

锌锰配施对小白菜产量和品质的影响

杜新民^{1,2}, 刘建辉¹, 裴雪霞³

(1 西北农林科技大学 园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2 山西师范大学 生命科学学院, 山西 临汾 041004;

3 山西农科院 小麦研究所, 山西 临汾 041000)

[摘 要] 为确定合理的锌、锰肥配施方案, 提高蔬菜产量和品质, 在氮、磷、钾配方施肥的基础上, 采用田间试验的方法, 研究了山西省石灰性褐土上锌、锰配施对小白菜 (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*) 产量和品质的影响。结果表明, 适量的锌、锰肥配施能显著提高小白菜的产量和品质, 且表现出明显的互作效应, 与不施锌、锰肥的对照相比, 小白菜增产 16.5%~64.4%, Vc、还原糖和锌含量分别提高 58.8%~116.8%, 29.1%~65.3% 和 120.9%~300%, 硝酸盐含量降低 2.0%~27.2%。在每 hm^2 土壤施用尿素 400 kg、过磷酸钙 200 kg、硫酸钾 200 kg 条件下, 得出小白菜高产、优质的锌、锰施肥量为硫酸锌 75~120 kg/hm^2 , 硫酸锰约 75 kg/hm^2 。

[关键词] 锌; 锰; 配方施肥; 小白菜; 产量; 品质

[中图分类号] S634.306⁺.2; S143.7⁺2 **[文献标识码]** A **[文章编号]** 1671-9387(2007)04-0159-04

Effects of combined application of Zn-Mn on the yield and quality of chinese cabbage

DU Xin-min^{1,2}, LIU Jian-hui¹, PEI Xue-xia³

(1 College of Horticulture, Northwest A & F University, Yangling, Shaanxi 712100, China;

2 Collage of Life Science, Shanxi Normal University, Linfen, Shanxi 041004, China;

3 Institute of Wheat Research, Shanxi Academy of Agricultural Sciences, Linfen, Shanxi 041000, China)

Abstract: In order to establish a reasonable Zinc and Manganese fertilizer proportional scheme and to improve the yield and quality of vegetables, a field experiment was conducted on calcareous cinnamon soil of Shanxi province to study the effects of Zinc and Manganese fertilizer on yield and quality of Chinese cabbage (*Brassica campestris* ssp. *chinensis*) based on the N, P, K prescription fertilization. The results showed that appropriate application of Zinc and Manganese fertilizer could increase the yield and quality of Chinese cabbage remarkably, and there were significant interaction effects between Zinc and Manganese fertilizer and the yield and quality. Adding the Zinc and Manganese fertilizer, the yield and content of Vc, reducing sugar, Zinc increased by 16.5%—64.4%, 58.8%—116.8%, 29.1%—65.3%, 120.9%—300% respectively, and nitrate content decrease by 2.0%—27.2%. For the higher yield and better quality of Chinese cabbage, the optimum applied amount was: Zinc sulfate 75—120 kg/hm^2 , Manganese sulfate about 75 kg/hm^2 , considering the applied rates that N, P and K were used 400 kg/hm^2 , single super phosphate 200 kg/hm^2 , potassium sulphate 200 kg/hm^2 .

Key words: Zinc; Manganese; balanced fertilization; Chinese cabbage; yield; quality

[收稿日期] 2006-09-26

[基金项目] 山西省农科院攻关项目(YGG0411)

[作者简介] 杜新民(1962—), 男, 山西襄汾人, 副教授, 在读硕士, 主要从事蔬菜栽培与营养研究。E-mail: duxinm@163.com

[通讯作者] 刘建辉(1953—), 男, 陕西武功人, 副教授, 主要从事蔬菜栽培生态生理研究。

小白菜是我国主要的蔬菜品种之一,其适应性强、生长期短,含有大量叶绿素、维生素及各种养分,深受城乡人民的喜爱。锌、锰是植物和人生长发育必需的微量元素,是生物体内多种酶的组成成分和活化剂,与生物代谢及人体健康有极密切的关系。已有研究表明,适量施用锌或锰肥可以提高白菜^[1]、马铃薯^[2]、大蒜^[3]和苦瓜^[4]的产量与品质,但关于锌与锰肥配施对蔬菜产量与品质影响的报道尚不多见。因此,本试验在北方地区锌、锰俱缺的石灰性土壤上,研究了锌、锰配施对小白菜产量和品质的影响,以期为进一步提高蔬菜产量和品质及蔬菜专用肥的研究提供依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试小白菜品种为四月慢。施用肥料为尿素(N质量分数 46%)、过磷酸钙(P_2O_5 质量分数 12%)、硫酸钾(K_2O 质量分数 33%)、硫酸锌(Zn质量分数 23%)和硫酸锰(Mn质量分数 26%)。

1.2 方法

试验于 2006-03-01~04-20 在山西师范大学农场日光温室内进行。供试土壤为黄土母质上发育而成的石灰性褐土,内含有有机质 14.7 g/kg,碱解氮 80.36 mg/kg,速效磷 23.7 mg/kg,速效钾 138.6 mg/kg,有效锌 0.75 mg/kg,有效锰 10.9 mg/kg。根据山西省临汾市春季日光温室栽培水平,将目标产量定为 45 t/hm²。依据相关文献,生产 1 t 小白菜分别需要 N、 P_2O_5 和 K_2O 2.76, 0.33 和 2.06 kg^[5];再根据有关资料报道的蔬菜土地利用系数、不同季节的养分调节系数和土壤养分利用率^[6],确定产量达到 45 t/hm² 时,尿素、过磷酸钙和硫酸钾的施用量分别为 400, 200 和 200 kg/hm²。

本试验以氮、磷、钾肥为肥底,参考国内外有关锌、锰肥施用量的研究结果^[1-3,7],设硫酸锌和硫酸锰的施用量均为 30, 75 和 120 kg/hm² 3 个水平,各施肥水平分别以 Zn_1 、 Zn_2 、 Zn_3 和 Mn_1 、 Mn_2 、 Mn_3 代表。各施肥水平两两组合,共计 9 个处理,以不施锌、锰肥为对照(CK),每处理重复 3 次,随机区组排列。小区面积 6 m²,小区间埋入 0.5 m 宽的塑料薄膜以防根系从相邻小区吸收养分。试验实施时以尿素全部施用量的 2/3 作追肥,其余肥料皆用作基肥。在小白菜生长期,按当地田间管理措施进行管理。

1.3 测定项目及其方法

小白菜收获时按小区统计产量,再折合为每

hm² 产量。从各处理的每个重复中随机取 10 株称鲜质量,将鲜样带回实验室测定其叶片内硝酸盐、Vc、还原糖及锌的含量,每处理重复测定 3 次,取其平均值进行统计分析。小白菜中 NO_3^- -N 含量用硝基水杨酸比色法测定,Vc 含量用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,还原糖含量用 3,5-二硝基水杨酸法测定,锌含量采用干灰化—原子吸收分光光度法测定^[8]。

2 结果与分析

2.1 锌与锰肥配施对小白菜产量的影响

表 1 结果表明,在本试验条件下,施用锌、锰肥均有利于小白菜产量的提高,且极显著高于对照,其中锌肥肥效高于锰肥。在施锰量相同的情况下,随着施锌量的增加,小白菜产量明显增加,如 Zn_3Mn_2 和 Zn_2Mn_2 处理分别比 Zn_1Mn_2 处理增产 15.85% 和 11.92%,达极显著差异;在施锌量相同的情况下,随着施锰量的增加,小白菜产量增加,但施锰量超过 75 kg/hm² (Mn_2) 时,增产幅度较小,如 Zn_2Mn_3 和 Zn_2Mn_2 处理分别比 Zn_2Mn_1 处理增产 11.63% 和 9.51%,均达极显著差异水平,但 Zn_2Mn_3 与 Zn_2Mn_2 处理间差异不显著。可见在本试验土壤锌、锰含量偏低的情况下,适量施锌、锰表现出了明显的增产效果。

由表 1 还可看出,适宜的锌肥与锰肥配比具有明显的互作效应。在所有处理中, Zn_3Mn_3 处理产量最高,其次为 Zn_3Mn_2 ,说明锌肥可提高锰肥肥效,锰肥也可提高锌肥肥效,二者互为基础。适宜的锌肥与锰肥配比是提高小白菜产量的重要保障。如 Zn_2Mn_1 处理和 Zn_1Mn_2 处理分别比 Zn_1Mn_1 处理增产 10.36% 和 7.99%,而 Zn_2Mn_2 处理比 Zn_1Mn_1 处理增产 20.86%,表现出了明显的锌、锰互作效应。

2.2 锌与锰肥配施对小白菜品质的影响

2.2.1 对小白菜 NO_3^- -N 含量的影响 大量研究证明,蔬菜属易富集硝酸盐的作物,人体摄入的硝酸盐 80% 来自蔬菜^[9]。硝酸盐对作物本身并无害处,但对人畜健康却会造成较大威胁,过量摄入硝酸盐可能诱发癌症。因此,有关硝酸盐积累及其调控问题,已引起人们的极大关注。由表 1 可以看出,施用锌、锰肥均有利于降低小白菜中的 NO_3^- -N 含量,且锰肥的肥效大于锌肥。在不同的施锌水平下配施锰肥,均能显著降低小白菜中的 NO_3^- -N 含量,且其作用随着锌用量的增加而加强,例如 Zn_1Mn_3 处理 NO_3^- -N 含量较 Zn_1Mn_2 处理降低 4.76%,而 Zn_3Mn_3

处理较 Zn_3Mn_2 处理降低 15.72%。在不同的施锰水平下配施锌肥,也能降低小白菜中的 NO_3^- -N 含量,但低锰条件下作用不明显,而在高锰、中锰条件下差异显著。表明锌、锰肥配合施用有利于减少小白菜中 NO_3^- -N 的积累,二者在中、高施肥水平下表现出明显的互作效应。

表 1 锌锰肥配施对小白菜产量和品质的影响
Table 1 The effects of combined Zn-Mn fertilization on the yield and quality of Chinese cabbage

处 理 Treatments	产量/(t·hm ⁻²) Yield	硝态氮/ (mg·kg ⁻¹) NO ₃ ⁻ -N	Vc/ (mg·kg ⁻¹)	还原糖/(g·kg ⁻¹) Reductive sugar	Zn/(mg·kg ⁻¹)
Zn ₁ Mn ₁	35.274 F	513.7 A	349.2 F	169.0 D	87.7 G
Zn ₁ Mn ₂	38.092 E	486.0 B	398.7 E	181.8 C	109.5 F
Zn ₁ Mn ₃	38.026 E	463.9 C	420.8 D	179.6 C	126.2 E
Zn ₂ Mn ₁	38.927 DE	513.2 A	419.3 D	187.8 C	122.3 E
Zn ₂ Mn ₂	42.632 C	466.6 C	459.9 B	204.7 B	136.2 D
Zn ₂ Mn ₃	43.455 BC	425.6 D	473.1 A	206.6 AB	145.1 C
Zn ₃ Mn ₁	39.538 D	507.4 A	440.8 C	189.4 C	151.7 B
Zn ₃ Mn ₂	44.131 AB	441.8 D	472.5 A	210.4 AB	157.8 A
Zn ₃ Mn ₃	45.840 A	381.8 E	476.8 A	216.4 A	158.8 A
CK	27.876 G	524.2 A	219.9 G	130.9 E	39.7 H

注:同列数据后标不同字母者表示差异达极显著水平($P < 0.01$)。
Note: Different letters in the same column indicates significant difference($P < 0.01$).

2.2.2 对小白菜 Vc 含量的影响 Vc 是维持人体正常生理功能所必需的有机营养素之一,其不能在人体内合成,也不能在人体内大量储存,现已证明,如果膳食中长期缺乏 Vc,会造成体内胶原蛋白合成受阻而引起坏血病及身体抗性减弱等不良后果^[10]。蔬菜是人们日常获得 Vc 的最主要来源,因此,提高蔬菜 Vc 含量,无论在营养学还是医学方面都具有重要意义。

本试验结果(表 1)表明,施用锌、锰肥有利于提高小白菜的 Vc 含量。在不同的施锌水平下配施锰肥,均能提高小白菜 Vc 含量,但在低锌和中锌条件下效果较好,而高锌条件下提高幅度较小,其作用随着锰用量的增加而减弱。例如 Zn_1Mn_2 Vc 含量较 Zn_1Mn_1 处理提高 14.18%, Zn_1Mn_3 较 Zn_1Mn_2 处理提高 5.54%,而 Zn_3Mn_3 较 Zn_3Mn_2 处理只提高了 0.91%。在不同的施锰水平下配施锌肥,也能提高小白菜 Vc 含量,但在中锰和低锰条件下增施锌肥效果明显,而在高锰条件下差异较小。如 Zn_2Mn_2 Vc 含量较 Zn_1Mn_2 处理提高 15.35%,而 Zn_3Mn_3 较 Zn_2Mn_3 处理仅提高 0.78%。

由此表明,锌肥与锰肥合理配施能提高蔬菜 Vc 含量,二者在施肥量较低水平下的互作效应明显,而在施肥量较高水平下不明显。

2.2.3 对小白菜还原糖含量的影响 由表 1 可以看出,施用锌、锰肥均有利于小白菜还原糖含量的提高,其中锌肥的肥效大于锰肥。在不同施锌水平下,均表现出施锰量在 75 kg/hm² 以下时,还原糖含量

增加明显,而高锰水平下增加幅度很小。在不同施锰水平下,随着施锌量的增加,小白菜中还原糖含量也呈现上述变化。表明合理的锌、锰肥配施有利于蔬菜中还原糖的积累,二者在施肥量较低水平下的互作效应明显,而在施肥量较高水平下不明显。

2.2.4 对小白菜锌含量的影响 由表 1 可以看出,施锌肥对小白菜锌含量的影响均较对照达极显著差异水平。在中锌和低锌条件下,增施锰肥有利于小白菜对锌的吸收,且各处理达到极显著差异水平;而高锌条件下,锰肥对小白菜吸收锌影响很小。本试验条件下,小白菜的锌含量为 87.7~158.8 mg/kg。

3 结论与讨论

土壤施锌肥和锰肥均有利于小白菜产量的提高,其中锌肥肥效高于锰肥。在本试验条件下,随着锌肥施用量的增加,小白菜产量增加,不同水平间均达到极显著差异水平;锰在中、低水平(75 kg/hm² 以下)时增产效果显著,且锌、锰肥间表现出明显的互作效应。本结论与李华等^[11]在马铃薯、杨凤娟等^[3]在大蒜上的研究结果基本一致,但小白菜对锌的需求量高于大蒜,对锰的需求量低于马铃薯,适量的锌、锰肥配施能促进作物的生长发育,进而提高产量。

锌、锰肥配施能增加小白菜中 Vc 和还原糖的含量,二者均表现出中、低施肥水平下效果较好、互作效应明显,这与前人在豌豆^[12]、大蒜^[3]上的研究结果相似。锰是降低小白菜硝酸盐含量的主要因

子,不同水平的施锰量均能显著降低小白菜中硝酸盐含量;锌在中锰、高锰水平下可显著降低小白菜中硝酸盐含量,锌肥与锰肥配施在中、高施肥水平时互作效应明显。施锌和锰肥可降低小白菜中 NO_3^- -N 含量的原因,可能是由于锰能提高硝酸还原酶活性,且锌、锰能促进植株生长^[3,13],因此加速了 NO_3^- -N 的还原与同化,这必然导致植物体内 NO_3^- -N 累积减少,从而提高蔬菜的食用品质。但关于锌与锰互作效应的机理尚需进一步研究。

土壤施锌能显著提高小白菜中的锌含量,是将锌纳入食物链的有效途径。在施肥量相当的情况下,本研究中小白菜锌含量为 87.7~158.8 mg/kg,高于甜椒(44.90 mg/kg)^[14]、芹菜(127.95 mg/kg)^[15]和白菜(90.68 mg/kg)^[1],低于目前锌的参考食品卫生标准^[1]。国外有学者提出,不同植物成熟叶片的锌含量大致为 25~150 mg/kg^[7]。由此可见,本试验得到的小白菜锌含量属于正常偏高范围。其原因有 2 个方面:一是绿叶菜类蔬菜根系吸收的锌绝大部分积累在叶片中;二是施锰促进了小白菜对锌的吸收。据营养学家推荐,人体每日需要由农产品提供的锌为 2.5~3 mg,如果按每人每天食用 0.5 kg 蔬菜,人体对蔬菜中锌的利用率按 15%计^[10],只要蔬菜中含锌量达到 100~120 mg/kg,就能满足人体对锌的需要。

综合考虑作物产量、品质、土壤环境^[16]、生产成本、人体健康等因素,在本试验条件下,小白菜达到高产、优质的锌、锰施肥方案为施用硫酸锌 75~120 kg/hm²、硫酸锰约 75 kg/hm²。

本试验锌、锰施肥方案仅为一季的试验结果。若长期施肥还需进一步研究锌、锰微量养分在土壤中的有效性、累积状况以及植物对养分的利用效率等问题。

[参考文献]

- [1] 谢建治,刘树庆,李博文,等. 锌处理对白菜营养品质的影响[J]. 园艺学报,2004,31(5):668-669.
- [2] 宋志荣. 施锰对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国农学通报,2005,21(3):222-223.
- [3] 杨凤娟,刘世琦,王秀峰. 锌对大蒜生理生化指标及营养品质的影响[J]. 土壤肥料,2005(1):35-37.
- [4] 施木田,陈如凯. 锌钼营养对苦瓜产量、品质及叶片氮素代谢的影响[J]. 热带作物学报,2003,24(4):57-61.
- [5] 吕英华. 无公害蔬菜施肥技术[M]. 北京:中国农业出版社,2003.
- [6] 陈小红,邹志荣,李军,等. 温室黄瓜配方施肥 N、P、K 模型构建[J]. 西北农林科技大学学报:自然科学版,2003,31(6):85-89.
- [7] [美]莫尔维德特 J J,林赛 W L,吉奥尔达诺 P W. 农业中的微量营养元素[M]. 中国农业科学院土壤肥料研究所,译. 北京:农业出版社,1984.
- [8] 李合生. 植物生理生化实验原理和技术[M]. 北京:高等教育出版社,2000.
- [9] 王晶. 蔬菜中硝酸盐的危害和标准管理[J]. 中国蔬菜,2003(2):1-3.
- [10] 刘更另. 矿质微量元素与食物链[M]. 北京:中国农业出版社,1994.
- [11] 李华,毕如田,程芳琴,等. 钾锌锰配合施用对马铃薯产量和品质的影响[J]. 中国土壤与肥料,2006(4):46-50.
- [12] 张进,吴良欢,孔向军,等. 铁锌混合肥喷施对豌豆子粒铁、锌、可溶性糖和维生素 C 含量的影响[J]. 植物营养与肥料学报,2006,12(2):245-249.
- [13] 杨保川,王昌全,项虹艳,等. 叶面喷施钼锰对莴笋生长发育和硝酸盐含量的影响[J]. 农业环境科学学报,2006,25(增刊):96-99.
- [14] 杜慧玲,王建锁,姚永平. 钾锌锰配施对甜椒品质的影响[J]. 中国农学通报,2000,16(5):32-33.
- [15] 张泽彦,孙克刚,吕爱英. 硫酸锌对芹菜产量和品质的影响[J]. 中国蔬菜,1998(6):18-20.
- [16] 夏家淇. 土壤环境质量标准详解[M]. 北京:中国环境科学出版社,1996.