

# 氮磷钾硼肥配施对青花菜养分吸收分配及产量和品质的影响

张朝轩<sup>1</sup>, 谢祝捷<sup>1\*</sup>, 陈澍棠<sup>1</sup>, 吴震<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>上海市农业科学院园艺研究所, 上海市设施园艺技术重点实验室, 上海 201106; <sup>2</sup>南京农业大学园艺学院, 南京 210095)

**摘 要:** 研究了不施肥处理, 氮磷钾配施和增施硼肥对青花菜养分吸收分配及产量和品质的影响。结果表明, 现蕾期至花球膨大期, 青花菜对氮、磷、钾的吸收量最大, 整个生长期对钾的吸收最多, 氮次之, 磷最少。氮磷钾主要分配在叶片中, 现蕾后逐渐向花球转移, 从现蕾到采收时, 叶片中氮、磷、钾分配率分别降低了 19.6%、10%和 9.0%, 花球中氮磷钾分配率分别提高了 23.1%、15.9%和 11.1%。不施氮、磷、钾肥显著降低了花球产量、维生素 C含量和成品率, 增施硼肥处理的花球成品率较氮磷钾肥处理提高了 4.8%, 不施氮肥和钾硫肥 ( $K_2SO_4$ ) 显著降低了花球中的硫代葡萄糖苷含量。相关性分析表明, 青花菜产量与植株内氮、钾积累量显著正相关, 成品率与植株内磷营养显著正相关。

**关键词:** 青花菜; 施肥; 养分吸收分配; 产量; 品质

**中图分类号:** S 635 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2008) 04-0591-04

## Effect of Nitrogen, Phosphorus, Potassium and Boron on Nutrient Absorption, Distribution, Yield and Quality of Broccoli

ZHANG Chao-xuan<sup>1</sup>, XIE Zhu-jie<sup>1\*</sup>, CHEN Shu-tang<sup>1</sup>, and WU Zhen<sup>2</sup>

(<sup>1</sup>Horticultural Research Institute, Key Laboratory of Protected Horticultural Technology of Shanghai, Shanghai 201106, China;

<sup>2</sup>College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China)

**Abstract:** Field experiment was conducted to study the effects of nitrogen, phosphorus, potassium deficiency and boron on N, P, K nutrition absorption and distribution, yield, quality of broccoli. The results showed that the plant accumulated more mineral nutrition during initial period of bud to curd intumescences period. In the whole growth stage, broccoli absorbed K most, then N, and P was least. N, P, K were distributed in leaves mostly, and then turn to curd. The content of N, P, K decreased 19.6%, 10% and 9.0% in leaves from bud period to harvest and the content of N, P, K in curd increased to 23.1%, 15.9% and 11.1% respectively in harvest period. The nitrogen, phosphorus and potassium deficiency decreased yield, vitamin C and finished product rate significantly. The treatment of adding boron increased finished product rate 4.8% than N, K, P treatment. The deficiency of nitrogen and sulfur decreased the glucosinolates significantly. Correlation analysis revealed that the yield was significantly correlated with N, K accumulation in plant and finished product rate was significantly correlated with P in plant.

**Key words:** broccoli; fertilization; nutrient absorption and distribution; yield; quality

施肥是影响青花菜 (*Brassica oleracea* L. var *italica* Planch) 产量和品质的重要因素, 但有关青花菜对氮磷钾养分吸收的研究结果不尽一致 (Magnifico et al., 1979; 关佩聪等, 1996; 张永清,

收稿日期: 2008 - 01 - 07; 修回日期: 2008 - 02 - 27

基金项目: 上海市科技兴农重点攻关项目 (沪农科攻字 2004 第 1-4-1 号)

\* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: xiezj8@163.com)

2004; 张朝轩 等, 2007)。

本研究系统探讨了青花菜体内氮、磷、钾的积累和分配特性及不同施肥处理对青花菜产量、外观品质、花球中硫代葡萄糖苷含量和维生素 C 含量的影响, 为制定青花菜优质高产施肥方案提供理论依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验设计

试验于 2005—2007 年在上海市农业科学园园艺场进行, 供试青花菜品种为‘上海 4 号’。8 月中旬播种, 幼苗长至 4~5 片真叶时, 挑选整齐一致的定植于大田。

土壤基本农化性状为: 有机质  $26.1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , pH 6.4, 碱解氮  $131.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效磷  $21.5 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 速效钾  $79.7 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 有效硼  $0.28 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。

试验设 CK (不施肥)、PK、NK、NP、NPK、NPKB 6 个处理, 每处理 3 次重复, 随机排列。N、 $\text{P}_2\text{O}_5$ 、 $\text{K}_2\text{O}$  和 B 的用量分别为  $300 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $120 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ 、 $180 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$  和  $15 \text{ kg} \cdot \text{hm}^{-2}$ , 试验中所用肥料为尿素、过磷酸钙、硫酸钾和硼砂。

氮肥 40% 做基肥, 在移栽后 15 d 心叶交合时和现蕾期分别追施 20% 的氮肥; 磷肥 80% 做基肥, 20% 在心叶交合时做追肥; 钾肥 40% 做基肥, 40% 在移栽后 15 d 追施苗肥, 20% 在现蕾期追施; 硼肥全部做基肥。

### 1.2 方法

各处理分别于叶簇生长期、现蕾期、花球膨大期和采收期取样, 每次每重复取 5 株, 测定不同器官的氮磷钾含量。

花球直径达 13 cm 时采收, 参照上海出口保鲜青花菜的企业标准统计成品率 [成品率 (%) = 花球成品数 / 花球总数  $\times 100$ ], 并测定花球质量、维生素 C 和硫代葡萄糖苷含量。

采用半微量凯氏法、钼锑抗比色法、火焰光度法测定氮磷钾含量 (南京农业大学, 1990), 2, 6 - 二氯酚靛酚滴定法测定维生素 C 含量 (李合生, 2000), 比色法测定硫代葡萄糖苷含量 (甘莉等, 1999)。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理下青花菜不同生长期氮、磷、钾的积累和分配

整个生长期, 不同施肥处理青花菜植株内的氮、磷、钾含量均不断积累, 变化趋势基本一致 (图表文中未列出), 其中现蕾期到花球膨大期氮、磷、钾积累量增幅最大, 以对照为例, 花球膨大期氮、磷、钾积累量分别较现蕾期增加了 79.6%、42.7% 和 58.9%。

不施肥对照在各生长期相应元素的含量显著低于全施肥处理, 增施硼肥对青花菜氮、磷、钾的积累没有显著影响。青花菜全生长期对钾的需求量最大, 氮次之, 磷最少。

表 1 表明, 不同施肥处理, 青花菜植株内矿质营养在各器官的分配变化趋势基本一致, 氮、磷、钾主要集中在茎叶中, 叶片中积累最多, 现蕾期, 氮磷钾在叶片内的分配率 (均为各处理平均值) 分别为 73.2%、64.1% 和 61.5%。现蕾后, 茎叶内的氮、磷、钾营养逐渐向花球转移, 采收期氮磷钾在叶片的分配率分别降低到 53.6%、54.1% 和 52.6%, 此时, 氮、磷、钾在花球的分配率增加到 23.1%、15.9% 和 11.1%。

表 1 N、P、K在青花菜不同器官的分配

Table 1 N, P, K distributions in different organs of broccoli

生长期 Growth stage	处理 Treat- ment	N / %				P / %				K / %			
		根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	花球 Curd	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	花球 Curd	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	花球 Curd
叶簇生长期 Leaves growing period	CK	0.9	6.6	92.5	-	4.3	11.5	84.2	-	0.7	20.5	78.8	-
	PK	0.8	8.1	91.1	-	4.7	12.7	82.6	-	0.8	22.7	77.3	-
	NK	1.3	8.6	90.1	-	4.3	9.9	85.8	-	0.7	22.9	76.3	-
	NP	0.7	6.4	92.9	-	4.2	10.9	84.9	-	0.7	21.8	77.5	-
	NPK	1.1	6.5	92.4	-	4.5	11.9	83.6	-	0.7	21.1	78.2	-
	NPKB	0.9	6.1	93.0	-	3.9	10.7	85.4	-	0.6	20.9	78.5	-
现蕾期 Bud period	CK	3.7	22.5	73.8	-	8.6	27.7	63.7	-	13.8	24.7	61.5	-
	PK	3.4	24.7	71.9	-	10	28.8	61.2	-	14.9	25.7	59.4	-
	NK	3.8	22.8	73.4	-	7.8	27.4	64.8	-	12.9	25.1	62.0	-
	NP	3.8	23.5	72.7	-	8.5	26.4	65.1	-	15.2	22.9	61.9	-
	NPK	4.5	21.8	73.7	-	9.5	26.0	64.5	-	13.9	23.9	62.2	-
	NPKB	4.5	22.1	73.4	-	8.3	26.4	65.3	-	13.4	24.5	62.1	-
花球膨大期 Curd intumescence period	CK	3.4	21.7	62.1	12.8	7.2	23.5	58.1	11.2	10.2	23.9	57.7	8.2
	PK	3.9	22.1	61.5	12.5	7.4	24.3	59.2	9.1	9.9	24.4	58.4	7.3
	NK	3.3	19.9	64.7	12.1	6.9	23.4	61.0	8.7	10.2	25.4	57.2	7.2
	NP	3.5	20.4	62.2	13.9	8.2	24.5	57.0	10.3	11.2	24.2	56.6	8.0
	NPK	3.9	21.9	61.3	12.9	8.0	23.5	58.8	9.7	10.3	21.9	60.6	7.2
	NPKB	3.8	21.5	61.3	13.4	7.7	23.1	59.7	9.5	10.6	23.4	58.8	7.2
采收期 Harvest period	CK	5.4	18.5	51.5	24.6	8.4	21.8	52.3	17.5	11.6	23.9	53.3	11.2
	PK	4.3	18.7	53.6	23.4	8.6	20.8	54.6	16.0	10.9	24.4	54.0	10.7
	NK	6.1	17.6	52.7	23.6	7.9	21.4	57.6	13.1	11.7	25.4	51.6	11.3
	NP	5.6	18.5	52.8	23.1	8.5	21.4	54.8	15.3	12.0	25.9	51.5	10.6
	NPK	5.9	16.9	54.9	22.3	9.3	21.4	52.2	17.1	11.5	24.2	52.9	11.4
	NPKB	6.1	16.7	55.9	21.3	9.2	21.2	53.1	16.5	11.9	24.8	52.1	11.2

2.2 氮、磷、钾配施对青花菜产量和品质的影响

表 2表明，各施肥处理的青花菜花球产量、维生素 C 含量、总硫代葡萄糖苷含量和成品率均显著高于对照，不施氮肥、磷肥、钾肥处理，花球产量和维生素 C 含量均显著低于 NPK和 NPKB 处理。不施氮肥和钾肥（K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>）处理的花球总硫代葡萄糖苷的含量均显著低于其它各施肥处理。不施氮肥、磷肥、钾肥处理的花球外观成品率显著低于 NPK和 NPKB 处理，增施硼肥外观成品率最高，且与其它各处理均达到显著差异水平。

表 2 不同施肥处理对青花菜产量和品质的影响

Table 2 The yield and quality of broccoli with various fertilization

处理 Treatment	产量 / (kg · hm <sup>-2</sup> ) Yield	维生素 C 含量 / (mg · g <sup>-1</sup> ) Vitamin C	硫代葡萄糖苷含量 / (μmol · g <sup>-1</sup> ) Gluconsinolates	成品率 / % Finished product rate
CK	8 032.26 d	0.9071 d	18.12 c	38.1 d
PK	8 859.83 c	0.9874 c	19.16 b	43.0 c
NK	9 666.92 b	1.1068 b	21.63 a	43.7 c
NP	9 101.98 c	1.0443 bc	18.58 b	44.6 c
NPK	10 754.87 a	1.2462 a	21.94 a	50.5 b
NPKB	10 920.45 a	1.2495 a	21.79 a	55.3 a

### 3 讨论

不同施肥处理下,青花菜整个生长期对氮、磷、钾的吸收均以钾最多,氮次之,磷最少,这与Magnifico等(1979)的研究结果一致。本研究表明,现蕾期至花球膨大期青花菜对氮、磷、钾的吸收量最大,此时也是N、P、K从茎叶器官向花球转移的重要时期,增加现蕾期的施肥比例,对充分发挥青花菜花球生产潜势有重要意义。青花菜植株内的氮、磷、钾营养主要集中在叶片中,因此,可以通过测定叶片的营养判断整株营养状况。

不施氮、磷、钾肥都显著降低了青花菜花球产量和维生素C含量,其中氮钾肥影响最大,这与张永清(2004)的研究结果一致。Kim等(2002)研究表明,增施氮肥可以增加芜菁中的硫代葡萄糖苷含量,Rosen等(2005)研究发现,较多的硫供应可以增加甘蓝的硫代葡萄糖苷含量。本研究表明,缺施氮肥和钾硫肥( $K_2SO_4$ )显著降低了青花菜花球中的硫代葡萄糖苷含量,说明硫代葡萄糖苷作为一种含氮、含硫的次生代谢物,氮和硫对其在青花菜体内的合成有着重要作用。

了解不同矿质营养与产量和品质的关系,可以通过合理施肥来调控产量和品质。相关分析表明,青花菜植株内氮、磷、钾积累量与产量和成品率均呈正相关,且产量与氮、钾积累量显著相关( $R_N = 0.9718^{**}$ ,  $R_K = 0.9213^{*}$ ),表明充足的氮钾营养对青花菜高产有重要意义。成品率与植株内磷的积累量显著相关( $R_P = 0.9318^{*}$ ),可见磷营养对青花菜成品率影响更大。

### References

- Nanjing Agricultural University. 1990. Agricultural chemistry analysis of soil. Beijing: China Agricultural Press: 212 - 219. (in Chinese)
- 南京农业大学. 1990. 土壤农化分析. 北京: 农业出版社: 212 - 219.
- Gan Li, Jin Liang, Zou Guo-ling. 1999. Exploration on the optimum conditions of determining glucosinolate by palladium chloride method. Journal of Huazhong Agricultural University, 18 (6): 592 - 595. (in Chinese)
- 甘莉, 金良, 邹国岭. 1999. 氯化钯法测定硫代葡萄糖苷含量的最佳测定条件探讨. 华中农业大学学报, 18 (6): 592 - 595.
- Guan Pei-cong, Yang Xian, Hu Xiao-zhen. 1996. Studies on the major mineral nutrition in broccoli. South China Agr Univ, 17 (1): 72 - 77. (in Chinese)
- 关佩聪, 杨暹, 胡肖珍. 1996. 青花菜主要矿质营养特性的研究. 华南农业大学学报, 17 (1): 72 - 77.
- Kim S J, Matsuo M, Watanabe Y. 2002. Effect of nitrogen and sulphur application on glucosinolate content in vegetable turnip rape (*Brassica napus* L.). Soil Science and Plant Nutrition, 48: 43 - 49.
- Li He-sheng. 2000. Plant physico-chemistry experiment principle and technology. Beijing: Higher Education Press: 246 - 248. (in Chinese)
- 李合生. 2000. 植物生理生化实验原理和技术. 北京: 高等教育出版社: 246 - 248.
- Magnifico V, Lattanzio V, Sarli G. 1979. Growth and nutrient removal by broccoli. Amer Soc Hort Sci, 104 (2): 201 - 203.
- Rosen C J, Fritz V A, Gardner G M, Hecht S S, Camella S G, Kenney P M. 2005. Cabbage yield and glucosinolate concentration as affected by nitrogen and sulfur fertility. HortScience, 40: 1493 - 1498.
- Zhang Chao-xuan, Xie Zhu-jie, Yao Zheng, Wu Zhen. 2007. Effects of balanced application of nitrogen, phosphorus and potassium fertilizers on yield and rate of finished products of export broccoli. Acta Agriculturae Shanghai, 23 (3): 22 - 25. (in Chinese)
- 张朝轩, 谢祝捷, 姚政, 吴震. 2007. 氮磷钾平衡施肥对出口青花菜产量和成品率的效应研究. 上海农业学报, 23 (3): 22 - 25.
- Zhang Yong-qing. 2004. Effect of N, P and K combined application on yield and quality of broccoli. Journal of Shanxi Teacher's University: Natural Science Edition, 18 (2): 77 - 80. (in Chinese)
- 张永清. 2004. 氮肥与磷钾肥配施对青花菜产量和品质的影响. 山西师范大学学报: 自然科学版, 18 (2): 77 - 80.