

doi:10.7668/hbxb.2014.05.036

# 有机无机肥施用比例及氮肥运筹对 茄果产量与品质的影响

崔新卫,鲁耀雄,龙世平,陈 山,范海珊,彭福元

(湖南省农业科学院 农业生物资源利用研究所,湖南 长沙 410125)

**摘要:**为了探明中南丘陵区茄子高效优质栽培的施肥新技术,以早红茄1号为材料,通过田间试验,研究了在控制总施氮量 $135\text{ kg/hm}^2$ 前提下,有机氮肥与无机氮肥不同比例配施及氮肥运筹对茄果产量与品质的影响。结果表明,移栽后75 d时以25%有机氮肥+75%无机氮肥处理苗高、茎直径均最高,且该处理实测产量和茄果数量高于其他处理;由“施肥量-产量”模型分析,发现25.8%有机氮肥+74.2%无机氮肥配施,可使模型达到最高产量,而19%有机氮肥+81%无机氮肥配施,不仅可获取最佳经济效益,而且无明显减产;无机肥梯度增施或采收期追肥,均可不同程度降低茄果中可溶性糖、Vc含量,而增加亚硝酸盐含量。

**关键词:**有机无机肥;施用比例;茄果;产量;品质

中图分类号:S147.34;S641.1 文献标识码:A 文章编号:1000-7091(2014)05-0213-05

## Effects of Combined Application of Organic and Inorganic Fertilizer and Nitrogen Management on Yield and Quality of Eggplant

CUI Xin-wei, LU Yao-xiong, LONG Shi-ping, CHEN Shan, FAN Hai-shan, PENG Fu-yuan

(Institute of Agricultural and Biological Resources Utilization, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125, China)

**Abstract:** The purpose of this study was to explore optimized technology of nitrogen management, Zaohongqie No. 1 was employed in the field experiment to investigate effects of combined application of organic and inorganic fertilizer and nitrogen management on yield and quality under the condition of  $135\text{ kg/ha}$  was application. The results showed that the combined application of 25% organic fertilizer and 75% inorganic fertilizer harvested the highest plant height and stem diameter, and the eggplant yield and number of which was higher than other treatments. Based on the model of nitrogen amount-eggplant yield, we found that combined application of 25.8% organic fertilizer and 74.2% inorganic fertilizer harvested the highest yield, however, the combined application of 19% organic fertilizer and 81% inorganic fertilizer could captured both of the best economic benefit and higher yield. Either added nitrogen amount or fertilized during harvest-time not only reduced the content of soluble sugar and vitamin C but also increased the content of nitrite.

**Key words:** Organic and inorganic fertilizer; Combined application; Eggplant; Yield; Quality

茄子(*Solanum melongena* L.)为茄科茄属一年生草本植物,最早起源于印度,西汉时传入中国,至今已有2 000多年栽培历史。茄子在我国大江南北均广泛种植,是长期以来深受人们喜爱的大众化蔬菜之一,且能预防和治疗多种疾病,具有很高的药用价值。近年来,随着人类消费需求的不断增长,我国

茄子栽培面积逐渐扩大,在果菜类中仅次于番茄和黄瓜,已经成为我国内销及出口创汇的重要蔬菜之一<sup>[1]</sup>。然而,长期以来,受传统粗放式农业生产的影响,过量施用化肥盲目追求产量已造成蔬菜品质和土壤质量明显下降,对食品安全生产和人类生存环境造成威胁<sup>[2]</sup>。已有研究结果<sup>[3-5]</sup>表明,大量施

收稿日期:2014-08-16

基金项目:国家科技支撑计划项目(2012BAD14B17)

作者简介:崔新卫(1980-),男,陕西三原人,助理研究员,在读博士,主要从事废弃物资源化利用研究。

通讯作者:彭福元(1965-),男,湖南衡阳人,研究员,主要从事农业废弃物资源化利用研究。

用化肥,尤其是化学氮肥导致水果蔬菜等农产品硝酸盐含量升高,使用后直接危害人体健康。

随着人类健康意识和营养意识的日益增强,人类饮食需求与结构也发生了巨大的调整,对蔬菜质量要求越来越高,不仅需要数量充足、品种多样的新鲜蔬菜,同时迫切要求无污染且清洁、卫生、安全的绿色蔬菜<sup>[6]</sup>。王丽英等<sup>[7]</sup>研究表明,施用有机肥不仅能提高温室番茄产量、维生素 C、可溶性糖含量,而且可降低番茄果实硝酸盐含量,改善品质效果明显。王鑫等<sup>[8]</sup>与赵征宇等<sup>[9]</sup>研究认为,适量的有机肥与化肥配施,除了提质增产等优势外,还可改良土壤结构,优化土壤养分组合,便于作物吸收利用。立足前人的研究基础,本研究探讨了不同比例有机无机肥配施及施肥运筹对茄子产量与品质的影响,旨在为湖南地区茄子高效无公害生产提供理论依据和技术指导。

## 1 材料和方法

### 1.1 试验材料及其土壤基本性状

试验于 2013 年 4-9 月在中科院亚热带农业生态研究所金井试验站进行。供试品种为早红茄 1 号

(茄子幼苗由湖南省蔬菜研究所苗圃基地提供)。供试土壤基本性状:pH 值 4.8,有机质 24.00 g/kg,有效磷 14.20 mg/kg,速效钾 30.00 mg/kg,碱解氮 95.00 mg/kg。4 月 16 日于幼苗三叶一心期移栽,6 月 19 日采收第一批茄果,此后每 10 d 采收一批,直至试验结束为止。

### 1.2 试验设计

试验设 5 个处理:T1,100% 无机氮肥处理;T2,25% 有机氮肥 + 75% 无机氮肥处理;T3,50% 有机氮肥 + 50% 无机氮肥处理;T4,75% 有机氮肥 + 25% 无机氮肥处理;T5,100% 有机氮肥处理。每处理重复 3 次,共 15 个小区,采用随机区组排列,每小区长 5 m,宽 3 m,面积 15 m<sup>2</sup>,各小区按纯 N 135 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 90 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 135 kg/hm<sup>2</sup>折算后进行施肥。其中,有机肥为自制有机肥,按照含水量 28.4%,氮、磷、钾含量 2.16%,1.9%,0.66% 折算后施肥,化肥均为市售肥料,分别按照尿素 N 含量 46.3%、过磷酸钙 P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 含量 12%、氯化钾 K<sub>2</sub>O 含量 60% 折算后施肥。有机肥与磷钾肥均作基肥一次性施入,无机氮肥分 4 次施入,追肥以水溶后灌施,具体施肥时期及施肥量见表 1。

表 1 各处理施肥方案

Tab.1 Fertilizers application schedule of different treatments at different stages

kg/hm<sup>2</sup>

处理 Treatment	基肥 Base fertilizer				追肥尿素 Added fertilizer		
	有机肥 Organic fertilizer	尿素 Urea	过磷酸钙 Calcium superphosphate	氯化钾 Potassium chloride	移栽后 25 d Transplanted after 25 days	移栽后 50 d Transplanted after 50 days	移栽后 75 d Transplanted after 75 days
T1	0	72.67	750.00	224.67	72.67	72.67	72.67
T2	2 182.26	0	231.33	188.67	72.67	72.67	72.67
T3	4 364.53	0	0	152.67	72.67	72.67	0
T4	6 546.79	0	0	116.00	72.67	0	0
T5	8 729.05	0	0	80.00	0	0	0

### 1.3 取样与测定

于茄果成熟季开始分批采收并详细记录各小区茄果产量和数量;分别选取各小区第 3,6 批长势良好且大小均一的茄果 4 枚进行品质分析。亚硝酸盐含量采用盐酸萘乙二胺法测定<sup>[10]</sup>,维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚酚滴定法测定<sup>[11]</sup>,可溶性糖含量采用 3,5-二硝基水杨酸溶法测定<sup>[12]</sup>,土壤基本理化性状参考鲍士旦等<sup>[13]</sup>方法测定,SPAD 采用便携式叶绿素仪 (Chlorophyll meter, SPAD-502) 测定植株最顶端的完全叶,在叶片上、中、下部分别测 3 次,取 3 次测定平均值作为此株 SPAD 的测定值,各小区重复测定 30 株,取平均值作为小区 SPAD 测定值。

### 1.4 数据分析

试验数据采用 Microsoft Excel 2003、SPSS 17.0

进行分析,以最小显著差异法 (Least significant difference, LSD) 检验处理间差异显著性。

## 2 结果与分析

### 2.1 有机无机肥配施对茄果产量、数量及茄株农艺性状的影响

不同比例有机无机肥配施,对茄子产量及其相关性状的影响见表 2。可以看出,T2 处理其小区产量最高,达 77.45 kg,显著高于 T1、T4、T5 处理,而与其 T3 处理(75.86 kg)无显著差异,T5 处理小区产量仅为 60.04 kg,显著低于其他处理;各处理茄果数量比较发现,T2 处理小区茄果数最多,显著多于 T1、T4、T5 处理,而与其 T3 处理无显著差异,同样以 T5 处理茄果数量最少,显著低于其他处理;单果重

以 T2、T3 两处理最重,显著重于 T4、T5 两处理,而与 T1 处理无显著性差异,以 T5 处理单果重最轻,显著低于 T1、T2、T3 处理,而与 T4 处理无统计学差异。

表 2 各处理茄果产量、数量及单果重比较

Tab. 2 Comparison for yield, number, single weight of eggplant of different treatments

处理 Treatment	小区产量/kg Plot yield	小区数量/个 Number of plot	单果重/(g/个) Single weight
T1	71.40 ± 3.20bc	238.14 ± 4.01bc	299.72 ± 8.48ab
T2	77.45 ± 3.45a	253.03 ± 8.93a	306.09 ± 8.23a
T3	75.86 ± 1.70ab	246.91 ± 6.53ab	307.26 ± 1.24a
T4	66.98 ± 2.92c	231.57 ± 5.68c	289.18 ± 6.74bc
T5	60.04 ± 2.84d	210.54 ± 3.62d	285.09 ± 10.03c

注:不同小写字母表示差异达到显著水平 ( $P < 0.05$ )。表 3 同。  
Note: The different small letters mean significant levels at  $P < 0.05$ .  
The same as Tab. 3.

表 3 各处理茄株农艺性状比较

Tab. 3 Comparison for agronomic traits of eggplant seedlings of different treatments

处理 Treatment	移栽后 45 d Transplanted after 45 days			移栽后 75 d Transplanted after 75 days		
	苗高/cm Plant height	茎直径/cm Stem diameter	SPAD	苗高/cm Plant height	茎直径/cm Stem diameter	SPAD
T1	40.62 ± 1.26a	0.99 ± 0.11a	41.40 ± 0.87a	65.37 ± 5.34ab	1.32 ± 0.17a	43.07 ± 0.31a
T2	39.98 ± 1.45ab	0.88 ± 0.12ab	40.50 ± 0.85a	68.30 ± 2.92a	1.37 ± 0.10a	42.20 ± 1.39a
T3	36.19 ± 5.28abc	0.76 ± 0.14bc	39.83 ± 0.51a	64.80 ± 4.12ab	1.33 ± 0.13a	41.10 ± 1.47a
T4	33.57 ± 4.74c	0.64 ± 0.06c	38.10 ± 1.31b	61.83 ± 4.04ab	1.24 ± 0.03a	42.67 ± 1.18a
T5	33.72 ± 2.81bc	0.66 ± 0.06c	37.67 ± 0.55b	60.00 ± 4.55b	1.23 ± 0.10a	41.30 ± 0.90a

2.2 茄株“产量-施肥”模型拟合及产量与效益分析

本研究以有机肥施肥量 ( $x_1$ ) 和尿素施肥量 ( $x_2$ ) 为自变量,以茄果产量 ( $y$ ) 为因变量对茄果经济产量-施肥量拟合抛物线模型如下:

$$y = 4\ 692\ 344.472x_1 + 16\ 699\ 517.006x_2 - 420.886x_1^2 + 48\ 511.174x_2^2 - 11\ 093.361x_1x_2 - 8\ 889\ 673\ 826.452$$

该模型决定系数  $R^2 = 0.986\ 5$ ,  $P = 0.000\ 1$ , 样本数  $N = 15$ , 可见,拟合程度达极显著水平。从获取最高经济产量角度分析,该模型最高产量可达  $51\ 291.63\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 此时,有机肥与尿素的施肥量分别为  $2\ 248.74, 214.75\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。从最佳经济收益角度考虑,求得该模型施肥量为  $1\ 659.30\ \text{kg}/\text{hm}^2$  (有机肥)、 $234.28\ \text{kg}/\text{hm}^2$  (尿素) 时,产量可达  $51\ 198.75\ \text{kg}/\text{hm}^2$ , 此时经济收益最大,为  $100\ 531.25$  元(茄果、尿素均以湖南省 2013 年度均价计算,茄果:  $2.00$  元/kg、尿素:  $3.00$  元/kg; 有机肥为农户自制农家肥,成本价  $0.70$  元/kg)。

由于本研究各处理均为保持总施氮量 ( $135\ \text{kg}/\text{hm}^2$ ) 不变前提下,调整有机氮(有机肥)和无机氮(尿素)施用比例进行研究分析茄果的产量对施

有机无机肥梯度配施下,茄株农艺性状变化见表 3。可以看出,不同有机无机肥配比,对茄株生长早期(移栽后 45 d)苗高、茎直径、SPAD 具有明显影响,而在挂果期(移栽后 75 d)各处理仅苗高差异显著,而各处理间茎直径及 SPAD 两项均无显著差异。移栽后 45 d 时,以 T1 处理苗高最高,其显著高于 T4、T5 处理,而与 T2、T3 处理无显著性差异;茎直径以 T1 处理最大,显著大于 T3、T4、T5 处理,而与 T2 处理无显著差异;SPAD 以 T5 处理最小, T4 处理次之,二者无显著差异,但均显著低于 T1、T2、T3 处理。移栽后 75 d 时,各处理间仅苗高存在显著性差异,以 T2 处理最高, T5 处理最低,二者差异显著, T1、T3、T4 处理介于二者之间,但与二者均无显著性差异。

肥的响应,进而拟合产量-施肥量抛物线模型,因此,在分析最高产量与最佳经济效益时,也保持有机肥和尿素 2 种肥料的总氮施入量为  $135\ \text{kg}/\text{hm}^2$ 。

2.3 有机无机肥配施对茄果品质的影响

不同比例有机无机肥配施对茄果可溶性糖含量的影响(图 1)。可以看出,无论是第 3 批采收茄果还是第 6 批采收的茄果,随着有机肥施入比例的提升,茄果中可溶性糖含量呈不同程度增加趋势,而且各处理第 6 批采收的茄果中可溶性糖含量均高于相应处理第 3 批采收茄果中可溶性糖含量。

各处理茄果中维生素 C 含量变化(图 2)。总体来看,无论第 3 还是第 6 批采收茄果,维生素 C 含量均未随有机肥施入量梯度增加而呈现出规律性变化;其中, T1、T2、T3 处理第 6 批采收茄果中维生素 C 含量高于第 3 批茄果维生素 C 含量,而 T4、T5 处理第 6 批采收茄果中维生素 C 含量低于第 3 批茄果维生素 C 含量,分析其原因可能是移栽后 75 d 时追施氮肥(无机氮肥运筹施入)对 3、6 这 2 个批次采收茄果维生素 C 含量的影响大于有机无机肥配施的总体影响所致。

各处理茄果中亚硝酸盐含量变化(图 3)。可以

看出,第3、6这2批采收的茄果,随着有机肥施入量梯度递增,其相应处理茄果中亚硝酸盐含量呈不同程度下降趋势,且各处理以第3批采收的茄果中亚硝酸盐含量高于第6批采收的茄果中亚硝酸盐含量。

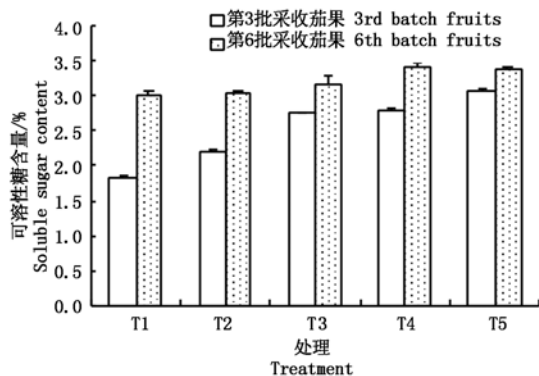


图1 各处理不同批次茄果可溶性糖含量比较

Fig. 1 Comparison of soluble sugar content of different batches under different treatments

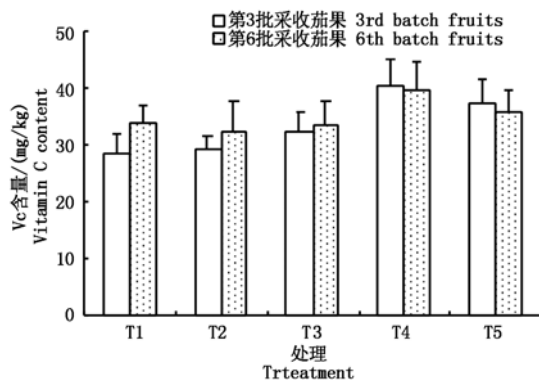


图2 各处理不同批次茄果维生素C含量比较

Fig. 2 Comparison of Vc content of different batches under different treatments

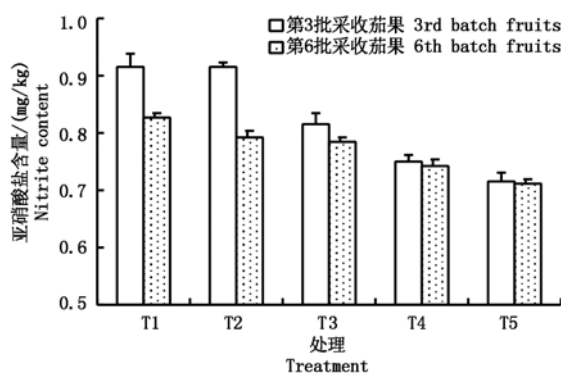


图3 各处理不同批次茄果亚硝酸盐含量比较

Fig. 3 Comparison of nitrite content of different batches under different treatments

### 3 讨论

有机无机肥合理配施,不仅能提高作物产量、改善作物品质、提高氮肥利用效率,而且一定程度上可以改良土壤结构<sup>[9,14-18]</sup>。然而,不同作物、甚至同一作物在不同的土壤环境下,产量、品质等指标对有

机无机肥配施比例响应也不尽相同。本研究在控制总施氮量的前提下,调整有机氮肥与无机氮肥的施入比例及施肥时间,分析比较了茄株农艺性状、产量及品质的变化。发现,茄株移栽后45 d时苗高、茎直径、SPAD均以单施无机肥(T1)处理最高,而移栽后75 d时苗高、茎直径均以25%有机氮肥+75%无机氮肥(T2)处理最高,SPAD仍以T1处理最高,小区茄果产量、数量则以T2处理最高,可见,茄株生长前期配施足量速效化学氮肥尤其以合理的氮肥运筹(如T1、T2、T3处理)对于茄株早期营养生长至关重要,可确保茄株理想强势株型形成,为后期茄果高产奠定物质基础,而前期大量有机氮肥投入(如T4、T5处理),缓效养分难以满足茄株早期早生快长的生长需求,难以形成“高、大、壮”植株,易导致后期大幅减产。本研究中T1处理以尿素作基肥明显促进了茄株早发快长,与移栽后75 d构比,移栽后45 d时其农艺性状明显优于同期其他各处理,这为后期夺取高产奠定了良好基础,而T2处理适量的有机肥作基肥投入,并分别于移栽后35、70 d追施速效化学氮肥,不仅促进了“高、大、壮”植株的形成,而且获得了最高经济产量。前人研究表明,合理的有机无机肥配施,不仅能提高肥料利用效率,而且与等量单施化肥相比,可显著提高作物的经济产量<sup>[19-20]</sup>。该结论与本试验研究结果相似。导致这一结果猜测其可能的原因,是由于在未达到作物全生育期饱和施肥的前提下,与单施化肥相比,合理配施有机无机肥,有机无机氮营养协调吸收,相互促进,更能激发作物增产潜力。该假设有待于进一步试验验证。

本研究以有机肥施入量( $x_1$ )和尿素施入量( $x_2$ )为自变量,以茄果产量( $y$ )为因变量对茄果“经济产量-施肥量”拟合抛物线模型,发现在保持总施氮量135 kg/hm<sup>2</sup>前提下,25.8%有机氮肥+74.2%无机氮肥配施,可使模型达到最高理论产量(51 291.63 kg/hm<sup>2</sup>),其施肥水平与T2处理接近而理论产量低于T2处理,实测产量可能是由于追肥时期无机氮肥运筹施入及试验误差等因素叠加所致。在仅考虑肥料投入和茄果产出等前提下,基于模型分析获取最大经济收益(100 531.25元)时,需19%有机氮肥+81%无机氮肥配施,此时,理论产量可达到51 198.75 kg/hm<sup>2</sup>,与最高产量相比无明显减产。

本研究还发现随着有机肥施入量的梯度增加,两批次采收茄果中可溶性糖含量均逐渐升高而亚硝酸盐含量均逐渐降低,维生素C含量则未发现规律性变化。而对2个批次采收茄果品质指标比较发

现,第6批采收茄果可溶性糖、维生素C(仅T1、T2、T3处理)含量高于第3批采收的茄果,而亚硝酸盐含量低于第3批采收的茄果,造成这一结果可能是由于茄果采收期化肥追肥(移栽后75 d)后直接被作物吸收利用并转运分配,导致茄果中亚硝酸盐含量升高而可溶性糖、维生素C含量相对较低,而随着时间的推移,施入土壤中的化肥通过挥发、径流、下渗等途径损耗<sup>[21]</sup>,作物吸收的化肥氮逐渐减少而前期有机肥的足量施入一定程度上弥补了有机氮的吸收利用,从而导致后期茄果中亚硝酸盐含量降低而可溶性糖、维生素C含量不同程度升高。然而,至于化肥与有机肥吸收利用导致茄果亚硝酸盐、可溶性糖、维生素C含量变化的作用机理尚待进一步研究。

#### 参考文献:

- [1] 常青,杨丽娟,周丹丹,等.施用蚓粪对茄子产量、品质及土壤养分的影响[J].沈阳农业大学学报,2012,43(1):94-97.
- [2] 张海波.生物长效复合肥对茄子产量与品质的影响[J].黑龙江农业科学,2012(8):50-51.
- [3] 洪春来,黄锦法,贾彦博,等.施氮水平对黄瓜硝酸盐积累的影响[J].浙江农业科学,2003(4):174-175.
- [4] 王朝辉,李生秀,田霄鸿.不同氮肥用量对蔬菜硝态氮累积的影响[J].植物营养与肥料学报,1998,4(1):22-28.
- [5] 张乃明.施肥对蔬菜中硝酸盐累积量的影响[J].土壤肥料,2001,1(2):37-38.
- [6] 曹卢波,郑建,郑时选,等.沼肥对露地栽培茄子产量、品质和土壤肥力的影响[J].湖北农业科学,2008,47(11):1274-1277.
- [7] 王丽英,张彦才,赵梅素,等.以氮磷推荐有机肥对温室番茄干物质、产量和品质的影响[J].华北农学报,2013,28(3):121-126.
- [8] 王鑫,曹志强,王金成,等.微生物发酵有机肥对温室番茄产量、品质和土壤肥力的影响[J].中国土壤与肥料,2013(1):80-84.
- [9] 赵征宇,孙永红,赵明,等.有机无机肥配施对土壤氮素转化和番茄产量品质的影响[J].华北农学报,2013,28(1):208-212.
- [10] GB/T 5009.33-2003.食品中亚硝酸盐与硝酸盐的测定[S].
- [11] GB/T 5009.86-2003.蔬菜、水果及其制品中总抗坏血酸的测定[S].
- [12] 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.
- [13] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2000.
- [14] 贾伟,周怀平,解文艳,等.长期有机无机肥配施对褐土微生物生物量碳、氮及酶活性的影响[J].植物营养与肥料学报,2008,14(4):700-705.
- [15] 邢素丽,韩宝文,刘孟朝,等.有机无机配施对土壤养分环境及小麦增产稳定性的影响[J].农业环境科学学报,2010,29(z1):135-140.
- [16] 叶利勇,余荣生,陈小影,等.有机无机肥料不同配比对大白菜产量及硝酸盐含量的影响[J].天津农业科学,2003,9(4):12-14.
- [17] 刘新社,黄绍敏.豫东潮土长期定位施肥对设施番茄肥料利用率的影响[J].河南农业科学,2008(12):97-102.
- [18] 皇甫湘荣,杨先明,黄绍敏,等.长期定位施肥对强筋小麦郑麦9023产量和品质的影响[J].河南农业科学,2006(4):77-80.
- [19] 罗连光,崔新卫,杨勇,等.有机无机肥配施对超级杂交稻产量构成及植株重金属含量的影响[J].生态与农村环境学报,2012,28(1):67-71.
- [20] 焦军霞,杨文,李裕元,等.有机肥化肥配施对红壤丘陵区稻田土壤氮淋失特征的影响[J].农业环境科学学报,2014,33(5):1085-1092.
- [21] 朱兆良.农田中氮肥的损失与对策[J].土壤与环境,2000,9(1):1-6.