

氮钾肥不同比例分段追施对日光温室番茄 越冬长季节栽培产量与品质的影响^①

高新昊^{1,2}, 张志斌², 郭世荣^{1*}

(1 南京农业大学园艺学院, 南京 210095; 2 中国农业科学院蔬菜花卉研究所, 北京 100081)

摘要: 以尿素和硫酸钾为 N、K 肥源, 采用有机基质进行日光温室番茄越冬长季节栽培, 考察 N、K 肥 (N:K₂O) 不同比例分段追施对番茄果实品质的影响。试验按追肥方案不同设分段追肥与对照两个处理, 分段追肥处理追肥比例依次为座果期 N:K₂O = 1:1 (3 次)、采收初期 N:K₂O = 1:1.2 (3 次)、采收中期 N:K₂O = 1:1.4 (3 次)、采收末期 N:K₂O = 1:1.2 (2 次), 对照则始终按 N:K₂O = 1:1.2 (11 次) 进行处理。结果表明: 两种试验处理对番茄植株形态指标影响不大, 分段追肥处理增加了番茄茎粗, 但差异并不显著; 两种处理对番茄总座果穗数影响不大, 但分段追肥却显著增加了有效果穗率从而增加了番茄有效果穗数; 从整个采收期来看, 分段追肥处理显著增加了番茄座果数与单果重, 从而显著增加了番茄产量; 两种处理在采收初期对番茄果实品质影响差异不显著, 分段追肥处理在采收末期显著增加了果实中 Vc 含量, 采收末期番茄果实品质的各项指标含量均高于同处理下采收初期的指标含量。

关键词: 番茄; 日光温室; 越冬栽培; 氮钾肥; 产量; 品质

中图分类号: S641.206

氮 (N)、钾 (K) 营养交互作用在作物生长发育和代谢过程中广泛存在, 而且以正交互作用为主^[1-2]。番茄是喜 K 作物, 对 N、K 肥的需求远大于对 P 肥的需求, 土壤中有效 P 含量超过 100 mg/kg 时, P 肥基本失效^[3], 而适当增施 K 肥可显著提高番茄产量, 改善品质^[3-5]。在长季节栽培过程中, 番茄生长期可达 10 个月, 大量 K 素随番茄采收而损失, 增施 K 肥意义重大。基质栽培是目前我国无土栽培的主要栽培方式和研究重点, 但有关 N、K 肥配施的研究主要集中于苗期、施肥量及前期产量^[3, 6-9], 而关于设施蔬菜长季节栽培过程 N、K 肥配施的报道甚少。前期试验结果表明^[10], 在日光温室番茄越冬长季节栽培过程中, 番茄不同生育时期对 N、K 肥的需求比例不同。本试验以有机基质栽培方式进行日光温室番茄越冬长季节栽培, 考察不同比例 N、K 肥分段追施对番茄产量与品质的影响, 为日光温室番茄长季节栽培科学施肥提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验设计

试验于 2004 年 8 月至 2005 年 5 月在中国农业科学院蔬菜花卉研究所日光温室内进行, 2004 年 8 月 19

日育苗, 9 月 12 日定植, 2005 年 5 月 26 日结束。供试番茄品种为中杂 9 号, 供试肥料种类为尿素 (含 N 460 g/kg)、硫酸钾 (含 K₂O 500 g/kg) 与复合肥 (12-18-15)。

试验采用槽式基质培养, 栽培槽长 5.4 m、宽 0.5 m、高 0.2 m, 每栽培槽为一小区, 每小区定植番茄 30 株, 随机区组设计, 3 次重复。栽培基质采用有机化土壤栽培基质: 玉米秸与麦秸各自粉碎后按比例添加鸡粪等其他辅料进行高温堆制腐熟, 后与洁净土壤按比例混合进行蔬菜作物栽培。定植前测得基质肥力为: 碱解 N 423.7 mg/kg、速效 P 561.2 mg/kg、速效 K 485.4 mg/kg。

试验过程中尿素和硫酸钾追肥总量一致, 每次每株番茄追施实物量 5 g, 按每次追肥 N、K 肥 N:K₂O 追肥方案不同设分段追肥与对照两个处理, 分别计为 TR 与 CK。分段追肥处理依次按座果期 N:K₂O = 1:1.0 (3 次)、采收初期 N:K₂O = 1:1.2 (3 次)、采收中期 N:K₂O = 1:1.4 (3 次)、采收末期 N:K₂O = 1:1.2 (2 次) 进行追肥, 对照在不同时期始终按 N:K₂O = 1:1.2 (11 次) 进行追肥, 两种追肥处理施肥时间一致。其中第 6 次追肥时 TR 与 CK 均采用复合肥与硫酸钾为肥源以补充 P

①基金项目: 国家高技术研究发展计划 (863 计划) 项目 (2004AA247010) 和国家科技攻关计划项目 (2004BA521B01) 资助。

* 通讯作者

作者简介: 高新昊 (1979—), 男, 山东莱芜人, 博士研究生, 主要从事设施园艺与无土栽培研究。E-mail: gaixinhao@yahoo.com.cn

肥, 其他追肥时肥源均为尿素与硫酸钾。追肥从第一穗果膨大期开始实施, 每 20 天 1 次, 共计追肥 11 次。

1.2 测定项目与方法

基质肥力数据的测定按以下标准进行: 碱解 N 参照 NY/SH 024-1999、速效 P、K 参照 NY/SH 025-1999; 于打顶期调查番茄植物学性状, 其中茎粗为上、中、下 3 节位平均值, 分别为第 20、40 与 60 节间茎粗; 每次采收以小区为单位记录座果数与产量; 于采收初期(第 5 次追肥后)和采收末期(第 9 次追肥后)两次取样测定番茄品质, 各指标按以下测试标准测定: 还原糖 AOAC-1984,31.052、有机酸 GB/T12293-1990、Vc GB/T6195-1986、固形物 GB/T12295-1990。

2 结果与分析

2.1 不同处理对番茄植株生长发育的影响

两种追肥处理对番茄植株的生长发育状况影响不大(表 1)。与 CK 相比, 分段追肥处理增加了番茄植株茎粗, 但差异未达显著水平, 而两种处理对番茄株高、叶片数和节间长度的影响差异较小。

表 1 不同处理对番茄植株生长发育的影响
Table 1 Effect of treatment on tomato growth

| 处理 | 株高 (m) | 叶片数 (No.) | 节间长度 (cm) | 茎粗 (cm) |
|----|-----------|--------------|--------------|------------|
| TR | 4.37a | 63.8a | 6.85a | 1.2776a |
| CK | 4.34a | 63.9a | 6.80a | 1.1280a |

注: 同列不同字母表示差异达 $P < 0.05$ 显著水平, 下同。

2.2 不同处理对番茄产量构成的影响

两种处理对番茄座果性及产量构成的影响见表 2、3。与 CK 相比, 分段追肥处理对番茄总座果穗数的影响不大, 但却显著提高了有效果穗率, 从而显著增加了番茄有效果穗数。整个采收期下, 分段追肥处理显著增加了番茄座果数与单果重, 从而增加了番茄产量。表明分段追肥前期 N、K 并重, 后期及时补充 K 素的处理方案在促进番茄植株生长发育的同时, 较好地维持了其营养生长与生殖生长的平衡, 并有效地提高了番茄的连续座果能力及果实中同化产物的积累。

表 2 不同处理对番茄座果性的影响
Table 2 Effect of treatment on tomato fruit setting

| 处理 | 果穗数 (No.) | 有效果穗数 (No.) | 有效果穗率 (%) |
|----|-----------|-------------|-----------|
| TR | 19.9a | 14.8a | 74.65a |
| CK | 20.1a | 13.2b | 65.51b |

表 3 不同处理对番茄产量构成的影响

Table 3 Effect of treatment on tomato yield

| 处理 | 座果数 (No.) | 单果重 (g) | 产量 (kg/区) |
|----|-----------|---------|-----------|
| TR | 1328.7a | 130.99a | 176.95a |
| CK | 1279.3b | 127.02b | 164.56b |

2.3 不同处理对产量构成月分布的影响

分别将番茄单果重、座果数与产量按月汇总(图 1~3)。两种处理下各指标的总变化趋势基本一致, 在 2 月份, 由于光照与温度等环境条件的不利影响, 各指标处于最低水平, 此阶段两种处理下各指标的差异也最小。分段追肥促进了番茄植株的营养生长与生殖生长的平衡, 增加了番茄有效座果穗数, 座果数也较 CK 增加, 两种处理的最大差异在采收末期, 此时也是番茄产量各指标表现最好时期, 但在不同时期两种处理下番茄座果数差异均不显著; 对单果重的影响表现为前期与末期分段追肥较 CK 有明显提高, 在采

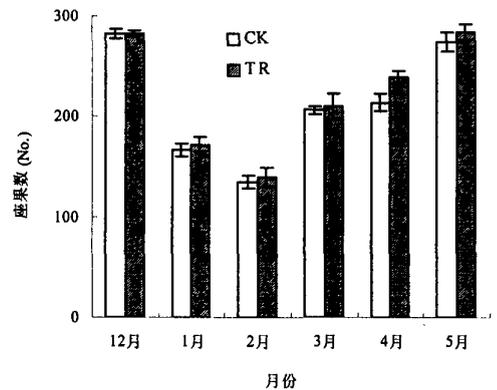


图 1 不同处理对座果数月分布的影响

Fig. 1 Monthly difference between treatments in fruit setting

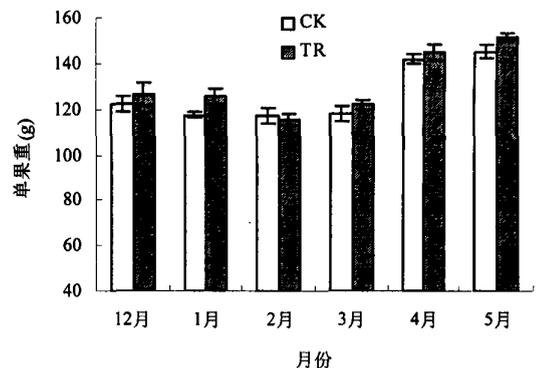


图 2 不同处理对单果重月分布的影响

Fig. 2 Monthly difference between treatments in single fruit weight distribution

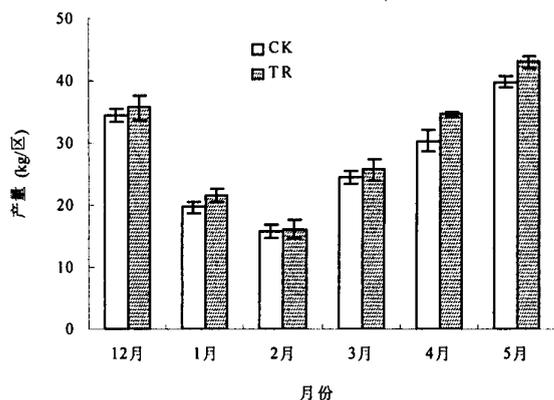


图 3 不同处理对产量月分布的影响

Fig. 3 Monthly difference between treatments in yield distribution

3 讨论

K 肥对作物的生长发育意义重大，在 N、P 肥的基础上增施 K 肥对作物根际营养生态^[11]、作物产量与品质^[12]均有显著改善作用，并能提高其他营养元素的吸收和利用效率^[13]。基质栽培是目前我国无土栽培的主要栽培方式，而有机基质栽培已成为无土栽培的研究重点与发展方向。为克服连作障碍与土传病虫害，有机基质栽培技术多采用与土壤隔离的栽培方式，根系环境的缓冲能力相对土壤栽培降低，合理施肥对作物生长至关重要。而在长季节栽培过程中，蔬菜作物生长期可达 10 个月，不同生长时期对 N、K 肥的需求比例不同，因此 N、K 追肥宜进行分段式管理^[10]。

本试验采用不同比例 N、K 肥分段追施，前期在植株营养生长较旺盛时 N、K 并重，随番茄采收的进行不断增施 K 肥，后期在植株打顶后适当减少 K 肥以促进植株营养生长，而 CK 则按照前期试验中 N、K 追肥比例表现最好的处理进行。与 CK 相比，N、K 肥分段追施施肥方案增加了番茄植株茎粗；对番茄总果穗数影响不大，但却显著增加了番茄有效座果率从而增加了有效果穗数，提高了越冬栽培过程中番茄连续座果能力，这是该施肥方案能显著增加产量的直接原因；在采收初期，对番茄果实品质的影响未达显著差异，采收末期显著增加番茄果实中 Vc 含量，而对还原糖、有机酸和固形物的影响较小。就整体而言，该处理与 CK 在 N、K 肥各自施用量上完全一致，但不同比例分段追施满足了番茄长季节栽培过程中不同时期对 N、K 肥的不同需求，为日光温室番茄越冬长季节栽培提供了一种科学有效的 N、K 肥施用方案。

参考文献：

- [1] 蒋卫杰, 郑光华. 氮钾互作对蔬菜生长发育的影响. 中国蔬菜, 1992 (2): 46-50
- [2] 祖艳群, 林克惠. 氮钾营养的交互作用及其对作物产量和品质的影响. 土壤肥料, 2000 (2): 3-7
- [3] 吴建繁, 王运华, 贺建德, 张海平, 崔秀荣, 张彩月, 齐岩. 京郊保护地番茄氮磷钾肥料效应及其吸收分配规律研究. 植物营养与肥料学报, 2000, 6 (4):409-416
- [4] Majumdar SP, Meena RL, Baghel GDS. Effect of levels of compaction and potassium on yield and quality of tomato and chilli crops grown on highly permeable soils. Journal of the Indian Society of Soil Science, 2000, 48 (2): 215-220
- [5] Balliu A, Ibro V. Influence of different levels of potassium fertilizers on growth, yield and ascorbic acid content of tomato fruit grown in non-heated greenhouse. Acta Horticulturae, 2002,

收中期两者差异不大，分段追肥前期促进了番茄植株的生长发育，从而促进了其对营养元素的吸收与果实发育，增加了单果重，分段追肥前 3 次追肥中 K 肥用量较少的效果在 2 月份表现出来，单果重稍低于 CK 处理，而后期随分段追肥提高 K 肥用量，单果重明显高于 CK；番茄产量受座果数与单果重的共同作用而表现差异，分段追肥处理在采收初期与末期均较 CK 有明显增加，并且在 4 月份与 5 月份因 K 肥用量的增加而显著高于 CK。

2.4 不同处理对番茄果实品质的影响

两种处理对番茄果实品质的影响见表 4。两种处理不同时期果实品质变化趋势一致，采收末期由于温度与光照等环境较采收初期适宜，该时期番茄果实品质的各指标含量明显高于采收初期。采收初期，两种处理对各指标含量的影响均较小，分段追肥处理对番茄果实品质后改善作用较小；在采收末期分段追肥显著增加了番茄果实中 Vc 含量，对其他指标影响不大。表明增施 K 肥对番茄果实中 Vc 含量的影响明显高于对其他指标的影响，这也与前期试验结果吻合^[10]。

表 4 不同处理对番茄果实品质的影响

Table 4 Effect of treatment on fruit quality of tomato

| 处理 | 还原糖 (g/kg) | 有机酸 (g/kg) | Vc (mg/100g) | 固形物 (g/kg) |
|-----------------|---------------|---------------|-----------------|---------------|
| TR ^① | 21.2a | 3.6a | 9.38a | 39.0a |
| CK ^① | 20.9a | 3.5a | 9.33a | 38.0a |
| TR ^② | 30.6a | 4.8a | 14.3a | 49.0a |
| CK ^② | 30.5a | 4.8a | 13.0b | 47.0a |

①采收初期；②采收末期。

- 579: 385-388
- [6] 陈振德, 黄俊杰, 蔡葵, 何金明, 李祥云. 合成基质条件下番茄苗期施肥量研究. *土壤*, 1997 (3): 158-160
- [7] 李远新, 李进辉, 何莉莉, 宫国义, 李天来. 氮磷钾配施对保护地番茄产量及品质的影响. *中国蔬菜*, 1997, (4): 10-13
- [8] 朱占林, 范富, 郑根昌, 张永亮, 翟祥. 冬棚番茄施肥模型的研究. *中国农学通报*, 1998, 14 (6): 31-35
- [9] 井立军, 邹志荣, 刘建辉, 张合一, 刘晓辉. 中棚番茄产量的氮磷钾效应模式及最优施肥参数的确定. *华北农学报*, 1999, 14 (3): 86-90
- [10] 高新昊, 张志斌, 郭世荣. 氮钾化肥配合追施对日光温室番茄越冬长季节栽培产量与品质的影响. *植物营养与肥料学报*, 2005, 11 (3): 375-378
- [11] 熊明彪, 田应兵, 熊晓山, 宋光煜, 雷孝章, 曹叔尤. 钾肥对冬小麦根系营养生态的影响. *土壤学报*, 2004, 41 (2): 285-291
- [12] 狄彩霞, 李会合, 王正银, 丁华平, 黎小清, 李清荣, 向华辉, 刘星. 不同肥料组合对茼蒿笋产量和品质的影响. *土壤学报*, 2005, 42 (7): 652-659
- [13] Hu H, Wang GH. Nutrient uptake and use efficiency of irrigation rice in response to potassium application. *Pedosphere*, 2004, 14 (1): 125-130

Effects of Sequential Top Dressings different in N:K on Yield and Quality of Tomato in Greenhouse

GAO Xin-hao^{1,2}, ZHANG Zhi-bin², GUO Shi-rong¹

(¹ College of Horticulture, Nanjing Agricultural University, Nanjing 210095, China;

² Institute of Vegetables and Flowers, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100081, China)

Abstract: During the growth of tomato over the winter in greenhouse, the crop needs more nitrogen and potassium fertilizers than phosphorus fertilizer, and a proper N:K ratio in fertilization is very important for the crop. An experiment was carried out on sequential top dressings different in N:K ratio to determine their effects on fruit setting and quality of the fruits of tomato growing over the winter in greenhouse. Two treatments were both designed to have 11 top dressings. Treatment One, as control, had a fixed N:K ratio (N:K₂O = 1:1.2) and Treatment Two varied ones, i.e. 3 top dressings (N:K₂O = 1:1) at the fruit-setting stage, 3 (N:K₂O = 1:1.2) at the initial harvesting stage, 3 (N:K₂O = 1:1.4) at the mid-harvesting stage, and 2 (N:K₂O = 1:1.2) at the late harvesting stage. Results showed that the two treatments differed slightly in plant shape indices, e.g. stem diameter, and in total number of fruit tassels, but Treatment Two had a bigger number of effective fruit tassels. During the harvesting season, Treatment Two significantly increased the number of fruits set and single fruit weight, which resulted in a significant increase in tomato yield. The two treatments did not differ much in their effects on fruit quality at the initial harvesting stage, but did significantly at the late harvesting stage, especially in terms of Vc content in fruit. The fruits harvested at the late stage were found to be higher than the ones harvested at the initial harvesting stage in all the quality indices.

Key words: Tomato, Greenhouse, Overwintering cultivation, Nitrogen-potassium fertilizer, Yield, Fruit quality