

# 硼钼营养对马铃薯鲜薯产量及活性氧代谢的影响

李 军<sup>1</sup>, 李祥东<sup>2</sup>, 张殿军<sup>1</sup>

(1. 国家马铃薯改良中心, 黑龙江 克山 161606; 2. 克山县农业技术推广中心 161600)

**摘要:** 研究了硼 (B)、钼 (Mo) 营养 8 种处理对马铃薯鲜薯产量和活性氧代谢的影响。结果表明: B、Mo 营养与马铃薯鲜薯产量及活性氧代谢有密切的关系, B、Mo 营养具有明显的互作效应, 当 B 浓度相同时, 随着 Mo 浓度的提高, CAT 活性与 ASA 含量也随之提高; 当 Mo 浓度相同时, 随着 B 浓度的提高, CAT 活性与 ASA 含量也随之提高。适宜的 B、Mo 配施可提高 SOD、POD、NR 的活性, 降低 MDA 含量与自动氧化速率, 抑制膜脂过氧化作用, 提高鲜薯产量。马铃薯鲜薯的生产能力与细胞保护酶 (SOD、POD、NR、CAT) 活性呈极显著的正相关, 与 MDA 含量呈显著的负相关。

**关键词:** 马铃薯; 鲜薯产量; 硼钼营养; 活性氧代谢

**中图分类号:** S532

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-0092 (2002) 01-010-04

## 1 前 言

有关主要矿质营养氮、磷、钾和微量元素 B、Mo 营养与作物的生长发育及产量的形成的关系,

前人已进行了报道<sup>[1~3]</sup>。马铃薯对微量元素 B、Mo 等有着特殊的要求, 如缺 B 和 Mo 时, 叶片褪 色、变小、叶面积下降, 鲜薯产量和品质降低。Kotur 报道, 土施或叶面喷施 B 或 Mo 明显地增加 花椰菜花球产量, 以叶面喷施的效果好, B、Mo 配施又比单施 B 或 Mo 的效果好<sup>[4]</sup>, 过高或过低的 B 均会降低花球产量, 甚至引起 B 中毒<sup>[5]</sup>。有关 B 或 Mo 对马铃薯的生长发育和产量的形成关系, 前

收稿日期: 2001-06-27

作者简介: 李军 (1953-), 男, 副研究员, 从事马铃薯育种、 种植资源创新及专用品种的配套栽培技术研究。

## THE STUDY ON REDUCING THE MICRO-PROPAGATION COST OF PLANTLETS

DONG Shu-ying<sup>1</sup>, LI Mei<sup>1</sup>, SUN Jing<sup>1</sup>, ZHAO Xiang-yu<sup>2</sup>, CHEN Zhen-de<sup>1</sup>, YU Qiu-hua<sup>1</sup>

(1. Qingdao Institute of Agricultural Science, Qingdao 266100; 2. Shandong Agricultural University, Taian 271018)

**ABSTRACT:** In order to meet the demand of factory production of virus-free mini-tuber and reduce the cost, propagation pattern of the potato virus-free tuber-plant was studied. Under the premise of non-affecting the growth of virusfree tuber plant, we select out the propagation pattern with the lower cost and better repro- duction. The result shows: 1. Without the expensive agar, using liquid culture can reduce the cost by 80.03% and gain better growth than sold culture. 2. In the liquid culture, if we eliminated the organic com- position, we can reduce the cost by 23.71%, but get the normal growth. 3. The volume of liquid culture medium is less than the solid culture medium and only 1/2~1/3 of the latter, that is, 10 ml is better.

**KEY WORDS:** potato; virus-free; tuber-plant; culture medium; cost; micro-propagation

人都是单一的作过研究, 而对 B、Mo 配施对马铃薯生长发育及生理生化代谢的影响研究较少。作者通过研究不同 B、Mo 配施对马铃薯生长发育及鲜薯产量、细胞保护酶及膜脂过氧化作用的影响。探讨马铃薯的 B、Mo 营养生理, 为确定马铃薯的合理施肥提供科学指导。

## 2 材料与方法

1999~2000 年试验在黑龙江省克山县省农业科学院国家马铃薯改良中心(马铃薯研究所)进行, 供试马铃薯为克新 11 号, 于 5 月 10 日播种。试验设计 B<sub>2</sub>Mo<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>Mo<sub>5</sub>、B<sub>4</sub>Mo<sub>1</sub>、B<sub>4</sub>Mo<sub>5</sub>、B<sub>6</sub>Mo<sub>1</sub>、B<sub>6</sub>Mo<sub>5</sub>、B<sub>10</sub>Mo<sub>1</sub>、B<sub>10</sub>Mo<sub>5</sub> (B、Mo 下角标的数字表示每升水中含有硼砂或钼酸钠的质量, g/l)。8 个处理与 1 个清水 (CK) 处理为对照。每个试区 4 行, 行长 3 m, 行距 70 cm, 小区面积为 8.4 m<sup>2</sup>, 每个处理 (试区) 重复 4 次。

于孕蕾期进行叶面喷施 B、Mo 营养液, 5 d 后再喷施 1 次, 共喷施 2 次, 每试区每次用量 1.25 kg。7 d 后取叶片按杨暹 (1998) 方法<sup>[6]</sup>测定 SOD (超氧化物歧化酶)、POD (过氧化物酶)、CAT (过氧化氢酶)、NR (硝酸还原酶) 的活性及 ASA (抗坏血酸)、MDA (丙二醛) 的含量与自动氧化速率, 于马铃薯秋收后统计鲜薯的产量。

供试土壤状况: 有机质 2.6%, 全氮 0.2%, 有效磷 186.71 mg/kg, 有效钾 275.6 mg/kg, 有效硼 0.31 mg/kg, 有效钼 0.11 mg/kg, pH 5.2。

## 3 结果与分析

### 3.1 硼钼营养对鲜薯产量的影响

由表 1 可以看出, 不同浓度的 B、Mo 配施对马铃薯鲜薯产量有明显影响。B、Mo 配施的处理均比 CK 的鲜薯产量高。在 B、Mo 配施中, 以 B<sub>6</sub>Mo<sub>5</sub>、B<sub>10</sub>Mo<sub>1</sub> 两处理的鲜薯产量最高; B<sub>4</sub>Mo<sub>5</sub>、B<sub>6</sub>Mo<sub>1</sub> 两处理次之; B<sub>10</sub>Mo<sub>5</sub>、B<sub>4</sub>Mo<sub>1</sub>、B<sub>2</sub>Mo<sub>5</sub> 处理鲜薯产量依次降低, 以 B<sub>2</sub>Mo<sub>1</sub> 处理的鲜薯产量最低。可见, 当 B 浓度为 2、4、6 g/l 时, Mo 浓度增加, 鲜薯产量也随之增加; 当 B 浓度为 10 g/l 时, 随着 Mo 浓度的增加, 鲜薯产量则逐渐降低。当 Mo 浓度为 1 g/l 时, 随着 B 浓度增加, 鲜薯产量也逐渐增加。也就是说, 适宜的 B、Mo 配施可促进鲜薯形成, 提高鲜薯产量。

表 1 硼钼营养对马铃薯产量和 SOD、POD、NR、CAT 活性的影响

| 处 理 |    | 小区产量               | SOD   | POD   | NR    | CAT  |
|-----|----|--------------------|-------|-------|-------|------|
| B   | Mo | (kg)               |       |       |       |      |
| 0   | 0  | 39.42 <sub>e</sub> | 0.095 | 0.160 | 0.135 | 36.2 |
| 2   | 1  | 39.48 <sub>e</sub> | 0.105 | 0.173 | 0.160 | 38.6 |
| 2   | 5  | 40.40 <sub>d</sub> | 0.110 | 0.240 | 0.201 | 41.0 |
| 4   | 1  | 40.46 <sub>d</sub> | 0.120 | 0.250 | 0.223 | 42.5 |
| 4   | 5  | 41.30 <sub>b</sub> | 0.181 | 0.302 | 0.265 | 53.5 |
| 6   | 1  | 41.29 <sub>b</sub> | 0.158 | 0.295 | 0.240 | 45.2 |
| 6   | 5  | 41.88 <sub>a</sub> | 0.228 | 0.360 | 0.327 | 56.1 |
| 10  | 1  | 41.68 <sub>a</sub> | 0.172 | 0.321 | 0.249 | 49.3 |
| 10  | 5  | 40.99 <sub>c</sub> | 0.130 | 0.285 | 0.235 | 62.5 |

注: 小区面积为 8.4 m<sup>2</sup>。B 为硼砂, Mo 为钼酸钠。邓肯氏新复极差测验, 不同字母表示差异达显著水平 (P=0.05)。

### 3.2 硼钼营养对叶片细胞保护活性的影响

从表 1 还可看到, 不同浓度的 B、Mo 配施对鲜薯马铃薯叶片的 SOD 活性有明显的影响。B、Mo 配施处理均比 CK 的 SOD 活性高。B、Mo 配施时, 当 B 浓度为 2、4、6 g/l 时, Mo 浓度提高, SOD 活性也提高; 当 B 浓度为 10 g/l 时, Mo 浓度提高, SOD 活性则下降。当 Mo 浓度为 1 g/l 时, 随着 B 浓度的提高, SOD 活性也随之提高; 当 Mo 浓度为 5 g/l 时, 而 B 浓度从 2 g/l 提高至 6 g/l 时, SOD 活性随 B 浓度的提高而提高, 当 B 浓度从 6 g/l 提高至 10 g/l 时, SOD 活性随 B 浓度提高而下降。

POD、NR 活性的变化趋势与 SOD 变化趋势基本一致, 也就是说, 不同浓度的 B、Mo 配施对马铃薯叶片的 POD、NR 活性的影响与对 SOD 活性的影响基本一致。不同浓度的 B、Mo 配施对马铃薯叶片的 CAT 活性也有明显的影响。B、Mo 配施的各处理低, 其他各处理居 B<sub>6</sub>Mo<sub>5</sub> 与 B<sub>2</sub>Mo<sub>1</sub> 处理之间。也就是说, B、Mo 具有明显的互促效应, 当 B 浓度相同时, 随着 Mo 浓度的提高, CAT 活性也随之提高; 当 Mo 浓度相同时, 随着 B 浓度的提高, CAT 活性也随之提高。

### 3.3 硼钼营养对叶片内源抗氧化剂 ASA 含量的影响

由表 2 可看到, B、Mo 配施对叶片内源抗氧化剂 ASA 含量的影响与对 CAT 活性的影响基本一致。B、Mo 具有明显的互促效应, 当 B 浓度相同时, Mo 浓度增加, ASA 含量也随之增加; 当 Mo

浓度相同时, 随着 B 浓度的增加, ASA 含量也随之增加。即 B、Mo 营养配施可促进叶片内源抗氧化剂 ASA 的合成。

表 2 硼钼营养对叶片 ASA、MDA 含量和自动氧化速率的影响

| 处 理 |    | ASA   | MDA  | 自动氧化速率 |
|-----|----|-------|------|--------|
| B   | Mo |       |      |        |
| 0   | 0  | 0.477 | 82.5 | 86.2   |
| 2   | 1  | 0.503 | 80.0 | 82.0   |
| 2   | 5  | 0.545 | 71.2 | 75.0   |
| 4   | 1  | 0.563 | 62.0 | 67.0   |
| 4   | 5  | 0.618 | 43.5 | 46.2   |
| 6   | 1  | 0.628 | 46.6 | 49.3   |
| 6   | 5  | 0.703 | 31.1 | 35.4   |
| 10  | 1  | 0.655 | 40.2 | 42.1   |
| 10  | 5  | 0.736 | 48.5 | 58.2   |

### 3.4 硼钼营养对马铃薯叶片膜脂过氧化作用和自动氧化速率的影响

MDA 为膜脂过氧化的产物, 是膜脂氧化的指标之一。MDA 自动氧化速率即可代表组织中清除自由能力的大小<sup>[7]</sup>。从表 2 还可看出, MDA 含量与自动氧化速率的变化规律基本一致, 不同的 B、Mo 配施对马铃薯叶片的 MDA 含量和 MDA 自动氧化速率有明显的影响。B、Mo 配施的各处理的 MDA 含量和自动氧化速率均比 CK 低, 其中以 B<sub>6</sub>Mo<sub>5</sub> 处理最低。当 B 浓度为 2、4、6 g/1 时, Mo 浓度提高, MDA 含量与自动氧化速率则降低; 当 B 浓度为 10 g/1 时, Mo 浓度提高, MDA 含量与自动氧化速率也提高。当 Mo 浓度为 1 g/1 时, 随着 B 浓度的提高, MDA 含量与自动氧化速率则降低。当 Mo 浓度为 5 g/1 时, 而 B 浓度为 2~6 g/1 时, 随着 B 浓度的提高, MDA 含量与自动氧化速率则逐渐降低; 而当 B 浓度为 6~10 g/1 时, 随 B 浓度的提高, MDA 含量与自动氧化速率也随之提高。这说明施用 B、Mo 营养可抑制马铃薯植株的膜脂过氧化作用, 其中以 B<sub>6</sub>Mo<sub>5</sub> 处理的抑制作用最明显。

### 3.5 马铃薯生产能力与叶片活性氧化代谢的关系

经相关分析表明, 马铃薯鲜薯产量与 SOD、POD、CAT、NR 活性呈极显著的正相关, 直线回归方程分别为:  $Y = 495.605 + 10.778x$  ( $r = 0.9869^{**}$ ),  $Y = 333.186 + 1955.132x$  ( $r = 0.9897^{**}$ ),  $Y = 379.874 + 1976.768x$  ( $r =$

$0.9702^{**}$ ),  $Y = 552.882 + 5.863x$  ( $r = 0.7497^{**}$ ); 鲜薯产量与 MDA 含量呈显著负相关, 直线回归方程  $Y = 1074.079 - 56.017x$  ( $r = 0.979^{**}$ )。这说明 B、Mo 营养可促进马铃薯体内细胞保护酶的活性提高, 抑制了膜脂过氧化作用, 改善了体内生理生化代谢, 促进了植株生长, 有利于块茎的形成和膨大, 从而提高鲜薯产量。

## 4 讨 论

试验证明, B、Mo 营养对马铃薯鲜薯产量有明显的交互作用, 适宜的 B、Mo 营养配施可提高马铃薯产量, B、Mo 营养不足或组合不合理均明显抑制马铃薯块茎形成, 这与 Kotur 在花椰菜上的研究结果<sup>[4]</sup>相似。可见合理施用 B、Mo 营养对于发挥马铃薯块茎潜在的生产力是必要的。

缺 B 影响植株对  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  和  $\text{NO}_3^--\text{N}$  的吸收, 降低 NR 的活性, 提高蛋白质、肽酶的活性, 影响植株体内正常的氮素同化代谢<sup>[8]</sup>, 导致 POD 与 PPO 活性提高, 引起内源乙烯与 ASA 含量的升高<sup>[9]</sup>, 降低 ZAAase 活性与影响内源 ZAA 的运输<sup>[10]</sup>。当 B 轻度过量时, 小白菜叶片 CAT、SOD 活性与  $\text{H}_2\text{O}_2$  含量增加, 叶绿素含量与光合速率降低; 当 B 严重过量时, SOD、CAT、POD 活性显著降低, MDA、 $\text{H}_2\text{O}_2$  含量增加, 膜脂过氧化作用加强<sup>[11]</sup>, 同时降低 NR 活性, 抑制植株体内氮素同化代谢与蛋白质合成<sup>[12]</sup>。Mo 是固氮酶和 NR 的组分, 参与氮代谢, 缺 Mo 导致枯株不能有效地利用和转化养分, 造成体内营养分布失衡, 抑制  $\text{NO}_3^--\text{N}$  转化成  $\text{NH}_3$ , 降低 NR 活性, 使植株由于缺少  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  和积累  $\text{NO}_3^--\text{N}$  过多而受害<sup>[13]</sup>。本试验表明, B、Mo 营养具有明显的互作效应, 与马铃薯的活性氧化代谢有密切的关系, 适宜的 B、Mo 配施可提高 SOD、POD、NR 的活性, 降低 MDA 含量与自动氧化速率, 抑制膜脂过氧化作用, 提高块茎产量。

B、Mo 不足或过量均影响细胞保护酶活性, 这可能与生物膜的完整性、活性和代谢作用有关<sup>[8]</sup>, 因为 B 与膜成分形成顺二醇硼酸复合物, 可调节膜稳定性, 缺 B 使膜结合 ATP 酶活性降低, 酸类化合物积累, 导致细胞膜受到损害, 引起植株叶片水势、气孔开放度、水分运输蒸腾速率、希尔反应活性、净光合作用及细胞间  $\text{CO}_2$  浓度, 以及

氮、叶绿素及叶绿体蛋白减少<sup>[14]</sup>。

缺 Mo 使一些酶, 如磷丙酮双激酶、核酮糖二磷酸羧化酶、磷酸果糖激酶等降解成小的亚基而失去活性, 或活性降低, 代谢途径受阻影响光合产物的运转与能量代谢<sup>[13]</sup>。适宜 B、Mo 营养配施有效地抑制生物氧自由基对生物膜的破坏作用, 维护生物膜的稳定性与透性, 促进细胞保护酶活性提高, 降低其脂质过氧化作用, 提高了植株的光合作用与正常的能量代谢, 从而促进马铃薯块茎的形成与发育, 因而提高鲜薯产量。

### 参 考 文 献

- [1] 关佩聪, 杨暹, 胡肖珍. 青花菜主要矿质营养特性的研究 [J]. 华南农业大学学报, 1996, 17 (1): 72—77.
- [2] 杨暹, 关佩聪, 陈日远. 氮钾营养对青花菜生长花球产量与光合生理的影响 [J]. 园艺学报, 1994, 21 (2): 175—179.
- [3] Shelp BJ, Penner R, Zhu Z. Broccoli Cultivar response to boron deficiency. Canada Journal of plant Science, 1992, 72 (3): 883—888.
- [4] Kotur SC. Synergistic interaction of lime, boron and molybdenum on Curd, rot and Curd Yield of cauliflower on an Alfisol. Indian Journal of Agricultural Sciences, 1998, 68 (5): 268—270.
- [5] Francois sk. Effect of excess boron on broccoli, Cauliflower and radish. J. Amer. Soc. Hort. Sci., 1986, 111 (4): 494—498.
- [6] 杨暹, 吴佩聪. 干旱胁迫与菜心叶片活性氧代谢的研究 [J]. 华南农业大学学报, 1998, 19 (2): 81—85.
- [7] 李柏林, 梅慧生. 燕麦叶片衰老与活性氧代谢的关系 [J]. 植物生理学报, 1989, 15 (1): 6—12.
- [8] 熊汉锋, 刘武定, 皮美美. 硼氮及其配合对油菜吸收及某些酶活性的影响 [J]. 华中农业大学学报, 1994, 13 (1): 46—50.
- [9] 谭启珍, 王运华, 吴礼树. 硼与乙烯调节剂对棉花营养和产量的影响 [J]. 华中农业大学学报, 1995, 14 (2): 154—158.
- [10] 赵竹青, 王运华, 吴礼树. 缺硼对黄瓜生长代谢的影响 [J]. 华中农业大学学报, 1998, 17 (3): 232—236.
- [11] 赵竹青, 刘同仇, 邓波儿. 过量硼对小白菜活性氧代谢的影响 [J]. 华中农业大学学报, 1995 (增刊): 53—56.
- [12] 胡承孝, 刘同仇. 过量硼对小白菜品质及氧代谢的影响 [J]. 华中农业大学学报, 1995 (增刊): 49—52.
- [13] 魏文学, 谭启珍, 王运华. 冬小麦钼营养与无机养分平衡关系初步研究 [J]. 华中农业大学学报, 1996, 15 (15): 437—441.
- [14] Sharma PN, Tanuja Ramchandra. Effects of boron deficiency and recovery on water relation and photosynthesis in cauliflower. Indian J. of Exper. Biology, 1991, 29 (10): 967—970.

## EFFECTS OF BORON AND MOLYBDENUM ON TUBER YIELD AND ACTIVE OXYGEN METABOLISM IN POTATO (*Solanum tuberosum* L.)

LI Jun<sup>1</sup>, LI Xiang-dong<sup>2</sup>, ZHANG Dian-jun<sup>1</sup>

(1. I m prove Center in potato of China, Heilongjiang Keshan county 161606; 2. Agrotechnical center of Keshan County 161600)

**ABSTRACT:** The effect of eight B-Mo treatments on tuber yield and active oxygen metabolism in potato were studied. The results indicated that there was a close relationship between B-Mo nutrition and tuber yield as well as active oxygen metabolism of leaves in potato. There was a marked interaction between B and Mo nutrition. When the concentrations of B were the same, Catalase (CAT) activity and ascorbic acid (ASA) content increased with the increase of concentration of Mo. When the concentrations of Mo were the same, CAT activity and ASA content increased with the increase of concentration of B. The combination of B and Mo nutrition at a proper level (B<sub>6</sub>Mo<sub>5</sub> treatment) could increase superoxide dismutase (SOD), peroxidase (POD), nitrate reductase (NR) activity, decrease malondialdehyde (MDA) content and autoxidation rate, inhibit membrane lipid peroxidation, and increase tuber yield. There was a significant positive correlation between productive capability of tuber and the activities of protective enzymes (SOD, POD, CAT and NR), and a significant negative correlation with the MDA content.

**KEY WORDS:** potato; B-Mo nutrition; tuber yield; active oxygen metabolism