

不同施肥水平对大棚番茄产量和品质的影响

董洁¹, 邹志荣¹, 燕飞¹, 李江¹, 张志新¹, 李志颜²

(1. 西北农林科技大学园艺学院, 陕西 杨凌 712100; 2. 天津大港油田第一矿区 园林绿化管理公司, 天津 300280)

摘要:以金鹏 1 号番茄为试材, 采用随机区组设计设 6 个处理, 研究了中等肥力土壤条件下, 不同施肥水平对春大棚番茄产量及品质的影响, 以期探讨施肥水平与大棚番茄产量与品质的关系, 为设施栽培番茄提高产量, 改善品质提供理论依据。结果表明: 所有施肥水平中有 2 个处理达到目标产量, 番茄产量和果实中可溶性固形物, V_C , 可溶性糖, 有机酸和硝酸盐含量均明显高于对照, 并且随着施肥水平的提高而提高, 但肥水过剩的条件下, 番茄产量和品质又呈下降趋势。综合品质及产量 2 个因素, 中等土壤肥力的塑料大棚番茄春季栽培中, 推荐最佳施肥量大约每 667 m² 施干牛粪 7 500 kg, 尿素 125 kg, 过磷酸钙 250 kg, 硫酸钾 84 kg。

关键词: 大棚番茄; 施肥水平; 产量; 品质

中图分类号: S 641.225.2 文献标识码: A 文章编号: 1001-0009(2009)12-0038-04

随着消费者对蔬菜产品逐渐由数量需求转向质量需求, 食品优质、安全生产越来越受到社会的关注。日光温室栽培条件下蔬菜不合理施肥引起的土壤养分累积以及由此带来的潜在环境问题是近年来人们十分关注的问题之一^[1-2]。番茄(*Solanum lycopersicum*)是露地和保护地栽培的主要蔬菜之一。其营养丰富、实用方便, 深受广大消费者青睐。番茄的生长特点是营养生长与生殖生长同时进行, 对肥料需求量大^[3]。充足的氮磷钾养分供应对提高番茄产量和品质有重要作用^[4]。但在种植过程中由于施肥的盲目性, 造成土壤养分失调, 导致温室土壤出现次生盐渍化, 严重影响产量和品质, 给生产者及消费者造成很大的损失^[5-7]。因此, 如何能在提高番茄的产量和品质, 又能维持土壤肥力的基础上, 合理施肥、降低生产成本是当前农业生产上主要研究的课题之一^[8-10]。现探讨不同的施肥处理对日光温室番茄品质的影响, 以期合理调控水肥, 实现设施蔬菜的优质高产提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验品种与供试土壤

试验番茄品种: 金鹏 1 号(由陕西杨凌农业科技大学农城种业科技中心提供)。

供试土壤: 供试基础土样主要养分情况(表 1), 根据菜园土壤肥力评级的标准, 供试土壤综合肥力为中等。

表 1 供试土壤基本性状

Table 1 Main characteristics of experimental soil					
采样深度	有机质	全氮	碱解氮	速效磷	速效钾
Depth	O. M.	Total N	Available N	Available P	Available K
/ cm	/ g · kg ⁻¹	/ g · kg ⁻¹	/ mg · kg ⁻¹	/ mg · kg ⁻¹	/ mg · kg ⁻¹
0. 20	17. 67	0. 25	78. 80	104. 08	117. 86

1.2 施用肥料概况

所用氮肥为尿素(含 N 46%), 磷肥为过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%), 钾肥为硫酸钾(含 K₂O 50%), 有机肥为腐熟好且消过毒的牛粪。

1.3 试验设计

试验在西北农林科技大学园艺场温室大棚内进行, 采用常规方法整地作垄。番茄从育苗到结果初期采用常规栽培管理方式, 在移栽前分 5 个梯度施入基肥和 1 个空白对照。采用随机区组设计, 每个梯度设 3 个重复。定植株距 28 cm, 行距 30 cm, 双行种植, 小区面积为 6.2 m×0.6 m=3.72 m², 每小区定植 30 株。小区之间用塑料薄膜隔开, 防止处理间肥水侧渗相互影响, 周围设保护行。自第 1 次开花之日起, 每隔 2 d 进行 1 次点花。点花药剂为 13 mg/L 2, 4-D。留 5 穗果进行打顶。在整个生长期实施不同施肥处理(用 T₁、T₂、T₃、T₄、T₅ 表示)以及不施肥小区(CK)为对照。目标产量初定为 10 000 kg/667m²。

1.4 测定项目与方法

1.4.1 产量测定 在番茄生长过程中, 产量测定在第 1 穗果成熟后进行, 平均 2 d 采摘 1 次, 计数称重并记录。

1.4.2 生理指标测定 在番茄生长期, 于定植后 17 d 开

第一作者简介: 董洁(1984), 女, 硕士, 现主要从事设施园艺方面研究工作。E-mail: dongjie0112@163.com。
通讯作者: 邹志荣(1956), 男, 博士生导师, 现主要从事设施园艺方面研究工作。E-mail: zouzhirong2005@163.com。
基金项目: “十一五”国家科技支撑计划资助项目(2007BAD79B04)。
收稿日期: 2009-06-20

始测定番茄株高(从根颈部到生长点)和茎粗(第 1 片真叶下部节间),以后在 28、40、68 d 各测定 1 次,共测 4 次。

1.4.3 品质测定 品质测定于盛果期进行采样,每小区随机取 5 颗大小均一的果实,3 次重复,以进行测定。测定可溶性总糖、还原性 Vc、可溶性固形物、可滴定酸度及

硝酸盐含量。可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定^[11];Vc 含量采用钼蓝比色法测定^[12];可溶性固形物用手持糖量计测定;有机酸含量测定采用标准滴定法测定;硝酸盐含量浓 H₂SO₄-水杨酸法测定^[13]。

表 2 各处理 (3.72m ²) 施肥量									
Table 2 Fertilization levels of experimental treatments									
处理 Treatment	有机肥 Organic fertilizer/kg		尿素 Carbamide/g		过磷酸钙 Calcium superphosphate/g		硫酸钾 Potassium sulphate/g		
	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	基肥 Base fertilizer	追肥 Topdressing	
CK	0	0	0	0	0	0	0	0	
T ₁	19.52	0	83.658	278.861	390.405	334.633	167.316	66.927	
T ₂	30.67	0	111.544	362.519	513.103	435.022	223.088	89.235	
T ₃	41.83	0	139.430	446.177	653.802	535.412	278.860	111.544	
T ₄	52.98	0	167.316	529.835	758.501	635.802	334.633	133.853	
T ₅	64.14	0	195.202	613.493	881.199	736.192	390.405	156.162	

1.4.4 数据统计与分析 用 DPS v3.01 专业版,采用新复级差法(SSR)进行数据方差分析与多重比较。

2 结果与分析

2.1 不同施肥水平对大棚番茄产量比较

由表 3 可以看出,各施肥处理产量 T₃> T₂> T₄> T₁> T₅> CK, T₃ 处理下番茄 667 m² 产量最高,为 11 144.19 kg/667m²,较对照增产 28.46%。T₃ 与各处理间均存在极显著性差异;T₁、T₂、T₄、T₅ 与对照 CK 存在极显著性差异,且 4 个处理间差异不明显。可见随着施肥量的增加,产量也相应提高,但到一定程度后,产量不再增加,反而呈下降趋势。由此可知番茄生长过程中对水肥需求量大,施肥量过低不能满足番茄的生长需求,而过量施肥也会对番茄生长起抑制作用。

表 3 不同施肥水平对番茄产量的影响				
Table 3 Effect of different fertilization levels on yield of tomato				
处理 Treatment	小区果数 Tomato number of experimental plot	单果质量 Weight of a tomato/g	小区 3.72m ² 产量 Experimental 3.72m ² plot yield	667m ² 产量 Yield/kg
CK	301Bc	144.8937Bc	43.613Cc	7 819.58Cc
T ₁	320ABab	165.9703ABb	53.1105Bb	9 522.77Bb
T ₂	325ABab	169.5708Aab	55.1105Bb	9 881.372Bb
T ₃	337Aa	184.4318Aa	62.1535Aa	11 144.19Aa
T ₄	331Aab	169.2628Aab	56.026Bb	10 045.52Bb
T ₅	316ABbc	166.4304ABb	52.592Bb	9 429.802Bb

注:同列中不同大小写字母分别表示差异达 0.01 和 0.05 显著水平,下表同
Note: Duncan's test (SSR). The same capital or small letter indicated no significance at p=0.01 or 0.05 under the different treatment. The same with the following tables.

2.2 不同施肥水平对大棚番茄品质的影响

2.2.1 不同施肥水平对大棚番茄株高和茎粗的影响

由表 4 可知,定植后 17 d,各处理之间株高与茎粗并无明显差别。就株高而言:定植后 28 d,处理 T₃、T₄、T₅ 与 T₁、CK 存在极显著性差异,与 T₂ 存在显著性差异;定植后 40 d,处理 T₃、T₄、T₅ 均与 CK、T₁、T₂ 存在极显著性差异;定植后 68 d,各处理均与对照存在极显著差异,而处理 T₃、T₄、T₅ 与 T₂、T₁、CK 存在极显著差异,T₄、T₅ 与 T₃

存在显著性差异。就茎粗而言:定植后 28 d,各处理均与对照存在极显著性差异,处理 T₄、T₅ 与 T₁、T₂ 存在显著性差异,与 T₃ 差异不明显;定植后 40 d,处理 T₄、T₅ 与 CK、T₁、T₂、T₃ 均存在极显著性差异,T₂、T₃ 与 CK、T₁ 也存在极显著性差异;定植后 68 d,处理 T₄ 与 T₅ 与各处理均存在极显著性差异,CK、T₁、T₂、T₃ 间均存在极显著性差异。各处理番茄株高、茎粗均随施肥量增加而增加。

表 4 不同施肥水平对番茄株高和茎粗的影响					
Table 4 Effects of different fertilization levels on the plant height and the stem thickness of tomato					
处理		定植后 17 d	定植后 28 d	定植后 40 d	定植后 98 d
Treatment		17 d after	28 d after	40 d after	98 d after
		planting	planting	planting	planting
株高 Plant height/cm	CK	36.78Aa	54.67Cc	75.67Cc	93.89Bd
	T ₁	36.44Aa	55.11BCc	78.89Bb	96.67Bdc
	T ₂	35.11Aa	56.44ABCbc	79.33Bb	98.44Bc
	T ₃	36.56Aa	58.11ABab	82.89Aa	104.33Ab
	T ₄	36.00Aa	59.22Aa	84.56Aa	107.33Aab
茎粗 Stem thickness/cm	T ₅	36.67Aa	58.00ABab	83.00Aa	109.22Aa
	CK	0.657Aa	0.713Dd	0.897Dd	0.997Ee
	T ₁	0.650Aa	0.747Cc	0.917Dd	1.083Dd
	T ₂	0.643Aa	0.760BCbc	1.003Cc	1.160Cc
	T ₃	0.670Aa	0.780ABab	1.083Bb	1.197Bb
	T ₄	0.647Aa	0.793Aa	1.157Aa	1.250Aa
	T ₅	0.653Aa	0.797Aa	1.160Aa	1.263Aa

2.2.2 不同施肥水平对大棚番茄盛果期果实中硝酸盐含量的影响 随着生活水平的提高,人们对蔬菜硝酸盐含量也表现出极大关注。硝酸盐在人体内被转化为亚硝酸盐,亚硝酸盐具有毒性有致癌作用,因此硝酸盐的含量是无公害蔬菜安全品质中重要指标。硝酸盐含量直接取决于施氮水平,随着施 N 量的增加,果实中的硝酸盐含量也随之增加。各施肥处理小区果实中硝酸盐含量均高于对照,都达到极显著性差异,说明增加氮肥用量可以增加果实中硝酸盐的含量,且氮肥用量与硝酸盐含量成正相关。尽管随着施肥量的增加,果实中的硝

酸盐的含量也随之增加,最高硝酸盐含量的 T₃ 处理也远低于国家对无公害蔬菜安全要求—瓜果类蔬菜硝酸盐 NO₃ ≤ 600 mg/kg (GB184061-2001),这可能与钾肥及有机肥的增施有关,相关研究表明,增施钾肥或有机肥可有效降低果实中硝酸盐的含量。

2.2.3 不同施肥水平对大棚番茄盛果期果实中 V_c 含量的影响 V_c 是蔬菜产品主要的品质指标,它是人体不能合成,也不能积累的需天天摄取的最重要的维生素。相关研究表明,适量钾肥和磷肥可以提高果实中的 V_c 含量。由表 5 可以看出,在盛果期,随着 P、K 肥施入量的增加, V_c 含量也相应增加,并在处理 T₂ 时达到最大 12.94 mg/100g,之后随着过量施肥的负作用, V_c 含量也随之降低。由方差分析可知,处理 T₂、T₃ 与各处理均存在极显著性差异, T₂ 与 T₃ 间差异不明显;处理 T₅ 与 CK 间差异不明显, T₁ 与 CK 存在显著性差异。

2.2.4 不同施肥水平对大棚番茄盛果期果实中可溶性固形物含量的影响 可溶性固形物是指果汁中能溶于水的糖、酸、维生素、矿物质等,以百分率表示。果实可溶性固形物含量是番茄重要的品质性状之一,其含量的高低对番茄果实的营养价值、风味口感、实质产量等方面有着重要的影响^[4]。相关研究表明,适量施肥可以提高番茄果实可溶性固形物的含量,但过量施用会降低 V_c、可溶性糖等的含量。不同施肥水平下大棚番茄可溶性固形物含量见表 5,可溶性固形物含量最高为 4.52% 即处理 T₃。由方差分析可以看出处理 T₂、T₃ 与 CK 存在极显著性差异,与 T₅ 存在显著性差异,与 T₁、T₄ 差异不明显;处理 T₁、T₄、T₅ 与 CK 存在显著性差异。可见肥料并不是提高番茄可溶性固形物的主要措施。

表 5 不同施肥处理对番茄品质的影响

Table 5 Effects of different fertilization levels on quality of tomato					
处理 Treatment	硝酸盐 Nitrate / mg · kg ⁻¹	维生素 C Vitamin C / mg · (100g) ⁻¹	可溶性固形物 Soluble matter / %	有机酸 Organic acid / %	可溶性糖 Soluble sugar / %
CK	81De	9.41Ce	3.79Bc	0.41Dd	3.62Ee
T ₁	107Cd	10.79Bc	4.21ABab	0.49Cc	4.37Dd
T ₂	118Ccd	12.94Aa	4.47Aa	0.52Cc	4.67Cc
T ₃	126BCc	12.65Aa	4.52Aa	0.59Bb	5.58Aa
T ₄	144ABb	11.15Bb	4.33Aab	0.68Aa	5.04Bb
T ₅	162Aa	10.28BCbc	4.11ABb	0.70Aa	4.91BCb

2.2.5 不同施肥水平对大棚番茄盛果期果实中可溶性糖含量的影响 可溶性糖包括葡萄糖、果糖、蔗糖。普通栽培番茄果实中糖分占干物质质量的 55% 左右,主要是果糖和葡萄糖,很少或基本不含蔗糖。番茄果实甜度与糖分含量呈正相关,较高的糖含量可以增强番茄口感。因此,可溶性糖含量是植物体内碳素营养状况及农产品品质性状的重要指标之一。相关研究表明,适量的增施 P、K 肥可以提高番茄果实总糖量,但过量的施用 N 肥会造成氨基酸的大量累积,从而降低糖的产量。同时过量

的 P、K 肥也会对糖的产量产生负作用。表 5 结果显示,可溶性糖含量随施肥量的增加呈先上升后下降的趋势,说明 T₄、T₅ 处理施肥量过剩。所有施肥处理的可溶性糖含量与 CK 均达到极显著性差异,处理 T₃ 含糖量最高为 5.58%,与其它施肥处理相比,均达到极显著性差异。处理 T₄ 与 T₁、T₂ 均存在极显著性差异,与 T₅ 间差异不明显。

2.2.6 不同施肥水平对大棚番茄盛果期果实中有机酸含量的影响 番茄果实中有机酸占干物质质量的 12%,所含的酸主要是柠檬酸、苹果酸等。最佳风味的形成需要较高的糖度和相对较高的酸度。在果实风味上,酸对甜的影响比糖对酸的影响大,如在决定加工番茄风味因素中,大约 49% 是由有机酸决定,只有 25% 左右由含糖量决定。由表 5 可见,随着施肥量的增加番茄果实中有机酸的含量也相应增加,处理 T₅ 时有机酸含量最大为 0.7%,且处理 T₄ 到 T₅ 有机酸的增加幅度明显下降。经方差分析,各处理与对照均存在极显著性差异。处理 T₄、T₅ 与其余各处理均存在极显著性差异, T₄ 与 T₅ 之间差异不明显。有机酸随施肥量增加而增加的趋势,可能与施 N 量的增加有关。

3 讨论与结论

3.1 不同施肥水平对大棚番茄产量的影响

该试验在 N、P、K 相同配比基础上设 5 个施肥处理和 1 个空白对照。通过对各处理产量比较分析,结果表明, T₃ 处理时产量最大为 11 144.19 kg/667m²,并与其它各处理存在极显著性差异。各处理下,有 2 个小区达到目标产量。可见适量的增加施肥量可以提高番茄的产量,而过量施肥不但会降低产量,还会造成肥料浪费,直接降低经济效益。

3.2 不同施肥水平对大棚番茄品质的影响

番茄株高、茎粗均与施肥水平成正相关,即随着施肥水平的提高,株高也随之增高,茎粗也随之增大。在整个生长过程中,处理 CK、T₁ 株高较低,茎粗较细,植株与其它处理相比较弱小。处理 T₄、T₅ 株高较高、茎粗较粗,有徒长现象。相较而言, T₂、T₃ 2 个处理株高茎粗较为适宜。在番茄盛果期,测定各指标,随着施肥总量的增加,硝酸盐和有机酸含量均与施肥量成正相关增加。可溶性糖、V_c、可溶性固形物随施肥量增加变化趋势基本相同,都是先增加到一定程度后降低。在 T₃ 处理下,番茄果实中的维生素 C 含量较高,可溶性糖与可溶性固形物含量均最大,有机酸含量适中,果实的口感好,硝酸盐含量较低,安全品质较好,品质最佳。

结果表明,品质最佳为 T₃ 处理,这与最佳产量结果一致。综合 2 个因素,在土壤肥力中等的塑料大棚春茬番茄栽培中,根据该试验得到的结果,推荐最佳施肥量大约每 667 m² 施干牛粪 7 500 kg, 尿素 125 kg, 过磷酸钙

250 kg, 硫酸钾 84 kg。在此肥力水平下, 番茄可以获得较高的产量和良好的品质。

参考文献

[1] 马文奇, 毛达如, 张福锁. 山东省蔬菜大棚养分累积状况[J]. 磷肥与复肥, 2000, 15(3): 65-67.
[2] 周建斌, 翟丙年, 陈竹君, 等. 设施栽培菜地土壤养分的空间累积及其潜在的环境效应[J]. 农业环境科学学报, 2004, 23(2): 33-35.
[3] 孙军利, 赵宝龙. 不同施肥对日光温室春茬黄瓜生长、产量和品质的影响[J]. 石河子大学学报(自然科学版), 2006, 24(6): 674-689.
[4] 赵斌, 郎家庆. 番茄最佳施肥量及配比研究[J]. 辽宁农业科学, 2002(5): 16-18.
[5] 李远新, 李进辉, 何莉莉, 等. 氮磷钾配施对保护地番茄产量及品质的影响[J]. 中国蔬菜, 1997(4): 10-13.
[6] 李俊良, 崔德杰, 孟祥霞, 等. 山东寿光保护地蔬菜施肥现状及问题的研究[J]. 土壤通报, 2002, 33(2): 126-128.
[7] 郭全忠. 施肥对安康市大棚番茄产量、品质和经济效益的影响[J]. 安徽农业科学, 2008, 36(7): 2708-2709, 2726.
[8] 于红梅, 李子忠, 龚元石. 传统和优化水氮管理对蔬菜地土壤氮素损失与利用效率的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(2): 54-59.
[9] 宁建凤, 邹献中, 杨少海, 等. 有机无机氮肥配施对土壤氮淋失及油菜生长的影响[J]. 农业工程学报, 2007, 23(11): 95-100.
[10] 陈日远, 刘厚诚, 宋传珍, 等. 氮素营养对芥蓝生长和品质的影响[J]. 农业工程学报, 2005, 21(14): 143-146.
[11] 高俊凤. 植物生理学实验技术[M]. 北京: 高等教育出版社, 2005.

[12] 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.
[13] 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.
[14] 徐明磊. 番茄高可溶性固形物种质的创造及相关基因的差异表达研究[D]. 重庆: 西南大学硕士学位论文, 2006.
[15] 赵怀勇, 李群, 张红菊. 加工番茄可溶性固形物含量相关因素研究[J]. 北方园艺, 2007(2): 22-24.
[16] 赵宏辉, 须晖, 李天来, 等. 不同营养土栽培对番茄生长特性及产量品质的影响[J]. 沈阳农业大学学报, 2008, 39(4): 483-485.
[17] 崔文芳, 王俊超. 不同施肥结构对番茄营养品质和硝酸盐含量的影响[J]. 长江蔬菜, 2008, 9b: 33-36.
[18] 贾彩建, 周海燕, 刘新渠, 等. 滴灌施肥对温室番茄产量及品质的影响[J]. 山东农业科学, 2008, 8: 70-72.
[19] Fernandes A A, Martinez H E R, de Oliveira L R, et al. Effect of nutrient sources on yield, fruit quality and nutritional status of cucumber plants cultivated in hydroponics[J]. Horticultura Brasileira, 2002, 20(4): 571-575.
[20] Mattson M, Lundborg T, Larsson C M. Nitrogen utilization in N-limited barley during vegetative and generative growth. Growth and nitrate uptake kinetics in vegetative cultures grown at different relative addition rates of nitrate N[J]. Exp. Bot, 1991, 43: 15-23.
[21] Steen L. Putting the concept of environmentally balanced fertilizer recommendations into practice on the farm[M]. Fertil-res. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1995/1996, v. 43(1/3): 265-240.

Effects of Different Fertilization Levels on Yield and Quality of Tomato in Plastics Greenhouse

DONG Jie¹, ZOU Zhi-rong¹, YAN Fei¹, LI Jiang¹, ZHANG Zhi-xin¹, LI Zhi-yan²

(1. Horticultural College, Northwest Agriculture and Forestry University, Yangling, Shanxi 712100, China;

2. Landscaping Management Company of Tianjin Dagang oilfield First Mine, Tianjin, 300280, China)

Abstract: This experiment designed 6 treatments using Random Blocks, used jinpeng 1 tomato as the experiment material, effects of different fertilization levels on middle fertility land ranged, yield and quality of tomato were studied. The study was done to evaluate the relationship between fertilization level and the yield, quality in tomato, and to provide theoretical foundation for further research of increasing yield and improving quality. It had 2 treatments reached the target yield in all fertilization level, tomato yield and content of Soluble matter, Vitamin C, soluble sugar, Organic acid, nitrate were obviously superior compared with the control. And all were remark increased by increasing the amount of fertilization levels. But the excessive fertilization made various index of tomato was down trend. Considering the factors of both quality and yield, about dry cattle manure 7 500 kg/667m², carbamide 125 kg/667m², calcium superphosphate 250 kg/667m² and potassium sulphate 84 kg/667m² as the optimal fertilizer rate during spring season tomato cultivation in plastic greenhouse with medium soil fertility according to experiment.

Key words: Plastic greenhouse tomato; Fertilization levels; Yield; Quality