菏泽	ZJ	浙江宁波
T2	山东菏泽	L2	山西新绛		

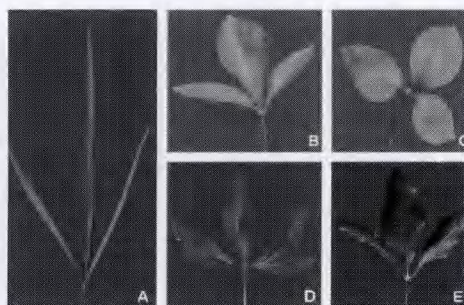


图 1 不同叶型三叶半夏的叶片

Fig. 1 The leaf types of *P. ternata*

A: Willow leaf *P. ternata*; B: Peach leaf *P. ternata*;

C: Cordate *P. ternata*; D, E: Middle type *P. ternata*

1.2 三叶半夏的组织培养扩繁

外植体选择幼嫩的三叶半夏叶片与叶柄,常规方法消毒处理^[11,12]后以生产离体块茎的方式进行组织培养扩繁^[13],改进的扩繁路线如下:丛生芽诱导(MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 0.02 mg/L+蔗糖 3%+琼脂 5.0 g/L);继代扩繁(MS+6-BA 1.0 mg/L+NAA 0.2 mg/L+蔗糖 3%+琼脂 5.0 g/L);离体块茎诱导(1/2 MS+IBA 0.03 mg/L+NAA 0.01 mg/L+蔗糖 5%+琼脂 5.0 g/L+AC 0.3 g/L)。

1.3 三叶半夏的栽培

将扩繁获得的离体块茎清洗干净后晾干,于3月底分别采用盆栽与试验田小区栽培。盆栽基质为市售的灭菌营养土;试验田为浙江杭州沙壤土,种植前深耕,施肥,采用行距 15cm、畦宽 60cm,中间开沟 30cm。出苗后,按常规方法进行田间栽培^[14,15]。

1.4 三叶半夏叶片净光合速率及叶绿素荧光参数的测定

出苗 3 个月后,选择长势良好的三叶半夏进行光合参数的测定,每种叶型三叶半夏选择 12 株,每个单株的后代选择 4 株。三叶半夏叶片净光合速率采用英国 ADC 公司 Lcpro+ 型便携式光合作用测定系统进行

测定。设定温度为 25℃,CO₂ 浓度为 400 μmol/mol,空气相对湿度为 50%~70%,应用 Lcpro+ 红蓝光光源提供不同的光合有效辐射强度(photosynthesis active radiation, PAR),分别在 PAR 为 2000、1800、1600、1400、1200、1000、800、600、400、200、100、50、0 μmolphoton·m⁻²·s⁻¹下测定半夏功能叶片的净光合速率(met photosynthetic rate, Pn)。叶绿素荧光参数用德国 Walz 公司 Imaging-PAM 叶绿素荧光仪进行测定^[18]。相对电子传递速率(electron transport rate, ETR)、光化学淬灭(photochemical quenching, qP)、非光化学淬灭(non-photochemical quenching, NPQ, qN)、潜在量子效率(potential quantum yield, Fv/Fm)和实际量子效率[effective quantum yield of photosystem II, Y(II)]的计算按照 Stern-Volmer 公式^[17,18]:

$$NPQ = (F_m - F_m') / F_m, qN = (F_m - F_m') / (F_m - F_o'),$$

$$Y(II) = (F_m' - F) / F_m',$$

$$ETR = (\Delta F / F_m') \times PFD \times 0.84 \times 0.5,$$

$$qP = (F_m' - F) / (F_m' - F_o')$$

1.5 单株产量分析

8 月下旬半夏倒苗时,采挖块茎。采用四分法随机取样 50 粒并称重,求其平均值^[19]。采用 SPSS11.5 软件对数据进行统计与差异性分析,Duncan 新复极差法进行多重比较。

2 结果与分析

2.1 繁殖速率与离体块茎增长速度的测定

在三叶半夏的组培扩繁过程中,对其平均扩繁系数进行了测定,结果表明:平均每瓶丛生芽在一次继代中可以转 6.23 瓶,平均每隔 25 天即可继代一次。随后我们对离体块茎的增长速度进行了测定,在选定的 100 个离体块茎中经过 3 个月的培养后离体块茎的平均直径达到 0.88cm,平均重量达到 0.3125g。组织培养完全可以达到三叶半夏快速繁殖的目的。

2.2 不同叶型三叶半夏生长状况的比较

在相同栽培条件下,不同叶型三叶半夏之间有很大差异,这些差异主要表现在倒苗时间、长势和块茎形状上。心叶半夏在 7 月初就开始出现倒苗,桃叶半夏、柳叶半夏在 8 月初才开始出现倒苗。长势上以桃叶半夏叶柄最粗壮,在整个生命周期中大部分时间处于直立状态,而柳叶半夏和心叶半夏在幼苗期大部分时间成匍匐状贴地生长。柳叶半夏和心叶半夏的块茎多呈球形,而桃叶半夏块茎多呈椭圆形(图 2)。

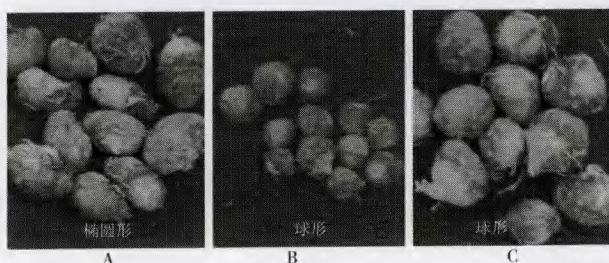


图2 三种不同叶形三叶半夏的球茎

Fig. 2 The tuber of *P. ternata* in different leaf-types

A: Peach leaf *P. ternata*; B: Cordate *P. ternata*;
C: Willow leaf *P. ternata*

2.3 不同光强下不同叶型三叶半夏叶片净光合速率比较

三种不同叶型三叶半夏不同光强下净光合速率 (net photosynthetic rate, P_n) 的测定结果 (图3) 表明: 三叶半夏为一种典型的阴生植物, 光饱和点只有 $700 \mu\text{mol} \cdot \text{photons/s} \cdot \text{m}^2$ 。在相同光照强度下, 柳叶半夏叶片净光合速率明显低于桃叶半夏和心叶半夏; 在光照强度较低的情况下, 三者之间的差异不明显, 当接近饱和和光强时呈显著差异。心叶和桃叶半夏叶片净光合速率无显著差异。

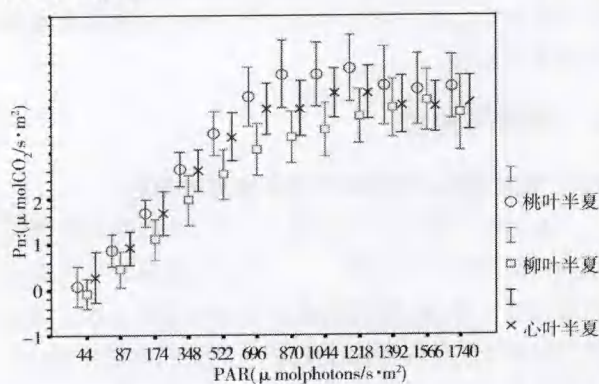


图3 不同叶型三叶半夏的净光合速率—光强响应曲线

Fig. 3 Light response curve of the net photosynthesis in different leaf-types of *P. ternata*

2.4 不同叶型三叶半夏叶片净光合速率的差异性分析

采用 SPSS 11.5 软件对 3 种不同叶型三叶半夏在恒定光强 ($1044 \mu\text{mol} \cdot \text{photons/s} \cdot \text{m}^2$) 下的净光合速率 (P_n) 进行差异性分析, 结果如表 2。不同叶型三叶半夏叶片的净光合速率有着极显著的差异, 以桃叶半夏最高, 心叶半夏次之, 柳叶半夏最低。

表2 不同叶型三叶半夏的净光合速率的差异性比较

Table 2 The variance analysis of the net photosynthesis rate of the different leaf-types *P. ternata*

INDEX	$\bar{X} \pm \text{SE}$	SS	Sig0.05
T	4.704 ± 0.350	2.010595	a
L	3.495 ± 0.300	1.721751	b
X	4.306 ± 0.267	1.511837	ab

L: Willow leaf *P. ternata*; T: Peach leaf *P. ternata*;

X: Cordate *P. ternata*

2.5 不同光强下三叶半夏叶片的叶绿素荧光参数比较

2.5.1 不同叶型三叶半夏不同光强下叶片 ETR 的比较 电子传递速率 (ETR) 是光合机构吸收光能发生电荷分离产生电子并沿电子传递链向下传递的速率。3 种不同叶型三叶半夏叶片的 ETR 的比较见图 4, 从图上可以看出随着激发光光强的增加, 三叶半夏的相对电子传递速率在较低光强下都呈上升的趋势, ETR 的变化与 PAR 的变化趋势基本一致; 当 PAR 升高时, 更多氧化态的 PSII 中心的电子受体 (QA) 被还原, 尽管会引起光合作用的有效量子产量下降, 但由于光系统吸收的激发能大大增加, 仍引起相对电子传递速率的增加^[20,21]。激发光强度升高到 $700 \mu\text{mol} \cdot \text{photons/s} \cdot \text{m}^2$ 后, 随着光强的增加, 3 种叶型三叶半夏的 ETR 都表现出下降的趋势, 说明强光对三叶半夏有明显的光抑制作用。不同叶型三叶半夏在相同光强下的相对电子传递速率的比较研究发现, 桃叶半夏的相对电子传递速率最高, 心叶半夏次之, 柳叶半夏最低。

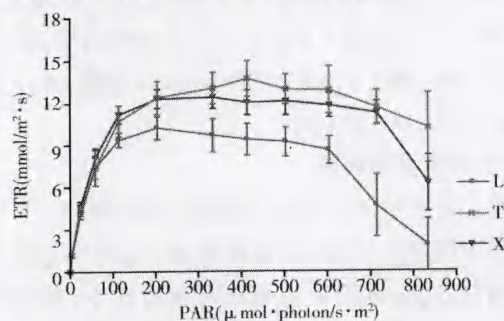


图4 不同叶型三叶半夏相对电子传递速率 (ETR) 对光强的响应

Fig. 4 Light response of ETR in different leaf-types of *P. ternata*

L: Willow leaf *P. ternata*; T: Peach leaf *P. ternata*;

X: Cordate *P. ternata*

2.5.2 不同叶型三叶半夏 F_v/F_m 的比较 F_v/F_m 为植物叶片的最大量子效率或潜在量子效率^[20]。不同叶型三叶半夏 F_v/F_m 的比较结果如表 3: 3 种不同叶型三叶半夏的潜在量子效率有着明显的差异, 以桃叶半夏潜在的量子效率最高, 这个结果与桃叶半夏具有最高的净光合速率与相对电子传递速率的结果相验证。

表 3 不同叶型三叶半夏 F_v/F_m 的比较

Table 3 The comparison of F_v/F_m among three leaf-types *P. ternata*

INDEX	$F_v/F_m (\bar{X} \pm SE)$	N	Std. eviation	Sig0.05	P-value
L	0.7711 ± 0.0076	6	0.01853	a	0.048977
T	0.7913 ± 0.0047	6	0.01146	b	
X	0.7847 ± 0.0047	9	0.01162	ab	

L: Willow leaf *P. ternata*; T: Peach leaf *P. ternata*; X: Cordate *P. ternata*

2.5.3 不同光强下不同叶型三叶半夏叶片的光化学淬灭 (qP)、qN 和 NPQ 的比较 光化学淬灭 (qP) 反映了植物光合活性的高低; 非光化学淬灭 (NPQ, qN) 反映了植物耗散过剩光能为热的能力, 也就是光保护能力^[18,20,21]。如图 5 所示: 3 种叶型三叶半夏叶片的光化学淬灭 (qP) 随着光强的增加都表现出下降趋势; 而非光化学淬灭 (NPQ, qN) 都表现出明显的上升趋势。激发光强小于 $250 \mu\text{mol photons/s} \cdot \text{m}^2$ 时, 3 种不同叶型三叶半夏叶片的 NPQ 和 qN 的差异不显著, 但光强大于 $300 \mu\text{mol photons/s} \cdot \text{m}^2$ 时, 三者之间表现出显著差异, 激发光强超过 $650 \mu\text{mol photons/s} \cdot \text{m}^2$ 时柳叶半夏增长幅度最大, 而桃叶和心叶半夏增长幅度相对较小。从结果可以看出桃叶半夏和心叶半夏叶片的光合活性要明显高于柳叶半夏, 而柳叶半夏抵抗强光破坏的能力则明显强于桃叶半夏和心叶半夏。

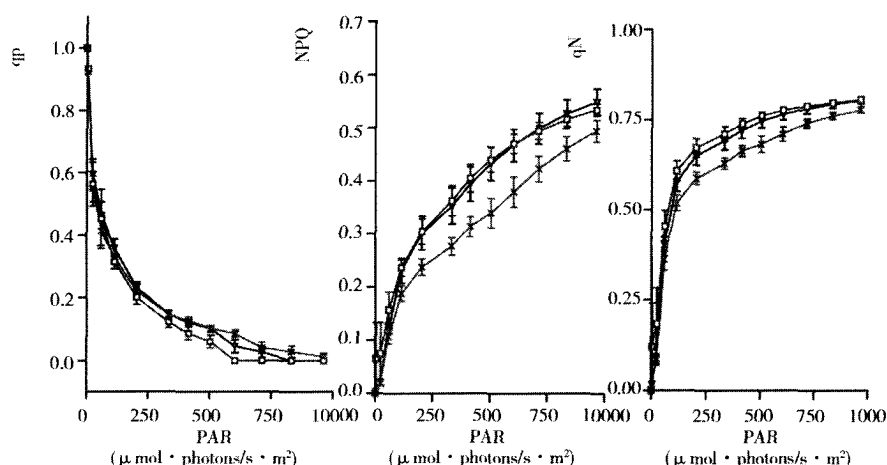


图 5 三叶半夏叶绿素荧光的光化学淬灭 (qP) 和非光化学淬灭 (qN, NPQ) 对光强的响应

Fig. 5 Light response of qP, qN and NPQ in different leaf-types of *P. ternata* (Thuub.) Breit

L: Willow leaf *P. ternata*; T: Peach leaf *P. ternata*; X: Cordate *P. ternata*

L: —□— T: —×— X: —▽—

2.5.4 不同光强下不同叶型三叶半夏光能利用效率 [$Y(II)$] 的比较 不同叶型三叶半夏光能利用效率 [$Y(II)$] 对光强的响应曲线的分析表明 (图 6): 三叶半夏的光能利用效率随着光强的增加逐渐降低, 不同叶型三叶半夏的光能利用效率之间存在显著差异, 柳叶半夏下降的速度最快, 桃叶半夏下降的速度最慢; 在相同光强下, 以桃叶半夏的光能利用效率最高, 心叶半夏次之, 柳叶半夏最低。

2.6 不同叶型三叶半夏单株产量的比较

采用软件 SPSS 11.5 对单株产量进行差异性分析,

结果如表 4。不同叶型三叶半夏产量呈现极显著差异。平均单株产量以桃叶半夏最高达 0.623g , 柳叶半夏次之, 心叶半夏最低。

表 4 不同叶型三叶半夏单株产量的差异性比较

Table 4 The variance analysis the individual tuber yield among 3 different leaf-types *P. ternata*

INDEX	$\bar{X} \pm SE$	SS	$\alpha = 0.05$
T	0.623 ± 0.0238	0.068703	a
L	0.599 ± 0.0238	0.068044	ab
X	0.294 ± 0.0121	0.018392	b

L: Willow leaf *P. ternata*; T: Peach leaf *P. ternata*; X: Cordate *P. ternata*

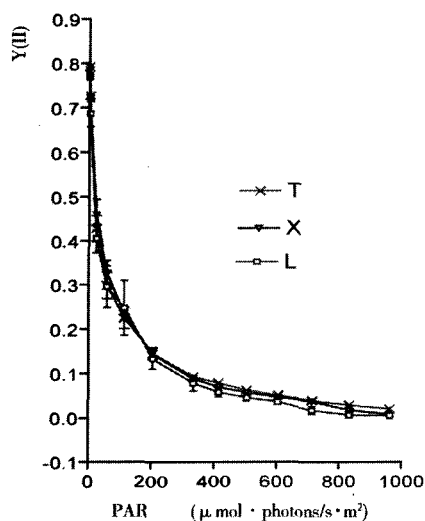


图6 不同叶型三叶半夏光能利用效率对光强的响应

Fig. 6 Light response of photosynthetic efficiency in different leaf-types of *P. ternata*L; Willow leaf *P. ternata*; T; Peach leaf *P. ternata*;X; Cordate *P. ternata*

2.7 11个优良单株的净光合速率差异性比较

净光合速率是植物光合特征中最重要的参数之一,反映植物同化 CO_2 的能力。本文对不同单株后代在光合有效辐射 $1200 \mu\text{mol} \cdot \text{photons/s} \cdot \text{m}^2$ 下净光合速率进行测定,用 SPSS11.5 软件进行差异性分析, Tukey's Multiple Comparison Test 法进行多重比较,结果见表5。不同单株之间有着极显著的差异,以 T2 最高,GS 次之, L1 最低; 3 株桃叶半夏单株后代之间都有着极显著差异; 心叶半夏 X1、X2 和 X3 及柳叶半夏 L1、L6 和 L2 之间都存在着极显著差异。

表5 不同三叶半夏单株后代的净光合速率差异性比较

Table 5 The variance analysis of the net photosynthetic rate of the different superior *P. ternata*

编号	净光合速率 ($\bar{X} \pm \text{SE}$)	显著水平	
		0.05	0.01
T2	7.06917 $\pm$ 0.24798	a	A
GS	5.5875 $\pm$ 0.19844	b	B
X2	5.335 $\pm$ 0.36629	bc	B
L2	5.16667 $\pm$ 0.45792	bc	B
X1	4.68778 $\pm$ 0.41898	cd	BC
T10	4.08667 $\pm$ 0.26214	de	CD
ZJ	3.885 $\pm$ 0.36591	e	CD
X3	2.87091 $\pm$ 0.18669	f	EF
T4	2.80083 $\pm$ 0.13121	f	F
L6	2.64167 $\pm$ 0.30667	f	F
L1	2.40111 $\pm$ 0.1549	f	F

2.8 11个优良三叶半夏单株产量的差异性分析

用 spss 11.5 软件对 11 个优良单株的单株产量进行差异性分析,结果见表6,不同单株间产量存在极显著差异。采用 DUCAN 法对 11 个优良单株的单株产量进行两两比较(表7)。根据差异水平可以将其分为有极显著差异的 5 组,其中以三叶半夏 T2 的单株产量最高, L2 次之。心叶半夏和柳叶半夏平均单株产量比较均匀,差异不显著, 3 株桃叶半夏的单株产量差异极显著, 3 株桃叶半夏单株后代之间都有着极显著差异。

表6 不同三叶半夏后代单株产量的差异性比较

Table 6 The variance analysis of the individual yield of the superior *P. ternata*

差异来源	SS	df	MS	F	P-value
组间	11.16908	10	1.116908	35.3918	2.52E-52
组内	16.03166	508	0.031558		
总计	27.20074	518			

表7 不同三叶半夏单株产量的统计分析

Table 7 The variance analysis of the single tuber weight of the eleven superior *P. ternata*

编号	显著水平 0.01				
	1	2	3	4	5
X2	0.2903				
X3	0.2946				
X1	0.2959				
ZJ	0.3612	0.3612			
T10		0.4621	0.4621		
L1			0.5475	0.5475	
T4				0.5937	
GS				0.5978	
L6				0.6084	
L2				0.6540	
T2					0.7826
Sig.	.161	.028	.063	.036	1.000

3 讨论

三叶半夏是一个生态幅比较广的植物,在全国各地都有分布。三叶半夏在繁殖上主要以无性繁殖为主,这种无性繁殖的特点,造成三叶半夏种内差异群体的形成^[22,23],不同种群间在质量与产量上都产生了很大差异。

本研究对 3 种不同生态型三叶半夏的光合生理指标和产量进行了研究分析。不同光强下净光合速率的

研究表明,三叶半夏是一种典型的阴生植物,其光饱和点只有 $700\mu\text{molphotons/s} \cdot \text{m}^2$ 。对三叶半夏叶绿素荧光参数的研究发现,当激发光光强超过 $700\mu\text{molphotons/s} \cdot \text{m}^2$ 时,3 种叶型三叶半夏的相对电子传递速率都有明显的下降,表明三叶半夏在强光照下有明显的光抑制。由于半夏具有阴生植物的生理特征,在高温条件下适当地遮荫有利于三叶半夏的生长。桃叶半夏在相对电子传递速率、最大量子效率、净光合速率光合生理指标都较柳叶和心叶半夏高,倒苗期也相对较晚,长势较好,这些都是构成桃叶半夏高产的生理要素。因此,在半夏栽培种的推广上,应该优先选择发展光合能力较强的桃叶半夏。心叶半夏净光合速率比较高,但产量低,这可能与心叶半夏倒苗时间出现比较早,生长周期较短有关。高产半夏的选育不仅要求有较高的净光合速率,也需要较长的生长周期,适当延缓半夏倒苗期,有利于半夏的光合作用的进行与营养物质的积累。过强的光照是导致半夏倒苗的一个主要原因^[24]。不同叶型三叶半夏对强光的耐受力存在着显著差异,以柳叶半夏最高,桃叶半夏次之,心叶半夏最低。在光照比较强的南方,可以推广种植柳叶半夏。三叶半夏单株间在净光合速率和产量上都有显著差异。本实验所选育的 11 个三叶半夏单株及其扩繁后代中,以桃叶半夏 T2 和柳叶半夏 L2 的净光合速率较高,单株产量也明显高于心叶半夏。优良单株的选育可以为半夏育种提供新的种质资源,也是培育高产优质半夏新品系的有效途径。

参考文献

- [1] 李恒. 中国植物志. 北京:科学出版社,1979. 第13卷第2分册, 200~204
Li H. Flora Reipublicae Popularis Sinicae Tomus. Beijing: Science Press, 1979. 13(2), 200~204
- [2] 彭正松,毛子成. 半夏快速繁殖体系的研究进展. 中国中药杂志, 2003,8(3):193~195
Peng Z C, Mao Z C. China Journal of Chinese Materia Medica 2003, 8(3):193~195
- [3] 杨保成. 2007 年中药材行情趋势. 北京农业, 2007,3:50~51
Yang B C. Beijing Agriculture, 2007,3:50~51
- [4] 杨世林,张昭,张本刚,等. 珍稀濒危药用植物保护现状及保护对策. 中草药, 2000,31(6):401~426
Yang S L, Zhang Z, Zhang B G, et al. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2000,31(6):401~426
- [5] 沈立荣,薛小红,陈集双. 半夏病毒性缩叶病鉴定初报. 中国中药杂志, 1992,10:209
Shen L R, Xue X H, Chen J S. China Journal of Chinese Materia Medica. 1992,10:209
- [6] 陈集双,李德葆. 感染半夏的两种病毒的分离纯化和初步鉴定. 生物技术, 1994,4(4):24~28
Chen J S, Li D B. Biotechnology, 1994,4(4):24~28
- [7] 申屠苏苏,王海丽,陈集双,等. 三叶半夏的 2 种病毒检测. 中国中药杂志, 2007,32(08):664~667
Shengt S S, Wang H L, Chen J S, et al. China Journal of Chinese Materia Medica, 2007,32(08):664~667
- [8] 沈文彪,刘丽,史红专,等. 半夏种内不同居群酯酶和超氧化物歧化酶同工酶谱特征分析. 植物资源与环境学报, 2001,10(2):42~46
Shen W B, Liu L, Shi H Z, et al. Journal of Plant Resources and Environment, 2001,10(02):42~46
- [9] 贺善安,郭巧生. 半夏种内居群形态变异的模糊聚类分析. 植物资源与环境学报, 1997,6(03):29~34
He S H A, Guo Q S H. Journal of Plant Resources and Environment, 1997,6(3):29~34
- [10] 魏淑红,彭正松,夏玲. 狭叶半夏和普通半夏总生物碱含量比较. 现代中药研究与实践, 2003,17(2):19~20
Wei S H H, Peng Z H S, Xia L, et al. Research and Practice of Chinese Medicines, 2003,17(2):19~20
- [11] 白雨,高山林. 半夏组织培养诱导胚状体的正交试验. 植物资源与环境学报, 2003,12(4):16~20
Bai Y, Gao S H L. Journal of Plant Resources and Environment, 2003,12(4):16~20
- [12] 罗成科,彭正松. 半夏疏松愈伤组织诱导的研究. 西华师范大学学报(自然科学版), 2005,26(1):37~39,43
Luo C H K, Peng Z H S. Journal of China West Normal University(Natural Science), 2005,26(1):37~39,43
- [13] 陈集双. 一种半夏离体块茎的高效诱导方法. 中国专利: CN1701660 2005-11-30
Chen J S H. Chinese Patent :CN1701660 2005-11-30
- [14] 陈效杰. 半夏优化栽培模式研究初报. 甘肃农业科技, 1998(4):19~21
Chen X J. Gansu Agricultural Science and Technology, 1998(4):19~21
- [15] 何道文,黄雪菊. 半夏栽培生态学. 中草药, 2003,34(12):1133~1135
He D W, Huang X J. Chinese Traditional and Herbal Drugs, 2003,34(12):1133~1135
- [16] 董志新,韩清芳,贾志宽,等. 不同苜蓿(*Medicago sativa* L.) 品种光合速率对光和 CO_2 浓度的响应特征. 生态学报, 2007,27(6):2272~2278
Dong Z H X, Hang Q F, Jia Z H K, et al. Acta Ecologica

- Sinica, 2007, 27 (6): 2272 ~ 2278
- [17] Schreiber U, Bilger W. Progress in chlorophyll fluorescence research: major developments during the past years in retrospect. *Prog Botany* 1993, 54: 151 ~ 173
- [18] Fernando Broetto, Heitor Monteiro Duarte, Ulrich Lu Tgeb. Responses of chlorophyll fluorescence parameters of the facultative halophyte and C3 - CAM intermediate species *Mesembryanthemum crystallinum* to salinity and high irradiance stress. *Journal of Plant Physiology* 2007, 164: 904 ~ 912
- [19] 张君毅, 郭巧生, 卫新荣, 等. 半夏不同居群主要经济性状比较研究. *中国中药杂志*, 2007, 13 (12): 1145 ~ 1148
Zhang J Y, Guo Q SH, Wei R X, et al. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2007, 13 (12): 1145 ~ 1148
- [20] Lu Q T, Li W H, Jang G M. Studies on the characteristics of chlorophyll fluorescence of winter wheat flag leaves at different developing stages. *Acta Botanica Sinica*, 2001, 43 (8): 801 ~ 804
- [21] 李鹏民, 高辉远, Reto J Strasser. 快速叶绿素荧光诱导动力学分析在光合作用研究中的应用. *植物生理与分子生物学学报*, 2005, 31 (6): 559 ~ 566
Li P M, Gao H Y, Reto J Strasser. *Journal of Plant Physiology and Molecular Biology*, 2005, 31 (6): 559 ~ 566
- [22] 彭延弟, 李光胜. 半夏植物形态变异的观察与研究. *基层中药杂志*, 2001, 15 (5): 30 ~ 31
Peng Y D, Li G S. *Primary Journal of Chinese Material Medica*, 2001, 15 (5): 30 ~ 31
- [23] 魏淑红, 彭正松. 半夏群体性状变异类型研究. *江苏农业科学*, 2004, 4: 37 ~ 39
Wei SH H, Peng ZH S. *Journal of Jiangsu Agricultural Science*, 2004, 4: 37 ~ 39
- [24] 张明, 钟国跃, 马开森, 等. 半夏倒苗原因的实验观察研究. *中国中药杂志*, 2004, 29 (03): 273 ~ 274
Zhang M, Zhong G Y, Ma K S, et al. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2004, 29 (03): 273 ~ 274

Mass Production of *Pinellia ternate* by Tissue Culture and the Selection for High-yield Individuals

JIN Yin-bing YANG Zong-qi CHEN Ji-shuang

(Institution of Bio-engineering Zhejiang Sci-tech University, Hangzhou 310018, China)

Abstract Using the tissue culture technology to achieve the fast propagation of *P. ternata* and through the photosynthetic characters and yield comparison, two high-yield individuals were obtained. The result showed that the coefficient of propagation can get to 1:6.23 per generation, through 3 month culture the average diameter of the *in vitro* tuber can get 0.88 cm. *P. ternata* was a typical shade-plant, of which LCP was only $700 \mu\text{mol} \cdot \text{photons/s} \cdot \text{m}^2$. Photo-inhibition was observed among all the three leaf-types of *P. ternata*, and the willow leaf type showed the most obvious photo-inhibition. Both of the light response Pn curve and single tuber weight were significant different among leaf styles. Result for studying the chlorophyll fluorescence parameters showed that all the difference of NPQ, qP and qN among three leaf-types of *P. ternata* were significant and the difference of potential-photosynthetic productivity among them was significant. The willow leaf style had the strongest light-tolerance capacity. The individuals of T2 (peach-leaf type) had the highest Pn and single tuber weight among 11 superior individuals and the individuals of L2 (willow-leaf type) showed the strongest light-tolerance capacity. Through 6 month propagation ten thousands *in vitro* tuber of T2 and L2 each were gotten. And after growing in Wenzhou experimental base for one year, the total gross weight of the high-yield individual tuber get to 100kg each.

Key words *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit High-yield Individuals Mass production Photosynthetic physiological characters Yield comparison