

贵州省喀斯特温凉气候区半夏产量构成及配方施肥的研究

郭欣慰 江艳华 李艾莲*

(中国医学科学院 药用植物研究所,北京 100193)

摘要 为解析贵州喀斯特温凉气候区优质半夏的产量构成及最佳施肥配方,以桃叶半夏为研究对象,通过株高、主叶长等主要农艺性状与产量的相关性分析、通径分析及“3414”测土配方施肥试验,解析半夏高产构成。结果表明:1)相关分析显示,块茎直径、株高、主叶长和叶柄粗度与半夏高产相关性最高;2)通径分析显示,对半夏块茎产量直接作用最显著的因素为块茎直径和主叶长;此外,株高和叶柄粗度对半夏产量也具有正作用;3)贵州喀斯特半夏产区土壤含氮量较高,最适于半夏的施肥配方为试验处理 $N_0P_2K_2$:磷肥 $10\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 和钾肥 $12\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 。在该处理下,半夏平均亩产可达 $350\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 以上。综上,半夏高产的选育方向为块茎直径较大、主叶较短、株高较高和叶柄较粗,贵州喀斯特产区应控制氮肥施用量 $\leq 10\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 。

关键词 半夏; 产量构成; 最佳施肥配方; 喀斯特温凉气候区

中图分类号 S567.239

文章编号 1007-4333(2020)10-0055-10

文献标志码 A

Study on yield components and fertilization of *Pinellia ternate* in Karst cool-temperature region in Guizhou Province

GUO Xinwei, JIANG Yanhua, LI Ailian*

(Institute of Medicinal Plant Development, Chinese Academy of Medical Sciences, Beijing 100193, China)

Abstract The aim of this study was to investigate the yield component and optimum fertilization condition of *Pinellia ternate* planting in Guizhou Province. Peach-leaf type *P. ternate* variety was used as material. The correlation analysis, path analysis of main agronomic traits and ‘3414’ fertilization analysis were conducted. The results showed that: 1) The diameter of tuber, plant height, length of main leaf and the diameter of petiole were most correlated with high yield. The diameter of tuber and length of main leaf contributed most to high yield, then the plant height and the diameter of petiole. 2) Because of the high level of nitrogenous content existed in soil in Karst region of Guizhou Province, the optimum fertilization formula of *P. ternate* was set at $10\text{ kg}/667\text{ m}^2$ phosphate fertilizer and $12\text{ kg}/667\text{ m}^2$ potash fertilizer. 3) Under the optimum fertilization condition, the average yield of ‘Space No. 1’ was over $350\text{ kg}/667\text{ m}^2$. In all, the yield components of *P. ternate* were higher tuber diameter, lower main leaf length, higher plant height and larger petiole diameter size. The suggested application amount of nitrogenous fertilizer for *P. ternate* planting in Karst region of Guizhou Province was suggested within the range of $0 - 10\text{ kg}/667\text{ m}^2$.

Keywords *Pinellia ternata*; yield component; the optimum fertilization condition; Karst cool-temperature region

半夏(*Pinellia ternata*)为天南星科半夏属多年生草本植物,药用部位为其干燥块茎,收载于《中华人民共和国药典》(2015版)(以下简称《药典(2015版)》),主要有效成分为琥珀酸($C_4H_6O_4$)和麻黄碱

等生物碱类,具有镇咳、化痰、镇吐、调节胃肠、平衡心律等功效^[1]。半夏块茎采收后可通过不同炮制方法形成不同疗效,其中法半夏、姜半夏、清半夏3种炮制品收录于《药典(2015版)》,均为中国常用中

收稿日期:2020-02-28

基金项目:科技部科技基础性工作专项(2015FY111500-042),科技部国家重点研发计划中医药现代化研究专项(2017YFC1701400)

第一作者:郭欣慰,助理研究员,主要从事中药材栽培与育种研究,E-mail:gwgbwty@126.com

通讯作者:李艾莲,研究员,主要从事中药材栽培与育种研究,E-mail:ailianli163@163.com

药材^[1]。

半夏野生资源分布广泛,但长期采挖野生种导致病害逐年加重、资源枯竭。因此自20世纪70年代末,中国各地陆续开展半夏人工栽培工作。在栽培管理中,半夏地上部分的生长情况和水肥管理对产量均有重要影响。半夏叶片数量较少,一年生为单叶,二年生以上为三出复叶,植株间株型、叶型的不同会造成较大的光合效率差异、进而影响产量^[2]。此外,半夏属于浅根、喜肥植物,需肥量较高;并具有明显杂草性,当环境不适宜生长时,地上部分会枯黄、倒伏,即为倒苗,环境适宜时又可出苗生长。半夏每年一般有3次出苗和倒苗现象,3次出苗时间大致为3月下旬至4月上旬、6月上、中旬、9月上、中旬;3次倒苗时间大致为3月下旬至6月上旬、8月下旬和11月下旬。日常、特别是几次出苗期间的水肥管理是稳产、增产的关键^[3]。

中国半夏人工栽培主产区为甘肃省、贵州省、湖北省和山西省等地。其中赫章县是贵州省最大的半夏人工栽培产区^[4],因地处喀斯特温凉气候区,生态环境特异,所产半夏粒圆、个大、粉足、色白,是国内外公认的优质半夏产区^[5-6]。虽然半夏肥效研究已覆盖各产区^[7-12],但半夏产量构成的研究主要集中在种茎规格(直径)、播种期和种植密度上^[13-14],对主要农艺性状的系统研究尚少,尚缺乏针对赫章产区半夏高产选育、施肥方案的整体研究与指导,影响了该产区优质半夏的扩大生产。

本研究团队前期在赫章产区建立了以类原球茎诱导、再生为关键技术的半夏工厂化育苗技术体系,大幅提高了半夏无性繁殖系数^[15]。在此基础上,本研究拟在赫章地区通过产量构成分析探究半夏高产选种方向,并以此为参考体系,在“3414”测土配方施肥方案中筛选最有利于半夏产量和品质形成的施肥配方,以期在赫章半夏产区的优质高产和科学施肥、提高效益、降低污染提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验材料由重庆九方源药材发展有限公司提供,经中国医学科学院药用植物研究所李艾莲研究员鉴定为天南星科半夏属半夏(*P. ternate* (Thunb.) Breit.)。供试氮肥为尿素(中国石油宁夏石化公司,总氮 $\geq 46.4\%$),磷肥为粒状过磷酸钙(云南安宁连然磷化工厂,有效磷 $P_2O_5 \geq 16.0\%$),钾肥

(国投新疆罗布泊钾盐有限责任公司, $K_2O \geq 51.0\%$)。琥珀酸、氢氧化钠和盐酸为分析纯(北京化工厂)。盐酸麻黄碱(公司,纯度 $\geq 98\%$)、甲醇(赛默飞公司,纯度 $\geq 99.9\%$)和无水乙醇(赛默飞公司,纯度 $\geq 99.9\%$)为色谱纯, C_{18} 色谱柱(默克公司, $250\text{ mm} \times 4.6\text{ mm}, 5\ \mu\text{m}$)。

试验地位于贵州省大方县羊场镇隆公村($N27.10^\circ, E105.67^\circ$),海拔1400 m,地力均匀,前茬油菜,土质为沙壤土,基础肥力中等偏上,底施:厩肥 $2\ 000\text{ kg}/667\text{ m}^2$,氮肥(纯N) $5\text{ kg}/667\text{ m}^2$,磷肥(P_2O_5) $10\text{ kg}/667\text{ m}^2$,钾肥(K_2O) $12\text{ kg}/667\text{ m}^2$,在做床前均匀施入。在出苗后和第一次倒苗后分别追施尿素,每次用量均为 $5\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 。

用于分析施肥配比的试验田土壤养分情况:pH 6.5,有机质 1.13% 、速效氮 $135\text{ mg}/\text{kg}$ 、速效磷 $13\text{ mg}/\text{kg}$ 、速效钾 $128\text{ mg}/\text{kg}$,全氮 0.15% ,全磷 0.081% ,全钾 1.76% 。

1.2 试验方法

1.2.1 产量构成测定

取直径约1.0 cm、百粒重为63.0 g的半夏块茎,于3月下旬用50%多菌灵800倍液浸泡0.5 h,稍加晾干。双行交叉点播,行距25 cm,株距4 cm,播种后覆土5~8 cm。在幼苗未封行前及时除草、拔除密生苗和病弱苗。随机取样21株进行考种:在半夏第一次出苗期调查株高、主叶长、主叶宽和叶柄粗度;当年第一次倒苗前采收珠芽,测定珠芽着生位置(珠芽着生处与块茎的距离)和珠芽直径;当年8月中旬收获,测定块茎直径、根数、最长根长和单株产量。

1.2.2 施肥配比测定

试材、播种方案和田间管理同1.2.1。试验处理方案包含氮、磷和钾3个因素,4个水平,共14个处理。其中0水平指不施肥,2水平指最佳施肥量的近似值(根据农户施肥现状,确定2水平施肥量为:氮肥 $15\text{ kg}/667\text{ m}^2$,磷肥 $10\text{ kg}/667\text{ m}^2$,钾肥 $12\text{ kg}/667\text{ m}^2$),1水平为2水平的50%,3水平为2水平的150%,具体请见表1。全部的磷肥和钾肥做底肥春播时施入,氮肥作追肥,于第一次珠芽形成期和第二次倒苗后分别追施60%和40%。

试验设4次重复,每个重复包含14个小区,株行距、种植管理同产量构成试验。小区面积 30 m^2 (畦长25 m,畦宽1.2 m,畦高0.3 m),行距25 cm开沟,沟宽0.5 m,离坡地3 m范围内设置保护行。

于第一次出苗期每个小区随机取样 21 株, 调查出苗率及产量构成分析得出的高产相关指标; 当年第一次倒苗后测定倒苗率; 当年 8 月中旬收获后调查块茎数、块茎个数和产量, 并测定琥珀酸和麻黄碱含量。

1.2.3 琥珀酸和麻黄碱的测定

当年 8 月中上旬收获后去皮洗净, 60 °C 烘干后研磨过 80 目筛, 称取 5 g 粉末, 以 0.36 mg/mL 琥珀酸溶液为对照, 采用电位滴定法测定琥珀酸含量, 样品制备和测定方法参照张慧慧等^[16]。同样称取 5 g 过筛粉末, 以 14 μg/mL 盐酸麻黄碱为对照, 采用超相液相色谱法测定麻黄碱含量, 样品制备和测定方法参照许卫峰等^[17]。

1.3 统计分析

采用 SPSS13.0 和 EXCEL 软件对以上数据进行相关性分析和通径分析。

表 1 施肥试验处理

Table 1 Fertilization test treatments

编号 Code	处理 Treatment	肥料用量 Level of fertilization		
		kg/667 m ²		
		N	P	K
1	N ₀ P ₀ K ₀	0	0	0
2	N ₀ P ₂ K ₂	0	10.0	12.0
3	N ₁ P ₂ K ₂	7.5	10.0	12.0
4	N ₂ P ₀ K ₂	15.0	0	12.0
5	N ₂ P ₁ K ₂	15.0	5.0	12.0
6	N ₂ P ₂ K ₂	15.0	10.0	12.0
7	N ₂ P ₃ K ₂	15.0	15.0	12.0
8	N ₂ P ₂ K ₀	15.0	10.0	0
9	N ₂ P ₂ K ₁	15.0	10.0	6.0
10	N ₂ P ₂ K ₃	15.0	10.0	18.0
11	N ₃ P ₂ K ₂	22.5	10.0	12.0
12	N ₁ P ₁ K ₂	7.5	5.0	12.0
13	N ₁ P ₂ K ₁	7.5	10.0	6.0
14	N ₂ P ₁ K ₁	15.0	5.0	6.0

2 结果与分析

2.1 半夏主要农艺性状的相关性分析

在半夏主要农艺性状相关性分析中, 选择了地

上部分株高、珠芽着生位置、珠芽直径、主叶长和主叶宽等 5 个性状, 地下药用部位块茎的直径、根数、最长根长和单株产量(块茎重量)等 4 个性状。分析结果如表 2 所示: 块茎直径是众多关联中的核心因素; 其次为地下部分的根数、地上部分的株高和叶柄粗度等性状(表 2)。块茎直径($r=0.948$)、株高($r=0.810$)和根数($r=0.792$)是与半夏产量显著相关性最高的 3 个性状, 这三者之间的相关性也较高(块茎直径与株高 $r=0.816$ 、块茎直径与根数 $r=0.857$)。块茎直径还与叶柄粗度显著相关; 叶柄粗度与主叶长度达到所有相关性分析的最高值 0.949, 与珠芽着生位置的相关性为 0.834。以上结果表明除了最直接的块茎直径、重量, 半夏高产还与株高和叶柄粗度相关。

2.2 半夏主要农艺性状与单株产量的通径分析

为进一步明确各性状对产量的直接和间接作用, 本研究进行了半夏主要农艺性状与单株产量的通径分析。分析结果如表 3 所示: 与相关性分析相符, 对块茎产量直接作用最显著的因素为块茎直径和主叶长: 正作用最大的因素为块茎直径(1.301), 其中叶柄粗度在所有因素中对块茎直径正向贡献最大(0.139); 负作用最大的为主叶长(-0.628), 主叶长对其他所有性状均为负作用, 其中对叶柄粗度造成的负作用最大(-0.634)。相关性分析中与产量相关的另 2 个主要因素叶柄粗度与株高: 叶柄粗度对产量的正向直接作用为 0.19; 株高为 0.135。株高和叶柄粗度的间接作用构成中, 最大正作用均来自块茎直径(1.044, 1.122), 最大负作用均来自主叶长(-0.493, -0.634)。上述结果进一步细化了半夏块茎高产的筛选标准, 即: 块茎直径较大, 主叶长度较短, 叶柄较粗和株高较高。

2.3 不同施肥处理对半夏主要农艺性状的影响

根据产量构成分析结果, 调查各施肥处理的块茎直径(重量)、主叶长度、株高、出苗率、倒苗率、产量和有效成分含量等指标, 筛选最有利于产量和质量形成的施肥配方。本试验中, 半夏第一次倒苗发生在 6 月下旬。

调查结果如表 4 和表 5 所示: “3414”测土配方施肥处理 2、3、6、11 显示, 氮肥抑制半夏株高、叶面积的生长, 并导致产量和块茎单重的降低, 与之前通径分析的结果吻合; 氮肥对药效成分的积累影响不大。处理 12、13、14 的结果也相似: 在氮磷钾 3 者的比例关系中, 当氮肥较高时, 半夏倒苗

表2 半夏主要农艺性状的相关性分析

Table 2 Correlation analysis of the main agronomic traits of *P. ternate*

农艺性状 Agronomic trait	株高 Plant height	珠芽着 生位置 Birth position of bulbil	主叶长 Length of main leaf	主叶宽 Width of main leaf	叶柄粗度 Diameter of petiole	珠芽直径 Diameter of bulbil	块茎直径 Diameter of tuber	根数 Number of roots	最长根长 Length of the longest root	单株产量 Yield of single plant
株高 Plant height	1									
珠芽着生位置 Birth position of bulbil	0.699 **	1								
主叶长 Length of main leaf	0.738 **	0.785 **	1							
主叶宽 Width of main leaf	0.704 **	0.565 **	0.664 **	1						
叶柄粗度 Diameter of petiole	0.788 **	0.834 **	0.949 **	0.721 **	1					
珠芽直径 Diameter of bulbil	0.634 **	0.326	0.574 **	0.498 *	0.524 *	1				
块茎直径 Diameter of tuber	0.816 **	0.767 **	0.851 **	0.785 **	0.877 **	0.643 **	1			
根数 Number of roots	0.719 **	0.797 **	0.743 **	0.717 **	0.802 **	0.437 *	0.857 **	1		
最长根长 Length of the longest root	0.341 **	0.591 **	0.287	0.329	0.395	0.074	0.434 *	0.538 *	1	
单株产量 Yield of single plant	0.810 **	0.626 **	0.689 **	0.788 **	0.750 **	0.690 **	0.948 **	0.792 **	0.367	1

注: * 在 0.05 水平相关, ** 在 0.01 水平相关。

Note: * indicates significantly difference at 0.05 level. ** indicates significantly difference at 0.01 level.

表 3 半夏主要农艺性状与单株产量间的通径分析
Table 3 Path analysis between the main agronomic traits and yield of *P. ternate*

农艺性状 Agronomic trait	相关系数 Co-efficient of correlation	直接作用 Direct effect	间接作用 Indirect effect								
			Σ	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
X_1	0.810	0.135	0.675	0.002	-0.493	0.009	0.125	0.035	1.044	-0.016	-0.031
X_2	0.626	0.009	0.617	0.075	-0.524	0.007	0.132	0.018	0.981	-0.018	-0.054
X_3	0.689	-0.628 **	1.317	0.079	0.003	0.008	0.150	0.031	1.089	-0.017	-0.026
X_4	0.788	0.055	0.733	0.076	-0.444	0.114	0.027	1.004	-0.016	-0.030	
X_5	0.750	0.19	0.56	0.085	-0.634	0.009	0.029	1.122	-0.018	-0.036	
X_6	0.690	0.109	0.581	0.068	-0.383	0.006	0.083	0.823	-0.010	-0.007	
X_7	0.948	1.301 **	-0.353	0.088	-0.569	0.010	0.139	0.035	-0.019	-0.040	
X_8	0.792	-0.002	0.790	0.077	-0.497	0.009	0.127	0.024	1.096	-0.049	
X_9	0.367	-0.095	0.462	0.037	-0.192	0.004	0.063	0.004	0.556	-0.012	

注： X_1 ，株高； X_2 ，珠芽着生位置； X_3 ，主叶长； X_4 ，主叶宽； X_5 ，叶柄粗度； X_6 ，珠芽直径； X_7 ，块茎直径； X_8 ，根数； X_9 ，最长根长。下同。 $\Sigma = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9)$ 。决定系数 $R^2 = 0.990$ ，剩余通径系数 $P_X = 0.10$ ；** 在 0.01 水平相关

Note: X_1 , plant height; X_2 , birth position of bulbil; X_3 , length of main leaf; X_4 , width of main leaf; X_5 , diameter of petiole; X_6 , diameter of tuber; X_7 , diameter of tuber; X_8 , number of roots; X_9 , length of the longest root. The same below. $\Sigma = (X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9)$. Coefficient of determination (R^2) is 0.990. Residual path coefficient (P_X) is 0.10. ** indicates significantly difference at 0.01 level.

表4 不同施肥处理对半夏出苗状况的影响
Table 4 Effects of fertilizer on growth of *P. ternate* during first emergence

处理 Treatment	出苗率/% Rate of emergence	倒苗率/% Rate of seedling-layin	株高/cm Plant height	主叶长/cm Length of leaf	叶宽/cm Width of leaf	叶面积/cm ² Leaf area
1	103.50±1.50 a	3.73±0.40 abc	8.38±0.35 ab	4.78±0.21 ab	2.83±0.11 a	14.13±1.05 a
2	99.50±3.50 a	1.97±0.30 c	8.45±0.22 a	4.82±0.13 ab	2.88±0.10 a	14.07±0.69 ab
3	70.00±3.00 ef	4.46±0.51 abc	7.75±0.29 abcd	4.42±0.17 b	2.63±0.11 ab	11.78±0.80 abcd
4	68.50±2.50 ef	7.27±0.04 ab	7.22±0.27 cdef	4.43±0.20 b	2.48±0.07 bc	10.88±0.54 cd
5	60.00±2.00 f	7.94±0.18 a	6.98±0.29 def	4.04±0.14 b	2.34±0.10 cd	9.69±0.66 d
6	81.50±2.50 cd	2.98±0.57 c	7.64±0.33 bcde	4.28±0.20 b	2.52±0.10 bc	11.32±0.90 bcd
7	76.00±3.00 de	3.53±0.07 bc	7.46±0.17 cdef	4.28±0.11 b	2.39±0.07 bcd	10.26±0.38 d
8	96.50±2.50 ab	1.92±0.04 c	7.37±0.24 cdef	4.34±0.15 b	2.43±0.08 bcd	10.71±0.60 cd
9	77.50±2.50 cde	5.39±0.13 abc	6.88±0.22 ef	3.96±0.14 b	2.22±0.09 d	9.01±0.62 d
10	74.50±1.50 de	5.11±0.18 abc	7.52±0.31 bcdef	5.53±0.31 a	2.39±0.11 bcd	13.79±0.34 abc
11	93.00±2.50 ab	2.36±0.08 c	7.58±0.29 bcde	4.39±0.17 b	2.43±0.10 bcd	10.97±0.76 bcd
12	95.50±4.50 ab	5.50±0.12 abc	7.54±0.30 bcdef	4.36±0.19 ab	2.38±0.09 bcd	10.75±0.78 cd
13	88.00±4.00 bc	3.34±0.07 bc	7.93±0.33 abc	4.82±0.22 b	2.38±0.09 bcd	11.47±0.67 abcd
14	97.50±3.50 ab	5.52±0.26 abc	6.77±0.25 f	3.90±0.15 b	2.37±0.08 bcd	9.44±0.56 d

注:同一列中不同字母表示在0.05水平差异显著(HSD检验)。

Note: Different letters within same column indicate significantly differences at 0.05 level (HSD test).

率较高,产量和有效成分含量均较低,仅出苗率和块茎单重较高。上述结果表明氮肥对半夏地上和地下部分的生长抑制作用较大,且该抑制作用无法被磷、钾肥平衡,因此也导致对照(处理 1)因去除了氮肥的影响而各项指标显著优于大部分处理组合。

处理 6、9、8、10 和处理 4、5、6、7 显示,在 15 kg/667 m² 的氮肥水平下,磷肥和钾肥的增加依然表现为抑制产量和块茎单重的积累,当氮肥水平降至 7.5 kg/667 m² 的水平时,磷肥表现出降低半夏倒

苗率和促产的优势;钾肥则在促产上表现得更为显著。上述 2 组处理还显示,当氮肥和磷肥水平相同时,钾肥水平的提高可促进琥珀酸的积累;当氮肥和钾肥水平相同时,磷肥水平的提高对琥珀酸积累也有促进作用。不同处理下麻黄碱含量变化的规律性不明显,但整体而言,12 kg/667 m² 的钾肥水平最有利于琥珀酸和麻黄碱的积累(各处理的含量由高到低依次为处理 6、12、7、2)。综合各处理的各指标表现,筛选出处理 N₀P₂K₂ 为最有利于半夏产量和品质形成的施肥配方。

表 5 不同施肥处理对半夏产量和有效成分的影响

Table 5 Effects of fertilizer on yield and effective components of *Pinellia ternate*

处理 Treatment	产量/ (kg/m ²) Yield	块茎数/(个/m ²) Tuber number per square meter	块茎单重/g Weight per square meter	琥珀酸含量/% Total acid content	麻黄碱含量/% Ephedrine content
1	0.51±0.025 a	673.00±32.70 a	0.76	0.36±0.015 bcd	0.021±0.00032 a
2	0.53±0.012 a	620.00±14.36 ab	0.85	0.37±0.013 bc	0.020±0.00013 abc
3	0.35±0.025 bc	508.00±28.37 cd	0.69	0.31±0.017 e	0.018±0.00059 cde
4	0.41±0.020 b	399.67±13.21 efg	1.03	0.34±0.011 cde	0.018±0.00059 cde
5	0.34±0.012 bcd	426.67±19.90 def	0.80	0.32±0.012 de	0.016±0.00080 f
6	0.26±0.012 def	390.67±12.10 efg	0.67	0.40±0.017 ab	0.020±0.00046 abc
7	0.25±0.019 ef	435.67±19.943 def	0.57	0.40±0.017 ab	0.019±0.00028 bcd
8	0.33±0.010 bcd	382.00±17.24 fg	0.86	0.29±0.018 e	0.018±0.00043 cde
9	0.34±0.013 bcd	456.33±10.67 def	0.75	0.34±0.010 cde	0.019±0.00059 bcd
10	0.25±0.012 ef	377.33±8.29 fg	0.66	0.43±0.010 a	0.018±0.00039 cde
11	0.23±0.016 f	375.67±10.92 fg	0.61	0.34±0.017 cde	0.018±0.00045 cde
12	0.37±0.014 bc	571.00±16.00 bc	0.65	0.40±0.012 ab	0.020±0.00076 abc
13	0.32±0.017 cde	475.33±15.48 de	0.67	0.32±0.017 de	0.021±0.00078 a
14	0.33±0.014 cde	323.00±15.17 g	1.02	0.29±0.014 e	0.016±0.00051 f

注:同一列中不同字母表示在 0.05 水平差异显著(HSD 检验)。

Note: Different letters within same column indicate significantly differences at 0.05 level (HSD test).

3 讨论

3.1 半夏产量构成分析

裴国平等对甘肃产区半夏产量构成研究显示,当通过调整播种密度使半夏达到高产区间时,≥1.5 cm 的中大或特大块茎占比最高^[14]。本研究对贵州产区半夏产量构成分析进一步表明,对于优质产区,因块茎质地坚实,半夏块茎直径对产量的正贡献值最

高,块茎直径大即可表示块茎单产高。因此对于各半夏种植基地,中大块茎的产出比例与整体高产密切相关。根据上述结论,本研究在后续肥效试验中即选择了更便捷的块茎测重来表示各处理间块茎直径的相对关系。

温海霞等^[2]对不同叶型半夏的叶面积和块茎鲜重的研究显示,桃叶型和竹叶型半夏的块茎鲜产显著高于柳叶型和芍药叶型,尽管后两者的叶面积更

大,表明桃叶型和竹叶型的光合能力更强。本研究所用试材为桃叶半夏,通径分析进一步显示:受主叶长度负作用最显著的性状为叶柄粗度;叶柄粗度与主叶长度又共同对株高产生影响。综上,对于桃叶半夏,叶型上主叶长度较短、叶柄较粗及株高较高均与高产显著相关,可作为实际生产中育苗初期快速筛选优良单株的表型依据。

关于珠芽对半夏产量构成的影响目前各研究观点不一。珠芽着生于半夏叶柄内侧,倒苗后珠芽落地可形成新的块茎并再生成苗,是半夏无性繁殖的重要方式之一。裴国平等^[14]认为,半夏各性状指标中以珠芽总重对产量影响最大,珠芽总重比率是提高栽培产量的关键;潘世民等^[13]则提出相比母茎分生繁殖和珠芽繁殖,块茎产量是构成半夏产量的首要因素。本研究显示,贵州产区半夏珠芽直径和着生位置等性状指标对产量的直接贡献值均较低,珠芽对产量的影响可能与不同产区或种质有关。

3.2 贵州省喀斯特温凉气候区半夏施肥策略

半夏肥效与产量的相关研究中,以最佳磷肥的施用量最为统一,各产区的结果均在 $10\sim 15\text{ kg}/667\text{ m}^2$ ^[7-12];但各产区氮肥和钾肥的最佳施用量差异较大,其中关于氮肥的讨论最多:一部分研究支持重施氮肥有利于半夏生长^[7,10];另一部分研究则认为高浓度氮肥会导致半夏减产,应控制氮肥施用量在较低水平^[18-19]。本研究“3414”测土配方施肥试验显示,氮肥对产量和倒苗率等指标具有极显著负影响,与后者观点一致。

土壤性状特征对半夏生长发育有着重要作用^[20]。为探明上述问题,本研究对半夏肥效相关文献列出的试验地土壤情况做了整理和对比,结果显示:1)各产区土壤的速效磷含量为 $7.0\sim 40.9\text{ mg}/\text{kg}$,但全磷含量均为 0.1% 左右^[5,7-12],与最佳磷肥施用量接近的结果吻合;2)贵州产区和其他产区在土壤氮含量上具有显著差异。贵州产区土壤的速效氮含量为 $128.0\sim 154.2\text{ mg}/\text{kg}$,全氮含量为 $0.11\%\sim 0.19\%$ ^[5,12,18,20-21],建议氮肥施用量 $\leq 10\text{ kg}/667\text{ m}^2$;其他产区除四川省外,土壤的速效氮含量均 $< 100\text{ mg}/\text{kg}$,全氮含量均 $< 0.1\%$ ^[7-10],显著低于贵州产区,建议氮肥施用量在 $20\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 左右。而支持半夏重施氮肥的研究均为贵州省外产区,建议控制氮肥用量的研究则主要为贵州省内产区,与土壤测定结果吻合;3)各产区土壤钾含量差异也较大,但高钾含量不具有显著地域性,例如甘肃和贵州产区

的土壤全钾含量均 $> 1.6\%$ ^[7,12],低钾含量($< 0.5\%$)则主要集中在云南产区^[10-11]。上述分析进一步表明,半夏不同产区土壤氮、磷、钾含量差异较大,半夏作为浅根、喜肥植物,对肥料配比和施用量十分敏感,制定施肥方案时应着重考虑当地土壤情况。

贵州省赫章县拥有20多年半夏人工栽培历史,其土壤的高氮水平可能与喀斯特温凉气候区的特殊生态环境或长期人工种植半夏有关^[18]。本研究根据半夏产量构成分析得出的高产相关指标、结合出苗率、倒苗率和有效成分等指标,从14个施肥方案中筛选出最佳施肥处理($\text{N}_0\text{P}_2\text{K}_2$),氮肥不施加,磷肥水平($10\text{ kg}/667\text{ m}^2$)和钾肥水平($12\text{ kg}/667\text{ m}^2$)与已报道的最有利于半夏生物碱积累的施肥用量相近^[9-10],不同施肥处理对半夏琥珀酸含量影响的研究目前尚少。结合本研究及已有研究,建议贵州省喀斯特温凉气候区的半夏产区严格控制氮肥。

综上所述,研究表明,贵州省喀斯特产区半夏产量构成主要由块茎直径、主叶长度、株高和叶柄粗度组成;同时该产区的配方施肥应着重考虑当地土壤氮磷钾含量、严格控制氮肥水平在 $0\sim 10\text{ kg}/667\text{ m}^2$ 、磷、钾肥水平适中以确保优质高产。

参考文献 References

- [1] 国家药典委员会. 中华人民共和国药典(一部)[M]. 北京:中国医药科技出版社, 2015
Chinese Pharmacopoeia Commission. *Pharmacopoeia of the People's Republic of China* (Volume I)[M]. Beijing: China Medical Sciences Press, 2015 (in Chinese)
- [2] 温海霞,蔡家利,张明,明兴加,唐德雨. 4种叶型半夏主要农艺性状的比较研究[J]. 安徽农业科学, 2009, 37(2): 634-651
Wen H X, Cai J L, Zhang M, Ming X J, Tang S Y. Evaluation of main agronomic traits in four different leaf types *Pinellia ternate*[J]. *Journal of Anhui Agricultural Sciences*, 2009, 37(2): 634-651 (in Chinese)
- [3] 江年琼. 药用动植物种养加工技术[M]. 北京:中国中医药出版社, 2001
Jiang N Q. *Medicinal Plant Cultivation*[M]. Beijing: China Press of Traditional Chinese Medicine, 2001 (in Chinese)
- [4] 陈铁柱,薛朝金,许文艺,张美,周先健,海市,舒光明. 赫章半夏土壤环境质量分析与评价[J]. 时珍国医国药, 2010, 21(3): 713-714

- Chen T Z, Xue C J, Xu W Y, Zhang M, Hai S, Shu G M. Analysis and evaluation of soil environment quality of *Pinellia ternate* (Thunb) in Hezhang [J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2010, 21(3): 713-714 (in Chinese)
- [5] 赵明勇, 阮培均, 梅艳, 王孝华, 王海玲, 张俊. 喀斯特温凉气候区半夏高产栽培技术优化研究[J]. 作物杂志, 2012, 3: 93-98
- Zhao M Y, Ruan M J, Mei Y, Wang X H, Wang H L, Zhang J. Study on high-yield cultivation measures of *Pinellia ternate* in Karst cool-temperature region [J]. *Crops*, 2012, 3: 93-98 (in Chinese)
- [6] 孙长青, 赵泽英, 李莉婕, 童倩倩, 彭志良, 李裕荣, 李玲. 基于 GIS 的赫章县半夏生态适宜性的评价[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(7): 87-91
- Sun C Q, Zhao Z Y, Li L J, Tong Q Q, Peng Z L, Li Y R, Li L. Ecological suitability evaluation of *Pinellia ternate* in Hezhang County based on GIS [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2012, 40(7): 87-91 (in Chinese)
- [7] 裴国平, 裴建文. 施肥对半夏药材质量等级和出干率的影响 [J]. 中国药事, 2017, 31(8): 910-916
- Pei G P, Pei J W. Effect of fertilization on quality grade and dry-slice-yielding rate of *Pinellia ternate* [J]. *Chinese Pharmaceutical Affairs*, 2017, 31(8): 910-916 (in Chinese)
- [8] 肖平阔, 王沐, 张振媛, 宋深伟, 谢原利. 半夏干物质积累与氮、磷、钾吸收特点的研究[J]. 植物营养与肥料学报, 2009, 15(2): 453-456
- Xiao P K, Wang M, Zhang Z Y, Song S W, Xie Y L. Dry matter accumulation of *Pinellia ternate* and its characteristics of nitrogen, phosphorus and potassium absorption [J]. *Plant Nutrition and Fertilizer Science*, 2009, 15(2): 453-456 (in Chinese)
- [9] 申浩, 吴卫, 侯凯, 潘红梅, 李敏, 官玲亮. 不同施肥水平对川半夏产量和有效成分的影响研究[J]. 中国中药杂志, 2011, 36(8): 963-967
- Shen H, Wu W, Hou K, Pan H M, Li M, Guan L L. Effect of different fertilizing levels on yields and efficiency components of *Pinellia ternate* from Sichuan [J]. *Chinese Journal of Chinese Materia Medica*, 2011, 36(8): 963-967 (in Chinese)
- [10] 陈中坚, 孙玉琴, 赵雄廷, 王炳艳, 黄天卫, 段承俐. 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
- Shen H, Wu W, Hou K, Pan H M, Li M, Guan L L. Effects of fertilizing levels on output and quality of *Pinellia ternate* [J]. *Chinese Journal of Chinese Medicinal Materials*, 2006, 29(8): 757-759 (in Chinese)
- [11] 马超男, 蔡传涛, 刘贵周, 金漫. 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
- Ma C N, Cai C T, Liu G Z, Jin M. Effects of organic fertilizer application on growth and yield of *Pinellia ternate* [J]. *Acta Agriculturae Boreali-Occidentalis Sinica*, 2016, 25(9): 1399-1405 (in Chinese)
- [12] 阮培均, 董恩省, 梅艳, 赵明勇, 李锦康, 王孝华, 陈世雄, 王海玲, 张俊. 栽培措施对半夏产量及质量的影响[J]. 贵州农业科学, 2012, 40(10): 54-57
- Ruan M J, Dong E S, Mei Y, Zhao M Y, Li J K, Wang X H, Chen S X, Wang H L, Zhang J. Effect of Cultivation measures on yield and quality of *Pinellia* [J]. *Guizhou Agricultural Sciences*, 2012, 40(10): 54-57 (in Chinese)
- [13] 潘世民, 刘伯坤, 李润霞. 半夏地下茎生长动态及产量构成因素[J]. 中国中药杂志, 1996, 21(10): 594-596
- Pan S M, Liu B K, Li R X. Study on yield components and under-ground stem growth of *Pinellia ternate* [J]. *Chinese Journal of Chinese Materia Medica*, 1996, 21(10): 594-596 (in Chinese)
- [14] 裴国平, 裴建文, 赵彦仓, 李嘉奇, 麻玉梅. 北方半夏播种密度对产量及其构成因素的影响[J]. 中国农机化学报, 2016, 37(8): 252-255
- Pei G P, Pei J W, Zhao Y C, Li J Q, Ma Y M. Effects of different planting densities on yield and components in *Pinellia ternate* [J]. *Journal of Chinese Agricultural Mechanization*, 2016, 37(8): 252-255 (in Chinese)
- [15] 江艳华, 李艾莲, 陈彩霞, 崔思然, 赵锋. 半夏类原球茎的诱导及其植株再生研究[J]. 中国农学通报, 2013, 29(19): 153-158
- Jiang Y H, Li A L, Chen C X, Cui S R, Zhao F. Introduction of protocorm-like bodies and plant regeneration of *Pinellia ternate* (Thunb) Breit [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2013, 29(19): 153-158 (in Chinese)
- [16] 张慧慧, 黄永亮, 吴纯洁, 刘文刚. 电位滴定法测定半夏硫熏前后琥珀酸的含量变化[J]. 临床合理用药杂志, 2015(5): 95-96
- Zhang H H, Huang Y L, Wu C J, Liu W G. Determination of the content of succinic acid in *Pinellia ternate* before and after sulfur fumigation by potentiometric titration [J]. *Chinese Journal of Clinical Rational Drug Use*, 2015(5): 95-96 (in Chinese)

- Chinese)
- [17] 许卫锋, 张保国, 李勉, 刘广河. 高效液相色谱法测定半夏、水半夏及其炮制品中麻黄碱的含量[J]. 时珍国医国药, 2007(4): 884-885
- Xu W J, Zhang B G, Li M, Liu G H. Determination of ephedrine in rhizoma *Pinellia*, rhizoma *Typhonii flagelliformis* and their processed products by HPLC[J]. *Lishizhen Medicine and Materia Medica Research*, 2007(4): 884-885 (in Chinese)
- [18] 赵明勇, 梅艳, 阮培均, 王孝华, 王海玲, 邵继庆, 杨远平, 张俊. 喀斯特温凉气候区半夏播种期研究[J]. 湖南农业科学, 2010(23): 51-53
- Zhao M Y, Mei Y, Ruan M J, Wang X H, Wang H L, Shao J Q, Yang Y P, Zhang J. Study on the sowing period of *Pinellia ternate* in Karst cool-temperature region[J]. *Henan Agricultural Sciences*, 2010(23): 51-53 (in Chinese)
- [19] 崔晓星, 魏英勤, 刘鑫欣, 刘金欣, 孟繁蕴. ‘3414’设计研究氮磷钾施肥量对半夏产量及品质的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(15): 257-261
- Cui X X, Wei Y Q, Liu X X, Lui J X, Meng F Y. Influence on yield and quality of *Pinellia ternate* by different NPK fertilizers rate with the method of ‘3414’ fertilizer design[J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2010, 26(15): 257-261 (in Chinese)
- [20] 王颖, 林昌虎, 何腾兵, 张珍明. 贵州半夏产地土壤性状特征研究[J]. 贵州科学, 2013, 31(3): 61-63
- Wang Y, Lin C H, He T B, Zhang Z M. Study on soil characteristics of Guizhou *Pinellia ternate* origin[J]. *Guizhou Science*, 2013, 31(3): 61-63 (in Chinese)
- [21] 黄梅, 周运超, 白云星. 喀斯特系统土壤厚度下土壤 DOC 淋失对氮沉降的响应[J]. 森林工程, 2019, 35(5): 153-158
- Huang M, Zhou Y C, Bai Y X. Response of soil DOC leaching to nitrogen deposition under soil thickness in Karst system[J]. *Forest Engineering*, 2019, 35(5): 153-158 (in Chinese)

责任编辑: 杨爱东