

# 一种新型土壤调理剂生态肥对小白菜产量及经济效益的影响

芮蒙蒙<sup>1,2</sup>, 安文彬<sup>3</sup>, 赵 宇<sup>3</sup>, 芮玉奎<sup>2</sup>, 唐新莲<sup>1</sup>

(1. 广西大学 农学院, 广西 南宁 530005; 2. 中国农业大学 资源与环境学院, 北京 100193;

3. 山东丰迈生物科技有限公司, 山东 济南 250000)

**摘 要:**以小白菜为试材,采用土壤盆栽方式,设置不同施肥处理(化肥(C)、鸡粪(M)、鸡粪+CaCO<sub>3</sub>(M+CaCO<sub>3</sub>)、唤土土壤调理剂1(简称唤土1,H1)和唤土土壤调理剂2(简称唤土2,H2),以不添加任何肥料为对照(CK)),研究了新型土壤调理剂生态肥(唤土)对小白菜产量、激素以及经济效益的影响。结果表明:与CK、C、M、M+CaCO<sub>3</sub>处理相比,新型土壤调理剂唤土生态肥的施用可以显著增加小白菜产量,提高小白菜体内生长促进剂类激素含量,降低生长抑制剂类激素含量,同时还可以降低成本,增加经济效益。综合经济效益、生态效益和社会效益,与传统肥料相比,唤土生态肥对小白菜的增产效果最显著,弥补了传统肥料成本高,重金属污染等问题,可以代替传统肥料。

**关键词:**新型土壤调理剂生态肥;有机无机肥料;小白菜;产量;激素;经济效益

**中图分类号:**S 634.306<sup>+</sup>.2 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)19-0137-06

肥料可以为植物提供一种或多种必需营养元素,是重要的农业生产资料,在农业发展中具有不可替代的作用。研究表明,20世纪化肥对全世界作物的增产量占作物总增产量的1/2,20世纪80年代联合国粮农组织通过田间试验研究了亚太地区31个国家发现,肥料使得单位面积粮食增产55%,总产量增加30%<sup>[1]</sup>。由于肥料的重要增产作用,人们大量的施用各种有机无机肥料,尤其是化肥的不合理施用导致了养分流失,土壤结构破坏,土壤肥力下降<sup>[2]</sup>。LAND<sup>[3]</sup>研究表明,氮污染主要由化肥引起,而磷污染主要由家禽粪便引起,

美国切萨皮克湾导致水体富营养化的氮磷污染物大部分来源于农业肥料的不合理使用。我国人口基数大,耕地面积不断在减少,为保障人们的正常生活,需要通过技术创新研制新型肥料,提高肥效的同时降低污染,减轻环境压力。

蔬菜为人们提供多种营养物质和有益成分,是人们健康生活所必需的。人们为了提高蔬菜产量往往大量使用各种肥料,这会导致环境的污染并降低蔬菜产品品质,目前蔬菜施肥所引起的环境问题较为突出<sup>[4]</sup>。有研究发现有机肥可以降低土壤镉的有效性,减轻镉对小麦的毒性<sup>[5-6]</sup>,但是也有研究发现粪肥和化肥的施用会导致土壤和植物中重金属的积累<sup>[7]</sup>,WANG等<sup>[8]</sup>研究发现绿肥和猪粪有机肥可以增加稻田镉(Cd)的生物有效性和移动性,从而增加水稻中Cd浓度。

近年来,生态肥被广泛的关注。2015年农业部制定了《到2020年化肥使用量零增长行动方案》,此方案进一步促进了新型肥料的研发。该试验使用的新型土壤调理剂唤土生态肥不同于化学

**第一作者简介:**芮蒙蒙(1988-),女,硕士研究生,研究方向为植物营养生理及调控。E-mail:rui.mengmeng@163.com

**责任作者:**唐新莲(1972-),女,博士,副教授,硕士生导师,现主要从事植物营养与环境生态等研究工作。E-mail:txl@gxu.edu.cn

**基金项目:**国家自然科学基金资助项目(41371471, 41130526, U1401234)。

**收稿日期:**2017-04-06

肥料、微生物肥料、有机肥料、有机-无机复混肥料等产品,它不含重金属等有害物质,是一种新型的绿色种植有机生态肥。它集改良土壤、营养植物、保水抗旱、固化重金属、降解农残及化工污染、提高植物光合作用速率等多种功能于一身,能将废弃的农、林有机物转化为治理改良土壤、提高作物产量和品质的具有高附加值的高新技术产品。该试验通过盆栽方法对比3种传统施肥处理和唤土生态肥处理对小白菜产量、激素变化和经济效益的影响,期望找到一种新的肥料代替传统肥料的不足。

表 1

唤土生态肥基本性质

Table 1

Basic property of Huantu soil conditioner

剂型 Dosage form	成分 Composition	主要功能 Major function
粉剂	有机废弃物(经发酵处理的农、林、畜业废弃物) 核心底料 辅料	营养植物、保水抗旱、固化重金属、降解农残、改良土壤

## 1.2 试验方法

于2016年9月10日至2016年10月18日在中国农业大学西校区日光温室内进行试验。设5个处理。化肥处理(C),  $N : P_2O_5 : K_2O = 0.21 : 0.16 : 0.21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 鸡粪处理(M),  $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 鸡粪+ $\text{CaCO}_3$ 处理(M+ $\text{CaCO}_3$ ), 鸡粪  $10 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  +  $\text{CaCO}_3$   $3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ; 唤土1处理(H1),  $15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 唤土2(H2)处理,  $25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , 以不添加任何肥料为对照(CK)。将肥料与土壤混匀装盆, 每盆装  $1.5 \text{ kg}$  土肥混合物, 以虹吸方式浇透水, 24 h后播种, 每盆放5粒小白菜种子, 7 d后间苗, 每盆留2株。每处理重复5次。

## 1.3 项目测定

### 1.3.1 鲜质量测定

播种38 d后, 将小白菜沿土壤表面分成地上部和地下部, 分别用自来水冲洗, 然后用去离子水清洗干净, 吸干表面水分分别称量地上部和地下部鲜质量。

### 1.3.2 激素测定

通过酶联免疫方法测定7种植物激素, 分别为吲哚乙酸(IAA)、吲哚丙酸(IPA)、玉米素核苷

## 1 材料与方法

### 1.1 试验材料

供试作物小白菜种子(“速生绿秀”)购买于中国农业科学院。供试肥料尿素( $N 46\%$ )、过磷酸钙( $P_2O_5 18\%$ )、硫酸钾( $K_2O 52\%$ )、有机粪肥鸡粪取自中国农业大学上庄实验站, 唤土土壤调理剂由山东丰迈生物科技有限公司提供, 其理化性质见表1。各种肥料均过2 mm筛子备用。供试土壤取自中国农业大学上庄实验站, 该试验土壤为潮土, 北方土壤多碱性土, 土壤风干过2 mm筛子备用。

(ZR)、二氢玉米素(DHZR)、赤霉素( $GA_4, GA_3$ )、脱落酸(ABA)。将收获后的植株地上部清洗干净, 称取( $0.5 \pm 0.01$ ) g新鲜小白菜样品, 加2 mL 80%甲醇提取液(包含40 mg二叔丁基对甲苯酚为抗氧化剂)低温研磨, 提取液在4℃条件下提取48 h, 4℃下  $4000 \text{ r} \cdot \text{min}^{-1}$  离心15 min(离心机型号LDZ5-2), 上清液过C-18固相萃取柱, 用10 mL 100%甲醇洗柱, 然后用10 mL 100%乙醚洗柱, 20℃条件下用氮气将洗脱液吹干, -40℃条件下储藏待测。试验试剂和抗体由王保民教授实验室提供(中国农业大学农学院)<sup>[9]</sup>。

### 1.4 数据分析

所有结果均重复3次, 采用Excel软件计算平均值, 采用SPSS 19软件进行单因素方差(ANOVA)分析, 其中采用Duncan's法分析数据显著性变化( $P \leq 0.05$ )。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同处理对小白菜植株鲜质量的影响

由图1可知, H1、H2处理的小白菜长势明显优于3种传统肥料处理, H2处理长势略优于H1

处理。不同处理小白菜的生物量如图 2, 结合小白菜的生长状况(图 1)可知, 与 CK 相比, C、M、M+CaCO<sub>3</sub> 处理的小白菜的地上部鲜质量略有增加, 分别增加了 5.3%、0.2%、0.4%。H1 处理的小白菜地上部鲜质量与 CK、C、M、M+CaCO<sub>3</sub> 处理相比, 分别增加了 78.8%、70.7%、79.5%、78.9%。H1 处理比 H2 处理小白菜地上部鲜质量增加了 24.2%。说明不同肥料均可以促进小白菜的生长, 而唤土生态肥的促进作用最明显, 显

著增加小白菜的生物量。与 CK 相比, C 处理的小白菜地下部鲜质量没有明显变化, M、M+CaCO<sub>3</sub>、H2 处理的小白菜地下部鲜质量显著增加 ( $P \leq 0.05$ ), 分别比 CK 增加了 64.4%、71.9%、75.7%, H1 处理的小白菜根部新鲜质量增加最显著, 比 CK 增加了 107.9%。这主要是由于唤土生态肥含有的营养物质绝大多数都被植物吸收利用, 并且将土壤中无效态矿物质转化成植物可以吸收利用的有效态养分。

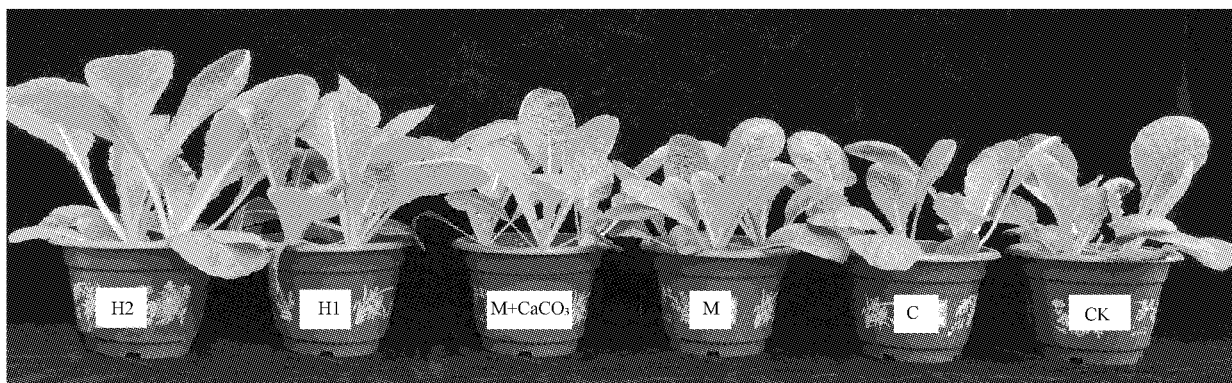


图 1 不同肥料处理下小白菜的生长情况

Fig. 1 Condition of Chinese cabbage grown in different fertilizer treatments

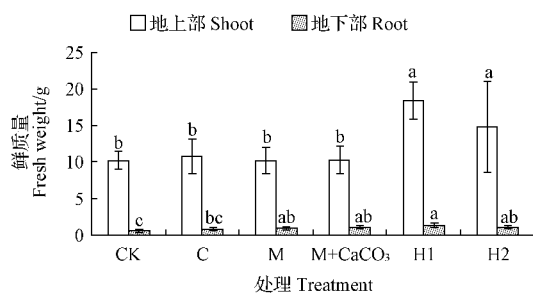


图 2 不同肥料处理下小白菜鲜质量

Fig. 2 Fresh weight of Chinese cabbage grown in different fertilizer treatments

## 2.2 不同处理对小白菜地上部激素含量的影响

植物激素是植物自身合成的一类有机物质, 它在调节植物生长发育的诸多方面起着重要作用<sup>[10-11]</sup>。不同肥料处理对小白菜体内几种植物激素含量结果表明(图 3), 不同施肥处理对小白菜地上部生长素类物质 IAA 和 IPA 含量变化有显著影响, 与 CK 相比, C 和 M+CaCO<sub>3</sub> 处理降低小白菜地上部 IAA 和 IPA 含量, M、H1 和 H2 处

理 IAA 含量有增加趋势, H1 处理的 IAA 增加效果最显著 ( $P \leq 0.05$ ), 其含量达到  $54.62 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 与 CK、M 和 H2 处理相比, H1 处理 IAA 含量分别增加了 35.8%、20.5%、27.4%。M 处理的 IPA 含量略有降低, H1 和 H2 处理的 IPA 含量显著增加, 分别为  $7.4$ 、 $7.2 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 与 CK 相比分别增加了 18.0% 和 14.8%。C 和 M+CaCO<sub>3</sub> 处理小白菜地上部细胞分裂素类物质 ZR 和 GA<sub>3</sub> 含量低于 CK, M、H1 和 H2 处理 ZR、GA<sub>3</sub> 含量增加, H1 处理的 GA<sub>3</sub> 含量增加最显著 ( $P \leq 0.05$ ), 为  $6.63 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 与 CK、M、H2 处理相比, GA<sub>3</sub> 含量分别增加了 27.4%、19.4%、15.6%。另一种细胞分裂素类物质 DHZR 和 GA<sub>4</sub> 含量与 CK 相比, C、M、M+CaCO<sub>3</sub> 处理含量降低, 其中 C、M+CaCO<sub>3</sub> 处理 DHZR 含量降低显著, 唤土处理 DHZR 和 GA<sub>4</sub> 含量显著增加 ( $P \leq 0.05$ ), H1 处理 DHZR 含量是  $7.5 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 比 CK 提高了 11.1%; H2 处理 DHZR 含量是  $9.7 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 比 CK 提高了 42.5%, 并且高于 H1 处理。H1、H2 处理 GA<sub>4</sub> 含

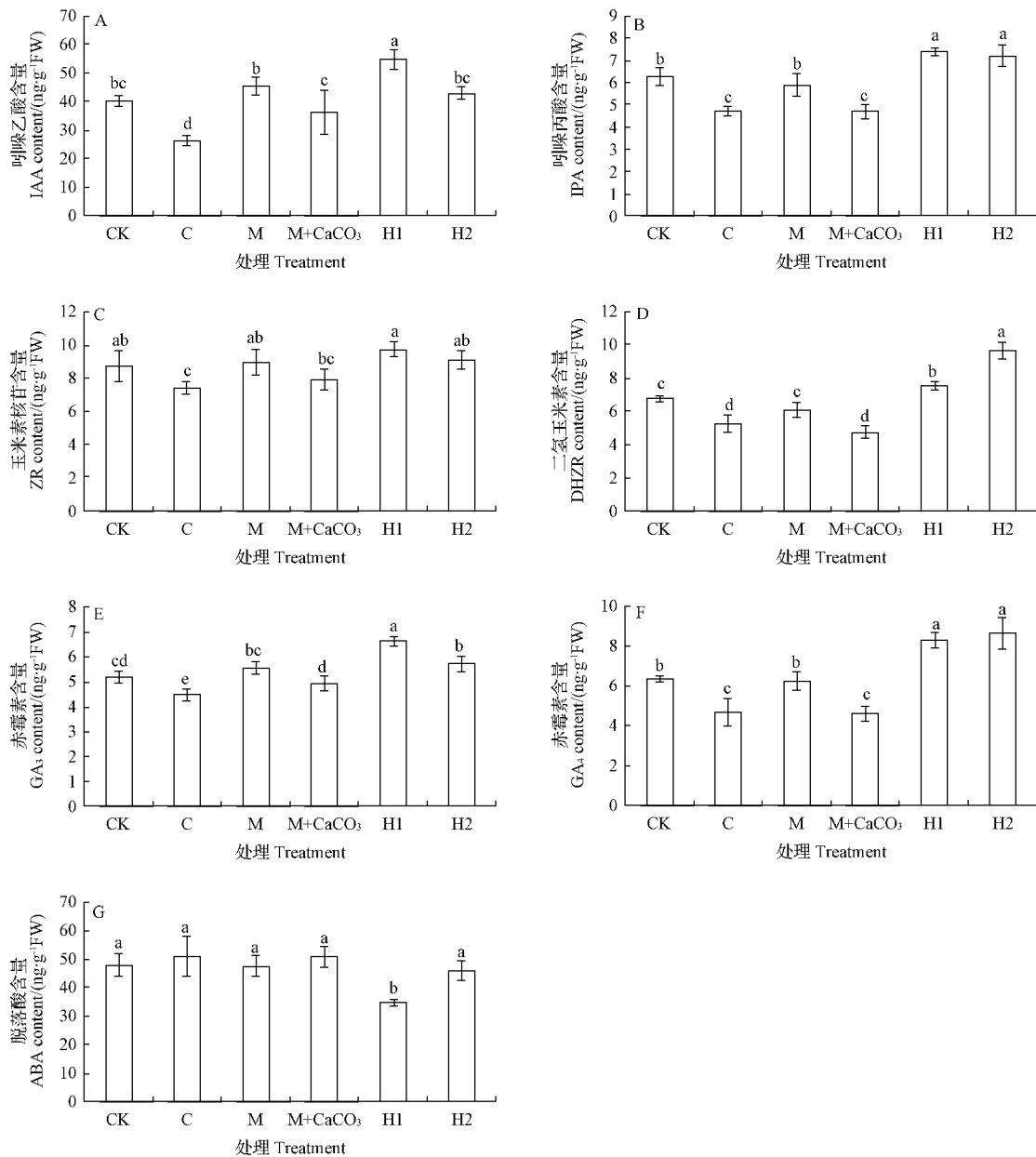


图3 不同肥料处理下小白菜地上部激素含量变化

Fig. 3 Phytohormone contents in peanut shoot treatment with different fertilizer

量分别是  $8.3 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$  和  $8.6 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 与 CK 相比分别增加了 30.4% 和 35.9%。C 和 M+CaCO<sub>3</sub> 处理增加 ABA 含量, M、H1 和 H2 处理降低 ABA 含量, H1 处理降低效果显著 ( $P \leq 0.05$ ), 其含量为  $34.6 \text{ ng} \cdot \text{g}^{-1} \text{FW}$ , 与 CK 相比, H1 处理 ABA 含量降低了 28.0%。

### 2.3 经济效益比较

该试验中 5 种肥料处理不同程度的增加了小

白菜产量, 但是就其增产效果结合肥料成本来看, 传统肥料与唤土生态肥之间存在较大差异。小白菜的生物量数据表明, 唤土处理的小白菜增产效果显著, 能够促进农业增产, 农民增收。经过一系列的市场调查, 肥料的市场价格如表 2。

调查发现, 一般菜农的习惯施肥如下。传统肥料: 每 667 m<sup>2</sup> 每季底肥 6 t, 200 kg 复合肥, 追肥 100 kg, 按照肥料的市场价格合计成本是

表 2 肥料市场价格及农民习惯用量调查

Table 2 Investigation on fertilizer market price and farmers' fertilization practice

序号 No.	处理 Treatment	市场价格 Market price/(元·t <sup>-1</sup> )	667 m <sup>2</sup> 用量 667 m <sup>2</sup> dosage/kg
1	复合肥	2 000	300
2	M	80	6 000
3	唤土生态肥	2 000/1 200	400

注:唤土生态肥市场价 2 000 元·t<sup>-1</sup>,如果使用量大,加盟生产分厂,成本可降低到 1 200 元·t<sup>-1</sup>。

Note: The market price of Huantu soil conditioner is 2 000 RMB·t<sup>-1</sup>, if the amount large, you can join the production factory, and the cost can be reduced to 1 200 RMB·t<sup>-1</sup>.

1 080 元。唤土生态肥:每 667 m<sup>2</sup> 底肥 300 kg,追肥 100 kg,按照 2 000 元·t<sup>-1</sup> 计算合计成本是 800 元,按照 1 200 元·t<sup>-1</sup> 计算成本是 480 元。可见使用新型土壤调理剂唤土生态肥可以显著降低成本。并且使用唤土生态肥种植的蔬菜可以达到绿色食品标准,产品市场价格上升,从而进一步提高菜农的利润。

3 讨论与结论

该试验表明,唤土生态肥显著增加了小白菜的鲜质量,并提高了生长促进剂类植物激素 IAA、IPA、ZR、DHZR、GA<sub>3</sub>、GA<sub>4</sub> 含量,降低生长抑制剂类植物激素 ABA 含量,促进小白菜的生长。研究发现,与未施肥相比,施肥增加了板栗的 IAA、GA<sub>3</sub>、ZR 含量<sup>[12]</sup>,与该研究结果一致。生长素、细胞分裂素、赤霉素(GA)是生长促进剂类物质,GA 通过增强淀粉酶的活性,IAA、玉米素(Z)、ZR 通过调节细胞分裂和伸长促进植物的生长<sup>[13]</sup>;脱落酸属于生长抑制剂类物质,其作用是抑制植物的正常生长发育<sup>[14]</sup>。

该结果表明,C、M+CaCO<sub>3</sub> 处理均降低小白菜上部生长素(IAA、IPA)、细胞分裂素(ZR、DHZR)、赤霉素(GA<sub>3</sub>、GA<sub>4</sub>)的含量,增加生长抑制剂 ABA 含量;唤土处理显著增加 IAA、IPA、ZR、DHZR、GA<sub>3</sub>、GA<sub>4</sub> 含量,降低 ABA 含量。由生理指标研究发现,唤土生态肥与传统肥料相比显著提高生长促进剂类激素并降低生长抑制剂类激素的含量,从而可以促进小白菜的生长,提高其产量。

2015 年农业部提出“促进农业节本增收的需要”,目前我国农业效益仍然偏低,主要是由于生产成本的不断提高。包括劳动力和物质成本的提高。贾茹等<sup>[15]</sup>研究表明,有机无机肥料配合施用

石灰可以显著提高白菜产量,但是这明显增加了物质和劳动成本。通过对传统肥料和唤土生态肥经济效益的比较结果表明,使用唤土生态肥处理的小白菜产量均高于传统肥料,同时,其成本远低于传统肥料,实现了高效生产。唤土生态肥实现了以生态调理剂代替传统肥料;同时降低肥料成本,最大幅度的提高农民的经济收益;并且可以改良土壤板结、荒漠化等,修复土壤生态系统,促进农业可持续发展。其原因是调理剂可以螯合土壤重金属离子等,并降解农残及化工污染等有害物质,从而提高产品品质,达到绿色生产的目的。该产品经济效益、生态效益和社会效益显著。

参考文献

[1] 中国农业科学院土壤肥料研究所. 中国化肥区划[M]. 北京:中国农业科技出版社,1986.

[2] 冯浩杰,刘善江. 肥料增效剂对白菜农学效应的影响[J]. 北方园艺,2015(4):174-177.

[2] LAND L S. Chesapeake bay nutrient pollution; Contribution from the land application of sewage sludge in Virginia[J]. Marine Pollution Bulletin,2012,64:2305-2308.

[3] 自由路. 植物营养与肥料研究的回顾与展望[J]. 中国农业科学,2015,48(17):3477-3492.

[4] 刘秀珍,马志宏,赵兴杰. 不同有机肥对镉污染土壤镉形态及小麦抗性的影响[J]. 水土保持学报,2014(28):243-247,252.

[5] LIU L, CHEN H S, CAI P, et al. Immobilization and phytotoxicity of Cd in contaminated soil amended with chicken manure compost[J]. Journal of Hazardous Materials, 2009, 163(2-3):563-567.

[6] ZHANG H D, HUANG B, DONG L L, et al. Accumulation, sources and health risks of trace metals in elevated geochemical background soils used for greenhouse vegetable production in southwestern China[J]. Ecotoxicology and Environmental Safety, 2017, 137:233-239.

[7] WANG G M, ZHOU L X. Application of green manure and pig manure to Cd-contaminated paddy soil increases the risk of Cd uptake by rice and Cd downward migration into groundwater;

- Field micro-plot trials[J]. *Water Air Soil Pollution*, 2017, 228(1): 29.
- [8] WANG Y, LI B, DU M W, et al. Mechanism of phytohormone involvement in feedback regulation of cotton leaf senescence induced by potassium deficiency[J]. *Journal of Experimental Botany*, 2012, 63: 5887-5901.
- [9] LE V N, RUI Y K, GUI X, et al. Uptake, transport, distribution and bio-effects of SiO<sub>2</sub> nanoparticles in Bt-transgenic cotton[J]. *Journal of Nanobiotechnology*, 2014(12): 50.
- [10] DAVIÈRE J M, ACHARD P. A pivotal role of dellas in regulating multiple hormone signals[J]. *Molecular Plant*, 2016(9): 10-20.
- [11] 陈小玲, 张荣, 李琳玲, 等. 施肥对花期板栗内源激素含量变化的影响[J]. *湖北农业科学*, 2015, 54(20): 4975-4979.
- [12] MIRANSARI M, SMITH D L. Plant hormones and seed germination[J]. *Environmental and Experimental Botany*, 2014, 99: 110-121.
- [13] 段娜, 贾玉奎, 徐军, 等. 植物内源激素研究进展[J]. *中国农学通报*, 2015, 31(2): 159-165.
- [15] 贾茹, 张迪, 马晓东, 等. 商品有机肥与无机肥料配施对白菜养分吸收钙含量和产量的影响[J]. *北方园艺*, 2015(20): 151-155.

## Effects of a New Soil Conditioner Ecological Fertilizer on Yield and Economic Benefit of Chinese Cabbage

RUI Mengmeng<sup>1,2</sup>, AN Wenbin<sup>3</sup>, ZHAO Yu<sup>3</sup>, RUI Yukui<sup>2</sup>, TANG Xinlian<sup>1</sup>

(1. College of Agriculture, Guangxi University, Nanning, Guangxi 530005; 2. College of Resources and Environmental Sciences, China Agricultural University, Beijing 100193; 3. Shandong Fengmai Biological Technology Co. Ltd., Jinan, Shandong 250000)

**Abstract:** Chinese cabbage was used as the testing plant and was grown in pots. Different treatment combinations were set, i. e. chemical fertilizer (C), chicken manure (M), chicken manure+CaCO<sub>3</sub> (C+M), a new soil conditioner ecological fertilizer 1 (Huantu 1, H1), a new soil conditioner ecological fertilizer 2 (Huantu 2, H2), and control (CK, without adding any fertilizer). The effects of new soil conditioner ecological fertilizer-Huantu on yield, the hormone of Chinese cabbage as well as economic benefit were studied. The results suggested that Huantu ecological fertilizer increased the yield, the hormone content of growth promoters, and decreased the hormone content of growth inhibitors of Chinese cabbage as compared with the CK, C, M, M+CaCO<sub>3</sub> treatment. On the other hand, it reduced the costs and increase the economic benefit. Comprehensive economic, ecological, and social benefits were also compared with the traditional fertilizer. The research showed the effect of Huantu ecological fertilize on increasing the yield of Chinese cabbage was found highly significant, Huantu ecological fertilizer was more efficient as compared with traditional fertilizer in regards to high manufacture cost, increasing heavy metal pollution and other issues thus could replace traditional fertilizers use.

**Keywords:** new soil conditioner ecological fertilizer; organic and inorganic fertilizer; Chinese cabbage; yield; hormone; economic benefit