

网络出版日期:2016-09-11

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1220.S.20160911.1519.036.html>

## 有机肥对半夏生长及产量的影响

马超男<sup>1,2</sup>, 蔡传涛<sup>1</sup>, 刘贵周<sup>1</sup>, 金漫<sup>1</sup>

(1. 中国科学院 西双版纳热带植物园, 昆明 650221; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要** 通过盆栽试验, 研究有机肥对半夏生长、叶绿素指数 SPAD 值、最大净光合速率及产量的影响。旨在探究增施有机肥对半夏生长及产量的影响, 为半夏的合理施肥提出新的思路与依据。试验共 6 个处理, 即不施肥(CK)、纯施化肥 75 g/m<sup>2</sup> (OF-0%)、用 25% 有机肥代替化肥(OF-25%)、用 50% 有机肥代替化肥(OF-50%)、用 75% 有机肥代替化肥(OF-75%)、纯有机肥(OF-100%)。结果表明: 施用一定量的有机肥使半夏生长健壮, 增施有机肥的处理 OF-25%、OF-50%、OF-75%、OF-100% 比纯化肥的处理 OF-0% 叶面积提高 14%~18%, 混施有机肥处理半夏的叶绿素指数 SPAD 较纯施化肥的高, 半夏的产量较纯施化肥提高 5%~10%。半夏的产量随有机肥用量的增加有所提高, 但增幅不明显。OF-100% 与 OF-75% 产量最高且相差不大, 而在纯有机肥条件下半夏的繁殖系数最低, OF-100% 较 OF-75% 的繁殖系数降低 12%。综合评定用 75% 的有机肥代替化肥可提高半夏的产量且能保证繁殖系数较高, 即施用本试验所用规格的尿素 17 g/m<sup>2</sup> (N≥46%)、过磷酸钙 37 g/m<sup>2</sup> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥16%)、硫酸钾 10 g/m<sup>2</sup> (K<sub>2</sub>O≥51%) 和有机肥 852 g/m<sup>2</sup> (有机质≥45%, 总养分 N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O≥5%)。因此, 在半夏栽培过程中增施有机肥可以促使半夏生长健壮, 增大其叶面积, 提高半夏叶绿素 SPAD 值, 增加其产量。

**关键词** 有机肥; 半夏; 生长; 产量

中图分类号 S567.23; Q945.79

文献标志码 A

文章编号 1004-1389(2016)09-1399-07

药用半夏为天南星科半夏属半夏 [*Pinellaterate* (Thumb.) Breit] 的干燥块茎<sup>[1]</sup>, 为常用药材, 多年生草本, 至今半夏作药用已逾 2 000 a 历史。同时, 半夏是一种分布很广的杂草性植物, 除内蒙古、吉林、黑龙江、新疆、青海、西藏少数几个省或自治区未见到半夏资源分布外, 其他地区均有分布, 但由于自然环境的破坏, 及长期的无需采挖, 野生半夏在部分地区已基本绝迹<sup>[2]</sup>。半夏药材的药理作用宽, 药用价值高, 临床应用范围广, 具有燥湿化痰、降逆止呕、消痞散结的功效, 对抗早孕、降血脂、镇静催眠也有较好的作用<sup>[3]</sup>, 因此市场上对半夏的需求量将继续呈现增长的态势<sup>[4]</sup>。

然而在半夏药材需求量日益增加的同时, 国内陷入野生资源接近枯竭、人工栽培技术跟不上及半夏产量供不应求的窘境<sup>[5-6]</sup>, 因此, 发展完善半夏的标准化人工栽培势在必行。近年来, 对半

夏的合理施肥及标准化栽培的研究中提出很多的施肥模式<sup>[7-12]</sup>, 但基本都是针对无机肥方面的, 而对有机肥料在半夏上的研究还很少见。关于有机肥和无机肥配施方面的研究主要集中在粮食作物方面<sup>[13-16]</sup>, 而对药材方面涉及较少, 而中药材的品质同样与人类的健康息息相关, 现代农业片面地依靠化肥增加农业产量, 忽略了有机肥的施用, 在中药生产上主要表现为优质中药材遭受污染致使品质下降<sup>[17]</sup>, 半夏同样面临这样的问题。化肥的盲目施用严重危害和破坏农田土壤的再生产与自我修复能力, 对农业健康持续发展构成威胁<sup>[18]</sup>。同时, 随着畜禽养殖业的集约化、规模化发展, 全国每年的畜禽粪便排放量接近 31.9 亿 t, 其中 70% 直接排放进入环境中<sup>[19]</sup>。粪污无序排放不仅对环境有害, 而且对人类和动物也产生不利的影响。而畜禽粪便作为有机肥还田, 既解决了污染问题, 还可以培肥土壤。因此, 研究有机肥对

收稿日期: 2015-11-06 修回日期: 2015-12-04

基金项目: 财政部专项; 云南省农科教相结合新型农业社会化服务体系福贡县综合服务示范区建设; 云南省科技计划项目 (2013CA002)。

第一作者: 马超男, 女, 硕士, 从事药用植物栽培研究。E-mail: machaonan@xtbg.ac.cn

通信作者: 刘贵周, 男, 助理研究员, 主要从事药用植物引种、人工繁殖、规范化栽培等研究。E-mail: liugz@xtbg.ac.cn

半夏的影响,既有利于将畜禽粪便变废为宝减少环境污染,又可为半夏生长提供养分。

## 1 材料及方法

### 1.1 试验设计与实施

试验于 2015 年 1 月至 2015 年 10 月在中国科学院西双版纳热带植物园昆明分部(25°3'N, 101°42'E, 海拔 1 915 m)进行,采用室外盆栽试验。供试材料来自贵州省毕节市赫章县半夏栽培基地,经中国科学院西双版纳热带植物园蔡传涛研究员鉴定为天南星科半夏属半夏[*Pinellia ternata* (Thunb.) Breit]。所用盆规格为高 20 cm,上口口径 30 cm,下口径 15 cm;所用基质为 V(红土):V(椰糠)=1:1,混入适量珍珠岩所得的混合物。土壤的基本理化性状为有机质 7.66 g/kg,总氮 0.66 g/kg,总磷 1 g/kg,总钾 3.46 g/kg, pH=5.3,速效氮 30 mg/kg,速效磷 2.54 mg/kg,速效钾 60 mg/kg。选取直径为 1~1.5 cm、大小尽可能一致的健康饱满种茎(表 1),用多菌灵 800 倍液浸泡 24 h,于 2015-01-24 进行播种,每盆 5 粒,播种深度为 7 cm。试验期间及时摘除佛焰苞,有机肥底施,无机肥分 3 次施入,半夏生长期管理同大田。

表 1 各处理半夏初始质量( $\bar{x} \pm s, n=5$ )

Table 1 The initial mass of each treatment

处理 Treatment	初始质量/g Initial mass
CK	7.12±0.73 a
OF-0%	7.50±0.60 a
OF-25%	7.32±0.67 a
OF-50%	6.82±0.90 a
OF-75%	7.12±0.99 a
OF-100%	6.96±0.63 a

注:同列不同字母表示差异显著( $P<0.05$ ),相同字母表示差异不显著( $P>0.05$ )。

Note: Different letters in the same column means differ significantly( $P<0.05$ ), whereas the same letters means having no significant difference( $P>0.05$ ).

设 6 个处理,分别为不施肥(CK)、纯施化肥 75 g/m<sup>2</sup> (OF-0%)、用 25% 有机肥代替化肥(OF-25%)、用 50% 有机肥代替化肥(OF-50%)、用 75% 有机肥代替化肥(OF-75%)、纯有机肥(OF-100%),每处理 5 个重复。有机肥与化肥的比例即为有机肥中速效氮与化肥中速效氮的比例,具体施肥量见表 2。其中化肥为 N、P、K 复合肥,

N、P、K 之间的比例为半夏大田栽培推荐比例,即  $m(N):m(P):m(K)=2:1.5:1.3^{[5-10]}$ ,总用量为 75 g/m<sup>2</sup>,换算成每盆为  $75 \times 5/80 = 4.7$  g (5 为盆栽株数,80 为大田半夏常用种植密度 80 株/m<sup>2</sup>)。有机肥的理化性质:有机质 $\geq 45\%$ ,总养分  $N+P_2O_5+K_2O \geq 5\%$ ,经中国科学院西双版纳热带植物园地球与化学实验室检测,有机肥中的速效氮为 1 726 mg/kg。

表 2 每盆有机肥和无机肥配比试验设计

Table 2 Treatment design of organic and chemical fertilizer per pot

处理 Treatment	N / g	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / g	K <sub>2</sub> O / g	有机肥(OF)/g Organic fertilizer
CK	0	0	0	0
OF-0%	1.96	1.47	1.27	0
OF-25%	1.47	1.10	0.95	0.49
OF-50%	0.98	0.74	0.64	0.98
OF-75%	0.49	0.37	0.32	1.47
OF-100%	0	0	0	1.96

注:氮肥用尿素( $N \geq 46\%$ ),磷肥用过磷酸钙( $P_2O_5 \geq 16\%$ ),钾肥用硫酸钾( $K_2O \geq 51\%$ ),有机肥中含速效氮 1 726 mg/kg。实际用量按所含有效成分进行换算。

Note: Nitrogen fertilizer is urea( $N \geq 46\%$ ), phosphate fertilizer is calcium superphosphate ( $P_2O_5 \geq 16\%$ ), potassic fertilizer is potassium sulfate ( $K_2O \geq 51\%$ ), and organic fertilizer contains 1 726 mg/kg available nitrogen. The actual dosage of fertilizer is converted by its active ingredient.

### 1.2 测定项目与方法

1.2.1 半夏株高、叶面积、叶绿素 SPAD 值的测定 在半夏生长期,分别于 7、8 月测定半夏的株高、叶面积及叶绿素 SPAD 值。取 2 次测定结果的平均值。株高用直尺(精确度 0.1 cm)测定,叶面积用叶面积仪 LI-3000C 测定,叶绿素 SPAD 值用 SPAD-502Plus<sup>[20-21]</sup> 在叶片成熟后测定,每盆测 5 株取平均值。

1.2.2 半夏最大净光合速率( $P_{max}$ )的测定 半夏的光合特性于 7 月下旬测定,用便携式光合仪 LI-6400 选择晴朗的天气,在 9:00—11:30 测定。通过测定半夏的光响应曲线,得出半夏的饱和光强为 1 000  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$ ,故设定光强 1 000  $\mu\text{mol}/(\text{m}^2 \cdot \text{s})$  测定半夏的最大净光合速率。每盆测 5 片叶,均选取 3 片叶中间最大的叶片测定,取平均值。

1.2.3 产量的测定 半夏于 2015-01-24 播种,试验期间及时摘除佛焰苞,将露出土的株芽及时培土,于 9 月上旬半夏倒苗后采挖半夏,用电子秤

(精度 0.01 g)称取各处理半夏质量,数出各处理总块茎数。

### 1.3 数据处理

用 Microsoft office excel 2007 和 Spss 16.0 软件对数据进行单因素 ANOVA 方差分析,用 S-N-K 的方法进行多重比较,用 Microsoft office excel 2007 作图。

## 2 结果与分析

### 2.1 有机肥与无机肥配施对半夏生长的影响

生长期间 CK 的半夏植株最先倒苗,半夏的生长期缩短。在 7 月份,除 OF-50%外,半夏的株高随着有机肥质量分数增加而增高,所有有机肥处理均显著高于 CK 处理 ( $P < 0.05$ ),且 OF-100%、OF-75%显著高于纯施化肥处理 OF-0% ( $P < 0.05$ );8 月份 CK 的半夏全部倒苗,剩余各处理间株高没有显著差异。7 月份除 OF-75%外,其他均随着有机肥质量分数增加半夏叶面积增加,其他各施肥处理的叶面积均显著高于 CK 处理 ( $P < 0.05$ ),8 月份叶面积随有机肥质量分数的增加呈现抛物线趋势。可以看出,7 月份半夏的株高和叶面积除个别处理外,其他处理均随有机肥质量分数的增加而增高,而在 8 月份随有机肥质量分数的增加呈现抛物线趋势。说明在半夏生长后期,有机肥与无机肥配合施用的优势逐渐显现,并不是有机肥质量分数越多植株越健壮。原因可能是有机肥全部底施,而化肥为分次施入,导致化肥质量分数高的处理在追施化肥后生长较快。

综合半夏 7、8 月份长势可以看出,半夏株高随有机肥质量分数的增加呈现抛物线趋势,且增

施有机肥的处理 OF-25%、OF-50%、OF-75%、OF-100%显著高于纯施化肥的 OF-0%处理 ( $P < 0.05$ ),株高在有机肥质量分数 75%时达到最大;增施有机肥的处理 OF-25%、OF-50%、OF-75%、OF-100%的叶面积相差不大,明显高于纯施化肥的处理,比纯化肥处理的半夏叶面积提高 14%~18%,但未达到显著水平。综合株高和叶面积 2 个指标,各处理中 OF-50%、OF-75%和 OF-100%处理的半夏生长较为健壮(表 3)。

### 2.2 有机肥与无机肥混合施用对半夏叶绿素 SPAD 值及 $P_{max}$ 的影响

5 个施肥处理的叶绿素 SPAD 值均与 CK 差异显著 ( $P < 0.05$ ),有机肥处理半夏的 SPAD 高于纯化肥处理的,但未达到显著水平。5 个施肥处理的  $P_{max}$  均显著高于 CK ( $P < 0.05$ ),其中 OF-0%、OF-50%、OF-100%的  $P_{max}$  较大,没有明显的规律,有机肥处理的半夏并未表现出优势(图 1)。

### 2.3 有机肥与无机肥配合施用对半夏产量的影响

OF-0%、OF-25%、OF-50%、OF-75%、OF-100%的产量和净增产与 CK 相比差异均显著 ( $P < 0.05$ ),比 CK 增产 66%~74%。产量随有机肥质量分数的增加呈现增长的趋势,但趋势不明显,混施有机肥的处理 OF-25%、OF-50%、OF-75%、OF-100%比纯施化肥的 OF-0%增产 5%~10%,但增产幅度不显著(图 2)。半夏的繁殖系数即为所产块茎数与播种块茎数的比例,为表示半夏繁殖能力的指标,OF-0%、OF-25%、OF-50%、OF-75%、OF-100%的繁殖系数均显著高于 CK ( $P < 0.05$ ),混施有机肥各处理与纯化肥处理间差异不显著,繁殖系数最高的为 OF-75%,

表 3 有机肥与无机肥配施半夏株高和叶面积的变化 ( $\bar{x} \pm s$ )

Table 3 Changes of different treatments of organic and inorganic fertilizer on *Pinellia ternate*'s height and leaf area

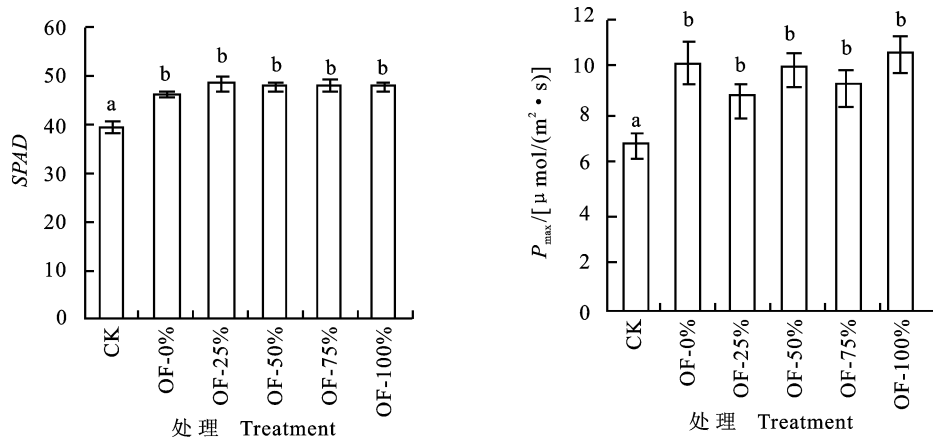
处 理 Treatment	7 月份 July		8 月份 August		平均 Average	
	株高/cm Height	叶面积/cm <sup>2</sup> Leaf area	株高/cm Height	叶面积/cm <sup>2</sup> Leaf area	株高/cm Height	叶面积/cm <sup>2</sup> Leaf area
CK	4.96±0.80 a	10.51±1.25 a	—	—	4.96±0.36 a	10.51±0.56 a
OF-0%	5.55±0.87 ab	15.32±2.81 b	6.70±0.70 a	14.78±2.18 a	6.13±0.34 a	15.05±0.52 b
OF-25%	6.91±0.96 bc	17.40±2.20 b	7.98±2.39 a	15.92±2.38 a	7.17±0.51 b	17.12±1.12 b
OF-50%	6.47±0.85 bc	18.26±3.35 b	8.85±1.60 a	18.00±3.86 a	7.88±0.22 c	17.70±1.07 b
OF-75%	7.34±1.20 c	17.70±0.51 b	8.89±1.63 a	17.26±0.85 a	8.12±0.56 c	17.47±0.20 b
OF-100%	7.66±0.91 c	18.34±1.46 b	7.63±1.22 a	16.76±1.58 a	7.64±0.45 c	17.55±0.54 b

注:“—”表示半夏此时已经倒苗。同列不同字母表示处理间在 0.05 水平差异显著。

Note: “—” means *Pinellia ternate* was damping-off already. Values followed by different letters in each column indicate significant difference between treatments at 0.05 level.

其次为 OF-25%，而纯施有机肥的半夏的繁殖系数较低(图 3)，原因可能是混施有机肥有利于半夏的健壮成长，将更多养分用于营养生长及块茎的膨大，减弱了半夏的生殖生长。综合各处理半

夏的产量和繁殖系数，可得 OF-75%、OF-100% 两处理半夏产量最高且相差不大，OF-100% 较 OF-75% 的繁殖系数降低 12%，因此，OF-75% 为最佳处理。

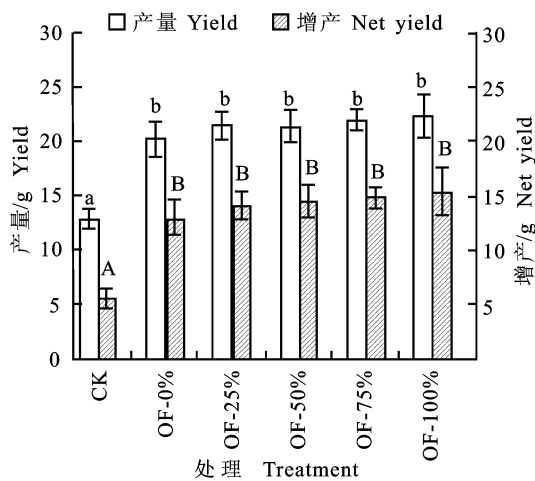


同组中相同字母表示其间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

The same letters in each group mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), different letters mean significant difference ( $P < 0.05$ )

图 1 施肥配比下叶绿素 SPAD 值及  $P_{max}$  的变化

Fig. 1 Changes of fertilization treatments on SPAD and  $P_{max}$



不同小写字母表示产量之间存在差异 ( $P < 0.05$ ), 不同大写字母表示增产之间存在差异 ( $P < 0.05$ )

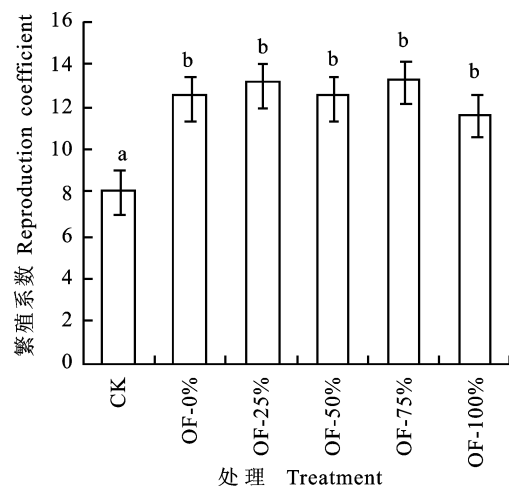
Different lowercase means significant difference of yield at  $P < 0.05$  and different capital letters means significant difference of net yield at  $P < 0.05$

图 2 施肥配比下半夏产量的变化

Fig. 2 Changes of fertilization treatments on yield

### 3 讨论

半夏的产量来源于地下块茎的膨大，而半夏植株生长状态的好坏直接影响半夏营养物质的积累和地下块茎的膨大。试验结果显示，不施肥半夏的株高和叶面积均最小，植株长势较弱，且最先



同组中相同字母表示其间差异不显著 ( $P > 0.05$ ), 不同字母表示差异显著 ( $P < 0.05$ )

The same letters in each group mean no significant difference ( $P > 0.05$ ), different letters mean significant difference ( $P < 0.05$ )

图 3 施肥配比下半夏繁殖系数的变化

Fig. 3 Changes of fertilization treatments on reproduction coefficient

倒苗，缩短了半夏的生长周期，是造成对照产量最低的两个主要原因。随着有机肥质量分数的提高，7 月份半夏的株高和叶面积呈现增高的趋势，而在 8 月份呈现抛物线趋势，说明有机肥与无机肥配合施用的优势在半夏生长过程中逐渐显现，并不是有机肥质量分数越高，半夏生长越好，这可

能是因为底施的有机肥在半夏整个生长期为其提供养分,而至半夏生长后期有机肥提供的营养供应不足,追施的化肥提供主要营养。施用有机肥的半夏比纯施化肥的半夏叶面积提高 14%~18%,产量提高 5%~10%,叶面积与产量之间有一定的正相关关系,这与前人的研究结果一致<sup>[22-23]</sup>。适当地增施有机肥可提高半夏的产量,这可能是因为有有机肥与无机肥配施有利于土壤有机碳和活性有机碳的积累,从而使土壤疏松,透气性、保水保肥能力都得到增强<sup>[24]</sup>,为半夏生长提供良好的土壤条件。

SPAD-502 叶绿素仪在作物叶片养分间接速测上已取得较好的效果,利用叶绿素计测定的 SPAD 值可以间接反映作物叶片叶绿素的质量分数及含氮量,还可以进一步预测作物的产量<sup>[25]</sup>。有研究表明叶绿素质量分数及净光合速率和产量的关系非常密切<sup>[26]</sup>。本试验半夏的叶绿素指数 SPAD 与最大净光合速率之间有正相关关系,最大净光合速率与半夏产量之间有正相关关系,与前人的研究结果相似。植物地上部干物质的 90%~95%来自于光合作用,实现增产的关键是提高植物的光能利用效率,而本试验中半夏的最大净光合速率的趋势与 SPAD 值及产量的趋势不尽一致,这可能是因为植物的光合作用是一个动态过程,光合仪测量的又是一个瞬时值,与测量时的环境及植物的生理状态都有一定关系。纯施化肥的净光合速率较高,但产量较低,原因可能是纯施化肥在半夏生长的某个时期光合速率较大,但增施有机肥可以延缓叶片衰老,使植物叶片的净光合速率在一个较高状态保持更长时间<sup>[27]</sup>。

有机肥与无机肥配施,结合了化肥的速效性和有机肥的持久性特点,对提高土地生产力和改善土壤性状起到明显的作用。目前,国内外有很多长期试验涉及到长期施肥条件下不同有机肥与无机肥配施比例对产量的影响,很多研究者认为,有机肥比例越高越好,也有学者认为,可能存在最佳比例<sup>[28-29]</sup>。本试验的结果表明混施有机肥的半夏产量比纯施化肥的有所提高,较纯化肥产量平均增产 5%~10%,且有机肥质量分数越高,半夏的产量越高。半夏的繁殖系数决定半夏生产中可做种用的种茎数量,繁殖系数越大说明可做种用的半夏块茎数越多,本试验中有机肥并不能提高半夏的繁殖系数,且纯施有机肥的半夏繁殖系数在混施处理中最低,说明有机肥质量分数不是越

多越好,有机肥质量分数过多可能会降低半夏的繁殖系数,原因可能是混施有机肥有利于半夏的健壮生长,将更多养分用于营养生长及块茎的膨大,减弱了半夏的生殖生长。虽然半夏产量随有机肥质量分数的增高而增高,但增幅很小,OF-100%与 OF-75%产量相差不大,OF-100%的繁殖系数却比 OF-75%低 12%,综合考虑半夏的产量与繁殖系数,OF-75%处理对半夏最有利。

综上所述,混施有机肥的半夏普遍比纯施化肥的半夏生长健壮,叶绿素指数 SPAD 值相对较高,为半夏的光合作用、物质积累和产量形成奠定良好的基础。混施有机肥的半夏产量比纯施化肥的提高 5%~10%。混施有机肥与纯施化肥相比不能提高半夏的繁殖系数,有机肥质量分数过多反而降低半夏的繁殖系数。综合各方面的关系,本试验结果表明,OF-75%处理对半夏生长及产量最为有利,即施用本试验所用规格的尿素 17 g/m<sup>2</sup> (N≥46%),过磷酸钙 37 g/m<sup>2</sup> (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>≥16%),硫酸钾 10 g/m<sup>2</sup> (K<sub>2</sub>O≥51%),有机肥 852 g/m<sup>2</sup> (有机质≥45%,总养分 N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O≥5%)。在半夏的栽培过程中,建议用部分有机肥代替化肥,既可减少化肥大量施用带来的环境危害,又可提高半夏的产量,改善土壤的理化性质,为半夏的施肥管理提供新的思路。

#### 参考文献 Reference:

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典[M]. 一部. 北京:化学工业出版社,2005:78.  
Chinese Pharmacopoeia Commission. Pharmacopoeia of the people's Republic of China[M]. Version 1. Beijing: Chemical Industry Press,2005:78(in Chinese).
- [2] 李 婷,李 敏,贾君君,等. 全国半夏资源及生产现状调查[J]. 现代中药研究与实践,2009,23(2):11-13.  
LI T,LI M,JIA J J,et al. Survey of national resources and production status of *Pinellia ternata* in China[J]. *Research and Practice of Chinese Medicines*,2009,23(2):11-13(in Chinese with English abstract).
- [3] 李 丽,王慧娟,盖成万. 半夏的药理和临床研究进展[J]. 中医药信息,2006(5):38-40.  
LI L,WANG H J,GAO CH W. Pharmacology of *Pinellia ternata* and clinical research progress[J]. *Information on Traditional Chinese Medicine*,2006(5):38-40(in Chinese).
- [4] 余懋群. 药用植物资源评价及品种选育 [M]. 北京:中国医药科技出版社,2006:300-306.  
YU M Q. Medicinal Plant Resources Evaluation and Variety Breeding [M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press,2006:300-306(in Chinese).
- [5] 李 敏. 药材质量与控制[M]. 北京:国医药科技出版社,2006:178-179.  
LI M. Quality and Control of Traditional Chinese Medicine [M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press,2006:178-179(in Chinese).
- [6] 李 敏. 中药材市场动态及应用前景 [M]. 北京:中国医药

- 科技出版社,2006.
- LI M. Market Dynamics and Application Prospect of Traditional Chinese Medicine[M]. Beijing: Chinese Medical Science and Technology Press,2006(in Chinese).
- [7] 武孔云,孙超. 中药材品质及提高中药材品质的途径[J]. 中草药,2010(7):1210-1215.
- WU K Y, SUN C H. Quality of traditional Chinese medicinal materials and their promotion pathway[J]. *Chinese Traditional and Herbal Drugs*, 2010(7):1210-1215(in Chinese).
- [8] 王鹏,裴建文,孙万仓,等. 半夏高产高效栽培最佳施肥数学模型研究[J]. 中国中药杂志,2009,34(6):669-673.
- WANG P, PEI J W, SUN W C, et al. The research on best cultivation mathematical model about *Pinellia ternatas* high yield and high efficiency[J]. *China Journal of Chinese Materia Medica*, 2009,34(6):669-673(in Chinese).
- [9] 裴建文,孙新荣,王鹏,等. 施肥对半夏总蛋白质量分数的影响[J]. 广东农业科学,2010(2):79-83.
- PEI J W, SUN X R, WANG P, et al. Effects of fertilizing levels on total protein content of *Pinellia ternata* [J]. *Guangdong Agricultural Sciences*, 2010(2):79-83(in Chinese with English abstract).
- [10] 张美,周先建,陈铁柱,等. 施肥对半夏生长、产量和质量的影响研究[J]. 安徽农业科学,2013,41(17):7473-7474.
- ZHANG M, ZHOU X J, CHEN T ZH, et al. Effects of different fertilization on the growth, yield and quality of *Pinellia ternata* [J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2013, 41(17):7473-7474(in Chinese with English abstract).
- [11] 阮培均,梅艳,王孝华,等. 地道特色中药材半夏的规范化种植技术示范[J]. 贵州农业科学,2010,38(5):49-53.
- RUAN P J, MEI Y, WANG X H, et al. Demonstration of standardized cultivation technology of *Pinellia ternate* [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2010,38(5):49-53(in Chinese with English abstract).
- [12] 李西文,马小军,宋经文,等. 半夏规范化种植、采收研究[J]. 现代中药研究与实践,2005,19(2):30.
- LI X W, MA X J, SONG J Y, et al. Research about standard cultivation and harvesting of *Pinellia ternate* [J]. *Research and Practice of Chinese Medicines*, 2005,19(2):30(in Chinese).
- [13] 王秋君,王小莉,罗佳,等. 不同有机无机复混肥对小麦产量、氮效率和土壤微生物多样性的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2009,15(5):1003-1009.
- WANG Q J, WANG X L, LUO J, et al. Effects of different organic-inorganic mixed fertilizations on yield of wheat, nitrogen use efficiency and soil microbial diversity[J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2009,15(5):1003-1009(in Chinese with English abstract).
- [14] BARIK A K, DAS ARINDAM, GIRI A K, et al. Effect of organic(vermi compost, farm yard manure) and chemical sources of plant nutrients on productivity and soil fertility of kharif rice (*Oryza sativa* L.) [J]. *Crop Research (Hisar)*, 2006,31(3):339-342.
- [15] 曹彩云,郑春莲,李科江,等. 长期定位施肥对夏玉米光合特性及产量的影响研究[J]. 中国生态农业学报,2009(6):1074-1079.
- CAO C Y, ZHENG C H L, LI K J, et al. Effect of long-term fertilization on photosynthetic property and yield of summer maize [J]. *Chinese Journal of Eco-Agriculture*, 2009(6):1074-1079(in Chinese with English abstract).
- [16] YAN P SH, XU H L. Influence of EM bokashi on nodulation, physiological characters and yield of peanut in nature farming fields [J]. *Journal of Sustainable Agriculture*, 2008,19(4):105-112.
- [17] 陈中坚,孙玉琴. 施肥水平对半夏产量和质量影响的研究[J]. 栽培与育种,2006,29(8):757-759.
- CHEN ZH J, SUN Y Q. Effects of fertilization levels on *Pinellia ternatas* yield and quantity [J]. *Cultivation and Breeding*, 2006,29(8):757-759(in Chinese).
- [18] 杨学云,张树兰,袁新民,等. 长期施肥对土硝态氮分布、累积和移动的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2001,7(2):134-138.
- YANG X Y, ZHANG SH L, YUAN X M, et al. A long-term experiment on effect of organic manure and chemical fertilizer on distribution, accumulation and movement of  $\text{NO}_3^-$ -N in soil [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2001,7(2):134-138(in Chinese with English abstract).
- [19] TIAN W, LI L Z, LIU F, ZHANG Z H, et al. Assessment of the maturity and biological parameters of compost produced from dairy manure and rice chaff by excitation emission matrix fluorescence spectroscopy [J]. *Biology Resource Technology*, 2012,110:330-337.
- [20] SIBLEY J L, EAKES D J, GILLIAM C H, et al. Foliar SPAD-502 meter values, nitrogen levels and extractable chlorophyll for red maple leaf lesions [J]. *Horticulture Science*, 1996(31):468-470.
- [21] 苏云松,郭华春,陈伊里. 马铃薯叶片 SPAD 值与叶绿素质量分数及产量的相关性研究[J]. 西南农业学报,2007(4):690-693.
- SU Y S, GUO H CH, CHEN Y L. Relationship between SPAD readings chlorophyll contents and yield of potato (*Solanum tuberosum* L.) [J]. *Southwest China Journal of Agricultural Sciences*, 2007(4):690-693(in Chinese with English abstract).
- [22] 王成雨,代兴龙,石玉华,等. 花后小麦叶面积指数与光合和产量关系的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2012(1):27-34.
- WANG CH Y, DAI X L, SHI Y H, et al. Effects of leaf area index on photosynthesis and yield of winter wheat after anthesis [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2012(1):27-34(in Chinese with English abstract).
- [23] 孙贵荒,刘晓丽,董丽杰,等. 大豆叶面积指数消长与产量关系的研究[J]. 辽宁农业科学,2003(4):13-4.
- SUN G H, LIU X L, DONG L J, et al. The relationship between soybean LAI and yield [J]. *Liaoning Agricultural Sciences*, 2003(4):13-4(in Chinese).
- [24] 侯红乾,刘秀梅,刘光荣,等. 有机无机肥配比比例对红壤稻田水稻产量和土壤肥力的影响[J]. 中国农业科学,2011(3):516-523.
- HOU H Q, LIU X M, LIU G R, et al. Effect of long-term located organic-inorganic fertilizer application on rice yield and soil fertility in red soil area of China [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2011(3):516-523(in Chinese with English abstract).
- [25] 李志宏,刘宏斌,张福锁. 应用叶绿素仪诊断冬小麦氮营养状况的研究[J]. 植物营养与肥料学报,2003,9(4):401-405.
- LI ZH H, LIU H B, ZHANG F S. Research of nitrogen nutrition status for winter wheat based on chlorophyll meter [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2003,9(4):401-405(in Chinese with English abstract).
- [26] PEARCE R B, CARLSON G E, BAM S D K. Specific leaf weight and photosynthesis in alfalfas [J]. *Crop Science*, 1969(9):423-426.
- [27] 赵隽,董树亭,刘鹏,等. 有机无机肥长期定位配施对

- 冬小麦群体光合特性及籽粒产量的影响[J]. 应用生态学报, 2015(8): 2362-2370.
- ZHAO J, DONG SH T, LIU P, *et al.* Effects of long-term mixed application of organic and inorganic fertilizers on canopy apparent photosynthesis and yield of winter wheat [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2015(8): 2362-2370 (in Chinese with English abstract).
- [28] YADAY R L, DWIVEDI B S, PRASAD K, *et al.* Yield trends and changes in soil organic-C and available NPK in a long-term rice-wheat system under integrated use of manures and fertilizers[J]. *Field Crops Research*, 2000, 68: 219-246.
- [29] 郑兰君, 曾广永, 王鹏飞. 有机肥、化肥长期配合施用对水稻产量及土壤养分的影响[J]. 中国农学通报, 2001, 17(3): 48-50.
- ZHENG L J, ZENG G Y, WANG P F. Impacts of combined application of organic and inorganic fertilizers on rice yield and soil fertility[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2001, 17(3): 48-50 (in Chinese with English abstract).

## Effects of Organic Fertilizer Application on Growth and Yield of *Pinella ternate*

MA Chaonan<sup>1,2</sup>, CAI Chuantao<sup>1</sup>, LIU Guizhou<sup>1</sup> and JIN Man<sup>1</sup>

(1. Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650221, China;

2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract** The effects of organic fertilizer on *Pinella ternate*'s growth, chlorophyll index SPAD, maximum net photosynthetic rate and yield were investigated in pot experiment to provide theoretical basis for *Pinella ternate* rational fertilization. Six fertilization treatments were set up as no fertilizer (CK), pure chemical fertilizer 75 g/m<sup>2</sup> (OF-0%), 25% chemical fertilizer replaced by organic fertilizer (OF-25%), 50% chemical fertilizer replaced by organic fertilizer (OF-50%), 75% chemical fertilizer replaced by organic fertilizer (OF-75%), and pure organic fertilizer (OF-100%). The results showed that mixed application of organic fertilizer could improve *Pinella ternate*'s growth. Compared with only application of chemical fertilizer, mixed application of organic fertilizer resulted in higher SPAD and 14%—18% higher leaf area and 5%—10% higher yield, respectively. The yield increased with the of percentage of organic fertilizer, but the rate of increase was very small. The yield of OF-100% and OF-75% were close, however, OF-75% had 12% higher reproduction coefficient than OF-100%, therefore, OF-75%, with the fertilizer arrangement of 17 g/m<sup>2</sup> urea (N $\geq$ 46%), 37 g/m<sup>2</sup> superphosphate (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>  $\geq$ 16%), 10 g/m<sup>2</sup> potassium sulfate (K<sub>2</sub>O  $\geq$ 51%), 852 g/m<sup>2</sup> organic fertilizer (organic matter  $\geq$ 45%, total nutrient N+P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>+K<sub>2</sub>O  $\geq$ 5%), was the best recommendation for high yield and high reproduction coefficient. Consequently, the mixed application of organic and inorganic fertilizers could prompt vigorous growth of *Pinella ternate* and improve chlorophyll SPAD value, which resulted in higher grain yield.

**Key words** Organic fertilizer; *Pinella ternate*; Growth; Yield

**Received** 2015-11-06

**Returned** 2015-12-04

**Foundation item** The Ministry of Finance Special; New Agricultural Socialization Service System By the Combination of Agricultural, Science and Education in Yunnan Province the Construction of Comprehensive Service Demonstration Area in Fugong County; Science and Technology Project in Yunnan Province (No. 2013CA002).

**First author** MA Chaonan, female, master. Research area: the cultivation technology of Chinese medicine. E-mail: machaonan@xtbg.ac.cn

**Corresponding author** LIU Guizhou, male, assistant research fellow. Research area: the cultivation technology of Chinese medicine. E-mail: liugz@xtbg.ac.cn

(责任编辑: 潘学燕 Responsible editor: PAN Xueyan)