

N、P 和 K 肥配施对川白芷产量及欧前胡素和异欧前胡素量的影响

陈郡雯, 吴卫*, 侯凯, 何昇林, 谭红阳

四川农业大学 农学院, 四川 雅安 625014

摘要: 目的 研究 N、P 和 K 肥的施用量及配比对川白芷产量和欧前胡素和异欧前胡素量的影响。方法 采用 $L_9(3^4)$ 正交组合设计田间试验, 测定川白芷产量, HPLC 法测定根部欧前胡素和异欧前胡素量。结果 不同 N、P 和 K 肥施用量及配比会显著影响川白芷的产量以及品质。N、P、K 肥配施对川白芷的产量均表现为正效应, 但对川白芷欧前胡素与异欧前胡素量的影响差异较大。在低 K 水平下 (K_2O 120 kg/hm²), 适当增加 N、P 肥用量可增大欧前胡素的量; 在高 K 水平下 (K_2O 240 kg/hm²), 适中的 N、P 肥配比有利异欧前胡素的形成; 在高 N 水平下 (195 kg/hm²), 无论 P、K 肥用量及配比多少欧前胡素、异欧前胡素量均小于空白(ck)。正交方差分析结果还表明, N、P 和 K 肥对产量影响均达极显著水平, 影响顺序为 P 肥>N 肥>K 肥; N、P 和 K 肥对欧前胡素量的影响均达到了极显著水平 ($P<0.01$), 其中 P、K 肥影响比 N 肥大; 但仅 N 肥对异欧前胡素量影响到达显著水 ($P<0.05$)。所有处理中, N 施用量为 150 kg/hm², P_2O_5 为 225 kg/hm², K_2O 为 120 kg/hm², N- P_2O_5 - K_2O 的配比为 1.3:1.9:1 的产量和欧前胡素量最高, 与 ck 之间的差异均达到了显著水平, 同时异欧前胡素量也较高。结论 在本实验条件下, 得到较适宜配施方案, 从而使川白芷产量及欧前胡素和异欧前胡素量均提高。

关键词: 川白芷; N、P、K 肥配施; 欧前胡素; 异欧前胡素; 产量

中图分类号: R282.7 文献标志码: A 文章编号: 0253-2670(2011)01-0153-05

Effects of fertilization ratios of N, P, and K on yield and active ingredients of *Angelica dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province

CHEN Jun-wen, WU Wei, HOU Kai, HE Sheng-lin, TAN Hong-yang

College of Agronomy, Sichuan Agricultural University, Ya'an 625014, China

Abstract: **Objective** To study the effects of the applied amounts and their ratios of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K) on the yield and active ingredients of *Angelica dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province. **Methods** The field tests on N, P, and K ratios of *A. dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province were carried out by using orthogonal combination design, the yield was weighted, and the imperatorin and isoimperatorin contents in its roots were determined by HPLC method. **Results** The yield and the quality of *A. dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province were extremely affected by different N, P, and K ratios. The yield was increased with N, P, and K, but for imperatorin and isoimperatorin content, the influence of different N, P, and K ratios is very different. The imperatorin content was increased with the moderate increase of N and P under the lower level of K (K_2O 120 kg/hm²). The isoimperatorin content was increased with the moderate supplies of N and P ratios under the high level of K (K_2O 240 kg/hm²). Whatever the ratios of P and K, the imperatorin content and isoimperatorin content are lower than that in the control treatment under the high level of N (195 kg/hm²). The orthogonal analysis of variance results also showed that the effects of N, P, and K on the yield reached extremely significant. The sequence of them was $P > N > K$. The influence of N, P, and K on imperatorin all reached extremely significantly different level ($P < 0.01$). Among them, the effect of P and K was higher than that of N. But only N had significant influence on the contents of isoimperatorin ($P < 0.05$). The adapted combined application program was N 150 kg/hm², P_2O_5 225 kg/hm², and K_2O 120 kg/hm², namely the ratio of N- P_2O_5 - K_2O was 1.3:1.9:1, by which the highest yield and imperatorin content were obtained. There were significant difference compared with the control and its isoimperatorin content was the highest as well. **Conclusion** The above ratios of N, P, and K could improve the yield and quality of *A. dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province as well as the content of imperatorin and isoimperatorin.

Key words: *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook f. var. *formosana* (Boiss.) Sham et Yuan from Sichuan Province; application ratios of nitrogen (N), phosphorus (P), and potassium (K); imperatorin; isoimperatorin; yield

收稿日期: 2010-04-25

基金项目: 四川省育种攻关项目 (2006yzgg12-7)

作者简介: 陈郡雯, 硕士研究生, 研究方向为药用植物学。

*通讯作者 吴卫 Tel: (0835)2882108 E-mail: ewuwei@sicau.edu.cn

白芷为伞形科植物白芷 *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. 或杭白芷 *A.dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan 的干燥根, 始载于《神农本草经》, 列为中品^[1]。白芷为常用大宗药材, 历代名方如九味羌活汤、藿香正气散等皆有其入药。白芷的成分极为复杂, 主要含有香豆素类和挥发油类成分^[2-3]。

白芷吸肥力强, 是喜肥作物。此前的研究主要集中在施肥对川白芷早期抽薹和产量的影响^[4-6], N、P 和 K 肥配施对川白芷产量影响的研究较少。本实验通过运用 $L_9(3^4)$ 正交组合设计, 采用 HPLC 法测定川白芷根内欧前胡素和异欧前胡素的量, 综合分析 N、P 和 K 肥配施对川白芷产量和品质的影响, 以期筛选适宜的 N、P 和 K 肥施用量及配比, 提出比较合理的施肥方案。

1 材料与方法

1.1 供试材料

供试材料经四川农业大学吴卫教授鉴定为川白芷 *Angelica dahurica* (Fisch. ex Hoffm.) Benth. et Hook. f. var. *formosana* (Boiss.) Shan et Yuan。

1.2 试验设计

田间试验于 2008—2009 年进行, 种植于道地产区四川省遂宁市永兴镇中脊村。试验地基础养分为: 有机质 5.16 g/kg、全氮 0.65 g/kg、碱解氮 43.01 mg/kg、全磷 0.80 g/kg、速效磷 13.46 mg/kg、全钾 44.41 g/kg、速效钾 47.06 mg/kg。试验采用 $L_9(3^4)$ 正交组合设计, N、P 和 K 肥分别设置 3 个水平, 各水平参数根据课题组的前期研究设定(表 1)。共 9 个处理, 3 次重复, 小区面积 8 m²。2008 年 11 月 25 日采用条播方式播种。供试肥料为尿素、过磷酸钙、硫酸钾。尿素分 3 次施用, 即苗肥(12 月)、冬肥(2 月)、春肥(3 月), 施用比例为 2:5:3; 过磷酸钙与硫酸钾分两次施用, 即底肥、春肥(3 月), 使用比例为 5:5^[4-7]。2009 年 7 月 17 日采挖, 洗净后分为地上和地下两部分, 在 105 ℃ 下杀青 15 min 后于 45 ℃ 烘干至质量无变化, 粉碎过 60 目筛, 测定欧前胡素及异欧前胡素的量。

1.3 川白芷产量和川白芷根部欧前胡素和异欧前胡素的测定

收获时测定小区产量, 折合成每公顷产量。参照《中国药典》2010 版的方法测定白芷欧前胡素和异欧前胡素的量。

表 1 试验因素与水平

Table 1 Factors and levels

水平	因素		
	N/(kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ /(kg·hm ⁻²)	K ₂ O/(kg·hm ⁻²)
1	105	90	120
2	150	135	180
3	195	225	240

1.4 色谱条件

Agilent 1100 高效液相色谱仪(美国惠普公司); 紫外检测器; 欧前胡素(批号 110826-200712)和异欧前胡素(批号 110827-200407)对照品均购自中国药品生物制品检定所, 甲醇(德国 Fisher), 其他试剂为分析纯, 水为纯净水。色谱柱为 C₁₈ 柱(250 mm×4.6 mm, 5 μm); 检测波长: 254 nm; 流动相: 甲醇-水(70:30); 体积流量: 0.8 mL/min; 柱温: 30 ℃。理论塔板数按欧前胡素计算不低于 5 000, 按异欧前胡素计算不低于 3 000。

1.5 样品测定

精密称取白芷样品粉末(过 60 目)1 g, 置 50 mL 容量瓶中, 加甲醇 45 mL, 超声处理(功率 300 W, 频率 50 kHz)1 h, 取出, 放冷, 用甲醇定容至刻度, 摇匀, 滤过, 取续滤液, 经 0.45 μm 微孔滤膜滤过, 即得供试品溶液。取供试品溶液 10 μL, 进样, 测定峰面积, 以峰面积和标准曲线计算白芷中欧前胡素和异欧前胡素的量。

1.6 数据处理

采用 DPS v6.55 版软件进行统计分析。正交方差分析法对试验模型进行方差分析, LSD 法进行数据差异显著性多重比较。

2 结果与分析

2.1 N、P 和 K 肥配施对川白芷产量的影响

N、P 和 K 肥配施对川白芷产量的影响结果见表 2。从表中可以看出, 所有施肥处理的产量均大于空白(ck), 尽管 N、P、K 肥配施对产量表现为正效应, 但是除处理 3、6 与 ck 之间的差异达显著水平外, 其余处理与 ck 间的差异不显著。9 个不同 N、P、K 肥施用量及配比处理间只有处理 6 与 1、2、4、5、7、8、9, 处理 3 与 7、8 的差异达显著水平, 其余处理间的差别不显著。通过正交方差分析发现(表 3), N、P 和 K 肥对产量的影响均达极显著水平, 其中 P 肥对产量影响最大, 其次为 N 肥, K 肥影响最小。川白芷产量与 P 肥施用量呈正效应, 产量随 P 肥施用量增加而增大, 设置的 3 个施肥水平中,

表 2 N、P 和 K 肥配施对川白芷产量、欧前胡素及异欧前胡素量的影响 (LSD 法)

Table 2 Effect of N, P, and K ratios on yield of *A. dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province and content of imperatorin and isoimperatorin(LSD method)

处理	N/(kg·hm ⁻²)	P ₂ O ₅ /(kg·hm ⁻²)	K ₂ O/(kg·hm ⁻²)	产量/(kg·hm ⁻²)	欧前胡素量/(mg·g ⁻¹)	异欧前胡素量/(mg·g ⁻¹)
1	105	90	120	28 138.5 bc	1.900 b	0.739 abc
2	105	135	180	28 660.0 bc	1.445 de	0.520 de
3	105	225	240	30 015.0 ab	1.430 de	0.834 ab
4	150	90	180	27 826.5 bcd	1.647 cd	0.660 cd
5	150	135	240	29 181.0 bc	1.215 e	0.874 a
6	150	225	120	32 203.5 a	2.260 a	0.743 abc
7	195	90	240	25 638.0 d	1.370 e	0.470 e
8	195	135	120	27 201.0 cd	1.411 de	0.663 cd
9	195	225	180	28 765.0 bc	1.467 de	0.618 cde
ck	0	0	0	26 889.0 cd	1.739 bc	0.713 bc

表中不同字母表示显著水平 $\alpha = 0.05$ Lower case letters show significant levels, $\alpha = 0.05$

表 3 N、P、K 肥配施对川白芷产量和欧前胡素及异欧前胡素量影响的正交方差分析表

Table 3 Analysis of variance for effect of N, P, and K ratios on yield of *A. dahurica* var. *formosana* from Sichuan Province as well as content of imperatorin and isoimperatorin

测定指标	变异来源	平方和	自由度	均方	F 值	P 值
产量	N	30 251 115.166 7	2	15 125 557.583 3	7.154 0	0.005 2
	P	45 040 641.166 7	2	22 520 320.583 3	10.651 5	0.000 9
	K	16 314 657.166 7	2	8 157 328.583 3	3.858 2	0.040 3
	误差	38 056 989.000 0	18	2 114 277.166 7		
欧前胡素量	N	0.387 6	2	0.193 8	10.422 4	0.001 0
	P	0.651 3	2	0.325 7	17.511 9	0.000 1
	K	1.366 1	2	0.683 0	36.728 8	0.000 1
	误差	0.334 7	18	0.018 6		
异欧前胡素量	N	0.141 8	2	0.070 9	7.310 6	0.004 7
	P	0.053 3	2	0.026 7	2.749 8	0.090 8
	K	0.061 6	2	0.030 8	3.174 9	0.065 9
	误差	0.174 6	18	0.009 7		

低 P 与高 P 之间差异达到极显著。N 肥施用量对川白芷产量影响的顺序为中 N (150 kg/hm²) > 低 N (105 kg/hm²) > 高 N (195 kg/hm²)，可以看出，在中 N 水平下川白芷产量最大，说明适宜的 N 肥施用量有利于产量的提高；而高 N 水平下的产量反而小于低 N 水平，说明 N 肥用量较大会对产量造成负效应，究其原因可能与白芷抽薹造成的减产有关^[5-6]。K 肥对产量的影响不显著，并且肥料用量与产量之间的规律不明显。

2.2 N、P 和 K 肥配施对川白芷欧前胡素量的影响

不同 N、P 和 K 肥施用量及配比对欧前胡素量的影响不一致。从表 2 可以看出，收获时欧前胡素量的大小顺序为处理 6 > 1 > ck > 4 > 9 > 2 > 3 > 8 >

7 > 5，ck 处理的欧前胡素量居中，其中处理 1、6 表现为正效应，其余处理表现为负效应。处理 6 (中 N、高 P、低 K) 的欧前胡素量最高，其次是处理 1 (低 N、低 P、低 K)，说明在低 K 水平下，适当增加 N 肥、P 肥可增大欧前胡素的量，但 N、P 肥的用量不宜过高，否则会造成负效应，如处理 8 (高 N 高 P 低 K)。而在高 N 水平下，无论 P、K 肥用量及配比均表现为负效应，如处理 7、8、9。多重比较结果表明，处理 6 与其他处理差异均显著，与最低量的处理 5 之间的量之差达 104.5%。9 个不同的施肥组合中处理 1、6 与处理 2、3、4、5、7、8、9 间的差异达显著水平，而处理 2、3、4、5、7、8、9 的差异不显著。由表 3 看出 N、P 和 K 肥对欧前

胡素影响均达到了极显著水平 ($P < 0.01$), 其中 P、K 肥影响比 N 肥大。欧前胡素量与 K 肥施用量呈负效应, 随 K 肥施用量增加而降低, 设置的 3 个施肥水平中, 低 K 与中 K、高 K 之间差异达到极显著, 中 K 与高 K 之间差异不显著。N 肥施用量对欧前胡素量的影响为中 N > 低 N > 高 N, 可以看出, 中 N 水平下川白芷欧前胡素量最高, 说明适宜的 N 肥施用量有利于欧前胡素量的提高, 这与 N 肥对产量的影响一致。而 P 肥的施用量对欧前胡素量的影响规律不明显。

2.3 N、P 和 K 肥的配施对川白芷异欧前胡素量的影响

从表 2 还可以看出, ck 的异欧前胡素量为 0.713 mg/g, 处理 1、3、5、6 的异欧前胡素量大于 ck, 处理 2、4、7、8、9 的异欧前胡素量小于 ck。其中处理 5 的异欧前胡素量最高, 达 0.874 mg/g; 其次为处理 3, 达 0.874 mg/g; 最低的是处理 7, 仅为 0.470 mg/g。可以看出高 K 水平下, 适中的 N、P 肥配比 (处理 5) 有利于异欧前胡素的形成; 低 N 高 P (处理 3) 会影响异欧前胡素的量; 高 N 高 P (处理 7) 则会造成负效应, 较 ck 处理降低了 0.243 mg/g。而在高 N 水平下, 无论 P、K 肥用量及配比其异欧前胡素量均小于 ck, 如处理 7、8、9。多重比较结果表明, 处理 5 与其余处理间的差异均显著, 处理 3 与表现为负效应的处理 2、4、7、8、9 间差异显著。通过正交方差分析发现 (表 3), N、P 和 K 肥对根部异欧前胡素量的影响不同, 其中影响最大的为 N 肥, 其次为 K 肥, P 肥影响最小, 3 种肥料中只有 N 肥的影响达到极显著水平。N、P 和 K 肥配施对异欧前胡素量与产量的影响是一致的。川白芷异欧前胡素量与 P 肥施用量呈正效应, 随 P 肥施用量增加而增大, 设置的 3 个施肥水平中, 低 P 与高 P 之间的差异达显著。N 肥施用量对异欧前胡素量的影响顺序为中 N > 低 N > 高 N, 低 N 与高 N 之间的差异达到极显著, 说明在 N 肥施用量较小时, 川白芷的异欧前胡素量与 N 肥施用量呈正比, 但 N 肥施用过多时会对异欧前胡素量造成负效应。K 肥施用量对异欧前胡素量的影响规律不明显。

3 讨论

白芷吸肥力强, 是喜肥作物。丁德蓉等^[5-6]探讨了不同施肥方式、肥料种类对白芷早期抽苔及产量的影响, 发现施肥种类不同, 白芷产量不同, 钾对白芷早期抽苔有一定控制作用, 氮、磷对白芷早期

抽苔有促进作用。磷、钾肥全作底肥, 白芷的产量低; 磷、钾肥一半作底肥, 一半作追肥, 白芷的产量较高; 氮肥平衡施用, 白芷的产量较高。杨富荣等^[8]认为白芷施肥应遵循“春前少施, 宜淡或不施, 春后集中施肥”的原则。本实验参考了以上肥料试验的相关文献, 并且根据课题组的前期研究, 采取了将尿素分 3 次施用 (苗肥 12 月、冬肥 2 月、春肥 3 月, 施用比例为 2:5:3)、过磷酸钙与硫酸钾分两次施用, 即底肥、春肥 (3 月), 施用比例为 5:5 的施肥措施。

N、P 和 K 肥配施试验已经在许多药用植物开展, 如白菊^[9]、灯盏花^[10]、麦冬^[11]和知母^[12]等。蒲盛才等^[4]采用三元二次回归正交组合设计, 研究 N、P 和 K 肥施用量及其配比对白芷产量的影响, 结果表明白芷产量与 N、P 和 K 肥的供应均为正效应, N、P 和 K 肥单施低于零水平时, 随施用量的增加而白芷产量逐步提高, N、P 和 K 肥配合施用比单施的产量高, 但未说明 N、P 和 K 肥配施对川白芷品质影响的研究。本试验研究结果表明, N、P、K 肥配施对川白芷的产量均表现为正效应, 所有施肥处理的产量均大于 ck; 但 N、P、K 肥用量及配比对川白芷欧前胡素与异欧前胡素量的影响差异较大; 在低 K 水平下, 适当增加 N、P 肥可增大欧前胡素的量, 如处理 6; 在高 K 水平下, 适中的 N、P 肥配比有利异欧前胡素的形成, 如处理 5; 而在高 N 水平下, 无论 P、K 肥用量及配比其欧前胡素与异欧前胡素量均小于 ck, 如处理 7、8、9。由此, 选择合理的 N、P 和 K 肥施用量及配比是提高川白芷有效成分量的关键, 适宜的 N、P 和 K 肥配施会提高川白芷根部有效成分的量; 反之, 施肥不当会导致其有效成分量的下降。试验还发现, 9 个不同的 N、P、K 肥配施处理, 对产量影响较大, 而对品质影响较小, 说明可在提高产量情况下确保质量。

在实践应用中, 可根据不同的生产要求选择适宜的 N、P 及 K 肥配比。川白芷收获时, 处理 6 的产量为 32 203.5 kg/hm², 欧前胡素量为 2.260 mg/g, 异欧前胡素量为 0.743 mg/g, 其中产量与欧前胡素量是所有处理的最大值, 与 ck 之间的差异均达到显著水平。并且处理 6 的异欧前胡素量也较高, 在所有处理中居第 3 位。其次, 处理 3 的产量为 30 015.0 kg/hm², 较 ck 增加了 3 126.0 kg/hm², 但欧前胡素、异欧前胡素量与 ck 间的差异不显著。若生产要求为产量、欧前胡素与异欧前胡素的量均提高, 则可选择处

理 6 即 N 为 150 kg/hm^2 , P_2O_5 为 225 kg/hm^2 , K_2O 为 120 kg/hm^2 , N- P_2O_5 - K_2O 的配比为 1.3 : 1.9 : 1 作为川白芷比较适宜的 N、P 和 K 肥施用量及配比。若只需提高产量, 而欧前胡素与异欧前胡素的量与对照保持基本一致时, 则可选择处理 3 即 N 为 105 kg/hm^2 , P_2O_5 为 225 kg/hm^2 , K_2O 为 240 kg/hm^2 , N- P_2O_5 - K_2O 的配比为 1 : 2.2 : 2.3 作为川白芷比较适宜的 N、P 和 K 肥施用量及配比。

参考文献

- [1] 中国药典 [S].一部.2010.
- [2] 王梦月, 贾敏如. 白芷的化学成分研究进展 [J]. 中药材, 2002, 25(6): 446-449.
- [3] 周爱德, 李 强, 雷海民. 白芷化学成分的研究 [J]. 中草药, 2010, 41(7): 1081-1083
- [4] 蒲盛才, 张兴翠, 丁德蓉. 氮、磷、钾施用量及其对比对白芷产量的影响 [J]. 中国生态农业报, 2006, 14(1): 137-138.
- [5] 丁德蓉, 卢 进, 陈兴福, 等. 肥料种类对白芷早期抽苔与产量的影响研究 [J]. 中国中药杂志, 1999, 24(1): 23.
- [6] 丁德蓉, 卢 进, 陈兴福, 等. 施肥措施对白芷早期抽苔与产量的影响研究 [J]. 中草药, 1999, 30(2): 135.
- [7] 翟娟园, 吴 卫, 廖 凯, 等. 土壤环境对川白芷产量和品质的影响研究 [J]. 中草药, 2010, 41(6): 984-988.
- [8] 杨富荣, 杨海莹, 郭敦志, 等. 白芷早薹及防止方法初探 [J]. 中药材, 2001, 24(10): 708
- [9] 刘大会, 朱端卫. 氮、磷、钾配合施用对福田白菊产量和品质的影响 [J]. 中草药, 2006, 37(1): 125-129.
- [10] 赵 峥, 龚 苏, 段承俐, 等. 氮、磷、钾对灯盏花生长发育及光合色素含量的影响 [J]. 云南农业大学学报, 2005, 20(5): 676-679.
- [11] 赵劲松, 李首成, 瞿宏杰, 等. 施肥对湖北麦冬产量的影响 [J]. 土壤肥料, 2005(2): 31-34.
- [12] 张宏伟, 李惠卓, 王文全, 等. 知母 N、P、K 配方施肥效应的研究 [J]. 河北农业大学学报, 2007, 30(2): 38-41.

天津中草药杂志社 4 种期刊为允许刊载处方药广告的第一批医药专业媒体

据国家药品监督管理局、国家工商行政管理局和国家新闻出版总署发布的通知, 中草药杂志社编辑出版的《中草药》杂志、*Chinese Herbal Medicines* (CHM)、《现代药物与临床》、《药物评价研究》4 本期刊作为第一批医药专业媒体, 允许发布“粉针剂、大输液类和已经正式发文明确必须凭医生处方才能销售、购买和使用的品种以及抗生素类的处方药”广告。

电话: (022)27474913 23006821 传真: 23006821 联系人: 陈常青

网址: www.中草药杂志社.中国; www.tiprpress.com E-mail: zcy@tiprpress.com