

缺氮、磷、钾、钙、镁对芥蓝硝酸盐积累、硝酸还原酶和过氧化物酶活性的影响

林春华¹ 黄亮华¹ 张¹ 陈永泉² 郭振飞³

(1 广州市蔬菜科学研究所, 广州 510315; 2 华南农业大学食品科学系; 3 华南农业大学生物技术学院)

摘要 缺素试验表明, 缺镁促进芥蓝叶片内硝酸盐的积累, 缺乏其它元素则减少硝酸盐的积累. 缺素亦影响硝酸还原酶活性, 缺氮、磷、钾、钙均抑制叶片的硝酸还原酶活性, 缺镁促进硝酸还原酶活性. 氮、磷、钾、钙、镁用量适宜, 过氧化物酶活性较低. 缺乏其中任何一个元素均提高了芥蓝叶片的过氧化物酶活性.

关键词 芥蓝; 缺乏; 硝酸盐; 硝酸还原酶; 过氧化物酶

中图分类号 Q 945

蔬菜是一种天然易富集硝酸盐的植物食品, 大量硝酸盐累积于蔬菜体内, 虽无害于蔬菜本身, 却危害取食的人类和牲畜, 它是人体摄入硝酸盐的主要来源(葛晓光等, 1997). 因此, 在人民生活水平日益提高, 对蔬菜质量要求愈来愈高的情况下, 研究蔬菜硝酸盐积累机制显得尤其重要. 高祖明等(1989)认为“缺磷比增施氮肥更易导致叶菜硝酸盐的积累”, 同时“缺磷缺钾或钾素过量, 都会引起过氧化物酶活性的亢进”. 为了进一步探讨缺氮、磷、钾、钙、镁与蔬菜硝酸盐积累的关系, 为减少硝酸盐积累提供科学依据, 我们以中花芥蓝(*Brassica alboglabra* Bailey)为材料, 通过营养液控制就缺素对芥蓝硝酸盐的积累和硝酸还原酶、过氧化物酶活性等的影响进行了研究. 同时, 探讨可否将硝酸还原酶和过氧化物酶做为水培芥蓝高产优质栽培的生理指标之一和理论依据.

1 材料与方法

1.1 材料和培养方法

试验以香港中花芥蓝为材料, 采用深液流循环水培法(deep film technique, DFT)水源为蒸馏水. 1996年冬季在广州市蔬菜研究所水培温室内以大小为 $0.65\text{ m} \times 0.37\text{ m} \times 0.15\text{ m}$ 的白色硬塑料盆为一个小区, 盆上盖白色泡沫板作为栽培床. 用小型潜水泵循环增氧. 将供试种子直接播在盛装陶粒的营养杯中, 每杯2~3粒种子, 上盖薄薄一层细砂, 保湿育苗. 待长至1片真叶时定苗, 每杯留1株健壮的幼苗. 植株长至4片真叶时定植到栽培床中, 每小区15株.

试验采用6种处理, 3次重复, 随机区组排列设计, 6种处理分别为缺氮、缺磷、缺钾、缺钙、缺镁(0 mmol/L)以及完全区 $c(\text{N})=14.3\text{ mmol/L}$, $c(\text{P})=1\text{ mmol/L}$, $c(\text{K})=6.2\text{ mmol/L}$, $c(\text{Ca})=3.3\text{ mmol/L}$, $c(\text{Mg})=2\text{ mmol/L}$ 为对照. 微量元素 $w(\text{Fe})=2 \times 10^{-6}$, $w(\text{B})=0.5 \times 10^{-6}$, $w(\text{Mn})=0.5 \times 10^{-6}$, $w(\text{Zn})=0.05 \times 10^{-6}$, $w(\text{Cu})=0.02 \times 10^{-6}$, $w(\text{Mo})=0.02 \times 10^{-6}$.

处理 31 d 后取样分析, 取样时将新鲜样品连根取出, 先用自来水冲洗, 再用蒸馏水清洗, 然后擦干备用.

1.2 硝酸盐含量的测定

按 Black (1965) 的酚二磺酸比色法进行, 用每克鲜质量计硝酸盐含量.

1.3 过氧化物酶活性的测定

以 Kraus 等 (1994) 方法为依据, 并参照卢少云等 (1997) 方法进行, 酶活以 $\mu\text{mol} \cdot (\text{min} \cdot \text{g})^{-1}$ 表示.

1.4 硝酸还原酶活性的测定

按陈薇等 (1980) 方法进行, 酶活以 $\mu\text{mol} \cdot (\text{min} \cdot \text{g})^{-1}$ 表示.

1.5 可溶性蛋白质含量的测定

按 Bradford (1976) 的考马斯亮兰方法进行, 用每克鲜质量计可溶性蛋白质含量.

2 实验结果

2.1 缺素对芥蓝生长与硝酸盐积累的影响

所有缺素处理均抑制了芥蓝地上部和根的生长, 对地上部抑制作用更大, 缺氮和缺磷强烈抑制地上部生长, 使地上部/根比值显著降低 (表 1).

缺素亦明显影响芥蓝体内硝酸盐的积累 (表 1). 缺镁会使芥蓝硝酸盐积累增高, 比对照区增加了 77%; 缺氮区则明显降低芥蓝体内的硝酸盐含量, 比对照区降低 98%; 缺磷、缺钾、缺钙也分别降低 69%、56% 和 38%.

表 1 缺素对芥蓝生长及硝酸盐积累的影响¹⁾

项目	对照	缺氮	缺磷	缺钾	缺钙	缺镁
单株地上部鲜质量/g	92.2a	10.3d	23.5d	41.1c	38.5c	59.4b
单株根质量/g	10.2a	6.9bc	8.1b	5.0c	5.6c	8.8ab
地上部/根比值	9.0a	1.5d	2.9c	8.22a	6.9b	6.8b
单株质量/g	102.4a	17.2d	31.6cd	46.1c	44.1c	68.2b
硝酸盐积累/ $(\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1})$	833.3b	15.8f	258.7e	366.7d	516.7c	1473.3a
比例/%	100	1.9	31.1	44	62	176.8

1) 经新复极差法测验, 同行具相同字母表示差异不显著 ($P=0.05$)

2.2 缺素对硝酸还原酶活性的影响

缺素影响硝酸还原酶活性, 不同处理的影响有所不同. 表 2 显示, 缺氮、缺磷、缺钾、缺钙明显抑制叶片的硝酸还原酶活性; 缺镁反而促进叶片的硝酸还原酶活性.

表 2 缺素对硝酸还原酶活性的影响

项目	对照	缺氮	缺磷	缺钾	缺镁	缺钙
叶片酶活性/ $[\mu\text{mol} \cdot (\text{min} \cdot \text{g})^{-1}]$	858	166	383	795	1937	504
相对活性/%	100	19.4	44.6	92.7	225.8	58.7

2.3 缺素对过氧化物酶活性的影响

表 3 结果表明, 所有缺素处理均提高了芥蓝叶片的过氧化物酶活性, 缺磷、缺镁等处理比缺氮条件下过氧化物酶活性提高更大.

表 3 缺素对芥蓝叶片过氧化物酶活性的影响

项目	对照	缺氮	缺磷	缺钾	缺镁	缺钙
酶活性/[$\mu\text{mol}^{\circ}(\text{min}^{\circ}\text{g})^{-1}$]	134	390	472	256	473	257
相对活性/%	100	291.0	352.2	191.0	353.0	191.8

2.4 缺素对可溶性蛋白质含量的影响

不同营养元素亏缺对芥蓝叶片可溶性蛋白质含量的影响不同, 缺氮、缺磷、缺镁显著降低了蛋白质含量, 而缺钾和缺钙处理对蛋白质含量影响不大(表 4).

表 4 缺素对可溶性蛋白质含量的影响¹⁾

项目	对照	缺氮	缺磷	缺钾	缺镁	缺钙
w(可溶性蛋白质)/($\text{mg}^{\circ}\text{g}^{-1}$)	17.79a	8.76c	11.4b	19.2a	11.07b	18.44a
比例/%	100	49.2	64.1	107.9	62.2	103.7

1) 经新复极差法测验, 同行具相同字母表示差异不显著($P=0.05$)

3 讨论

(1) 前人曾报导研究氮、磷、钾 3 种营养元素对蔬菜的生长、硝酸盐积累、硝酸还原酶以及过氧化物酶活性的影响(朱祝军, 1993; 高祖明等, 1989), 而对镁和钙的研究较少. 他们认为缺氮对叶菜生长的抑制作用最强, 缺磷亦抑制生长, 但缺钾抑制作用不明显或无影响; 缺氮降低小白菜和菠菜叶片的硝酸还原酶活性, 但缺磷和缺钾导致硝酸还原酶活性提高; 缺氮的蔬菜叶片 NO_3^- 积累减少, 缺磷却促进了 NO_3^- 的积累, 缺钾对 NO_3^- 积累的影响不明显. 本试验研究表明, 缺氮、缺磷、缺钾、缺钙、缺镁等营养元素处理均抑制芥蓝的生长, 降低单株质量, 而且以缺氮缺磷 2 种处理对地上部生长的抑制作用比其它几种处理的大, 缺镁则是所有处理中对芥蓝生长影响最小; 试验中还发现缺镁对根系生长影响不大, 缺钙缺钾则明显抑制根系生长; 缺氮对芥蓝叶片的硝酸还原酶活性的抑制作用最强, 缺磷、缺钾和缺钙亦抑制叶片硝酸还原酶活性, 缺镁则提高硝酸还原酶活性; 缺氮、缺磷、缺钾、缺钙处理均抑制芥蓝 NO_3^- 的积累, 缺镁却使 NO_3^- 积累增多. 我们的结果与高祖明等(1989)和朱祝军(1993)的不完全一致, 但是从表 1、表 2 可以看到缺氮、磷、钾、钙、镁等处理引起芥蓝硝酸还原酶活性变化与硝酸盐积累数量的变化是一致的, 也从一个方面证明硝酸还原酶作为诱导酶的属性, 这与高祖明等(1989)、朱祝军(1993)的报导一致. 缺镁引起芥蓝 NO_3^- 积累增多, 这可能是缺镁导致氮代谢紊乱. 为了降低芥蓝体内硝酸盐的积累, 今后应重视氮、磷、钾、钙、镁肥的配合使用, 特别不能缺镁.

(2) 缺氮、缺磷、缺镁均引起了可溶性蛋白含量的减少. 这与氮是构成蛋白质的主要成分, 磷是核苷酸和膜脂的组成成分, 并与植物的光合作用、呼吸作用和其它代谢活动有关, 而镁

不但为蛋白质合成所必需的核糖体亚单位联合作用提供桥接元素, 还是许多与光合作用、呼吸作用、核酸合成等有关酶的活化剂(陈润政等, 1997)。因此没有氮、磷或镁的参与, 蛋白质代谢明显受阻。

(3) 本试验所有缺素处理均提高了过氧化物酶活性, 而且以缺磷和缺镁区的过氧化物酶活性比其它缺素区的高。高祖明等(1989)也认为缺磷缺钾会引起小白菜和菠菜的过氧化物酶活性的亢进, 以缺磷区的过氧化物酶活性最高。过氧化物酶活性的提高可能是植物对逆境的自我调节, 其机理有待进一步研究。过氧化物酶因其可催化过氧化氢对植物体内某些物质的氧化, 而参与植物的着色反应, 现已成为蔬菜品质分析的重要内容(高祖明等, 1989)。

参 考 文 献

- 卢少云, 郭振飞, 彭新湘, 等. 1997. 干旱条件下水稻幼苗的保护酶活性及其与耐旱性关系. 华南农业大学学报, 18(4): 21~25
- 朱祝军. 1993. 氮磷钾对白菜硝酸盐积累和硝酸还原酶、谷氨酰胺合成酶活性的影响. 浙江农业大学学报, 19(2): 208
- 陈 薇, 张德颐. 1980. 植物组织中硝酸还原酶的提取、测定和纯化. 植物生理通讯, (4): 45~49
- 陈润政, 黄上志, 宋松泉, 等. 1997. 植物生理学. 广州: 中山大学出版社, 100~109
- 高祖明, 张耀栋, 张道勇, 等. 1989. 氮磷钾对叶菜硝酸盐积累和硝酸还原酶、过氧化物酶活性的影响. 园艺学报, 16(4): 293~297
- 葛晓光, 张智敏. 1997. 绿色蔬菜生产. 北京: 中国农业出版社, 36~56
- Black C A. 1965. Methods of soil analysis. Agronomy, 9(2): 1 149~1 224
- Bradford M M. 1976. A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein—dye binding. Anal Biochem, 72: 248
- Kraus T E, Fletcher R A. 1994. Paclobutrazol protects wheat seedlings from heat and paraquat injury. Is detoxification of active oxygen involved? Plant Cell Physiol, 35(1): 45~52

EFFECT OF N, P, K, Ca AND Mg DEFICIENCY ON NITRATE ACCUMULATION, NITRATE REDUCTASE AND PEROXIDASE ACTIVITY IN CHINESE KALE

Lin Chunhua¹ Huang Lianghua¹ Zhang Lin¹ Chen Yongquan² Guo Zhenfei³

(1 Guangzhou Vegetable Scientific Research Institute, Guangzhou, 510315; 2 Dept. of Food Science, South China Agric. Univ.; 3 College of Biotechnology, South China Agric. Univ.)

Abstract

The result showed that nitrate salt was increased in the leaves of Mg—deficient plants, but reduced when the other nutrients were deficient. Nitrate reductase(NR) activity was inhibited in the leaves of N, P, K and Ca—deficient plants, while promoted in Mg—deficient plants. If an optimal application of N, P, K, Ca and Mg was made, peroxidase(POD) activity was at a low level, but increased when any nutrient was deficient.

Key words Chinese kale; deficiency; nitrate; nitrate reductase; peroxidase

[责任编辑 李 玲]