

菜心减量优化施肥效应研究

李永胜¹, 杜建军¹, 张稳成², 黄健清², 肖相政¹, 钟亦正¹

(1. 仲恺农业工程学院 植物营养与新型肥料研究中心, 广东 广州 510225; 2. 广东省肇庆市农业科学研究所, 广东 肇庆 526070)

摘要:以菜心为供试作物,研究了常规施肥、减量施肥和优化施肥处理对菜心产量、品质、施肥效益及肥料利用率的影响。结果表明:减量施肥和优化施肥养分用量分别只是常规施肥养分用量的 85.0%和 56.5%,但仍可获得与常规施肥相当的产量水平,与常规施肥相比,优化施肥在肥料成本减少 59.9%的情况下,施肥收入提高了 6.8%,产投比达到 13.4:1,比常规施肥提高了 168%,施肥效益显著提高;采用优化施肥方案时,和常规施肥相比,菜心维生素 C 含量提高了 45.4%,硝酸盐含量降低了 43.3%,氮、磷、钾肥料利用率分别提高了 58.9%、280.6%和 105.9%,优化施肥可显著改善菜心品质,提高肥料利用率。

关键词:菜心;减量施肥;优化施肥;肥料利用率

中图分类号:S 634.3 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2014)14-0018-04

随着社会经济发展和农业生产水平的提高,我国蔬菜产业发展越来越快,但菜地土壤施肥普遍存在肥料用量过高和营养元素比例失衡的问题。据统计,1994~1997

第一作者简介:李永胜(1964-),男,硕士,副教授,现主要从事土壤肥力与肥料资源高效利用等研究工作。E-mail: yongshlee@163.com.

责任作者:杜建军(1966-),男,博士,教授,现主要从事环境友好型肥料研发及养分资源高效利用等研究工作。E-mail: dujj@tom.com.

基金项目:广东省农业科技攻关资助项目(2012A020100004);广东省科技计划项目星火计划资助项目(2012A020602107);广东省农村科技特派员计划资助项目(2010A020507001-166)。

收稿日期:2014-03-13

年山东设施蔬菜年平均施肥量以 N、P₂O₅、K₂O 计分别达到 1 351、1 701、539.6 kg/hm²,养分用量远远超出作物的需求量,土壤养分出现盈余,导致肥料利用率低^[1]。从肥料种类来看,无机肥占总施肥用量 50%以上,且无机肥主要以复合肥为主,15-15-15 或 16-16-16 等高浓度复合肥品种比较受菜农或蔬菜种植企业欢迎,但这一施肥习惯使土壤养分比例更加失调,例如在广州城郊菜地,由于菜农喜好国外 15-15-15 复合肥,致使菜地土壤普遍氮素水平偏高,磷、钾明显富集,交换性钙、镁比例失衡^[2]。施肥量过大和养分比例失衡不仅造成了肥料的浪费,还会使蔬菜硝酸盐含量升高,土壤酸化、次生盐渍化严重,地表、地下水受到污染等^[3-7]。该试验以华南地区叶菜的主栽品种菜心为供试作物,针对目前菜心施肥中存在的问题,在前期研究的基础上,开展减量施肥和

dry weight and fresh weight, dry weight of underground part, and the dry weight of root cap ratio and strong seedling index were determined. The results showed that the plant height and fresh weight of seedling which sprayed by solution with N : P : K mixture ratio as 2.73 : 2.73 : 4.90 g per 2 kg water was extremely the highest after No. 2; leaf area of seedling which sprayed by solution with N : P : K mixture ratio as 3.08 : 0.91 : 2.94 g per 2 kg water was extremely the highest. Processing tomato hole tray seedling nitrogen injection for the second time, namely 2~4 leaf stage, reasonable ratio of N : P : K could significantly increase the processing tomato hole tray seedling leaf area per plant, plant height and fresh weight, promote the nutrition growth. The plant SPAD of seedling which sprayed by solution with N : P : K mixture ratio as 2.36 : 1.82 : 1.47 g per 2 kg water was extremely the highest after three times spraying; leaf area of seedling which sprayed by solution with N : P : K mixture ratio as 3.08 : 0.91 : 2.94 g per 2 kg water was extremely the highest. Nitrogen had extremely significant effect on SPAD of processing tomato plug seedling and had significant effect on plant height and leaf area, the treatments had unsignificant effect on plant height, stem thick, above ground dry weight, root dry weight, total plant dry weight, dry weight of root cap ratio and strong seedling index of processing tomato plug seedling.

Key words: processing tomato; tray-soilless; seedling leaf area; chlorophyll

优化施肥研究,探讨不同肥料种类和用量对菜心产量和品质的影响,并进行经济效益和养分利用率分析,旨在为菜心合理施肥和高产优质栽培提供科学依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试作物为生长 80 d 的菜心,供试肥料为通用复合肥(16-16-16)、尿素、普通过磷酸钙和氯化钾。

1.2 试验方法

试验在广东省肇庆市农业科学研究所怀集县基地进行,土壤 pH 6.6,有机质含量 18.6 g/kg,碱解氮含量 138.2 mg/kg,有效磷含量 64.0 mg/kg,速效钾含量 158.0 mg/kg。试验共设 4 个处理,各处理施肥量见表 1。其中常规施肥为当地菜农的习惯施肥,减量施肥是将常规施肥量减少 15%,优化施肥是在前期肥料试验基础上的推荐施肥处理。磷肥全部作基肥,氮肥、钾肥和复合肥的 40%作基肥,60%作追肥。基肥随整地时全层混施,追肥溶于水后淋施。第 1 次追肥在移苗定植后的第 10 天进行,第 2 次追肥在第 1 次追肥后 10 d 进行,2 次追肥用量分别为施肥总量的 25%和 35%。每个小区面积为 15 m²,每个处理设 3 次重复,共 12 个小区,180 m²,随机区组排列。菜心采取育苗后移栽定植的方法,种植密度为 12 cm×15 cm。2011 年 10 月 28 日播种,11 月 22 日移苗定植,12 月 29 日采收,各处理除施肥不同外,其它管理措施相同。

表 1 各处理肥料用量

处理	肥料用量
Treatment	Fertilizer treatment
对照(不施肥)	不施肥
CK(No fertilizer)	
常规施肥	复合肥(16-16-16) 1 050 kg/hm ² , N、P ₂ O ₅ 、K ₂ O 各为 168 kg/hm ²
Conventional fertilization	
减量施肥	常规施肥施肥量的 85%, N、P ₂ O ₅ 、K ₂ O 各为 142.8 kg/hm ²
Reduced fertilization	
优化施肥	尿素、普通过磷酸钙和氯化钾分别为 293.4、500、150 kg/hm ² , N、P ₂ O ₅ 、K ₂ O 分别为 135、60、90 kg/hm ²
Optimized fertilization	

1.3 项目测定

种植前测定土壤养分含量^[8],菜心收获时,在每个小区随机选择 10 株菜心观测叶片数及茎粗,计算出其平均值。同时收获时称取各处理的产量,同时取部分植株鲜样用于测定维生素 C(VC)含量(2,6-二氯酚靛酚滴定法)和硝酸盐含量(紫外分光光度法)^[9],另取部分植株鲜样烘干后计算水分含量,同时测定植株氮、磷、钾含量^[10]并计算肥料利用率。肥料利用率=(施肥区养分吸收量-空白区养分吸收量)/(肥料施用量×肥料养分含量)。产值=产量×菜心销售价;肥款=肥料用量×肥料价格;施肥收入=产值-无肥区产值-肥款;产投比=(产值-无肥区产值)/肥款。

1.4 数据分析

试验数据采用 Excel、DPS 等统计软件进行各种处理和统计。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对菜心叶片数和茎粗的影响

由表 2 可以看出,菜心叶片数和茎粗最高的是常规施肥处理,分别为 9.4 片和 2.8 cm,最低的是 CK(不施肥),分别为 8.6 片和 2.4 cm,施肥处理与不施肥处理叶片数和茎粗差异显著,但 3 个施肥处理间叶片数和茎粗差异均不显著,说明施肥有利于菜心的生长,增加了叶片数和茎粗,但不同施肥处理间对叶片数和茎粗影响不大。

表 2 不同施肥处理菜心的叶片数和茎粗

Table 2 Leaves and stem diameter of Chinese flowering cabbage under different fertilizer treatments

处理	叶片数	茎粗
Treatment	Leaves/片	Stem diameter/cm
对照(不施肥) CK(No fertilizer)	8.63±0.21 b	2.41±0.12 b
常规施肥 Conventional fertilization	9.37±0.15 a	2.76±0.05 a
减量施肥 Reduced fertilization	9.20±0.36 a	2.71±0.15 a
优化施肥 Optimized fertilization	9.20±0.10 a	2.64±0.10 a

注:表中数据为 3 次重复的平均值,“±”后的数字为标准差,同一项目具相同字母表示差异不显著(DMRT 法, P=0.05),下同。

Note: Data in table was mean of 3 repeat, followed by “±” was standard deviation, the same letter in a column mean no significant difference at 0.05 level, the same below.

2.2 不同施肥处理对菜心产量的影响

由图 1 可以看出,产量最高的是常规施肥处理,为 27 905 kg/hm²,最低是 CK(不施肥),为 13 949 kg/hm²,比常规施肥减产 50.0%。施肥各处理与不施肥处理产量差异显著,充分说明了施肥对菜心的增产作用,但 3 个施肥处理间产量差异不显著,说明在减量施肥和优化施肥条件下,养分用量虽然分别只有常规施肥量的 85.0%和 56.5%,但仍可获得与常规施肥量相当的产量水平。

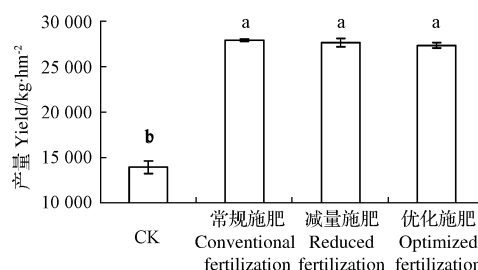


图 1 不同处理菜心产量

Fig. 1 Yield of Chinese flowering cabbage under different fertilizer treatments

2.3 不同施肥处理对菜心品质的影响

由表 3 可以看出,优化施肥处理维生素 C 含量最高,而 CK(不施肥)含量最低。常规施肥和减量施肥 2

个处理间 VC 含量差异不显著,与其它处理间差异显著。优化施肥处理比常规施肥处理 VC 含量提高了 45.4%,常规施肥虽然养分用量最高,但由于养分比例不合适,菜心 VC 含量反而较低,这说明肥料的适宜用量和合理配比能提升菜心 VC 的含量。

硝酸盐含量最高的是常规施肥处理,达到 1 226.0 mg/kg,硝酸盐含量最低的是 CK(不施肥),只有 444.1 mg/kg,不同处理间菜心硝酸盐含量差异显著。在 3 个施肥处理中,优化施肥处理菜心的硝酸盐含量最低,与常规施肥处理相比,减量施肥和优化施肥菜心硝酸盐含量分别降低了 18.8%和 43.4%。

表 3 不同施肥处理菜心维生素 C 和硝酸盐含量

Table 3 Vitamin C and nitrate content of Chinese flowering cabbage under different fertilizer treatments mg/kg

处理 Treatment	维生素 C VC	硝酸盐 Nitrate
对照(不施肥)CK(No fertilizer)	68.9±3.1 c	444.1±23.5 d
常规施肥 Conventional fertilization	111.6±11.8 b	1 226.0±20.3 a
减量施肥 Reduced fertilization	100.5±2.9 b	995.5±29.5 b
优化施肥 Optimized fertilization	162.3±0.8 a	693.7±6.4 c

2.4 不同施肥处理对菜心肥料利用率的影响

由表 4 可以看出,优化施肥处理氮、磷、钾 3 种肥料利用率都是最高的,分别为 25.9%、11.8%和 48.6%,而常规施肥处理氮、磷、钾 3 种肥料养分利用率都是最低的,分别为 16.3%、3.1%、23.6%。与常规施肥相比,减量施肥和优化施肥处理氮肥利用率分别提高了 28.2%和 58.9%,磷肥利用率分别提高了 45.2%和 280.6%,钾肥利用率分别提高了 19.5%和 105.9%。从养分投入量和肥料利用率的对比来看,肥料利用率都是随养分用量的增加而降低。除常规施肥与减量施肥处理磷肥利用率差异不显著外,其它处理间养分利用率差异都达到显著水平。从不同养分种类来看,钾肥利用率最高,氮肥次之,磷肥最低。

表 4 不同施肥处理养分利用率

Table 4 Nutrient utilization under different fertilizer treatments %

处理 Treatment	氮 Nitrogen	磷 Phosphorus	钾 Potassium
对照(不施肥)CK(No fertilizer)	—	—	—
常规施肥 Conventional fertilization	16.3±0.7 c	3.1±0.5 b	23.6±0.3 c
减量施肥 Reduced fertilization	20.9±0.8 b	4.5±0.1 b	28.2±1.3 b
优化施肥 Optimized fertilization	25.9±0.5 a	11.8±1.3 a	48.6±2.6 a

2.5 不同施肥各处理的经济效益分析

由表 5 可以看出,各施肥处理中,收入最高的是优化施肥处理,为 24 873 元/hm²;其次是减量施肥处理,最低的是常规施肥处理,为 23 299 元/hm²。与常规施肥处理相比,减量施肥和优化施肥处理施肥收入分别提高了 0.8%和 6.8%。

从产投比(施肥收入与肥料成本的比值)来看,优化

施肥处理的产投比最高,为 13.4,其次是减量施肥处理,产投比最低的是常规施肥处理,只有 5.0。与常规施肥处理相比,减量施肥和优化施肥处理产投比分别提高了 20.0%和 168%。

表 5 不同施肥各处理经济效益分析

Table 5 Economic benefit analysis of different fertilizer treatments

处理 Treatment	产量 Yield /kg·hm ⁻²	产值 Output value /元·hm ⁻²	肥款 Fertilizer payment /元·hm ⁻²	施肥收入 Fertilization income /元·hm ⁻²	产投比 Input- output ratio
对照(不施肥) CK(No fertilizer)	13 949	27 897	—	—	—
常规施肥 Conventional fertilization	27 905	55 810	4 620	23 299	5.0
减量施肥 Reduced fertilization	27 652	55 304	3 927	23 486	6.0
优化施肥 Optimized fertilization	27 310	54 620	1 851	24 873	13.4

注:菜心销售价格(批发价)按 2.00 元/kg。肥料价格:尿素 2.9 元/kg,过磷酸钙 0.8 元/kg,氯化钾 4.0 元/kg,通用复合肥(16-16-16)4.4 元/kg。

Note: Chinese flowering cabbage sales price 2.00 RMB/kg. Fertilizer price: urea 2.9 RMB/kg, calcium superphosphate 0.8 RMB/kg, KCl 4.0 RMB/kg, general compound fertilizer 4.4 RMB/kg.

3 讨论与结论

施肥不仅是为了提高产量,同时要考虑经济效益。该试验结果表明,从养分投入来看,常规施肥处理的有效养分总量(N+P₂O₅+K₂O)最高,达到 504 kg/hm²,减量施肥和优化施肥处理有效养分总量(N+P₂O₅+K₂O)分别是常规施肥处理的 85.0%和 56.5%,而产量则分别是它的 99.1%和 97.8%。从各施肥处理经济效益分析可以看出,在 3 个施肥处理中,常规施肥虽然产量最高,但是施肥收入和产投比却最低,优化施肥虽然产量最低,但施肥收入和产投比却最高。这主要是因为常规施肥处理肥料成本最高,为 4 620 元/hm²,而优化施肥处理的肥料成本为 1 851 元/hm²,仅是常规施肥处理肥料成本的 40.1%。可见优化施肥不仅能节约肥料资源,降低生产成本,还能获得最大的收益。

硝酸盐含量和 VC 含量是衡量蔬菜品质的重要指标^[11-13]。大量研究表明,肥料用量和养分分配不合理是蔬菜硝酸盐含量增加和 VC 含量降低的主要原因^[14-17]。该研究结果表明,当地农民习惯施用 16-16-16 的复合肥,且用量过大,养分配比不合理,导致使菜心硝酸盐含量升高,VC 含量降低,优化施肥处理菜心硝酸盐含量最低,同时 VC 含量最高,硝酸盐含量比常规施肥处理降低了 43.4%,VC 含量比常规施肥提高了 45.4%。

提高肥料利用率始终是合理施肥研究中的一个重点问题。研究表明,肥料利用率高与气候条件、耕作管理技术及作物种类等因素有关,但肥料的过量使用是利用率低的主要原因^[18-20]。该研究结果表明,菜心氮磷

钾利用率随养分用量的增加而降低,与常规施肥相比,优化施肥氮磷钾利用率分别提高了 58.9%、280.6% 和 105.9%,

当地农民习惯施用 16-16-16 的复合肥,不仅品质不好,且经济效益和肥料利用率也较低,同时用量过大可能对环境造成不良的影响,因此肥料的适宜用量及养分的合理配比是菜心高产、优质、高效的保证。根据土壤养分状况和蔬菜需肥规律,采用优化施肥技术,改变盲目过量施肥,在不显著降低蔬菜产量的前提下,减少化肥施用量,这对于节约肥料资源,降低生产成本,提高施肥效益,减少农业面源污染和保护生态环境有着十分重要的意义。

参考文献

- [1] 陈清,张福锁.蔬菜养分资源综合管理理论与实践[M].北京:中国农业大学出版社,2007.
- [2] 钱海燕,樊誓文,黄国勤.菜园土壤退化现状及其防治技术研究进展[J].中国农学通报,2008,24(增刊):175-179.
- [3] 王小琳,栾桂云.蔬菜生产中的土壤肥料问题与测土优化施肥技术应用[J].中国果菜,2009(6):41-44.
- [4] 杨和连,张百俊.我国蔬菜生产中的主要污染问题及防治对策[J].安徽农业科学,2007,35(5):1431-1433.
- [5] 朱兆良,David N,孙波.中国农业面源污染控制对策[M].北京:中国环境科学出版社,2006.
- [6] 李庆逵,朱兆良,于天仁.中国农业持续发展中的肥料问题[M].南昌:江西科学技术出版社,1998.
- [7] 童云娟,陈巍.我国蔬菜硝酸盐积累研究现状调查及发展趋势[J].中国土壤与肥料,2007(4):83-87.
- [8] 全国农业技术推广服务中心.土壤分析技术规范[M].2版.北京:中国农业出版社,2006.
- [9] 高俊凤.植物生理学实验技术[M].西安:世界图书出版社,2000.
- [10] 鲁如坤.土壤农业化学分析方法[M].北京:中国农业科技出版社,2000.
- [11] 李会合.蔬菜品质的研究进展[J].北方园艺,2006(4):55-56.
- [12] 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.
- [13] 黄小红.食物中硝酸盐与人类健康[J].中国新技术新产品,2011(7):256.
- [14] 李永胜,杜建军,龙增群,等.不同肥料处理对菜心产量、品质及经济效益的影响[J].中国土壤与肥料,2013(3):49-52.
- [15] 曹健,陈琼贤,李桂花.不同肥料对菜心产量和品质及土壤肥力的效果研究[J].长江蔬菜,2004(11):50-51.
- [16] 李永胜,杜建军,王浩.氮磷钾配施对菜心生长及土壤养分状况的影响[J].广东农业科学,2011,38(2):53-56.
- [17] 王锦海,张辉玲,陈春草.不同施肥处理对菜心产量和品质的影响[J].广东农业科学,2009(8):116-117.
- [18] 刘宏斌,李志宏,张维理.露地栽培条件下大白菜氮肥利用率与硝态氮淋溶损失研究[J].植物营养与肥料学报,2004,10(3):286-291.
- [19] 陈清,张晓晨,张宏彦,等.氮素供应对露地胡萝卜生长及其氮素利用的影响[J].中国蔬菜,2003(1):4-6.
- [20] 李若楠,张彦才,黄绍文.氮肥施用对露地秋季大白菜产量和硝酸盐积累及氮素利用的影响[J].华北农学报,2010,25(增刊):220-225.

Effect of Reduced Fertilization and Optimized Fertilization on Chinese Flowering Cabbage

LI Yong-sheng¹, DU Jian-jun¹, ZHANG Wen-cheng², HUANG Jian-qing², XIAO Xiang-zheng¹, ZHONG Yi-zheng¹

(1. Center for Plant Nutrition and New Fertilizer, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, Guangdong 510225;
2. Zhaoqing Agricultural Science Research Institute, Zhaoqing, Guangdong 526070)

Abstract: Field experiment was carried out on Chinese flowering cabbage with four treatments including no fertilizer, conventional fertilization, reduced fertilization and the optimized fertilization, and the related indexes such as yield and quality etc. were investigated, and then the economic benefit and fertilizer use efficiency were analyzed. The results indicated that the yield of the reduced fertilization and the optimized fertilization was equivalent to the treatment of the conventional fertilization, while the nutrients dosage was only 85.0% and 56.5%. Compared with the conventional fertilization, the revenue of the optimized fertilization treatment increased by 6.8%, However, the cost of fertilizer reduced by 59.9%, and the ratio of output to input was up to 13.4 : 1, which improved by 168% than that of the conventional fertilization. In addition, compared with the conventional fertilization, the content of VC increased by 45.4% and the nitrate content reduced by 43.3% when using the optimized fertilization scheme. Meanwhile, the use efficiency of nitrogen, phosphate and potassium was raised by 58.9%, 280.6% and 105.9%, respectively. The experiment proved that the optimized fertilization could improve the quality of Chinese flowering cabbage obviously and enhance the fertilizer use efficiency.

Key words: Chinese flowering cabbage; reduced fertilization; optimized fertilization; fertilizer use efficiency