

## 施肥对半夏药材质量等级和出干率的影响

裴国平<sup>1</sup>, 裴建文<sup>2\*</sup> (1. 天水市农业科学研究所, 天水 741001; 2. 天水师范学院现代农业与陇东南动植物资源研究保护开发中心, 天水 741001)

**摘要** 目的: 研究半夏出干率最大时的肥料(N、P、K)配比。为执行 GAP 提供参考。方法: 采用 3 因素 5 水平二次通用旋转组合设计, 研究北方人工栽培条件下施肥对半夏等级和出干率的影响。结果: 影响半夏等级和出干率的主要因素分别为 N、P 肥和 P、K 肥, 其最佳施肥量为纯 N 431.79 kg·hm<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 224.79 kg·hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 157.00 kg·hm<sup>-2</sup>。结论: 半夏出干率最大时氮、磷、钾的最佳配比为 4 : 2 : 1.5, 此时, 半夏块茎药效成分最大, 临床疗效最显著。

**关键词:** 半夏; 药材种植; 中药材种植质量管理规范; 施肥; 药材等级; 出干率; GAP

中图分类号: S5-33; R91 文献标识码: A 文章编号: 1002-7777(2017)08-0910-07

doi:10.16153/j.1002-7777.2017.08.013

### Effect of Fertilization on Quality Grade and Dry-Slice-Yielding Rate of *Pinellia ternata*

Pei Guoping<sup>1</sup>, Pei Jianwen<sup>2\*</sup> (1. Institute of Agricultural Science in Tianshui, Tianshui 741001, China; 2. Protection and Research Institute of Modern Agriculture and Animal and Plant Resource of Southeast of Gansu, Tianshui Normal University, Tianshui 741001, China)

**Abstract Objective:** To study the combinations of fertilization, such as nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) at the time of the highest dry-slice-yielding rate of *Pinellia ternata*. **Methods:** The effect of fertilization on quality grade and dry-slice-yielding rate of *Pinellia ternata* was studied under the condition of purposive cultivation in northern China by using the design of 3 factors and 5 levels quadratic rotational combination. **Results:** N and P fertilizers mainly affected the quality grade of *Pinellia ternate*. P and K fertilizers mainly affected the dry-slice-yielding rate of *Pinellia ternata*. The best fertilizing amount of net N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O were 431.79 kg·hm<sup>-2</sup>, 224.79 kg·hm<sup>-2</sup>, 157.00 kg·hm<sup>-2</sup> respectively. **Conclusion:** The optimal ratio of N, P and K at the time of the highest dry-slice-yielding rate of *Pinellia ternata* was 4 : 2 : 1.5. At that time, the tuber of *Pinellia ternata* had the maximal effective component and the best clinical effect.

**Keywords:** *Pinellia ternata*; cultivation of medicinal plants; good agricultural practice; traditional Chinese medicinal materials; fertilizer; medicinal material grade; dry-slice-yielding rate ; GAP

半夏为天南星科植物 *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit. 的干燥块茎<sup>[1]</sup>。近年来, 由于过度采挖和生长环境变化等原因, 半夏野生资源不断减少, 栽培半夏已成为该药材的主要来源<sup>[2-6]</sup>。半夏

基金项目: 天水市重点科技攻关项目《天水半夏高产高效栽培研究与示范》(编号 2005-18)。  
作者简介: 裴国平, 助理研究员, 硕士; 研究方向: 中药材质量与种植; Email: peigp2008@163.com。  
通信作者: 裴建文, 教授; 研究方向: 中药材规范化栽培研究; E-mail: peigp2008@163.com

出干率是指半夏块茎的干物质含量,干物质所占比重越大其药效成分含量越多,临床疗效越显著。半夏出干率是半夏等级的标志之一,出干率越大,品质越好,等级越高<sup>[7-11]</sup>。对于栽培半夏的研究不但要追求产量,还要注重出干率和产品等级。等级高具体是指一、二等品所占比率较高<sup>[12-13]</sup>。研究栽培半夏出干率与施肥的关系主要是依据《中药材种植质量管理规范》《中药材生产质量管理规范》(Good Agricultural Practice, GAP),讨论品质与最佳施肥量的平衡点,达到节约成本、减少环境污染、提高药材品质的目的。

目前,常用肥料的研究主要集中在栽培模式、不同施肥水平对鲜半夏产量的影响等方面<sup>[14]</sup>,如赵忠堂等<sup>[12]</sup>研究了收获期和出干率的关系;但施肥对半夏等级和出干率的影响尚未见报道。为此,本文在半夏高产高效栽培最佳施肥数学模型研究的基础上<sup>[15-16]</sup>,进一步研究施肥对半夏等级和出干率的影响,旨在为半夏的科学配方施肥及制定合理的栽培措施提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地基本情况

试验设在甘肃省清水县城郊川水地上,海

拔1378 m;土质中壤,肥力中等。土壤养分全N(Nitrogen,氮)  $0.63 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;全 $\text{P}_2\text{O}_5$ (Phosphorus pentoxide,五氧化二磷)  $1.29 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;全 $\text{K}_2\text{O}$ (potassium oxide,氧化钾)  $16.85 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。碱解N  $68.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;速效 $\text{P}_2\text{O}_5$   $22.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ ;速效 $\text{K}_2\text{O}$   $173.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。前茬以小麦做匀地试验,试验区肥力均匀一致。

### 1.2 试验材料

#### 1.2.1 试验用化肥

氮肥用尿素(含N 46%,兰州石化公司产),磷肥用过磷酸钙(含 $\text{P}_2\text{O}_5$  12%,白银绿源磷复合肥有限责任公司产),钾肥用氯化钾(含 $\text{K}_2\text{O}$  60%,青海利源化肥厂产)。

#### 1.2.2 试验材料

采用清水县百家乡野生半夏做试验材料。种茎过筛后均匀一致,直径1.0 cm左右,单粒(块)重约0.82 g。

### 1.3 试验方法

#### 1.3.1 试验设计

试验设计方案为氮肥( $X_1$ )、磷肥( $X_2$ )、钾肥( $X_3$ )三因子二次通用旋转组合设计,试验因子水平及设计见表1。

表1 试验因素水平设置  $\text{kg} \cdot \text{hm}^{-2}$

水平	因素		
	N ( $X_1$ )	P ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ( $X_2$ )	K ( $\text{K}_2\text{O}$ ) ( $X_3$ )
1.682	600.0	300.00	300.0
1	478.4	239.3	239.3
0	300.0	150.0	150.0
-1	121.7	60.8	60.8
-1.682	0	0	0

#### 1.3.2 播种、田间管理及收获

为便于田间管理和降低因化肥水平渗透作用对试验的影响,每小区做一畦,四周打埂,埂宽10 cm、高15 cm。小区净面积 $12.25 \text{ m}^2$  ( $3.5 \text{ m} \times 3.5 \text{ m}$ ),共20处,分2个区组随机排列("0"点处

理重复6次)。播种时先铲出畦内表土,整平畦底,将全部化肥混合后一次性施入畦底,耩入土中混匀后在表面撒匀种茎,最后均匀覆土15 cm。整个生育期内全试验过程未施有机肥,也不追施其它肥料。于11月13日播种,播量(块茎)  $4200 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ ,

密度510万粒/hm<sup>2</sup> (280 kg/666.67 m<sup>2</sup>, 34万粒/666.67 m<sup>2</sup>)。翌年4月1日出苗前浇透水一次,并地表覆盖麦草保持土壤松软湿润。5月3日开始出苗,5月25日植株叶片已封住地面。全生育期视苗情、土壤和大气湿度随时浅灌,并做到田间无杂草。生育期间病虫采用统一方案防治,效果理想。待全田倒苗、叶片干枯后,于9月15日一次性采挖。每小区四周除去30 cm宽的面积不计产(以进一步消除肥料不同水平在小区间的横向渗透影响,并消除边际效应),剩余部分带回实验室严格考种。考种项目为:一、二等品半夏干重比率和出干率。

### 1.3.3 试验地播前的土壤化验方法

全氮用半微量开氏法、全磷用氢氧化钠熔融—钼锑抗比色法、全钾用氢氧化钠熔融—火焰光度法、碱解氮用碱解扩散法、速效磷用碳酸氢钠熔融—钼锑抗比色法、速效钾用乙酸铵提取—火焰光度法<sup>[8]</sup>。

### 1.3.4 等级划分

参考张贵君<sup>[9]</sup>的分级标准,当地一、二等品分别为直径>1.5cm、1~1.5cm的干块茎。过筛后计算一、二等品所占总干重的比率。

### 1.4 统计方法

采用软件Excel 2003处理原始数据,得出显著性结果,用DPS 7.05进行统计分析,得出回归方程。

## 2 结果与分析

### 2.1 回归方程

试验结果见表2,回归方程见表3。方程经拟合性、显著性检验并剔除方程中不显著项后得:

$$\text{一等品重比率 } \hat{Y}_1 = 22.4092 + 3.9651X_1 + 1.9005X_2 - 2.4298X_2^2 - 1.7917X_3^2$$

$$\text{二等品重比率 } \hat{Y}_2 = 51.1995 - 4.9137X_2 + 5.9716X_2^2 + 4.8155X_3^2$$

$$\text{出干率 } \hat{Y}_3 = 27.7440 + 1.7680X_2 + 1.1396X_3 + 1.4802X_1^2 + 1.7984X_2^2$$

其中 $X_1$ 、 $X_2$ 、 $X_3$ 分别为N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O的施量编码值;方程 $\hat{Y}_1$ 、 $\hat{Y}_3$ 达0.01为极显著水平; $\hat{Y}_2$ 达0.1为显著水平。

表2 试验结果

处理号	编码值			重比率/%				出干率/%	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	一等品	$\hat{Y}_1$	二等品	$\hat{Y}_2$	$Y_3$	$\hat{Y}_3$
1	-1	-1	-1	8.69	12.32	65.99	66.90	27.4	28.1
2	-1	-1	1	12.86	12.32	70.54	66.90	32.2	30.4
3	-1	1	-1	12.30	16.12	43.80	57.07	33.0	31.7
4	-1	1	1	11.08	16.12	47.94	57.07	33.4	33.9
5	1	-1	-1	18.92	20.25	68.94	66.90	26.0	28.1
6	1	-1	1	20.77	20.25	70.23	66.90	31.0	30.4
7	1	1	-1	18.55	24.05	63.21	57.07	31.8	31.7
8	1	1	1	25.15	24.05	63.97	57.07	33.8	33.9
9	-1.682	0	0	15.91	15.74	44.90	51.20	31.8	31.9
10	1.682	0	0	25.24	29.08	44.66	51.20	33.6	31.9
11	0	-1.682	0	10.97	12.34	69.17	76.36	31.0	29.9
12	0	1.682	0	22.93	18.73	63.03	59.83	36.2	35.8

续表 2

处理号	编码值			重比率 /%				出干率 /%	
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	一等品		二等品		$Y_3$	$\hat{Y}_3$
				$Y_1$	$\hat{Y}_1$	$Y_2$	$\hat{Y}_2$		
13	0	0	-1.682	15.14	17.34	63.29	64.82	29.2	25.8
14	0	0	1.682	22.37	17.34	62.37	64.82	31.2	29.7
15	0	0	0	24.60	22.41	42.78	51.20	27.4	27.7
16	0	0	0	23.46	22.41	59.49	51.20	26.0	27.7
17	0	0	0	20.23	22.41	61.75	51.20	26.4	27.7
18	0	0	0	23.64	22.41	53.32	51.20	28.0	27.7
19	0	0	0	22.04	22.41	43.18	51.20	29.4	27.7
20	0	0	0	20.00	22.41	47.36	51.20	29.0	27.7

注： $Y_i$  为实际值； $\hat{Y}_i$  为依方程计算出的理论值。

表 3 回归方程及其显著性

$\hat{Y}_i$	$b_0$	$b_1x_1$	$b_2x_2$	$b_3x_3$	$b_{12}x_1x_2$	$b_{13}x_1x_3$	$b_{23}x_2x_3$	$b_{11}x_1^2$	$b_{22}x_2^2$	$b_{33}x_3^2$
$\hat{Y}_1^{***}$	22.4092 <sup>***</sup>	3.9651 <sup>***</sup>	1.9005 <sup>**</sup>	1.7251	0.2725	0.6875	-0.0800	-1.1482	-2.4298 <sup>**</sup>	-1.7917 <sup>**</sup>
$\hat{Y}_2^*$	51.1995 <sup>***</sup>	2.7588	-4.9137 <sup>**</sup>	0.6731	4.1000	-0.8300	-0.1175	-1.5662	5.9716 <sup>**</sup>	4.8155 <sup>**</sup>
$\hat{Y}_3^{***}$	27.7440 <sup>***</sup>	-0.0273	1.7680 <sup>***</sup>	1.1396 <sup>**</sup>	0.2250	0.2250	-0.9250	1.4802 <sup>***</sup>	1.7984 <sup>***</sup>	0.5963

注：各回归方程经拟合性检验均不显著，拟合良好；<sup>\*\*\*</sup> $P < 0.01$ ，<sup>\*\*</sup> $P < 0.05$ ，<sup>\*</sup> $P < 0.1$ 。

## 2.2 施肥对半夏等级的影响

### 2.2.1 主效应分析

一、二等品重比率回归方程 ( $\hat{Y}_1$ 、 $\hat{Y}_2$ ) 本身已经过无量纲形编码代换，其偏回归系数已标准化，故可直接由其绝对值大小来判断各肥料因子对各等级重比率影响的重要性。因此，3因素对一等品和二等品重比率的影响程度分别为  $N > P > K$ 、 $P > N > K$ 。

一、二等品重比率越高则半夏等级就越高。可见，当地影响半夏等级的主要因素是N、P肥。

### 2.2.2 对一等品重比率的影响

#### 2.2.2.1 单施效应

将方程 $\hat{Y}_1$ 中任意两因子固定取-1.682（即不施），可分别计算出第三因子的单施效应值，具体见表4。当 $X_1=1.682$ （在设计范围内未找到施量佳

点）、 $X_2=0.391$ 、 $X_3=0$ 时，N、P、K单施分别达一等品重比率的极值是13.94%、11.04%、5.67%；分别较不施肥时（0.60%）可提高13.34、10.44、5.07个百分点。

#### 2.2.2.2 两素配施效应

对方程 $\hat{Y}_1$ 中任一因子固定取-1.682（即不施），可分别计算出NP、NK、PK配施的效应值，见表5、6、7。可见，一等品重比率以NP配施时最高（24.38%），NK配施次之（19.01%），PK配施最差（16.11%）；分别较不施肥时（0.60%）增加23.78、18.41、15.51个百分点；NP配施较N、P、K单施分别提高10.44、13.34、18.71个百分点；NK配施较N、P、K单施分别提高5.07、7.97、13.34个百分点；PK配施较N、P、K单施分别提高2.17、5.07、10.44个百分点。

表4 N、P、K肥单施对一、二等品重比率的影响

编码值	一等品 /%			二等品 /%	
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1.682	13.94	6.99	0.60	73.45	89.98
1	11.23	10.14	3.88	65.88	81.17
0	7.27	10.67	5.67	64.82	76.36
-1	3.30	6.34	3.88	75.71	81.17
-1.682	0.60	0.60	0.60	89.98	89.98

表5 N、P配施(不施K肥)对一等品重比率的影响

X <sub>1</sub> (N) 编码值	X <sub>2</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) /%				
	-1.682	-1	0	1	1.682
-1.682	0.600	6.341	10.671	10.142	6.993
-1	3.304	9.045	13.375	12.846	9.698
0	7.269	13.010	17.340	16.811	13.663
1	11.235	16.975	21.305	20.776	17.628
1.682	13.939	19.679	24.010	23.480	20.332

表6 N、K配施(不施P肥)对一等品重比率的影响

X <sub>1</sub> (N) 编码值	X <sub>3</sub> (K <sub>2</sub> O) /%				
	-1.682	-1	0	1	1.682
-1.682	0.600	3.877	5.669	3.877	0.600
-1	3.304	6.582	8.373	6.582	3.304
0	7.269	10.547	12.338	10.547	7.269
1	11.235	14.512	16.303	14.512	11.235
1.682	13.939	17.216	19.008	17.216	13.939

表7 P、K配施(不施N肥)对一等品重比率的影响

X <sub>2</sub> (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) 编码值	X <sub>3</sub> (K <sub>2</sub> O) /%				
	-1.682	-1	0	1	1.682
-1.682	0.600	3.877	5.669	3.877	0.600
-1	6.341	9.618	11.410	9.618	6.341
0	10.671	13.948	15.740	13.948	10.671
1	10.142	13.419	15.211	13.419	10.142
1.682	6.993	10.271	12.062	10.271	6.993

### 2.2.2.3 三素配施效应

对方程 $\hat{Y}_1$ 求 $X_1, X_2, X_3$ 的一阶偏导数并置零, 求解知, 当编码值 $X_1=1.682$  (施N 600.0 kg·hm<sup>-2</sup>)、 $X_2=0.391$  (施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 184.9 kg·hm<sup>-2</sup>)、 $X_3=0$  (施K<sub>2</sub>O 150.0 kg·hm<sup>-2</sup>)时, 一等品重比率 $\hat{Y}_1$ 达极值29.45%, 比不施肥(0.60%)提高28.85个百分点, 比N、P、K单施(13.94%、11.04%、5.67%)分别提高15.51、18.41、23.78个百分点, 比NP、NK、PK配施(24.38%、19.01%、16.112%)分别提高5.07、10.44、13.34个百分点。

可见, 三素(N、P、K)配施效果最佳, 其次为NP配施, 单施效果最差。

### 2.2.3 对二等品重比率的影响

从方程 $\hat{Y}_2$ 可以看出, N( $X_1$ )与二等品重比率无明显关系。求解该方程: 当 $X_2=-1.682$  (即不施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)、 $X_3=\pm 1.682$  (即不施K<sub>2</sub>O 或施300.0 kg·hm<sup>-2</sup>)时二等品重比率达设计范围内的最大值89.98%。

对方程 $\hat{Y}_2$ 中 $X_2, X_3$ 两因子分别取-1.682 (即不施), 计算出P、K肥的单施效应, 见表4。可见, P、K肥对二等品重比率的影响表现出复杂性: P( $X_2$ )肥在0.411之前、K( $X_3$ )肥在0之前, 二等品重比率均随施肥量的增加呈下降趋势; P( $X_2$ )肥

在0.411之后、K( $X_3$ )肥在0之后, 二等品重比率随施肥量的增加均呈增加趋势。

## 2.3 施肥对出干率的影响

### 2.3.1 主效应分析

出干率回归方程( $\hat{Y}_3$ )本身也已经过无量纲形编码代换, 其偏回归系数已标准化, 故可直接由其绝对值大小来判断各肥料因子对出干率影响的重要性。因此, 3因素对出干率的影响程度为P>K>N。可见, 当地影响半夏出干率的主要因素是P、K肥。

### 2.3.2 单施效应

对方程 $\hat{Y}_3$ 中分别将两因子固定取-1.682 (即不施), 并计算出N、P、K单施效应值, 具体见表8。当 $X_1=\pm 1.682$  (即0或600 kg·hm<sup>-2</sup>)、 $X_2=1.682$  (即300 kg·hm<sup>-2</sup>)、 $X_3=1.682$  (即300 kg·hm<sup>-2</sup>)时, 出干率分别达N、P、K单施时的最大值32.13%、38.08%、35.96%。其分别较不施肥(32.13%)时提高0、5.95、3.83个百分点。由表8可见, 单施时, 出干率随K肥施量的增加呈线型增加趋势。而出干率随N、P肥施量的增加表现出复杂性: 出干率分别在N( $X_1$ )施肥量编码值0之前、P( $X_2$ )施肥量0.698之前, 随施量的增大而减小; 却分别在N( $X_1$ )施肥量编码值0之后、P( $X_2$ )施肥量编码值0.698之后, 均随施量的增大而增大。

表8 N、P、K肥单施对出干率的影响

施肥	编码值				
	-1.682	-1	0	1	1.682
N	32.13%	29.42%	27.94%	29.42%	32.13%
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	32.13%	30.05%	30.01%	33.58%	38.08%
K <sub>2</sub> O	32.13%	32.91%	34.05%	35.19%	35.96%

### 2.3.3 配施效应

对方程 $\hat{Y}_3$ 求解得知, 在设计范围内, 当 $X_1=\pm 1.682$  (即不施N或施N 600 kg·hm<sup>-2</sup>)、 $X_2=1.682$  (即施P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 300 kg·hm<sup>-2</sup>)、 $X_3=1.682$  (即施K<sub>2</sub>O 300 kg·hm<sup>-2</sup>)时, 出干率 $\hat{Y}_3$ 达最大值41.91%。可见, 三素配施(41.91%)分别较N、P、K肥单施增加了9.78、3.83、5.95个百分点。

## 3 讨论

由于不同施肥水平下一、二等品所占重比率不同, 导致二等品重比率随P (或K) 肥施量的增加而先下降后增加的复杂变化趋势。因为一等品重比率在P( $X_2$ )施量编码值-1.682~0.391、K( $X_3$ )施量编码值-1.682~0之间时, 均随施量的增加而明显增大, 所以在此区间内二等品重比率就

相对明显下降；随着P（或K）肥施量的进一步增大，一等品重比率越过佳点后开始下降，而此时二等品重比率就相对开始增大。

对于出干率随N（或P）肥施量的增加而先下降后增加的变化趋势，我们初步认为是由各等级出干率不同所致，即一等品出干率较低、二等品出干率较高。结合一、二等品重比率施肥效应可见，一等品重比率随N肥施量的增加而增大，随P肥施量的不断增大而先增大后下降；二等品重比率随P肥施量的不断增大而先降低后增大，N肥对二等品重比率的影响不明显。因此，一等品重比率增大时出干率会有所下降，一等品重比率下降（二等品重比率增加）时出干率会有所增大。三等品可能也有一定影响。对这种现象还有待于进一步研究。

总之，本试验条件下，要使半夏等级和出干率均较高，则N肥施量以较大为宜、P肥取编码值0.391~1.682、K肥取编码值0。对于栽培半夏不但要追求产量，还要注重等级和出干率。因此，结合半夏高产高效栽培最佳施肥数学模型研究<sup>[3]</sup>的最大产量与经济最佳施肥量编码值（ $X_1=0.638$ 、 $X_2=0.838$ 、 $X_3=0.157$ ）分析可得：当编码值 $X_1=0.638$ 、 $X_2=0.838$ 、 $X_3=0.078$ ，相应农业措施为纯N 431.79kg·hm<sup>-2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 224.79 kg·hm<sup>-2</sup>、K<sub>2</sub>O 157.00 kg·hm<sup>-2</sup>时，半夏产量、等级、出干率均达到较高水平。

#### 参考文献：

- [1] 中华人民共和国卫生部药典委员会编.中国药典[M]. I部.北京：化学工业出版社，2005：78-79.
- [2] 丁洪伟，王培然，陈佳琳，等.旱半夏高产栽培技术要点[J].天津农林科技，2016，2（1）：31-32.
- [3] 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（06）：669-673.
- [4] 王静，王永锋，常建平，等.不同药剂处理对半夏生长及产量的影响[J].甘肃农业，2016，13：23-24.
- [5] 蒋燕，翟玉铃，王惠，等.半夏配方施肥模型研究[J].安徽农业科技，2007，35（25）：7887-7888.
- [6] 马超男，蔡传涛，刘贵周，等.有机肥对半夏生长及产量的影响[J].西北农业学报，2016，25（9）：1399-1405.
- [7] 韩金龙，姜立国，朱彦威，等.不同间作模式下半夏产量及经济效益分析[J].现代中药研究，2016，30（6）：12-14.
- [8] 中国科学院南京土壤研究所.土壤理化分析[M].上海：上海科学技术出版社，1978：62-136.
- [9] 张贵君.中药商品学[M].北京：人民卫生出版社，2005：168-170.
- [10] 董涛，袁海军，李建锋，等.半夏不同等级珠芽的萌芽试验及其生产性能评价[J].现代中药研究，2016，30（5）：5-7.
- [11] 朱德生.不同栽培措施对半夏产量的影响[J].安徽农业科学，2008，36（12）：5040-5049.
- [12] 赵忠堂，袁燕东，王学军，等.半夏不同收获期的出干率与产量的探讨[J].基层中药杂志，2000，149（2）：46-47.
- [13] 唐成林，王觉，罗夫来，等.半夏茬后土壤微生物数量变化及其化感作用初探[J].河南农业科学，2016，45（12）：135-137.
- [14] 陈中坚，孙玉琴，赵雄廷，等.施肥水平对半夏产量和质量影响的研究[J].中药材，2006，29（8）：757-759.
- [15] 郑尚义.半夏双层覆盖种植密度、播深及播期对苗情及产量的影响[J].栽培技术，2016，19：79-80.
- [16] 卢立兴.半夏施肥技术的探讨[J].中国中药杂志，1992，17（3）：142-143.

（收稿日期 2015年2月25日 编辑 王萍）