

叶面喷施微量元素和氨基酸对小白菜产量及品质的影响

张木 胡承孝 孙学成 刘金山 陈青云 张影

华中农业大学资源与环境学院, 武汉 430070

摘要 通过盆栽试验研究叶面喷施不同微量元素及氨基酸对小白菜产量和品质的影响。结果表明:喷施 Met (蛋氨酸)、Zn、Mo、B、Gly(甘氨酸)的处理能提高小白菜的产量,其中喷施 Met、Zn、Mo 的处理与对照相比达到了显著性差异;而各喷施处理都在一定程度上降低了小白菜硝酸盐的含量,最高降幅达 35.0%,其中喷施 Mo、B、Zn、Met 的处理与对照相比达到了显著水平;喷施 Gly、Pro(脯氨酸)、Se 的处理能同时提高小白菜 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白的含量。叶面喷施微量元素或氨基酸是提高蔬菜产量、降低硝酸盐含量改善品质较为有效的方法之一。

关键词 小白菜;硝酸盐;微量元素;氨基酸;维生素 C;可溶性糖;可溶性蛋白

中图分类号 S 634.3 **文献标识码** A **文章编号** 1000-2421(2011)05-0613-05

小白菜(*Brassica rapa* L.)又名不结球白菜,是人们日常食用的重要蔬菜之一,它具有较高的营养价值,但是近年来蔬菜生产过程中为了追求高产,而盲目施用大量的化学肥料,造成了蔬菜品质的急剧恶化,全国各地有关蔬菜硝酸盐超标的报道更是屡见不鲜。研究表明,单纯地靠提高氮肥的施用量来增加蔬菜的产量并不可取^[1-2],如能在一定的氮肥施用量基础上,既能提高产量又能改善品质才是最佳选择。本试验在一定的氮肥施用量基础上进行叶面肥制剂的研究,旨在为提高蔬菜产量和品质以及蔬菜叶面肥的研究提供理论依据。

1 材料与试验方法

1.1 供试材料与试验设计

供试蔬菜品种为“四月蔓”,在华中农业大学微量元素研究中心盆栽场进行试验,采用内径为 24 cm×12 cm 的聚乙烯塑料盆作为种植容器,每盆装土 2.5 kg。供试土壤为酸性黄棕壤,有机质 2.03%,碱解氮 58.92 mg/kg,速效 P(Olsen-P) 6.33 mg/kg,速效钾 99.36 mg/kg,pH 5.4。试验共设 9 个处理,分别为处理 1(B):0.1%Na₂B₄O₇·

10H₂O;处理 2(Zn):0.1% ZnSO₄·7H₂O;处理 3(Mo):0.05% (NH₄)₂MoO₄·4H₂O;处理 4(Se):0.01%亚硒酸钠(Na₂SeO₃);处理 5(Fe):0.1% FeSO₄·7H₂O;处理 6:0.1% Gly(甘氨酸,C₂H₅NO₂);处理 7:0.1%Pro(脯氨酸,C₅H₉NO₂);处理 8:0.1% Met(蛋氨酸,C₅H₁₁NO₂S);处理 9(CK):去离子水。试验中大量元素肥料用量为 N 0.4 g/kg、P₂O₅ 0.15 g/kg、K₂O 0.2 g/kg,肥源分别为尿素、磷酸一铵、氯化钾。其中磷钾肥作为基肥一次性施入,氮肥在播种前作基肥施入 60%,在出苗 25 d 追施 40%。小白菜于 2010 年 3 月 16 日播种,出苗 1 周后开始间苗,最终定苗 8 株。叶面肥在第 20 天时第 1 次喷施,以后每隔 7 d 喷施 1 次,整个生长期共喷 4 次,选择傍晚喷施,喷施到叶片全部沾湿为止,第 50 天采收。

1.2 分析方法

小白菜于 2010 年 5 月 6 日 08:30—09:30 收获,测产后鲜样并迅速保存于冷藏箱中,用于硝酸盐、维生素 C、可溶性糖、可溶性蛋白等项目的测定。硝酸盐采用流动注射分析仪测定^[3];维生素 C 含量测定采用 2,6-二氯酚靛酚还原滴定法,可溶性

收稿日期:2010-08-19

基金项目:国家“十一五”科技支撑计划重点项目(2008BADA7B03)

张木,博士研究生,研究方向:植物营养与农产品安全。E-mail: zhangmu1123@126.com

通讯作者:胡承孝,博士,教授,研究方向:养分管理与高效利用、施肥与生态环境、农产品品质安全。E-mail: hucx@mail.hzau.edu.cn

蛋白采用考马斯亮兰法测定,可溶性糖采用蒽酮比色法测定^[4]。

1.3 数据处理

用 Excel 2003 进行数据处理, DPS 7.05 进行方差分析, SigmaPlot 10.0 绘图。

2 结果与分析

2.1 微量元素、氨基酸喷施对小白菜产量的影响

研究结果(表 1)表明:在 9 个处理中以喷施 Met 的处理产量最高,比对照增产 21.8%,达显著水平($P < 0.05$);其次为喷施 Zn、Mo、B、Gly 的处理,其中喷施 Met、Zn、Mo 的处理增产效果显著高

于对照,说明在一定的氮肥基础上喷施叶面肥制剂可以提高蔬菜产量。

喷施微量元素与氨基酸可以增加小白菜的株高和叶宽,喷施 Gly、Zn、Pro、Mo、Met、B 的处理能增加小白菜的株高,且喷施 Gly、Zn、Pro 的处理显著高于对照;喷施 Mo、Zn、Gly、Met、B、Pro 的处理能增加小白菜的叶宽,其中喷施 Mo、Zn 的处理显著高于对照,表明喷施微量元素及氨基酸可以通过提高小白菜的株高和叶宽从而增加小白菜的产量。同时喷施 Zn、Met、Mo 的处理干物质累积量也高于对照,与对照比差异不显著,个别处理间达显著性差异。

表 1 不同处理对小白菜产量的影响¹⁾

Table 1 Effects of different treatments on yield of Chinese cabbage

处理 Treatment	株高/cm Plant height	叶宽/cm Leaf width	干物质质量/g Dry matter mass	每盆产量/g Yield per pot	增产率/% Yield increased rate
CK	18.4 bc	5.5 bcd	2.07 ab	209.0 d	
B	19.2 abc	5.9 abcd	1.87 bc	225.0 cd	7.7
Zn	19.9 a	6.2 a	2.27 a	252.8 ab	21.0
Mo	19.4 ab	6.4 a	2.08 ab	234.4 bc	12.2
Se	18.2 c	5.4 cd	1.61 cd	181.3 e	-13.2
Fe	17.2 d	5.3 d	1.45 d	164.9 e	-21.1
Gly	20.2 a	6.1 ab	1.94 b	216.9 cd	3.8
Pro	19.9 a	5.6 bcd	1.90 bc	208.1 d	-0.4
Met	19.3 ab	6.0 abc	2.27 a	254.5 a	21.8

1)不同小写字母表示在 $P=0.05$ 水平差异显著,下同。Different letters means the significant level at $P=0.05$. The same as follows.

2.2 微量元素、氨基酸喷施对小白菜硝酸盐累积的影响

从图 1 可知:各处理硝酸盐含量较对照均有一定程度的降低,其硝酸盐含量顺序依次为 $B < Mo < Zn < Met < Se < Gly < Fe < Pro < CK$,其中喷施 B 处理最大降低幅度达 35.0%,其次喷施 Mo 处理降幅达 31.8%,而喷施 Met、Zn、Se 的处理降幅也在

20%以上,Pro 的效果稍差但降幅也达 9.4%;在所有喷施处理中以喷施 B、Mo、Met、Zn 的处理效果最佳,与对照相比达到显著性差异($P < 0.05$)。从总体上看,在降低小白菜硝酸盐累积的效果上,叶面喷施微量元素的效果略好于氨基酸。

2.3 微量元素、氨基酸喷施对小白菜 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白含量的影响

由表 2 可知:喷施不同微量元素和氨基酸处理能提高小白菜 Vc 含量,其效果依次为 $Fe > Mo > Met > Zn > Se > Gly > Pro$,其中喷 Fe 处理最高增幅达 19.4%,与对照相比达到显著性差异($P < 0.05$);其次为喷施 Mo 与 Met 的处理,比对照增加 17.4%,达显著水平;而喷施 Zn、Se、Gly、Pro 的效果稍差,但与对照相比也达到了显著水平,其中喷施 Pro 的处理效果最差,但其增幅也高达 7.6%。在提高 Vc 含量方面,微量元素中以喷施 Fe 的效果最佳,而氨基酸中以喷施 Met 的处理效果最好。

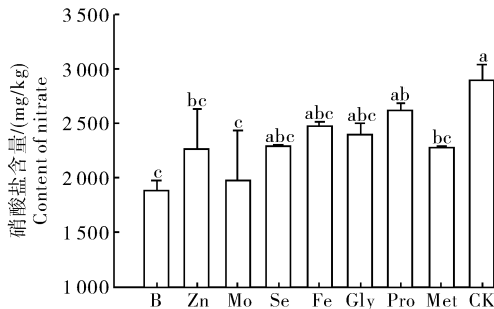


图 1 不同处理对小白菜硝酸盐含量的影响

Fig. 1 Effects of different treatments on nitrate content of Chinese cabbage

表1 不同处理对小白菜品质的影响
Table 1 Effects of different treatments on quality of Chinese cabbage

处理 Treatment	维生素 C/ (mg/kg) Vitamin C	可溶性糖/% Soluble sugar	可溶性蛋白/(mg/g) Soluble protein
B	141.4 ± 6.8 d	0.25 ± 0.005 b	12.69 ± 0.06 a
Zn	159.8 ± 8.5 bc	0.26 ± 0.002 ab	11.07 ± 0.85 ab
Mo	169.3 ± 2.7 ab	0.26 ± 0.045 ab	10.13 ± 0.72 b
Se	158.2 ± 1.5 c	0.31 ± 0.067 ab	11.91 ± 0.37 ab
Fe	172.2 ± 0.4 a	0.28 ± 0.062 ab	10.96 ± 1.14 ab
Gly	155.2 ± 3.6 c	0.35 ± 0.069 a	12.16 ± 1.85 ab
Pro	155.0 ± 6.1 c	0.35 ± 0.008 a	12.43 ± 0.01 a
Met	169.0 ± 5.5 ab	0.25 ± 0.007 b	10.75 ± 0.12 ab
CK	143.6 ± 0.7 d	0.28 ± 0.046 ab	11.01 ± 0.83 ab

同时,喷施 Gly、Pro、Se 的处理能提高小白菜的可溶性糖含量,并以喷施 Gly 的效果最好,与对照相比提高了 25.0%,但三者与对照相比均未达到显著水平,三者间差异也不显著。而喷施 Fe、Mo、Zn、B、Met 处理的似乎并不利于小白菜可溶性糖含量的提高,但该五者中除施 B 外均能较好地地方地提高小白菜 Vc 含量。

此外,喷施 B、Pro、Gly、Se、Zn 的处理能提高小白菜可溶性蛋白含量,其效果按顺序依次为: B > Pro > Gly > Se > Zn。喷施 B 的处理效果最好,最高增幅达 15.3%,但是各处理与对照相比均未达到显著水平,而且处理间也无显著性差异;喷施 Fe、Met、Mo 处理的小白菜可溶性蛋白含量则略有降低。

各处理对小白菜各项品质指标反应有所不同,只有喷施 Gly、Pro、Se 的处理能同时提高小白菜 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白的含量;在提高蔬菜品质方面叶面喷施氨基酸的效果要略好于喷施微量元素。

3 讨论

3.1 微量元素、氨基酸喷施对小白菜的增产作用

叶面喷施微量元素及氨基酸均能提高小白菜产量,在微量元素中喷施 Zn、Mo、B 的处理增产效果好于 Se 和 Fe,在外源氮中以喷施 Met、Gly 效果最好,增产幅度分别为 21.8% 与 3.7%。试验中喷施 Zn 提高了小白菜的产量,与前人^[5]研究结果相符,这与锌是一些酶的组分或活化剂,并参与光合作用中 CO₂ 的水合作用,促进蛋白质代谢有关。与苏胜齐等^[6]研究结论一致,喷施 Mo 对提高产量也取得

了较好效果,这是由于钼是硝酸还原酶的组成元素,能提高硝态氮的还原水平,加速氮的代谢所致。硼则参与植物体内碳水化合物的运输和代谢,有利于蔗糖合成和糖的外运,提高养分输送效率,加速新陈代谢,提高蛋白质合成水平,进而促进小白菜增产。

外源氨基酸可被植物直接吸收利用,不需消耗过多的能量而提高蛋白质的合成水平,强化新陈代谢和光合作用过程,从而提高作物产量^[7]。试验中 Met 的增产效果明显好于 Gly 和 Pro,可能是因为蛋氨酸是乙烯及 IAA 合成的前体,刺激了植物生长所致。Gly 的增产效果较 Met 差,Pro 则没有增产,说明不同的氨基酸对蔬菜增产的效果是不同的,这可能与氨基酸的相对分子质量大小及氨基酸的组成元素有关。

3.2 微量元素、氨基酸喷施对降低小白菜硝酸盐累积的作用

试验表明,可以通过叶面喷施微量元素及氨基酸来达到降低蔬菜硝酸盐含量、改善蔬菜品质的目的。试验中所有处理的硝酸盐含量均较对照有所降低,且喷施 B、Mo 的处理效果最佳,与对照相比达显著性差异($P < 0.05$),可能是由于 B 能促进植物体内碳水化合物的运输和代谢,为硝态氮的还原与转化提供充足的能量,而 Mo 则可以提高硝酸还原酶活性,促进硝态氮的代谢所致。喷施 Zn、Fe 也降低了小白菜硝酸盐含量,这与前人^[8-9]结论较为一致。研究发现喷施 Se 的处理小白菜硝酸盐含量有所降低,可能是低浓度的 Se 刺激了植物的生长,加速了氮素代谢所致。试验中喷施 Met、Gly、Pro 3 种氨基酸均能降低小白菜地上部硝酸盐含量,以 Met 效果最好,Gly 次之,Pro 稍差。可能是外源氨基酸替代了部分硝态氮源,相对减少了硝态氮的吸收,但其替代硝态氮源能力及在体内转化过程不同,降低硝酸盐的效果略有差别^[10]。

3.3 微量元素、氨基酸喷施对提高小白菜 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白的作用

试验中喷施 Fe、Mo、Met、Zn、Se、Gly、Pro 均能提高 Vc 含量,且效果显著。Vc 在生物体内合成较为复杂,它可以清除活性氧自由基,在自由基清除系统中还有 SOD、CAT、POD、POX 等,它们都是含铁的酶,叶面喷施 Fe 能提高这些酶的活性^[11],相对减少了依赖抗坏血酸来清除自由基的途径,Vc 含量也就相对较高。钼能提高 SOD、CAT、PPO 等酶的活

性,缺钼会导致植物体内 Vc 含量的下降,本试验中叶面喷施 Mo 对提高 Vc 含量具有较好的效果,与前人^[12]结论相符。锌是多种酶的活化剂,它能激活光合作用中与碳代谢有关的多种酶,使之向蔗糖合成途径转移,而糖是 Vc 合成的前体,因而提高了 Vc 含量。本研究中还发现 Se 也能提高 Vc 含量,与王晋民等^[13]研究结果较为一致,是因为硒可以增加 GSH-Px 的活性,有利于清除活性氧自由基,而且在清除活性氧的非酶促系统中,不同形态的硒也能抑制脂质的氧化,减少了依赖抗坏血酸来清除自由基的途径,有利于 Vc 含量的提高。本试验中 Met、Gly、Pro 对提高 Vc 含量有一定的作用,其中以 Met 效果最好,可能是氨基酸直接参与蛋白质代谢,从而相对增加了向 Vc 方向转化的碳水化合物的量^[14]。

试验中喷施 Gly、Pro、Se 能提高小白菜可溶性糖含量,但与对照比未达显著水平。武彦荣等^[15]研究表明 Gly 能提高生菜可溶性糖含量,本试验中小白菜可溶性糖含量也有所上升。本试验中喷施 Pro 增加了小白菜可溶性糖含量,与高秀端等^[16]在不结球白菜上的研究结果相反。雷红灵等^[17]研究藤茶时发现,叶面喷施适宜浓度的硒可以提高藤茶中可溶性糖含量,本试验中喷 Se 对提高小白菜叶片可溶性糖含量也同样有效。

喷施喷施 B、Pro、Gly、Se、Zn 能提高可溶性蛋白含量,且在所有处理中以叶面喷施 B 效果最好,这是因为硼是蛋白质合成的必需营养元素。叶面喷施 Pro 增加了小白菜可溶性蛋白含量,这与贺岩等^[18]发现 Pro 能增加大豆离体胚可溶性蛋白含量的结论相符。试验中喷施 Gly 也增加了可溶性蛋白含量,但 Met 则降低了可溶性蛋白含量,说明 Gly 较利于体内蛋白质代谢。叶面喷施低浓度 Se 能增强植物光合作用,提高可溶性蛋白含量,同样本试验中喷 Se 处理对提高可溶性蛋白效果较好。研究还发现,Zn 提高了小白菜可溶性蛋白含量,则可能与它能激活蛋白质合成过程中多种酶的活性有关。

本研究结果表明:喷施 Met、Zn、Mo、B、Gly 能提高小白菜产量;喷施不同微量元素和氨基酸都能降低小白菜硝酸盐含量,以 B、Mo、Zn、Met 效果最好;各处理对小白菜品质的影响有所不同,Fe、Mo、Met、Zn、Se、Gly、Pro 能提高小白菜 Vc 含量,Gly、Pro、Se 能提高小白菜可溶性糖含量,B、Pro、Gly、

Se、Zn 则能提高小白菜可溶性蛋白含量。本试验在不增施氮肥的基础上,通过喷施不同微量元素与氨基酸既增加了小白菜的产量,同时又改善了小白菜的品质,在一定程度上协调了产量与品质的矛盾。

参 考 文 献

- [1] VIEIRA I S, VASCONCELOS E P, MONTEIRO A A. Nitrate accumulation, yield and leaf quality of turnip green in response to nitrogen fertilization[J]. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 1998, 51: 249-258.
- [2] 何舞, 刘红耀, 朱端卫, 等. 不同肥料施用对大蒜生长、品质和氮代谢的影响[J]. *华中农业大学学报*, 2010, 29(2): 179-182.
- [3] 陈灿云, 张志军, 梁高亮, 等. 连续流动分析仪测定环境水样中硝酸盐氮和亚硝酸盐氮[J]. *理化检验: 化学分册*, 2004, 40(10): 613-614.
- [4] 王学奎, 章文华, 郝再彬, 等. *植物生理生化实验原理和技术* [M]. 北京: 高等教育出版社, 2005: 186-267.
- [5] 杜新民, 党建友. 氮锌配施对小白菜产量和品质的影响[J]. *中国土壤与肥料*, 2007(6): 50-53.
- [6] 苏胜齐, 王正银, 李会合, 等. 几种化学物质配施对小白菜硝酸盐和营养品质的影响[J]. *植物营养与肥料学报*, 2004, 10(4): 407-412.
- [7] KINNERSLEY A M, ROBERT C D, KINNERELEY C Y, et al. Method for increasing fertilizer efficiency[J]. *United States Patent*, 1998, 840(5): 656.
- [8] 杜新民. 锌对小白菜产量和品质的影响[J]. *中国农学通报*, 2006, 22(11): 271-274.
- [9] 周文利. 硫酸亚铁对小青菜生物量与硝酸盐含量的影响[J]. *北方园艺*, 2010(2): 34-35.
- [10] RENTSCH D, SCHMIDT S, TEGEDER M. Transporters for uptake and allocation of organic nitrogen compounds in plants[J]. *FEBS Letters*, 2007, 581: 2281-2289.
- [11] 陆景陵. *植物营养学(上册)* [M]. 2 版. 北京: 中国农业大学出版社, 1994: 77-82.
- [12] NIE Z J, HU C X, SUN X C, et al. Effects of molybdenum on ascorbate-glutathione cycle metabolism in Chinese cabbage (*Brassica campestris* L. ssp. *pekinensis*) [J]. *Plant Soil*, 2007, 295: 13-21.
- [13] 王晋民, 赵之重, 沈增基. 叶面喷施硒对青花菜含硒量及产量与品质的影响[J]. *西北农林科技大学学报*, 2006, 34(3): 127-130.
- [14] CONKLIN P L. Recent advance in the role and biosynthesis of ascorbic acid in plants [J]. *Plant Cell & Environment*, 2001, 24(4): 383-394.
- [15] 武彦荣, 高秀端, 陈贵林, 等. 外源氨基酸对不结球白菜和生菜品质的影响[J]. *西南农业大学学报*, 2005, 27(1): 60-63.
- [16] 高秀端, 陈贵林, 潘秀清, 等. 叶面喷施氨基酸对不结球白菜生长和品质的影响[J]. *华北农学报*, 2003, 18(1): 142-144.
- [17] 雷红灵, 陆海波, 蔡金洲, 等. 硒对藤茶抗氧化酶活性及有效成

份的影响[J]. 华中农业大学学报, 2010, 29(3): 321-325.

再生植株生理特征及线粒体结构的影响[J]. 大豆科学, 2000,

[18] 贺岩, 李志岗, 陈云昭, 等. 外源脯氨酸对盐胁迫下大豆离体胚

19(4): 314-319.

Effects of spraying micronutrient and amino acids into surface of leaves on yield and quality of Chinese cabbage

ZHANG Mu HU Cheng-xiao SUN Xue-cheng
LIU Jin-shan CHEN Qing-yun ZHANG Ying

*College of Resources and Environment, Huazhong Agricultural
University, Wuhan 430070, China*

Abstract Pot experiment was conducted to study the effects of spraying different micronutrients and amino acids into the surface of leaves on yield and quality of Chinese cabbage (*Brassica rapa* L.). The results showed that methionine, zinc, molybdenum, boron and glycine could increase yield of Chinese cabbage. The treatments of spraying methionine, zinc and molybdenum increased yield of Chinese cabbage significantly. All treatments could reduce the nitrate content of Chinese cabbage with the highest decrease of 35.0% compared with the control. Molybdenum, boron, zinc and methionine might reduce nitrate content of Chinese cabbage significantly. Experiment also indicated that glycine, proline and selenium could both increase the contents of vitamin C, soluble sugar and soluble protein of Chinese cabbage. Therefore, spraying micronutrient or amino acids into the surface of leaves is a good application for increasing yield, reducing nitrate content and improving quality of Chinese cabbage.

Key words Chinese cabbage; nitrate; micronutrient; amino acid; vitamin C; soluble sugar; soluble protein

(责任编辑: 张志钰)