

· 药材与资源 ·

锌对半夏叶片碳氮代谢及产量的影响

杨 磊¹, 罗庆云¹, 王康才^{1*}, 肖亚雯¹, 张 瑜²

(1. 南京农业大学中药材研究所, 江苏 南京 210095; 2. 南京中医药大学中药学院, 江苏 南京 210046)

摘 要:目的 研究叶面喷施不同质量浓度锌对半夏叶片碳氮代谢及产量的影响, 找出适宜半夏的锌肥施用浓度, 为半夏的合理施肥及优质高产提供参考依据。方法 半夏全苗期叶面喷施不同质量浓度的锌肥, 10 d 后测定叶片碳氮代谢相关生理生化指标, 倒苗后统计产量。结果 半夏产量与叶片碳代谢指标可溶性糖和淀粉量达极显著正相关, 与光合色素量和醛缩酶活性显著正相关, 与淀粉酶活性负相关; 半夏产量与叶片氮代谢指标硝酸还原酶活性达极显著正相关, 与可溶性蛋白量显著正相关。全苗期叶面喷施硫酸锌增加了半夏叶片光合色素的量、增强了叶片光合能力; 同时, 提高了醛缩酶活性, 降低了淀粉酶活性, 促使半夏叶片可溶性糖和淀粉的积累; 此外, 全苗期叶面喷施硫酸锌还提高了叶片硝酸还原酶的活性和可溶性蛋白的量, 最终表现为半夏产量的提高。结论 在半夏生产中以全苗期叶面喷施 600 mg/L $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ 为佳。

关键词:半夏; 锌; 碳代谢; 氮代谢; 产量

中图分类号: R282.21

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2010)02-0278-04

Effects of zinc on carbon and nitrogen metabolism in leaves of *Pinellia ternata* and their yieldYANG Lei¹, LUO Qing-yun¹, WANG Kang-cai¹, XIAO Ya-wen¹, ZHANG Yu²

(1. Institute of Chinese Medicinal Materials, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China; 2. College of Chinese Materia Medica, Nanjing University of Traditional Chinese Medicine, Nanjing 210046, China)

Abstract : Objective To find out the proper concentration of $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ as foliar fertilizer used for *Pinellia ternata*, and to provide reference for high yield of *P. ternata*, effects of zinc on the carbon and nitrogen metabolism in leaves of *P. ternata* and the yield were studied. **Methods** Seedlings of *P. ternata* were employed as the experiment material. At the stage of full seedling, $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ of different concentration was sprayed on the leaves, the indexes of carbon and nitrogen metabolism were determined on the day 10, the weight of tubers and bulbils were measured at the sprout tumble stage. **Results** The yield of *P. ternata* has an exceedingly significant positive correlation with the contents of soluble sucrose and starch in the leaves, a significant positive correlation with the content of photosynthetic pigment and the aldolase activity, and a negative correlation with the amylase activity. In addition, the yield shows both an exceedingly significant positive correlation with the nitrate reductase activity and a significant positive correlation with the content of protein. At the stage of full seedling, zinc sprayed on leaves can increase the content of photosynthetic pigment and improve the capability of photosynthesis. Meanwhile, spraying zinc can also promote the accumulation of soluble sucrose and starch in the leaves because of its stimulation on aldolase and inhibition on amylase. Besides, spraying zinc on leaves could improve the activity of nitrate reductase and the content of protein, and finally increase the yield of *P. ternata*. **Conclusion** The concentration of 600 mg/L is the best for $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$ used as foliar fertilizer for *P. ternata* at the stage of full seedling.

Key words: *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit.; zinc; carbon metabolism; nitrogen metabolism; yield

* 收稿日期: 2009-04-12

基金项目: 江苏省科技厅农业高技术研究(Q200754)

作者简介: 杨 磊(1985—), 女(白族), 云南大理人, 在读硕士研究生, 研究方向为药用植物栽培与生理。

E-mail: 2007104137@njau.edu.cn

* 通讯作者 王康才 E-mail: wangkc@njau.edu.cn

锌是植物必需营养元素,作为叶绿素生物合成的必需元素^[1],影响植株光合作用和碳代谢。缺锌会降低醛缩酶活性,进而影响 1,6-二磷酸果糖的转化,导致植物组织中糖降低^[2]。Jyung 等发现缺锌蚕豆中淀粉的量和淀粉粒数均降低^[3]。锌影响植株氮代谢,锌的缺少或过量均会降低硝酸还原酶的活性,抑制蛋白质的合成,造成硝酸盐的积累^[4,5]。目前有关锌对农作物的碳氮代谢及产量品质的影响研究很多,施木田等^[4]研究了锌硼营养对苦瓜叶片碳氮代谢的影响,另有人研究锌对大蒜生理生化指标及营养品质的影响,以及叶面喷施锌肥对生菜各器官中硝酸盐量和硝酸还原酶活性的影响,但在药用植物中的研究少见报道。本实验以半夏为材料,研究不同锌肥施用量对半夏叶片碳氮代谢及产量的影响,以期对半夏的合理施肥及优质高产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 材料:供试材料经南京农业大学中药材研究所王康才教授鉴定为半夏 *Pinellia ternata* (Thunb.) Breit.,产于江苏省泰州地区。以形态一致、单个质量相近的块茎为繁殖材料。栽培于塑胶盆(18 cm × 15 cm)中,栽培基质为蛭石、珍珠岩(按 1:1 混合),每盆播种 10 个块茎,播种深度 6 cm,播种后置于遮阳棚内。

1.2 方法:所有处理每盆施氮磷钾复合肥 1.2 g 作底肥,以 $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ 为供试锌肥,设 0 mg/L (对照 CK)、200 mg/L (处理 1)、400 mg/L (处理 2)、600 mg/L (处理 3)、800 mg/L (处理 4)、1 000 mg/L (处理 5) 6 个处理,每处理 5 盆,于全苗期进行叶面喷施,生长期间其他管理措施一致。

处理 10 d 后取样测定半夏叶片光合色素、可溶性糖、淀粉、可溶性蛋白的量,醛缩酶、淀粉酶、硝酸还原酶活性,半夏倒苗期取样测定并统计产量,均重复 3 次。试验数据用 Excel 整理, SAS9.0 版软件进

行 LSD 多重比较和 Pearson 相关性分析。

光合色素测定参照李合生^[6]的叶绿素的分光光度计法测定;可溶性糖测定参照李合生^[6]的蒽酮比色法;淀粉测定参照胡桂娟^[7]的比色法;醛缩酶活性参照 Horecker^[8]的方法测定;硝酸还原酶活性参照李合生^[6]的硝酸还原酶活力的活体法测定;淀粉酶活性测定参照南京建成生物工程研究所淀粉酶试剂盒方法,批号:20080918;可溶性蛋白参照南京建成生物工程研究所考马斯亮蓝试剂盒方法,批号:20081013。

2 结果与分析

2.1 锌对半夏叶片碳代谢相关指标的影响

2.1.1 锌对半夏叶片光合色素的影响:由表 1 可以看出,处理 3 的叶绿素 a、叶绿素 b、叶绿素(a+b)及类胡萝卜素的量均达到最大值。锌在 0 ~ 600 mg/L,半夏叶片光合色素的量随锌质量浓度的提高而增加。但锌肥超过 600 mg/L 后,光合色素量随锌质量浓度的提高而降低。说明一定质量浓度的锌肥能增加半夏叶片光合色素的量,促进半夏叶片的光合作用。其中叶绿素 a 受锌的影响较叶绿素 b 和类胡萝卜素敏感。

2.1.2 锌对半夏叶片可溶性糖、淀粉的影响:由表 2 可以看出,不同水平锌处理均可提高半夏叶片可溶性糖和淀粉量。处理 3 可溶性糖和淀粉量均达到最大值。锌对半夏叶片可溶性糖量的影响随锌质量浓度的增加先增加后减小。锌对半夏叶片淀粉量的影响趋势与对可溶性糖量的影响趋势基本一致。

2.1.3 锌对半夏叶片醛缩酶和淀粉酶活性的影响:施用 0 ~ 600 mg/L 锌肥,显著提高了半夏叶片醛缩酶活性,进而促进 1,6-二磷酸果糖的转化,增加半夏叶片中糖量。锌肥超过 600 mg/L,醛缩酶活性显著下降,半夏叶片中糖量降低。叶面喷施锌肥降低了淀粉酶活性,减少了半夏叶片淀粉的分解,说明施锌肥有利于半夏叶片淀粉量的积累(表 3)。

表 1 锌对半夏叶片光合色素量的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)

Table 1 Effects of zinc on contents of photosynthetic pigment in leaves of *P. ternata* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

处理	质量分数/(mg · g ⁻¹)			
	叶绿素 a	叶绿素 b	叶绿素 a + b	类胡萝卜素
CK	1.25 ± 0.02 d	0.44 ± 0.05 ab	1.68 ± 0.07 ±	0.32 ± 0.01 c
1	1.48 ± 0.01 b	0.48 ± 0.04 ab	1.96 ± 0.06 b	0.38 ± 0.01 b
2	1.49 ± 0.04 b	0.49 ± 0.09 ab	1.98 ± 0.11 b	0.38 ± 0.01 b
3	1.59 ± 0.03 a	0.52 ± 0.05 a	2.11 ± 0.08 a	0.42 ± 0.02 a
4	1.28 ± 0.07 c	0.43 ± 0.03 b	1.71 ± 0.09 c	0.34 ± 0.05 bc
5	1.26 ± 0.06 cd	0.41 ± 0.07 b	1.67 ± 0.10 c	0.31 ± 0.03 c

不同小写字母表示差异显著($P < 0.05$),下表同

Values with different little letters are of significant difference ($P < 0.05$), following tables are same

表 2 锌对半夏叶片可溶性糖和淀粉量的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 2 Effects of zinc on contents of soluble sucrose and starch in leaves of *P. ternata* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

处理	可溶性糖/ %	淀粉/ %
CK	8.68 $\pm$ 0.15 c	0.73 $\pm$ 0.03 d
1	9.94 $\pm$ 0.32 b	0.90 $\pm$ 0.02 c
2	9.90 $\pm$ 0.12 b	0.93 $\pm$ 0.01 c
3	12.89 $\pm$ 0.40 a	1.38 $\pm$ 0.03 a
4	10.21 $\pm$ 0.26 b	1.05 $\pm$ 0.05 b
5	9.84 $\pm$ 0.28 b	0.96 $\pm$ 0.03 c

表 3 锌对半夏叶片醛缩酶和淀粉酶活性的影响

($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 3 Effects of zinc on activities of aldolase and amylase in leaves of *P. ternata* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

处理	醛缩酶活性/ (nmolFBP · mg ⁻¹ · min ⁻¹)	淀粉酶活性/ (U · mg ⁻¹)
CK	5.21 $\pm$ 0.06 c	0.61 $\pm$ 0.020 a
1	5.30 $\pm$ 0.11 c	0.30 $\pm$ 0.004 bc
2	6.11 $\pm$ 0.03 b	0.33 $\pm$ 0.006 b
3	7.32 $\pm$ 0.07 a	0.26 $\pm$ 0.005 cd
4	5.29 $\pm$ 0.10 c	0.22 $\pm$ 0.021 de
5	4.43 $\pm$ 0.05 d	0.18 $\pm$ 0.018 e

2.2 锌对半夏叶片氮代谢相关指标的影响

2.2.1 锌对半夏叶片硝酸还原酶活性的影响:硝酸还原酶是植物进行氮代谢的关键酶,它催化 NO_3^- 到 NO_2^- 的还原反应,其活性大小反映了植物吸收利用氮素能力的高低。硝酸还原酶活性大小受不同锌水平的影响。结果表明,在 0~600 mg/L 锌质量浓度内,硝酸还原酶活性随质量浓度的增大而升高,超过 600 mg/L 后,又逐渐降低。600 mg/L 锌肥能显著提高半夏叶片硝酸还原酶的活性,有利于半夏叶片的氮素代谢(表 4)。

2.2.2 锌对半夏叶片可溶性蛋白的影响:由表 4 可知,处理 1、处理 2 与对照 CK 相比可溶性蛋白的量有所增加但均无显著差异,处理 3 可溶性蛋白量与对照相比增加显著且量最高。锌超过 600 mg/L 后,半夏叶片可溶性蛋白量呈降低趋势,处理 5 低于对照。这说明半夏可溶性蛋白量受过量锌的影响严重。

2.3 锌对半夏产量的影响:由表 5 可知,所有施锌处理与对照相比产量增加,差异均达到显著水平,处理 3 产量达到最大值。

2.4 半夏产量与叶片碳氮代谢指标的关系:由表 6 可知,半夏产量与叶片碳代谢指标可溶性糖和淀粉量达到极显著正相关,与叶绿素、类胡萝卜素以及醛缩酶活性显著正相关,与淀粉酶活性负相关;半夏产量与叶片氮代谢指标硝酸还原酶活性达到极显著正相关,与可溶性蛋白的量显著正相关。

表 4 锌对半夏叶片中硝酸还原酶活性和可溶性蛋白量的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 4 Effects of zinc on activities of nitrate reductase and contents of protein in leaves of *P. ternata* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

处理	硝酸还原酶活性/($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{h}^{-1}$)	可溶性蛋白/($\text{g} \cdot \text{L}^{-1}$)
CK	40.70 $\pm$ 0.75 e	0.36 $\pm$ 0.01 b
1	51.05 $\pm$ 0.68 c	0.42 $\pm$ 0.02 ab
2	49.78 $\pm$ 0.36 cd	0.43 $\pm$ 0.05 ab
3	68.18 $\pm$ 0.20 a	0.72 $\pm$ 0.04 a
4	58.79 $\pm$ 0.68 b	0.51 $\pm$ 0.02 ab
5	48.89 $\pm$ 0.31 d	0.28 $\pm$ 0.04 b

表 5 锌对半夏产量的影响($\bar{x} \pm s, n=3$)Table 5 Effects of zinc on yield of *P. ternata* ($\bar{x} \pm s, n=3$)

处理	块茎/(g · 株 ⁻¹)	珠芽/(g · 株 ⁻¹)	合计/(g · 株 ⁻¹)
CK	2.13 $\pm$ 0.04 d	0.26 $\pm$ 0.010 b	2.39 $\pm$ 0.04 d
1	2.46 $\pm$ 0.06 c	0.28 $\pm$ 0.010 b	2.74 $\pm$ 0.08 c
2	2.70 $\pm$ 0.01 ab	0.28 $\pm$ 0.005 b	2.97 $\pm$ 0.02 ab
3	2.87 $\pm$ 0.09 a	0.31 $\pm$ 0.020 ab	3.18 $\pm$ 0.11 a
4	2.54 $\pm$ 0.01 bc	0.34 $\pm$ 0.015 a	2.87 $\pm$ 0.03 bc
5	2.44 $\pm$ 0.06 c	0.27 $\pm$ 0.015 b	2.70 $\pm$ 0.07 c

表 6 半夏产量(Y)与叶片碳氮代谢指标(X)的相关性

Table 6 Correlation between yield and indexes of carbon and nitrogen metabolism in leaves of *P. ternata*

碳氮代谢各指标	直线回归方程	r
叶绿素 a(X_1)	$Y = 1.408\ 06\ X_1 + 0.848\ 78$	0.77 *
叶绿素 b(X_2)	$Y = 4.343\ 57\ X_2 + 0.808\ 05$	0.68
叶绿素 a+b(X_3)	$Y = 1.082\ 45\ X_3 + 0.804\ 00$	0.76 *
类胡萝卜素(X_4)	$Y = 5.575\ 05\ X_4 + 0.989\ 77$	0.80 *
可溶性糖(X_5)	$Y = 0.167\ 42\ X_5 + 1.093\ 35$	0.88 **
淀粉(X_6)	$Y = 1.090\ 02\ X_6 + 1.727\ 40$	0.88 **
醛缩酶(X_7)	$Y = 0.205\ 69\ X_7 + 1.654\ 44$	0.76 *
淀粉酶(X_8)	$Y = -1.118\ 06\ X_8 + 3.162\ 39$	-0.64
硝酸还原酶(X_9)	$Y = 0.025\ 10\ X_9 + 1.480\ 40$	0.88 **
可溶性蛋白(X_{10})	$Y = 1.385\ 24\ X_{10} + 2.180\ 3$	0.78 *

* $P < 0.05$ ** $P < 0.01$

3 讨论

研究结果表明,全苗期叶面喷施硫酸锌可显著提高半夏叶片光合色素、可溶性糖、淀粉、可溶性蛋白的量及醛缩酶、硝酸还原酶的活性,降低叶片淀粉酶活性,从而影响半夏的产量。统计分析发现,半夏产量与叶片可溶性糖和淀粉量、硝酸还原酶活性达到极显著正相关,与叶绿素、类胡萝卜素、可溶性蛋白量以及醛缩酶活性显著正相关,与淀粉酶活性负相关。

锌是叶绿素生物合成的必需元素^[1],叶面喷施一定质量浓度的锌可以促进叶绿素的生物合成,增加叶绿素的量,从而增强植物的光合能力。锌可提高醛缩酶的活性,促进 1,6-二磷酸果糖的转化^[2],从而增加叶片中可溶性糖量,促进淀粉的合成。同时,锌能降低叶片的淀粉酶活性,减少淀粉的分解,有利

于淀粉积累。

缺锌或过量锌胁迫均会降低硝酸还原酶的活性,硝酸还原酶是植物氮代谢的关键酶,催化 NO_3^- 到 NO_2^- 的还原反应,其活性大小反映了植物对环境中 NO_3^- 的吸收利用情况^[4,5]。植物氮代谢的调控主要是通过对硝酸还原酶的调控实现的,以硝酸还原酶为中心的调控系统是最原始、最基本的氮代谢调控系统。硝酸还原酶活性常用来表示氮代谢的强弱,硝酸还原酶活性高低对整个氮代谢的强弱起关键的调控作用^[9]。此外,锌又是影响蛋白质合成最为突出的微量元素^[4],锌通过 RNA 代谢影响蛋白质合成^[10],缺锌或过量锌胁迫会抑制蛋白质的合成,造成硝酸盐的积累,对植物产生毒害作用。

根据本研究结果,建议全苗期叶面喷施 600 mg/L 锌肥,以提高半夏产量。

参考文献:

[1] 潘瑞炽. 植物生理学 [M]. 第 5 版. 北京: 高等教育出版社,

2006.

- [2] Shrotri C K, Tewari M N, Rathore V S. Effects of zinc nutrition on sucrose biosynthesis in maize [J]. *Phytochemistry*, 1980, 19: 139-140.
- [3] Jyung W H, Ehmann A, Schlender K K. Zinc nutrition and starch metabolism in *Phaseolus vulgaris* L. [J]. *Plant Physiol*, 1975, 55: 414-420.
- [4] 施木田, 陈如凯. 锌硼营养对苦瓜叶片碳氮代谢的影响 [J]. 植物营养与肥料学报, 2004, 10(2): 198-201.
- [5] 施木田. 苦瓜锌及其与钼硼不同配比的营养生理研究 [D]. 福州: 福建农林大学, 2004.
- [6] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2000.
- [7] 胡桂娟, 张玉英. 淀粉的测定 (比色法) [J]. 落叶果树, 1980, 1(9): 40-41.
- [8] Horecker B L. *Methods in Enzymology* [J]. New York: Academic Press, 1975.
- [9] 刘 丽, 甘志军, 王宪泽. 植物氮代谢硝酸还原酶水平调控机制的研究进展 [J]. 西北植物学报, 2004, 24(7): 1355-1361.
- [10] 王晓云, 程炳嵩, 张国珍. 不同锌水平对姜苗氮代谢的影响 [J]. 山东农业大学学报, 1993, 24(2): 209.

白木香离体侧根中色酮类化合物的诱导形成

何梦玲¹, 戚树源², 胡兰娟^{2*}

(1. 广东药学院中药学院, 广东 广州 510240; 2. 中国科学院华南植物园资源中心, 广东 广州 510650)

摘要:目的 研究白木香 *Aquilaria sinensis* 中次生代谢产物的生物合成。方法 采用组织培养的方法诱导沉香色酮类化合物的产生, 采用 HPLC 法进行诱导物的测定。结果 从白木香离体侧根中诱导出 2-(2-苯乙基)色酮化合物。结论 黄绿墨耳真菌提取物能诱导白木香中沉香特征化合物的产生。

关键词: 白木香; 离体侧根; 色酮化合物

中图分类号: R282.1

文献标识码: A

文章编号: 0253-2670(2010)02-0281-04

Induction of chromones in excised lateral roots culture of *Aquilaria sinensis*

HE Meng-ling¹, QI Shu-yuan², HU Lan-juan²

(1. College of Chinese Materia Medica, Guangdong Pharmaceutical University, Guangzhou 510240, China;

2. South China Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510650, China)

Abstract: **Objective** To study the biosynthesis of the second metabolites in *Aquilaria sinensis*. **Methods** Chromones of agarwood were elicited by tissue culture and the inducer contents were determined by HPLC. **Results** 2-(2-Phenylethyl) chromones could be elicited in excised lateral roots suspension culture of *A. sinensis*. **Conclusion** Fungal extracts of *Menanotus flavolives* could induce the production of characteristic components of agarwood in *A. sinensis*.

Key words: *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg; excised lateral root; chromone

白木香 *Aquilaria sinensis* (Lour.) Gilg 又名 土沉香, 为瑞香科沉香属植物, 是我国特有的珍贵树

* 收稿日期: 2009-04-12

基金项目: 国家自然科学基金资助项目 (30070066); 广东省自然科学基金资助项目 (000974); 广东药学院课题 (43548008)

作者简介: 何梦玲 (1975—), 广东梅州人, 女, 博士, 讲师, 从事植物组织培养和次生代谢研究。Tel: (020) 39352176; 13500005095

E-mail: hmlf@126.com