

连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜产量和品质的影响^①

杨玉惠¹, 杨思存^{2*}, 王成宝², 霍琳²

(1 兰州园艺学校, 兰州 730060; 2 甘肃省农业科学院土壤肥料与节水农业研究所, 兰州 730070)

摘要: 研究了连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜产量和品质的影响。结果表明: 在连作条件下, 农民传统施肥和不施肥均会造成黄瓜产量下降、品质变劣。合理施肥能够相对减小产量的降幅, 提高黄瓜的品质。随着设施黄瓜连作年限的延长, 农民传统施肥黄瓜产量、Vc、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、有机酸含量均降低, 黄瓜果实硝酸盐含量不断增加。减施氮磷肥、增施钾肥有机肥及优化施肥黄瓜产量降低, Vc、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、有机酸含量均升高, 黄瓜果实硝酸盐含量降低。综合产量和品质两个因素, 优化施肥效果最佳, 与农民传统施肥相比, 产量降幅减小 74.7%, Vc、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、有机酸含量分别提高 39.6%、17.7%、29.3%、53.0%、20.7%, 黄瓜果实硝酸盐含量降低 20.6%。

关键词: 优化施肥; 设施黄瓜; 连作障碍

中图分类号: S642; S606+2

由于设施蔬菜是实现蔬菜高产、优质、高效生产, 解决蔬菜周年生产的重要途径, 我国设施蔬菜生产取得了迅猛发展。截至 2010 年底, 我国设施蔬菜年种植面积估计约达 466.7 万 hm^2 , 分别占我国设施栽培面积的 95% 和世界设施园艺 80% 的面积, 成为世界上设施面积最大的国家^[1]。但由于设施环境封闭、高投入、高产、连作普遍, 加之农民栽培管理水平较低, 致使设施菜地土壤环境恶化、蔬菜产量和品质降低, 生产成本提高, 市场竞争力下降, 严重影响农民收入和生产积极性。黄瓜(*Cucumis sativus*)作为我国主要的设施蔬菜作物, 也是连作障碍比较严重的作物。近年来, 针对不同施肥量对设施黄瓜产量和品质的影响研究多见报道^[2-4], 连作对设施黄瓜产量和品质的影响也有研究^[5]。但关于连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜的产量和品质的研究极少。本文选用连续种植 8 年的黄瓜温室, 研究连作条件下不同施肥对日光温室土壤理化性状的影响, 以为设施黄瓜氮、磷、钾化肥和有机肥的合理施用以及实现日光温室黄瓜的优质高产提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于 2006 年 9 月至 2010 年 6 月在榆中县来紫

堡乡骆驼巷村进行, 试验日光温室宽 7.5 m、长 60 m, 试验前连续种植了 8 年黄瓜。土壤类型为灌淤土, 土层深度 1.5 m 左右, 土壤含有机质 14.38 g/kg, 全氮 1.35 g/kg, 全磷 1.27 g/kg, 全钾 26.3 g/kg, 碱解氮 96.9 mg/kg, 速效磷 178.4 mg/kg, 速效钾 268 mg/kg, pH 7.59, 全盐 28.7 g/kg。试验期间继续种植黄瓜, 品种一直采用津春 3 号, 采用靠接法与黑籽南瓜进行嫁接。

1.2 试验设计

试验设 7 个处理: 不施肥; 农民传统施肥(项目区调查的平均施肥量); 减施 30% 氮肥; 减施 30% 磷肥; 增施 30% 钾肥; 增施 30% 有机肥; 优化施肥(根据土壤养分含量、黄瓜目标产量和养分吸收量确定)。试验期间各处理连续 4 年均采用同一施肥量(表 1), 基肥和追肥的比例及追肥次数、每次追肥量均按照设计的施肥量, 按农民习惯进行分配。试验小区面积 $1.2 \text{ m} \times 6.0 \text{ m} = 7.2 \text{ m}^2$, 各小区间用塑料棚膜隔开, 重复 4 次, 随机区组排列。每年 9 月中旬开始育苗, 11 月上旬定植, 第二年 1 月上旬收获第一茬瓜, 6 月上旬收获结束。黄瓜生长期间的灌水采用膜下沟灌, 整枝、绑蔓、中耕松土、病虫害防治等其他管理措施与农民的日光温室相同。

基金项目: 兰州市科技攻关计划项目(06-2-32, 07-1-01)资助。

* 通讯作者(yangsicun@sina.com)

作者简介: 杨玉惠(1970—), 女, 甘肃靖远人, 硕士, 讲师, 主要从事植物营养与施肥教学与研究工作。E-mail: yangyuhui.lz@163.com

表 1 各处理施肥量
Table 1 The fertilizer quantity of every treatment

处理	N (kg/hm ²)	P ₂ O ₅ (kg/hm ²)	K ₂ O (kg/hm ²)	有机肥 (t/hm ²)
T1: 不施肥	0	0	0	0
T2: 传统施肥	1 340	964	420	90
T3: 减施 30%氮肥	938	964	420	90
T4: 减施 30%磷肥	1 340	675	420	90
T5: 增施 30%钾肥	1 340	964	546	90
T6: 增施 30%有机肥	1 340	964	420	117
T7: 优化施肥	800	450	840	150

1.3 样品采集

黄瓜采摘期每 4~5 天收获 1 次,称量计产,最后计算总产量。每年于初瓜期、盛瓜期、末瓜期每期中间取 3 条成熟商品黄瓜,分别切取其上、中、下部位各一小段,混匀后测定果实中的 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、有机酸和硝酸盐含量等营养品质指标。

1.4 测定方法

黄瓜中的 Vc 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法^[6];可溶性蛋白质含量测定采用考马斯亮蓝 G-250 染色法^[7];游离氨基酸含量采用茚三酮溶液显色法^[8];可溶性糖含量采用蒽酮比色法^[9];有机酸含量采用 NaOH 直接滴定法;硝酸盐含量用浓硫酸-水杨酸比色法测定^[10]。

1.5 数据处理

采用 Excel2003 进行数据处理和 SAS V8 数据处理软件进行统计分析。

2 结果与分析

2.1 不同施肥处理对黄瓜产量的影响

由表 2 可以看出,不同施肥处理对日光温室黄瓜产量的影响差异显著。与 T2 处理相比,T3 处理 2007 年和 2008 年差异显著,2009 年和 2010 年差异不显著;T4 处理 2007 年和 2008 年差异不显著,2009 年和 2010 年差异显著。T5、T6、T7 处理与之差异显著。

说明与农民传统施肥相比,连续 4 年减少氮肥施用量对产量影响不大,但连续 4 年减少磷肥施用量对产量影响较大,增施钾肥和有机肥及优化施肥增产效果显著。随着连作年限的延长,黄瓜产量均下降。从 4 年的黄瓜平均产量来看,T6 > T5 > T7 > T4 > T2 > T3 > T1,说明增施有机肥和增施钾肥对黄瓜产量都有显著影响。从连作对不同施肥处理的影响看,虽然黄瓜产量都在逐年降低,但下降的幅度不同,与 2007 年相比,T1 处理降幅最大,2008 年、2009 年、2010 年分别下降了 60.1%、73.4% 和 89.8%;T7 处理的降幅最小,2008 年增加了 4.8%,2009 和 2010 年分别只降低了 1.8% 和 8.1%;其他处理介于 T1 和 T7 处理之间。从表 2 还可以看出,黄瓜平均产量 T2 与 T3 和 T4 处理相近,产量降幅仅次于 T1,远高于 T7 的降幅。

2.2 不同施肥处理对黄瓜品质的影响

黄瓜果实中的 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白、游离氨基酸、有机酸和硝酸盐含量都是黄瓜主要的营养品质指标,其含量的高低直接影响了黄瓜的风味和食品安全性。为了提高黄瓜品质,在栽培措施上要尽量增加可溶性糖、可溶性蛋白、Vc 和游离氨基酸含量,减少可滴定有机酸和硝酸盐含量^[11-12]。由表 3 可以看出,不同施肥处理对黄瓜营养品质有显著影响,T2 处理的营养品质相对较差,T1、T3 和 T4 处理对黄瓜的营养品质有一定的改善作用,T5、T6 和 T7 处理能显著提高黄瓜的营养品质。T1、T3、T4、T5、

表 2 不同施肥处理对设施黄瓜产量的影响(t/hm²)
Table 2 Effects of different fertilization levels on yield of cucumber

年份	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
2007	96.4 e	202.4 b	187.5 cd	196.7 bc	213.6 a	221.2 a	179.7 d
2008	38.5 e	174.6 c	163.2 d	175.4 c	187.8 b	198.5 a	188.3 b
2009	25.6 e	153.8 d	155.0 cd	159.3 c	172.4 b	182.6 a	176.5 b
2010	9.8 e	137.6 d	142.4 cd	146.9 c	158.5 b	164.0 a	165.2 a
平均	42.58	167.10	162.03	169.58	183.08	191.58	177.43

注:同行不同小写字母表示 LSD 多重比较处理间差异在 $P < 0.05$ 水平显著,下同。

表 3 不同施肥处理对黄瓜品质的影响
Table 3 Effects of different fertilization levels on quality of cucumber

项目	年度	T1	T2	T3	T4	T5	T6	T7
Vc (mg/100g)	2007	11.24 a	9.36 e	10.15 d	10.29 d	10.87 bc	10.74 c	11.05 ab
	2008	10.33 c	8.65 e	10.37 c	10.14 d	11.06 b	11.02 b	11.37 a
	2009	9.28 c	7.97 d	10.24 b	10.35 b	11.73 a	11.85 a	11.84 a
	2010	7.74 d	7.42 e	10.31 c	10.27 c	12.15 b	12.09 b	12.38 a
	平均	9.65	8.35	10.27	10.26	11.45	11.43	11.66
可溶性糖 (mg/g)	2007	24.2 b	23.3 c	24.0 bc	24.1 b	25.4 a	24.7 ab	24.4 b
	2008	23.5 d	22.4 e	24.8 c	25.2 bc	26.0 a	25.5 b	25.3 b
	2009	22.7 d	21.7 e	25.6 bc	25.5 c	26.2 ab	26.3 a	26.4 a
	2010	21.3 d	20.6 e	26.4 c	26.3 c	26.8 bc	27.1 ab	27.5 a
	平均	22.9	22.0	25.2	25.3	26.1	25.9	25.9
可溶性蛋白 (mg/kg)	2007	2.58 cd	2.52 e	2.57 de	2.62 bcd	2.65 ab	2.63 abc	2.68 a
	2008	2.44 d	2.23 e	2.63 bc	2.58 c	2.67 b	2.69 ab	2.74 a
	2009	2.25 c	2.05 d	2.60 b	2.64 b	2.73 a	2.75 a	2.77 a
	2010	2.06 d	1.77 e	2.65 c	2.65 c	2.78 b	2.84 ab	2.88 a
	平均	2.33	2.14	2.61	2.62	2.71	2.73	2.77
游离氨基酸 (mg/100g)	2007	74.22 a	64.85 c	68.38 bc	69.15 abc	65.44 c	68.68 bc	72.37 ab
	2008	68.75 c	57.66 d	74.54 ab	72.46 bc	71.06 bc	75.26 ab	78.69 a
	2009	62.34 c	48.43 d	79.82 b	77.39 b	78.62 b	81.42 ab	85.42 a
	2010	50.83 c	42.55 d	85.29 b	82.64 b	83.17 b	85.54 b	90.05 a
	平均	64.04	53.37	77.01	75.41	74.57	77.73	81.63
有机酸 (mg/g)	2007	2.12 a	1.94 e	2.06 ab	1.98 cde	1.96 de	2.03 bcd	2.05 abc
	2008	1.96 b	1.85 c	2.15 a	2.10 a	1.99 b	2.09 a	2.11 a
	2009	1.85 c	1.72 b	2.13 a	2.15 a	2.16 a	2.15 a	2.18 a
	2010	1.77 c	1.63 d	2.17 b	2.17 b	2.21 b	2.19 b	2.30 a
	平均	1.93	1.79	2.13	2.10	2.08	2.12	2.16
硝酸盐 (mg/kg)	2007	213.56 d	238.33 a	225.46 bcd	233.58 ab	232.37 ab	227.15 abc	217.38 cd
	2008	208.32 c	246.94 a	212.94 c	239.15 a	225.82 b	218.64 bc	210.05 c
	2009	193.55 c	257.52 a	200.75 c	228.67 b	223.48 b	205.33 c	193.40 c
	2010	177.62 e	269.45 a	188.32 de	230.04 b	216.53 c	196.47 d	182.57 e
	平均	198.26	253.06	206.87	232.86	224.55	211.90	200.85

T6 和 T7 处理 4 年平均 Vc 含量分别较 T2 处理高 15.6%、23.0%、22.9%、37.1%、36.9%和 39.6%，平均可溶性糖含量分别较 T2 处理高 4.1%、14.5%、14.9%、18.6%、17.7% 和 17.7%，平均可溶性蛋白含量分别较 T2 处理高 9.0%、22.1%、22.5%、26.5%、27.5% 和 29.3%，平均游离氨基酸含量分别较 T2 处理高 20.0%、44.3%、41.3%、39.7%、45.6% 和 53.0%，平均有机酸含量分别较 T2 处理高 9.0%、19.0%、17.3%、16.2%、18.4% 和 20.7%，平均硝酸盐含量则分别降低了 21.7%、18.3%、8.0%、11.3%、16.3% 和 20.6%。

从连作对不同施肥处理的影响来看，随着种植年限的延长，T2 和 T1 处理的黄瓜营养品质都呈下降趋势；T3 和 T4 处理的黄瓜营养品质，年际间有波

动，但总体趋势是在上升；T5、T6 和 T7 处理的黄瓜营养品质都呈稳定上升的趋势。

3 讨论与结论

3.1 连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜产量的影响

黄瓜是根敏感型作物，对养分的需求比较严格，合理施肥是促进黄瓜生长和提高产量的主要措施。本试验中，增施有机肥和增施钾肥，增产效果明显。这与前人研究结果一致。T2 与 T3 和 T4 处理黄瓜平均产量相近，说明一定肥力水平条件下，过多的肥料投入并不能促进产量的提高，反而造成生产成本的增加。随连作年限的延长，不同处理的产量均下降，而且降幅呈逐年增加，表明连作障碍加剧。各处理中

T7 处理的降幅最小,表明在农民传统施肥处理的基础上采取减氮、减磷、增钾、增施有机肥的处理产量比其他处理产量稳定,有机肥保证了土壤持续的能力,氮、磷、钾肥保证了氮、磷、钾的充分供应,从而有利于作物的稳产和高产。T7 处理减氮、减磷、增钾、增有机肥的优化施肥处理平均产量低于 T5 增钾处理和 T6 增有机肥处理,说明在农民传统施肥基础上增施钾肥和有机肥均可提高黄瓜的产量。

3.2 连作条件下不同施肥处理对设施黄瓜品质的影响

合理的施肥能够提高黄瓜的品质。本试验结果表明,不同的施肥处理对黄瓜的品质有显著影响。与 T2 处理相比,T3、T4、T5、T6 和 T7 处理均能提高黄瓜的营养品质。其中,T7 处理的黄瓜 Vc 含量、可溶性蛋白质含量、游离氨基酸含量提高幅度最大,平均硝酸盐含量降低,幅度仅次于 T1 处理。T2 较其他处理黄瓜硝酸盐含量均高,其他各项测定值均最低。表明 T7 处理黄瓜营养品质最好,T2 处理最差。随着连作年限的延长,T1 和 T2 处理黄瓜 Vc、可溶性糖、可溶性蛋白质、游离氨基酸含量均下降,其他处理稳定或提高。T2 处理黄瓜硝酸盐含量升高,其他处理均下降。表明连作条件下 T2 处理黄瓜品质下降,T7 处理可以显著提高黄瓜的营养品质。这与前人研究结果一致^[15]。

本试验中,不同处理有机酸含量平均值 T7 > T3 > T6 > T5 > T4 > T1 > T2。随连作年限延长,不施肥处理 T1 和农民传统施肥处理 T2 有机酸含量降低,其他处理均升高。T4 和 T7 处理有机酸含量值相近,每年测定值均较其他处理有机酸含量高。这可能与这两个处理的钾肥施用量高有关系。詹长庚等^[13-14]研究表明随着钾营养的提高,有机酸的含量明显提高,当钾肥施用编码值水平超过 1 时,有机酸含量开始下降。王凤婷等^[15]研究表明,在低水平下施用钾肥(0~40 kg/667m²)有机酸的含量显著降低;当钾肥用量继续增加至 60~80 kg/667m²时,有机酸的含量与不施钾肥处理的结果无显著差异。本试验的结果表明,增施钾肥,可以提高黄瓜果实中有的有机酸含量,原因还

有待于进一步研究。

本试验中,连作条件下不施肥和农民传统施肥会造成黄瓜产量下降、品质变劣等连作障碍,而且随连作年限的延长,连作障碍加剧。减施氮肥、磷肥,增施钾肥、有机肥均可以提高黄瓜产量、改善品质,有机肥和氮磷钾化肥优化施肥可以保证设施黄瓜优质、稳产和高产。

参考文献:

- [1] 喻景权. “十一五”我国设施蔬菜生产和科技进展及其展望[J]. 中国蔬菜, 2011(2): 11-23
- [2] 刘晓燕, 同延安, 张树兰. 不同施肥处理对日光温室黄瓜产量和土壤 NO₃-N 含量的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2010, 38(5): 31-36, 148
- [3] 燕飞, 邹志荣, 董洁, 李江, 张志新, 王云冰, 杨建军. 不同施肥处理对大棚黄瓜产量和品质的影响[J]. 西北农业学报, 2009, 18(5): 272-275, 289
- [4] 文俊玲, 于喜艳. 不同施肥处理对温室越冬茬嫁接黄瓜产量和品质的影响[J]. 山东农业科学, 2010(4): 71-74
- [5] 贺丽娜, 梁银丽, 高静, 熊亚梅, 周茂娟, 韦泽秀. 连作对设施黄瓜产量和品质及土壤酶活性的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版), 2008, 36(5): 151-159
- [6] 宁正祥. 食品化学分析[M]. 北京: 中国轻工业出版社, 1983: 108-109
- [7] 孙群, 胡景江. 植物生理学研究技术[M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2006: 171-172
- [8] 赵世杰, 刘华山, 董新纯. 植物生理学实验指导[M]. 北京: 中国农业科技出版社, 1998
- [9] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 世界图书出版公司, 2000: 145-148
- [10] 郝再彬, 苍晶, 徐仲. 植物生理实验[M]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学出版社, 2004: 35-37
- [11] 李红丽, 于贤昌, 高俊杰, 李华森. 嫁接和自根黄瓜果实感官评价与营养品质的相关性[J]. 中国蔬菜 2008(3): 23-26
- [12] 沈楠. 浅谈营养液栽培下影响黄瓜品质的因素[J]. 现代园艺, 2009(4): 60-61
- [13] 詹长庚, 姜丽娜. 配施钾肥对改善番茄、西瓜、榨菜和红麻产品品质的影响[J]. 浙江农业科学, 1990(2): 86-88
- [14] 张漱茗, 江丽华. 济南市售蔬菜硝酸盐含量及施肥影响[J]. 土壤肥料, 1997(5): 22-24
- [15] 王凤婷, 艾希珍, 刘金亮, 徐坤范. 钾营养对日光温室黄瓜品质的影响[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2005, 36(1): 93-96

Effect of Different Fertilizer Application and Continuous Cropping on Yield and Quality of Facility Cucumber

YANG Yu-hui¹, YANG Si-cun^{2*}, WANG Cheng-bao², HUO Lin²

(1 Lanzhou Horticulture School, Lanzhou 730060, China; 2 Institute of Soil, Fertilizer and Water-saving, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, China)

Abstract: The experiment was conducted to study the effect of different fertilizer application and continuous cropping on yield and quality of facility cucumber. The results indicated that the treatment of the farmer traditional fertilization and no fertilizer treatment could lead to the yield decline and the quality of the cucumber getting worse. Reasonable fertilization could reduce the yield decline relatively, and improve the quality of the cucumber. Along with the continuous cropping, the yield and the contents of Vc, soluble sugar, soluble protein, free amino acid and organic acid of the facility cucumbers in the farmers' traditional fertilization treatment decreased, and the nitrate content of cucumber fruit increased. The yield and nitrate content of cucumber fruit decreased, while the contents of Vc, soluble sugar, soluble protein, free amino acid and organic acid increasing in the treatments of reducing N fertilizer, reducing P fertilizer, increasing K fertilizer, increasing organic fertilizer and optimized fertilization. In combination with yield and quality of the cucumber, the effect of optimized fertilization treatment was best. Compared with farmer traditional fertilization treatment, the yield decline and nitrate content of cucumber fruit decreased by 74.7% and 20.6%, the contents of Vc, soluble sugar, soluble protein, free amino acid and organic acid increased by 39.6%, 17.7%, 29.3%, 20.7%, and 53.0% respectively.

Key words: Optimized fertilization, Facilities cucumber, Continuous cropping obstacle