

## 微肥和稀土对小白菜产量与品质的影响

黄运湘<sup>a</sup>, 吴名宇<sup>b</sup>, 张杨珠<sup>a</sup>, 王翠红<sup>a</sup>

(湖南农业大学 a.资源环境学院; b.招生就业指导处, 湖南 长沙 410128)

**摘要:** 采用田间小区试验, 研究当前蔬菜的主要施肥模式(有机肥无机肥配施)下配合喷施锌、硼、铜、钼、锰及农用稀土对小白菜的产量、品质的影响。结果表明: 配合喷施微肥或稀土对小白菜的产量影响无明显规律, 但均能不同程度降低小白菜的硝酸盐和亚硝酸盐含量, 与对照相比, 春季、秋季小白菜的硝酸盐含量分别降低了 3.1%~28.2%、6.4%~43.0%, 亚硝酸盐含量分别降低 3.0%~54.5%、0.0%~20.0%; 春季小白菜的维生素 C 和秋季小白菜的可溶性糖含量分别提高 18.6%~82.4% 和 3.6%~67.9%; 耕层土壤中硝态氮含量降低 8.5%~69.9%, 铵态氮含量提高 88.2%~157.4%。综合分析表明, 不同施肥处理以有机肥无机肥配施及配合喷施锌肥效果较好, 既降低小白菜的硝酸盐含量, 又能提高维生素 C 及可溶性糖含量。

**关键词:** 小白菜; 微肥; 稀土; 产量; 硝酸盐; 亚硝酸盐; 维生素 C; 可溶性糖

中图分类号: S141.4 文献标志码: A 文章编号: 1007-1032(2012)04-0426-04

## Effect of microelement fertilizer and rare earths on yield and quality of Chinese cabbage

HUANG Yun-xiang<sup>a</sup>, WU Ming-yu<sup>b</sup>, ZHANG Yang-zhu<sup>a</sup>, WANG Cui-hong<sup>a</sup>

(a.College of Resources and Environment; b.Enrolment and Vocation Guidance Office, Hunan Agricultural University, Changsha 410128, China)

**Abstract:** Field plot experiment was carried out to study the effect of microelement fertilizer and rare earths on yield and quality of Chinese cabbage and contents of  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  and  $\text{NO}_3^--\text{N}$  in tested soil. The results showed that combination of organic manure and NPK fertilizers applied together with microelement fertilizer or rare earths reduced the content of nitrate and nitrites in Chinese cabbage in varying degrees. In comparison with the contrast, nitrate and nitrites contents of Chinese cabbage were reduced by 3.1%~28.2% and 6.4%~43.0% respectively in spring, and reduced by 3.0%~54.5% and 0.0%~20.0% respectively in autumn. Vitamin C content of Chinese cabbage was increased by 18.6%~82.4% in spring and soluble sugar content was increased by 3.6%~67.9% in autumn.  $\text{NO}_3^--\text{N}$  content was reduced by 8.5%~69.9% and  $\text{NH}_4^+-\text{N}$  content was increased by 88.2%~157.4% in plough layer of soils. Synthetic analysis showed that combination of organic manure and NPK fertilizers applied together with Zn fertilizer, not only increased vitamin C and soluble sugar contents, but also reduced nitrate content of Chinese cabbage.

**Key words:** Chinese cabbage; microelement fertilizer; rare earths; yield; nitrate; nitrites; Vitamin C; soluble sugar

蔬菜是人体摄入硝酸盐的主要来源<sup>[1]</sup>。硝酸盐还原成亚硝酸盐, 不仅会引起高铁血红蛋白症, 而且会进一步与胃肠中的胺类物质结合, 形成极强的致癌物质——亚硝胺, 从而诱发消化系统癌变<sup>[2]</sup>。中国

自 20 世纪 80 年代开始对硝酸盐的限量指标、累积生理机制、影响因素及防控措施等进行了较系统的研究<sup>[3-9]</sup>。化学氮肥的过量和不合理施用是蔬菜硝酸盐累积的主要原因<sup>[10-12]</sup>。如何降低蔬菜中硝酸盐和

收稿日期: 2012-02-09

基金项目: 湖南省科学技术厅资助项目(02SSY3033)

作者简介: 黄运湘(1963—), 女, 湖南邵东人, 博士, 教授, 主要从事土壤肥力与环境土壤的研究, yxhuang63@163.com

亚硝酸盐含量成为蔬菜生产中重要的研究课题。笔者研究当前蔬菜的主要施肥模式(有机肥无机肥配施)下配合喷施微肥和稀土,对小白菜的产量、硝酸盐及亚硝酸盐含量等的影响,旨在为菜园土壤的施肥管理及降低蔬菜硝酸盐含量提供参考依据。

## 1 材料与方 法

### 1.1 材 料

供试作物为湖南省广泛种植的小白菜品种湘

潭矮脚白;化肥为尿素(含 N 46%)、过磷酸钙(含  $P_2O_5$  12%)和氯化钾(含  $K_2O$  60%);微肥为硫酸锰、钼酸铵、硼酸、硫酸锌、硫酸铜;稀土为农用稀土;有机肥料为菜枯。春季试验用菜枯肥的 N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  含量分别为 43.39、8.34、12.59 g/kg,秋季试验用菜枯肥的 N、 $P_2O_5$ 、 $K_2O$  含量分别为 49.6、9.5、9.4 g/kg。供试土壤为第四纪红土母质发育的红菜园土,土壤基本理化性质见表 1。

表 1 供试土壤的基本理化性质

Table 1 Basic properties of the tested soils

试验季节	pH	有机质/(g·kg <sup>-1</sup> )	全氮/(g·kg <sup>-1</sup> )	全磷/(g·kg <sup>-1</sup> )	全钾/(g·kg <sup>-1</sup> )	碱解氮/(mg·kg <sup>-1</sup> )	有效磷/(mg·kg <sup>-1</sup> )	速效钾/(mg·kg <sup>-1</sup> )
春季	4.25	22.09	1.38	2.23	21.4	148.8	103.3	242.4
秋季	4.90	32.30	2.50	4.20	20.5	159.1	169.4	149.9

### 1.2 试验设计

田间试验于 2004 年在长沙市芙蓉区东湖村进行。设 8 个处理:  $T_1$ , 单施化肥(CK, 为前 2 年筛选得到的 N、P、K 肥最佳配施方案, N 210 kg/hm<sup>2</sup>,  $P_2O_5$  100.7 kg/hm<sup>2</sup>,  $K_2O$  207.7 kg/hm<sup>2</sup>);  $T_2$ , 有机肥无机肥配施(有机氮与无机氮比例为 1:1);  $T_3$ , 有机肥无机肥配施+喷施锌肥(0.1%  $ZnSO_4$ );  $T_4$ , 有机肥无机肥配施+喷施硼肥(0.15%  $H_3BO_3$ );  $T_5$ , 有机肥无机肥配施+喷施铜肥(0.015%  $CuSO_4$ );  $T_6$ , 有机肥无机肥配施+喷施钼肥(0.04% 钼酸铵);  $T_7$ , 有机肥无机肥配施+喷施锰肥(0.08%  $MnSO_4$ );  $T_8$ , 有机肥无机肥配施+喷施稀土(0.05% 稀土)。

各小区 N、P、K 用量一致, 磷肥、钾肥和有机肥于移栽前一次性作基肥施入土壤中, N 肥 65% 作基肥, 35% 于移栽后 2 周左右作追肥施入。  $T_1$ 、 $T_2$  处理于收获前 14 d 喷清水至叶片两面湿透, 微肥和稀土处理于收获前 14 d 喷施至叶片两面湿透。每处理重复 3 次, 随机区组排列, 小区面积约 12 m<sup>2</sup>, 每区移栽小白菜 140 株, 分春季和秋季种植 2 茬。其他管理同大田常规管理。

### 1.3 样品采集与测定项目

小白菜于收获前(6 月 17 日和 11 月 20 日)取鲜样测定硝酸盐、亚硝酸盐和维生素 C(V-C)含量。收

获时(7 月 2 日和 11 月 23 日)分小区测产。每小区取小白菜 3 棵于烘箱中杀青烘干, 测定秋季小白菜可溶性糖含量。施肥移栽前采集耕层(0~20 cm)混合土壤样品测定土壤基本理化性质, 小白菜收获后分小区取耕层混合土样测定土壤硝态氮和铵态氮含量。

蔬菜中硝酸盐含量采用饱和硼砂溶液浸提-紫外分光光度法测定; 亚硝酸盐含量采用饱和硼砂溶液浸提-磺胺比色法测定; V-C 含量采用 2% 草酸浸提, 2,4-二硝基苯肼比色法测定; 可溶性糖含量采用水浸提-蒽酮比色法测定, 土壤基本理化性质按文献[13]方法测定; 硝态氮采用 0.2%  $CaSO_4$  浸提-紫外分光光度法测定; 铵态氮采用靛酚蓝比色法测定。

### 1.4 数据分析

采用 Excel 2003 和 DPS 进行数据统计分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对小白菜产量的影响

从表 2 可知, 不同施肥处理对小白菜产量的影响无明显规律。与对照相比,  $T_4$ 、 $T_6$  春季小白菜产量差异达显著水平, 增幅分别达 19.5% 和 28.7%,  $T_5$  小白菜产量显著降低, 降幅达 27.8%。不同处理的秋季小白菜产量差异不显著。

表2 不同施肥处理小白菜的产量

处理	产量/(kg·hm <sup>-2</sup> )		较对照的增减率/%	
	春季小白菜	秋季小白菜	春季小白菜	秋季小白菜
T <sub>1</sub>	21 490 c	115 208	0.0	0.0
T <sub>2</sub>	22 842 bc	119 549	6.3	3.8
T <sub>3</sub>	19 329 c	113 750	-10.1	-1.3
T <sub>4</sub>	25 683 ab	102 083	19.5	-11.4
T <sub>5</sub>	15 511 d	106 458	-27.8	-7.6
T <sub>6</sub>	27 650 a	115 208	28.7	0.0
T <sub>7</sub>	22 672 bc	114 097	5.5	-1.0
T <sub>8</sub>	19 917 c	113 264	-7.3	-1.7

## 2.2 不同施肥处理对小白菜硝酸盐和亚硝酸盐及其他品质的影响

### 2.2.1 对小白菜硝酸盐和亚硝酸盐含量的影响

由表3可知,与对照相比,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>6</sub>显著降低春季小白菜中硝酸盐含量,分别比对照下降16.2%、18.7%和28.2%。与对照相比,秋季小白菜施微肥(T<sub>8</sub>除外)均显著降低其硝酸盐含量,其中以

表3 不同施肥处理小白菜硝酸盐含量

处理	硝酸盐含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )		较对照的增减率/%	
	春季小白菜	秋季小白菜	春季小白菜	秋季小白菜
T <sub>1</sub>	3 999.0 a	2 754.6 a	0.0	0.0
T <sub>2</sub>	3 349.8 bc	2 579.2 ab	-16.2	-6.4
T <sub>3</sub>	3 253.1 bc	1 985.9 c	-18.7	-27.9
T <sub>4</sub>	3 820.0 ab	2 439.9 b	-4.5	-11.4
T <sub>5</sub>	3 576.6 ab	2 230.9 bc	-10.6	-19.0
T <sub>6</sub>	2 869.5 c	1 965.2 c	-28.2	-28.7
T <sub>7</sub>	3 876.7 ab	1 570.5 d	-3.1	-43.0
T <sub>8</sub>	3 629.9 ab	2 501.8 ab	-9.2	-9.2

T<sub>7</sub>、T<sub>6</sub>和T<sub>3</sub>的效果较好,其硝酸盐含量分别比对照降低了43.0%、28.7%和27.9%。

由表4可知,与对照相比,不同配施肥处理均不同程度降低了春季小白菜的亚硝酸盐含量,但差异均不显著。不同施肥处理秋季小白菜亚硝酸盐含量与对照的差异不显著,T<sub>5</sub>亚硝酸盐含量略有提高。

表4 不同施肥处理小白菜的亚硝酸盐含量

处理	亚硝酸盐含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )		较对照的增减率/%	
	春季小白菜	秋季小白菜	春季小白菜	秋季小白菜
T <sub>1</sub>	3.3	0.5	0.0	0.0
T <sub>2</sub>	1.6	0.4	-51.5	-20.0
T <sub>3</sub>	2.2	0.4	-33.3	-20.0
T <sub>4</sub>	3.2	0.5	-3.0	0.0
T <sub>5</sub>	1.5	0.7	-54.5	40.0
T <sub>6</sub>	1.8	0.4	-45.5	-20.0
T <sub>7</sub>	1.6	0.4	-51.5	-20.0
T <sub>8</sub>	2.8	0.5	-15.2	0.0

### 2.2.2 对小白菜V-C及可溶性糖含量的影响

由表5可知,配合喷施微肥和稀土,均可提高春季小白菜V-C含量,其中以T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>和T<sub>5</sub>的效果较好,分别比T<sub>1</sub>提高了82.4%、79.8%和69.1%,差异显著。秋季小白菜试验中,T<sub>2</sub>显著提高小白菜V-C含量;T<sub>6</sub>提高小白菜V-C含量,但差异不显著;T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>和T<sub>5</sub>降低小白菜V-C含量,但差异不显著。有机肥无机肥配施及配合喷施微肥和稀土,均不同程度地提高小白菜中可溶性糖含量,其中以T<sub>3</sub>、T<sub>8</sub>和T<sub>7</sub>的效果较好,比对照分别提高了67.9%、61.5%和48.6%,差异达显著水平。

表5 不同施肥处理小白菜的V-C和可溶性糖含量

处理	V-C含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )		较对照V-C含量增减率/%		秋季小白菜 可溶性糖含量/(g·kg <sup>-1</sup> )	较对照的 增减率/%
	春季小白菜	秋季小白菜	春季小白菜	秋季小白菜		
T <sub>1</sub>	792.5 c	263.6 bc	0.0	0.0	74.35 c	0.0
T <sub>2</sub>	1 319.5 ab	414.7 a	66.5	57.3	108.18 ab	45.5
T <sub>3</sub>	1 446.0 a	262.7 bc	82.4	-0.4	124.81 a	67.9
T <sub>4</sub>	1 424.9 a	250.5 bc	79.8	-5.0	77.05 c	3.6
T <sub>5</sub>	1 340.6 ab	221.2 c	69.1	-16.1	94.86 abc	27.6
T <sub>6</sub>	1 066.6 abc	320.9 b	34.6	21.7	101.72 abc	36.8
T <sub>7</sub>	1 108.7 abc	264.0 bc	39.9	0.1	110.53 abc	48.6
T <sub>8</sub>	940.1 bc	281.6 bc	18.6	6.8	120.09 a	61.5

### 2.3 不同施肥处理对耕层土壤硝态氮和铵态氮含量的影响

由表 6 可知, 配合喷施微肥或稀土, 均显著降低耕层土壤中硝态氮含量, 提高铵态氮含量, 其中以 T<sub>4</sub> 的效果最好, 硝态氮含量比对照降低了 69.9%, 铵态氮含量比对照提高了 157.4%, 其次为 T<sub>3</sub>、T<sub>5</sub>, 硝态氮含量较对照分别降低了 48.0% 和 38.8%, 铵态氮含量较对照分别提高了 122.1% 和 123.1%。

表 6 不同施肥处理耕层土壤的硝态氮和铵态氮含量  
Table 6 Contents of NO<sub>3</sub><sup>-</sup>-N and NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N in plough layer of soils with different treatments

处理	含量/(mg·kg <sup>-1</sup> )		较对照的增减率/%	
	硝态氮	铵态氮	硝态氮	铵态氮
T <sub>1</sub>	100.3 a	52.4 b	0.0	0.0
T <sub>2</sub>	91.8 a	120.8 a	-8.5	130.5
T <sub>3</sub>	52.2 b	116.4 a	-48.0	122.1
T <sub>4</sub>	30.2 b	134.9 a	-69.9	157.4
T <sub>5</sub>	61.4 b	116.9 a	-38.8	123.1
T <sub>6</sub>	60.5 b	100.4 a	-39.7	91.6
T <sub>7</sub>	53.4 b	98.6 a	-46.8	88.2
T <sub>8</sub>	41.0 b	110.1 a	-59.1	110.1

### 3 结论和讨论

本研究结果表明, 有机肥无机肥配施及配合喷施稀土和微肥均可降低小白菜的硝酸盐和亚硝酸盐含量, 其中以喷施 Mo、Mn、Zn 肥效果较好。不同施肥处理春、秋季小白菜的硝酸盐含量均已超过蔬菜硝酸盐的限量标准(432 mg/kg), 亚硝酸盐含量远低于蔬菜亚硝酸盐的限量标准(15.6 mg/kg)<sup>[1]</sup>。关于蔬菜硝酸盐超标的问题, 笔者认为应辨证地加以认识, 硝酸盐对人体并无毒性, 且摄入体内的硝酸盐大多随泌尿系统排出, 留在体内的很少。相关研究<sup>[1,14]</sup>表明, 维生素 C 与 NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 之比为 2 时, 有利于阻止形成亚硝胺, 因此, 多食用富含维生素 C 的蔬菜、水果有利于降低硝酸盐对人体的危害。

有机肥无机肥配施及配合喷施微肥和稀土对小白菜增产效果不明显, 但明显提高小白菜维生素 C 和可溶性糖含量, 改善小白菜品质, 有利于降低硝酸盐的危害。以有机肥无机肥配施及配合喷施 Zn、B 和 Cu 肥对提高小白菜维生素 C 含量效果较好。

有机肥无机肥配施及配合施用微肥和稀土, 均能显著降低耕层土壤中硝态氮含量(T<sub>2</sub> 除外), 提高

铵态氮含量, 其中以配合喷施 B 肥的效果较好, 与对照相比, 硝态氮含量降低了 69.9%, 铵态氮含量提高了 157.4%, 对抑制铵态氮的转化和降低硝酸盐的淋失有较好作用。

#### 参考文献:

- [1] 汪雅谷. 无污染蔬菜的理论与实践[M]. 北京: 中国农业出版社, 2001: 16-17.
- [2] 唐建初, 刘钦云, 吕辉红, 等. 湖南省蔬菜硝酸盐污染现状调查及食用安全评价[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(6): 672-676.
- [3] 王华静, 吴良欢, 陶勤南. 夏季秋季喷施氨基酸对小白菜硝酸盐积累及营养品质的影响[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2): 224-227.
- [4] 曾晓蓉, 肖和艾, 吴金水, 等. 植物生理调节剂对四种蔬菜硝酸盐积累和产量的影响[J]. 农业现代化研究, 2011, 32(3): 371-375.
- [5] 张木, 胡承孝, 孙学成, 等. 叶面喷施微量元素和氨基酸对小白菜产量及品质的影响[J]. 华中农业大学学报: 自然科学版, 2011, 30(5): 613-617.
- [6] 张杨珠, 余光辉, 王翠红, 等. 菜园土肥力特征及蔬菜硝酸盐污染的控制技术 VI. 硝化抑制剂对土壤和小白菜硝酸盐含量的调控效应[J]. 湖南农业大学学报: 自然科学版, 2005, 31(4): 138-142.
- [7] 马茂亭, 安志装, 邹国元, 等. 不同施肥处理对特菜根芹菜产量和硝酸盐积累的影响[J]. 中国农学通报, 2010, 26(17): 214-217.
- [8] 高洪波, 李敬蕊, 章铁军, 等. 甘氨酸和谷氨酸与钼配施对生菜品质的影响[J]. 西北植物学报, 2010, 30(5): 968-973.
- [9] 高伟, 朱静华, 李明悦, 等. 有机无机肥料配合施用对设施条件下芹菜产量、品质及硝酸盐淋溶的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2011, 17(3): 657-664.
- [10] 张乃明. 施肥对蔬菜中硝酸盐累积量的影响[J]. 土壤肥料, 2001(2): 37-38.
- [11] 杨晓英, 杨劲松. 氮素供应水平对小白菜生长和硝酸盐积累的影响[J]. 植物营养与肥料学报, 2007, 13(1): 160-163.
- [12] 胡承孝, 邓波儿. 施用氮肥对小白菜、蕃茄中硝酸盐积累的影响[J]. 华中农业大学学报, 1992, 11(3): 239-243.
- [13] 鲁如坤. 土壤农业化学分析方法[M]. 北京: 中国农业科学技术出版社, 2000.
- [14] 金同铭, 何洪巨. 贮藏大白菜硝酸盐和亚硝酸盐积累动向[J]. 北京农业科学, 1993, 11(2): 20-22.

责任编辑: 杨盛强