

不同形态锰对大白菜产量及品质的影响

韩冬芳^{1,2}, 王德汉¹, 黄培钊², 段继贤², 葛仁山²

(1 华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642; 2 深圳市芭田生态工程股份有限公司, 广东 深圳 518105)

摘要: 采用盆栽试验, 研究复混肥中添加不同形态锰对大白菜 *Brassica pekinensis* Rupr. 产量及品质的影响, 复混肥中分别添加硫酸锰 (MnSO_4)、氨基酸螯合锰 (Mn-AA) 和 EDTA 螯合锰 (Mn-EDTA), 施锰量分别为 0.2、0.5、1.0、1.5 和 2.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。结果表明, 与不施锰对照相比, 适量添加锰能提高大白菜的产量, 均以施锰 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 效果最佳, 添加 Mn-AA 增产幅度最大, 可增产 15.7%; 施锰 1.5 和 2.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时, 添加 MnSO_4 和 Mn-EDTA 处理小幅减产, 添加 Mn-AA 处理增产的幅度降低; 适量添加 3 种形态锰均可提高大白菜叶绿素相对含量 (SPAD 值); 添加 Mn-AA 组对提高大白菜的品质最佳, 可有效提高可溶性蛋白质及维生素 C 的含量, 降低亚硝酸和硝酸盐含量。

关键词: 不同形态锰; 大白菜; 产量; 品质

中图分类号: S634.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2011)04-0010-04

Effects of Different Combined Manganese Ion on the Yield and Quality of *Brassica pekinensis*

HAN Dong-fang^{1,2}, WANG De-han¹, HUANG Pei-zhao², DUAN Ji-xian², GE Ren-shan²

(1 College of Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China;

2 Shenzhen Batian Ecotypic Engineering Co. Ltd., Shenzhen 518105, China)

Abstract: The pot experiment was carried out to study the effects of different combined manganese ion added to compound fertilizer on yield and quality of *Brassica pekinensis* Rupr. The fertilizer was supplemented with manganese sulfate (MnSO_4), amino-acid chelated manganese (Mn-AA) or ethylenediamine tetra acetic acid disodium manganese (Mn-EDTA). There were five levels of Mn concentration, namely Mn 0.2, 0.5, 1.0, 1.5 and 2.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$. Adding appropriate combined manganese ions might increase the yield of *B. pekinensis*; the maximum production with 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Mn-AA application increased by 15.7%; the application of MnSO_4 or Mn-EDTA lead to decrease the yield. The application of 1.5 and 2.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ Mn-AA reduced the production. Application of appropriate manganese could increase the SPAD value. The application of appropriate Mn-AA improved the quality, increasing soluble protein and vitamin C, decreasing the contents of nitrite and nitrate.

Key words: different combined manganese (Mn); *Brassica pekinensis*; yield; quality

锰 (Mn) 是植物生长代谢所必须的微量元素之一, 对蔬菜作物的产量和品质提高有不可替代的作用。缺 Mn 时, 植物的叶绿素含量下降, 叶片失绿, 光合强度降低, 植物体内硝态氮的还原作用受阻, 造成体内硝酸盐积累, 使氮代谢受到阻碍^[1]。据报道, 江苏油菜施 Mn 肥增产 9.6%, 在江苏和陕西试验施 Mn 肥豌豆增

产 10.0% ~ 26.4%^[2], 施 Mn 肥还可提高蔬菜对立枯病和炭疽病的抗性^[3]。随着氮、磷、钾三要素肥料的大量使用, 植物缺 Mn 现象在各地陆续出现, 尤其是在蔬菜种植中, 已成为限制蔬菜产量和品质提高的一个重要因素。中微量元素与大量元素按比例配合形成均一产品是复混肥发展的一个趋势, 本试验采用盆栽方式,

收稿日期: 2010-06-10

作者简介: 韩冬芳 (1977—), 女, 博士, E-mail: dy200502@126.com

基金项目: 深圳市芭田生态工程股份有限公司博士后工作站资助

以‘早熟5号’大白菜 *Brassica pekinensis* Rupr. 为试材,研究了复混肥料中添加不同形态 Mn 对大白菜产量及品质的影响。

1 材料与方法

1.1 试验设计

2009年在深圳芭田生态工程股份有限公司公明试验基地进行2次盆栽试验,种植时间分别在3月21日—4月28日和10月22日—12月16日。土壤条件:赤红壤,pH5.3, $w(\text{H}_2\text{O})$ 7.9%,有机质 $14.1\text{ g}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效氮 $136.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效磷 $83.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效钾 $78.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,交换性镁 $110.4\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,交换性钙 $206.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效锰 $6.5\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效锌 $2.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效铁 $11.7\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效铜 $0.9\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,有效硼 $10.1\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 。每盆装土5 kg,选用均匀一致的‘早熟5号’大白菜秧苗,每盆移栽2株,移栽7 d后穴施肥料。每处理3个重复,每重复4盆。

肥料养分 $m(\text{N}):m(\text{P}_2\text{O}_5):m(\text{K}_2\text{O})$ 为 15:6:8,分别添加硫酸锰(MnSO_4 , $w(\text{Mn})$ 为 27%)、氨基酸螯合锰(Mg-AA , $w(\text{Mn})$ 为 12%) 和 EDTA 螯合锰(Mn-EDTA , $w(\text{Mn})$ 为 13%),肥料中 $w(\text{Mn})$ 设 5 个水平,分别为 200、500、1 000、1 500 和 2 000 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,按每盆装土 5 kg、施肥料 5 g 计,每盆施锰量分别为 0.2、0.5、1.0、1.5 和 2.0 $\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1}$,对照肥料不添加锰,N、P、K 配比相同。

1.2 测定项目及方法

土壤性状分析:pH 的测定采用电位测定法,有机质的测定采用重铬酸钾容量法,有效氮的测定采用碱解扩散法,有效磷测定采用碳酸氢钠提取-钼锑抗比色法,有效钾和交换性钙镁的测定采用乙酸铵提取火焰光度法,有效硼测定采用热水回流浸提法,以上测定均参考鲍士旦^[4]的方法;有效锰、锌、铁和铜测定采用 DTPA 浸提,用电感耦合等离子体-原子发射光谱法(ICP-AES)测定^[5]。

大白菜叶片叶绿素相对含量(SPAD值)测定,移栽14 d后,使用SPAD-502叶绿素计(日本美能达)读取每株中部叶片SPAD值,每株3片,每片叶测定5次,平均值作为该株的SPAD值,每14 d测1次,共测4次;可溶性固形物(TSS)使用PAL-1测糖仪(日本爱宕)测定,取每株的中部叶片,去主脉,研磨,4 000 r/min离心,取上清液测定;叶片蛋白质含量的测定采用考马斯亮蓝法测定^[6];叶片维生素C含量的测定参照《GB/T 6195—86》;硝酸盐含量测定参照酚二磺酸光度法^[7]。以上项目测试在10月份盆栽试验时进行。大白菜产量分析,去根称鲜质量,统计2

次盆栽试验产量。

试验数据采用 Microsoft Excel 和 SAS 9.0 统计软件进行统计分析,LSD 法检验差异显著性。

2 结果与分析

2.1 添加不同形态锰对大白菜产量的影响

从表1可以看出,添加 MnSO_4 和 Mn-EDTA 组的处理与对照相比,随着添加浓度的增大,呈先增产后减产的趋势;添加 Mn-AA 组的处理,呈增产幅度先增大后减小的趋势。施锰水平为 $1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时,产量增加最多, MnSO_4 处理组增产12.6%和12.0%, Mn-AA 增产15.7%和13.8%, Mn-EDTA 增产13.2%和10.3%;施锰为 $2.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时, MnSO_4 减产4.9%和2.4%, Mn-AA 增产6.0%和1.3%, Mn-EDTA 减产3.5%和5.0%,施锰水平超过 $1.0\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时, Mn-AA 增产幅度降低, MnSO_4 和 Mn-EDTA 减产。从表1还可看出,2次试验施锰水平为 $0.2\text{ mg}\cdot\text{kg}^{-1}$ 时, MnSO_4 、 Mn-AA 和 Mn-EDTA 分别增产1.1%和1.3%、7.0%和7.4%、1.4%和1.7%,表明该添加水平下,氨基酸螯合锰的增产效果较好。

表1 不同形态锰不同施锰水平对大白菜产量的影响
Tab.1 Effects of different levels of different combined Mn on yield of Chinese cabbage

处理	$w(\text{Mn})/(\text{mg}\cdot\text{kg}^{-1})$	3月份试验		10月份试验	
		产量 ¹⁾ / ($\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$)	增产率/ %	产量 ¹⁾ / ($\text{g}\cdot\text{盆}^{-1}$)	增产率/ %
对照	0	369.5±8.9c		400.3±9.8c	
MnSO_4	0.2	373.4±9.5c	1.1	405.3±9.2c	1.3
	0.5	380.5±8.8bc	3.0	422.3±10.2b	5.6
	1.0	416.2±10.1a	12.6	448.1±11.3a	12.0
	1.5	360.5±9.7c	-2.4	397.3±7.5cd	-0.7
	2.0	351.5±8.9d	-4.9	390.7±8.5cd	-2.4
Mn-AA	0.2	395.3±9.6b	7.0	429.5±8.9ab	7.4
	0.5	403.8±11.0ab	9.3	430.4±9.0ab	7.6
	1.0	427.4±8.5a	15.7	455.6±10.2a	13.8
	1.5	393.7±9.6b	6.5	430.5±10.9ab	7.6
	2.0	397.5±9.0b	6.0	405.0±9.9c	1.3
Mn-EDTA	0.2	374.5±9.2c	1.4	406.7±8.8c	1.7
	0.5	377.3±8.7c	2.1	421.5±9.9b	5.4
	1.0	418.4±9.5a	13.2	441.1±10.3a	10.3
	1.5	363.7±8.1c	-1.6	384.1±9.0d	-4.0
	2.0	356.7±8.0dc	-3.5	379.8±7.9d	-5.0

1)表中数据为平均值±标准误;同列数据后凡具有一个相同字母者,表示差异不显著(LSD法, $P>0.05$)。

2.2 添加不同形态锰对大白菜叶绿素相对含量的影响

图1显示,叶片叶绿素相对含量(SPAD)随着生

长期的延长,呈先增加后降低的趋势;与对照相比,施锰 0.2 和 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,添加 3 种形态锰处理的叶片 SPAD 值均高于对照;施锰 2.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,添加 MnSO_4 (图 1a) 和 Mn-EDTA 处理(图 1c)的叶片

SPAD 值未高于对照,而添加 Mn-AA 处理(图 1b)略高于对照,表明添加锰在一定范围内可提高植株叶片的叶绿素含量。

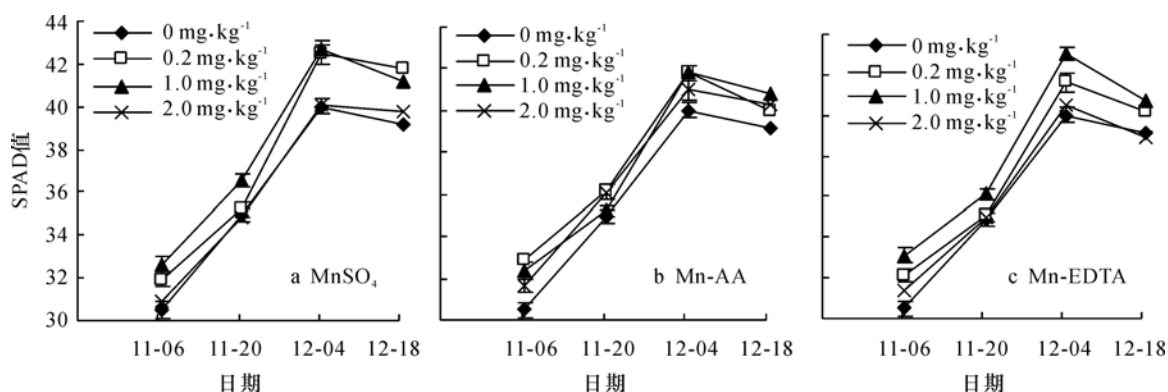


图 1 不同形态锰不同施锰水平对大白菜叶片 SPDA 值的影响

Fig. 1 Effects of different levels of different combined Mn on SPAD value of the leaf of Chinese cabbage

2.3 添加不同形态锰对大白菜品质的影响

可溶性固形物(TSS)的含量直接反映了可溶性糖的含量,是反映蔬菜品质的指标之一。从表 2 可看出,与对照相比,施锰 0.2 和 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,TSS 含量略高于对照;施锰 2.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 时,TSS 含量略低于对照,但添加 3 种不同形态锰处理均未显著增加或降低叶片 TSS 含量($P < 0.05$),表明添加锰对大白菜叶片可溶性固形物含量影响较小。

添加 Mn-AA 组可溶性蛋白质含量高于 Mn-EDTA 组和 MgSO_4 组;添加 MnSO_4 组中施锰 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平的可溶性蛋白含量最高,比对照增加 18.2%;添

加 Mg-AA 组中 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平的可溶性蛋白含量最高,比对照增加 45.8%;添加 Mn-EDTA 组中 0.2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平的可溶性蛋白质含量最高,比对照增加 17.1%。表明适量添加锰能提高叶片中可溶性蛋白的含量,且以添加氨基酸螯合锰效果最佳(表 2)。

添加 3 种不同形态的锰均能不同程度提高大白菜叶片维生素 C 的含量,添加 Mn-AA 组以 0.2 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平的维生素 C 含量最高,比对照增加了 19.8%;添加 MnSO_4 和 Mn-EDTA 组中均以 1.0 $\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 水平的维生素 C 含量最高,分别增加了 22.5 和 14.8%,表明适量添加锰能提高叶片维生素 C 的含量(表 2)。

表 2 不同形态锰不同施锰水平对大白菜品质指标的影响¹⁾

Tab. 2 Effects of different levels of different combined Mn on the quality of Chinese cabbage

处理	$w(\text{Mn})/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$w(\text{可溶性固形物})/$ %	$w(\text{可溶性蛋白质})/$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	$w(\text{维生素 C})/$ ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)	$w(\text{亚硝酸盐})/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)	$w(\text{硝酸盐})/$ ($\text{mg} \cdot \text{kg}^{-1}$)
对照	0	4.95 ± 0.08a	10.34 ± 1.21c	0.20 ± 0.010c	3.81 ± 0.44a	540.17 ± 46.8a
MnSO_4	0.2	5.10 ± 0.07a	11.28 ± 1.30bc	0.23 ± 0.008a	3.31 ± 0.50a	500.85 ± 45.9b
	1.0	4.98 ± 0.08a	12.22 ± 1.18b	0.24 ± 0.010a	3.69 ± 0.62a	491.96 ± 58.7b
	2.0	4.70 ± 0.09a	10.02 ± 1.35c	0.22 ± 0.009b	3.63 ± 0.51a	530.62 ± 64.02a
Mn-AA	0.2	5.00 ± 0.07a	15.03 ± 1.40a	0.24 ± 0.010a	3.35 ± 0.49a	268.58 ± 65.3d
	1.0	5.10 ± 0.08a	15.08 ± 1.35a	0.23 ± 0.009a	2.29 ± 0.42b	290.82 ± 69.4d
	2.0	4.77 ± 0.06a	13.00 ± 1.10b	0.22 ± 0.009b	3.07 ± 0.58a	295.35 ± 59.8cd
Mn-EDTA	0.2	5.08 ± 0.09a	12.25 ± 1.13b	0.21 ± 0.008c	3.12 ± 0.57a	535.56 ± 45.3a
	1.0	5.10 ± 0.09a	12.11 ± 1.14b	0.22 ± 0.009b	3.65 ± 0.63a	362.54 ± 49.2c
	2.0	4.77 ± 0.05a	10.16 ± 1.06c	0.20 ± 0.009c	3.68 ± 0.51a	458.95 ± 60.1b

1) 表中数据为平均值 ± 标准误;同列数据后凡具有一个相同字母者,表示差异不显著(LSD 法, $P > 0.05$)。

按照国家绿色食品绿叶类蔬菜卫生指标规定,无公害蔬菜安全要求规定亚硝酸盐(以 NaNO_2 计) $\leq 4.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$,硝酸盐 $\leq 3000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 。本试验条件下,各处理亚硝酸盐和硝酸盐含量均未超过该

限量值;添加 MnSO_4 和 Mn-EDTA 组均降低叶片亚硝酸盐含量,但差异不显著, Mn-AA 组中 $w(\text{Mn}) = 1.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ 显著降低了亚硝酸盐的含量;添加 3 种不同形态的锰均能不同程度降低大白菜叶片硝酸盐的

含量, Mn-AA 组的硝酸盐含量显著低于 MnSO_4 和 Mn-EDTA 组, 表明适量添加锰可降低叶片硝酸盐的含量。

3 讨论

蔬菜产量与土壤中锰元素的含量直接相关, 土壤中缺锰时往往生长发育不良、产量低、品质差, 所以在缺锰的土壤中施入锰肥后, 增产的效果比较明显。与未添加锰的对照相比, 适量添加锰可有效增加大白菜的产量, 这与前人研究结果^[8]一致; 本试验中还发现, 过量添加 MnSO_4 和 Mn-EDTA (施锰 1.5 和 $2.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 时, 会导致大白菜减产, 未发现明显中毒症状, 这表明添加锰过量时会导致植物生长异常; 而添加 Mn-AA 组的处理, 未见有减产, 但增产幅度降低, 其机理有待进一步研究。

锰是叶绿体的组成物质, 它能稳定维持叶绿体的结构, 缺锰时膜结构遭破坏而导致叶绿体解体、叶绿素含量下降^[9-11]。SPAD 值通常又被称作叶色值 (Leaf color values), 可代表叶绿素的含量^[12-15]。本试验结果显示, 适量添加锰可增加大白菜叶片 SPAD 值, 其中以添加 Mn-AA 组的效果较好。

过量或不足施肥往往是造成蔬菜品质下降的根本原因。缺锰时硝酸还原酶活性下降, 植物体内硝酸盐的还原作用受阻, 从而导致体内硝酸盐积累, 蛋白质合成受阻; 锰还能促进维生素 C 的合成^[16]。本试验中, 适量添加锰可提高大白菜可溶性蛋白质和维生素 C 的含量, 降低硝酸盐的含量, 以添加氨基酸螯合锰效果最佳。添加 Mn-AA 组对提高大白菜的品质好于 MnSO_4 组和 Mn-EDTA 组, 这可能是因为氨基酸螯合锰本身含有碳、氮等营养元素, 可被作物直接吸收, 在作物体内氨基酸作为配位体, 在无需光合作用的情况下直接参与机体的蛋白合成及碳代谢等过程。研究者在水稻、小麦及小白菜上的试验也表明, 氨基酸螯合微肥可有效提高作物的品质^[17-18]。

综上, 本试验条件下, 大量元素肥料中适量添加锰可有效提高大白菜的产量和品质, 添加 MnSO_4 的处理以施锰 $1.0 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$ (肥料中添加锰 $1\ 000 \text{ mg} \cdot \text{kg}^{-1}$) 水平最好, 产量比对照增加 12.6%, 品质指标也高于对照; 添加 Mn-AA 组对提高大白菜的产量和品质最佳, 但氨基酸螯合锰成本较高。另外, 锰虽然是人体必需的微量元素之一, 但含量超出一定范围也会有损人体健康^[19], 所以要根据土壤中含锰的实际情况, 来确定是否施用锰肥。

参考文献:

[1] SAYED R M, MOHAMMAD G, GOUDARZ A. Effect of

zinc and manganese foliar application on yield, quality and enrichment on potato (*Solanum tuberosum* L.) [J]. *Asian Journal of Plant Sciences*, 2007, 6(8): 1256-1260.

- [2] 颜世铭, 吴敬炳. 微量元素导论 [M]. 上海: 同济大学出版社, 1992: 170.
- [3] 马新立. 温室瓜类蔬菜无公害栽培 [M]. 北京: 科学技术文献出版社, 2004: 158-163.
- [4] 鲍士旦. 土壤农化分析 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 25-101.
- [5] 李海锋, 林日强, 谢小玲. ICP-AES 法测定土壤中的有效铜、锌、铁、锰 [J]. *广东农业科学*, 2009(4): 76-77.
- [6] 汤章城. 现代植物生理学试验指南 [M]. 北京: 科学出版社, 1999: 95-140.
- [7] 谭龙波, 李玉美, 黄荣茂. 酚二磺酸光度法测定西瓜中硝酸盐含量 [J]. *贵州大学学报: 自然科学版*, 2006, 23(1): 98-100.
- [8] THAPA U, RAI P, SURESH C P. Effect of the growth and yield of pea in gangetic alluvial soil of west Bengal [J]. *Environment & Ecology*, 2003, 21(1): 179-182.
- [9] 姜闯道, 高辉远, 邹琦. 缺锰降低大豆叶片叶绿素荧光的高能态猝灭 [J]. *植物生理与分子生物学报*, 2002, 28(4): 287-291.
- [10] 裴雪霞, 党建友, 王娇爱. 钾锌锰配施对冬小麦旗叶叶绿素含量的影响 [J]. *河南职业技术学院学报*, 2002, 20(3): 33-35.
- [11] 殷宪强, 王国栋, 孙慧敏. 干旱条件下锌锰肥对玉米叶绿素含量的影响 [J]. *中国农学通报*, 2004, 20(6): 196-198.
- [12] 张金恒, 王珂, 王人潮. 叶绿素计 SPAD-502 在水稻氮素营养诊断中的应用 [J]. *西北农林科技大学学报: 自然科学版*, 2003, 31(2): 177-180.
- [13] 李佛琳, 赵春江, 王纪华. 应用叶绿素计诊断烤烟氮素营养状况 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2007, 13(1): 136-142.
- [14] 李刚华, 丁艳锋, 薛利红. 利用叶绿素计 (SPAD-502) 诊断水稻氮素营养和推荐追肥的研究进展 [J]. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11(3): 412-416.
- [15] 艾天成, 李方敏, 周治安. 作物叶片叶绿素含量与 SPAD 值相关性研究 [J]. *湖北农学院学报*, 2000, 20(1): 6-8.
- [16] 陈仑寿, 陆景陵. 蔬菜营养与施肥技术 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2000: 18-19.
- [17] 刘德辉, 赵海燕, 郑秀仁. 氨基酸螯合微肥对小麦和后作水稻产量及品质的影响 [J]. *南京农业大学学报*, 2005, 28(2): 55-58.
- [18] 穆军, 呼世斌, 王永科. 猪蹄甲制备氨基酸螯合微肥及其对小白菜生长的影响 [J]. *农业工程学报*, 2008, 24(7): 185-187.
- [19] 曾琦斐. 微量元素与人体健康 [J]. *健康与生物医药*, 2008(3): 158-159.

【责任编辑 周志红】