

# 不同肥料配方对日光温室春茬番茄产量品质和养分吸收的影响

廉晓娟, 王艳, 杨军, 梁新书, 张金良, 王正祥

(天津市农业资源与环境研究所, 天津 300192)

**摘 要:**以番茄品种“朝研 299”为试材, 研究日光温室滴灌条件下不同肥料配方对春茬番茄产量、品质和养分吸收的影响, 从而确定适宜该区的最佳肥料配比。结果表明: 氮磷钾追施比例 ( $N:P_2O_5:K_2O$ ) 为 1.0:0.4:1.8 时, 能够明显提高番茄产量, 并增加番茄果实中维生素 C、可溶性总糖含量, 提高糖酸比, 改善果实品质; 且明显提高拉秧期植株干物质总积累量, 干物质含量为果实>茎>叶>根, 该配比养分吸收总量最高,  $K_2O>N>P_2O_5$ , 根据产量和养分吸收含量计算, 每生产 1 000 kg 番茄需 N 1.73 kg,  $P_2O_5$  0.89 kg,  $K_2O$  3.51 kg, 天津地区最适宜的春茬番茄种植追肥配方为 1.0:0.5:2.0。

**关键词:**肥料配方; 日光温室; 番茄; 产量; 品质; 养分吸收

**中图分类号:**S 641.226.5 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2017)04-0039-04

近年来, 节水节肥、高产高效是设施农业的新方向<sup>[1]</sup>。番茄是日光温室主要的种植蔬菜和重要的经济作物。因其产量高和复种茬次多, 每年都要从土壤中吸收大量的养分, 这就要求有合理的供肥强度<sup>[2]</sup>。但由于生产上盲目追求产量和经济效益, 往往出现施肥结构不合理<sup>[3-4]</sup>, 氮、磷、钾不平衡, 造成土壤中营养元素的失调, 影响植株对营养元素的吸收, 从而影响作物生长发育, 降低产量, 甚至对产品质量、环境质量造成威胁, 严重制约了蔬菜的高产优质高效生产。因此必须通过合理的肥料用量和养分分配来调节植株中营养元素的吸收, 有效维持番茄营养生长与生殖生长的平衡, 促进番茄植株生长, 不仅是获得蔬菜高品质、高产量的重要技术环节, 而且也是提高土壤肥力, 保证设施蔬菜可持续发展的基础。

目前, 虽然由于有关设施番茄配方施肥对产量、品质以及养分吸收研究报道很多<sup>[5-10]</sup>, 但由于试验条

件不同, 所得试验结果也不尽相同, 因此有必要探讨不同氮磷钾配比对番茄产量、品质, 干物质分配以及养分吸收的影响, 以期为津郊地区生产中合理施肥提供参考依据, 促进日光温室番茄的高产、高效、优质栽培的产业化发展。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验地概况

试验于 2014 年 3—7 月在武清区现代农业科技创新基地 68 号日光温室内进行。试验地地势平坦, 质地为重粘土, 土壤类型为粘质潮土, 试验地属中等肥力土壤, 基础土壤理化性质详见表 1。

表 1 土壤基本性质

测定项目 Determination items	碱解氮 Alkali nitrogen	速效磷 Available phosphorus	速效钾 Available potassium	有机质 Organic matter	全盐 Total salt	pH
	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/(mg·kg <sup>-1</sup> )	/%	/%	
含量 Content	214.6	147.0	529.0	2.48	0.16	8.35

### 1.2 试验材料

供试番茄品种为“朝研 299”, 2014 年 3 月 4 日选取 4 叶 1 心长势一致的小苗定植, 株行距 45 cm×50 cm, 植株留 4 穗果后摘心备用。

### 1.3 试验方法

试验共设 5 个处理, 处理 1 为市售水溶肥, 其它

**第一作者简介:**廉晓娟(1977-), 女, 硕士, 助理研究员, 研究方向为土壤改良和设施蔬菜节水灌溉技术。E-mail: xiaojuan\_lian@163.com.

**基金项目:**国家公益性行业(农业)科研专项经费资助项目(201303133-3); 天津市科技计划资助项目(14ZCDGNC00108); 天津市科技计划资助项目(14RCGFNC00101)。

**收稿日期:**2016-09-26

处理为自行配制滴灌肥(表 2),每处理 3 次重复,随机区组排列,每小区面积 20 m<sup>2</sup>。各处理基肥一致,施用鸡粪 15 000 kg·hm<sup>-2</sup>,追肥分别在番茄每穗果实膨大期随水滴灌追施,追肥 4 次,每个处理追施纯养分总量均为 300 kg·hm<sup>-2</sup>,每次追肥量分别占总量的 25%、30%、30%、15%,其它管理措施一致。

表 2 不同处理追施肥料配方及  
纯养分总施用量

Table 2 Formulations of topdressing fertilizers and total amounts of nutrient applications under different treatments

处理 Treatment	肥料配方 Fertilizers formulations (N : P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> : K <sub>2</sub> O)	纯养分总施用量 Total amounts of nutrient applications/(kg·hm <sup>-2</sup> )		
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	1 : 0.67 : 2.0	81.6	54.9	163.5
2	1 : 0.20 : 1.5	111.0	21.0	168.0
3	1 : 0.20 : 2.0	93.0	18.0	189.0
4	1 : 0.40 : 1.8	93.0	39.0	168.0
5	1 : 0.15 : 1.2	129.0	18.0	153.0

#### 1.4 项目测定

1.4.1 土壤样品测定 2014 年 2 月 19 日‘S’形采样法采集 0~20 cm 基础土壤样品,测定土壤基本性质,土壤碱解氮含量采用碱解扩散法测定,速效磷含量采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗显色法测定,速效钾含量采用醋酸铵-火焰光度计法测定,有机质含量采用重铬酸钾容量法测定,全盐含量采用重量法测定,pH 采用电位法测定。

1.4.2 植株和果实中养分含量的测定 2014 年 7 月 3 日拉秧期每个处理随机采取 6 株正常植株,用水洗净,105 ℃烘箱中杀青 30 min,然后在 80 ℃条件下烘至恒重。取各处理混合均匀的干样用小型粉碎

机粉碎过筛后用于测定根、茎、叶片和果实中氮、磷、钾的含量。样品消煮采用浓 H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 与 H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> 联合消煮法。全氮含量采用凯氏定氮法测定,全磷含量采用钒钼黄比色法测定,钾含量采用原子吸收分光光度法测定。

1.4.3 番茄产量的测定 每次采收小区单独记录产量,根据小区面积折算各处理番茄产量。

1.4.4 番茄品质的测定 2014 年 6 月 18 日每小区选取大小、颜色一致番茄果实样品测定指标。维生素 C 含量采用 2,6-二氯酚靛酚滴定法测定,硝酸盐含量采用紫外分光光度法测定,可溶性总糖含量采用费林指示剂滴定法测定,总酸含量采用 NaOH 滴定法测定。

#### 1.5 数据分析

采用 DPS 7.05 软件进行数据统计分析。

### 2 结果与分析

#### 2.1 不同肥料配方处理对番茄品质的影响

维生素 C、可溶性总糖、可滴定酸度是蔬菜营养价值的重要指标,含量的高低决定着蔬菜营养价值和口味,影响蔬菜的商品价值。从表 3 可以看出,处理 2 和处理 4 番茄维生素 C 含量较高,处理 4 可溶性总糖含量最高,可滴定酸度最低,硝酸盐含量最低。果蔬风味品质由糖酸比决定,糖酸比大则品质好,处理 4 糖酸比显著高于其它处理,表明采用处理 4 的肥料配方能改善番茄品质。与处理 1 市售水溶肥相比,处理 4 硝酸盐含量降低 6.14%,维生素 C 含量增加 4.83%,可溶性总糖含量增加 8.25%,可滴定酸度降低 8.84%,糖酸比增加 18.78%。

表 3 不同肥料配方对番茄品质的影响

Table 3 Effects of fertilizers with different formulations on tomato quality

处理 Treatment	硝酸盐含量 Nitrate content/(mg·kg <sup>-1</sup> )	维生素 C 含量 Vitamin C content/(mg·(100g) <sup>-1</sup> )	可溶性总糖含量 Total soluble sugar content/%	可滴定酸度 Titratable acid content/%	糖/酸 Sugar-acid ratio
1	223.3ABbc	12.43Aa	3.03Aa	0.441Aa	6.87Bb
2	240.2ABab	14.36Aa	3.09Aa	0.424Aa	7.29ABb
3	254.5Aa	12.23Aa	3.04Aa	0.443Aa	6.86Bb
4	209.6Bc	13.03Aa	3.28Aa	0.402Aa	8.16A
5	235.1ABab	11.66Aa	3.04Aa	0.449Aa	6.77Bb

注:不同大写字母表示 1% 差异极显著,小写字母表示 5% 差异显著,下同。

Note: Different capital letters in the same column mean significant difference at 0.01 level, different lowercase letters in the same column mean significant difference at 0.05 level, the same below.

2.2 不同肥料配方处理对番茄产量和经济效益的影响 计算番茄经济效益时,未考虑种苗费、基肥等各处理相同的生产成本,由表 4 可知,各处理间产量差异不显著,处理 2、3、4 产量均高于市售水溶肥,且处理 4 产量最高,比市售水溶肥产量高出 7 737 kg·hm<sup>-2</sup>,增

产 6.37%。同时处理 4 产值最高,施用商品水溶肥的处理 1 肥料投入较高,为其它处理的 2 倍,其效益最低,处理 2~5 分别比处理 1 增收 2.11%、2.49%、7.72%、1.22%。处理 4 番茄产值和经济效益均为最高,比处理 1 增收 1.83 万元·hm<sup>-2</sup>。

表 4

日光温室春茬番茄滴灌施肥的经济效益分析

Table 4

Economic benefit analysis of fertigation for tomato under solar greenhouse in spring season

处理 Treatment	产量 Yield /(kg·hm <sup>-2</sup> )	产值 Output value /(万元·hm <sup>-2</sup> )	肥料投入 Fertilizer inputs /(万元·hm <sup>-2</sup> )	效益 Benefit /(万元·hm <sup>-2</sup> )	增收(较处理 1) Income(compared with the treatment 1) /(万元·hm <sup>-2</sup> )	/ %
1	121 504Aa	24.30	0.60	23.70	—	—
2	122 549Aa	24.51	0.31	24.20	0.50	2.11
3	123 116Aa	24.62	0.33	24.29	0.59	2.49
4	129 241Aa	25.85	0.32	25.53	1.83	7.72
5	120 860Aa	24.17	0.29	23.88	0.29	1.22

注:番茄价格按 2 元·kg<sup>-1</sup> 计算。

Note: Tomato prices calculated at 2 RMB·kg<sup>-1</sup>.

### 2.3 不同肥料配方处理干物质积累及分布

作物同化物的积累与分配是作物生长发育与产量形成的基础<sup>[11-13]</sup>,各处理各器官干物质分配见表 5。可以看出,不同肥料配方对番茄干物质积累有一定的影响,各器官的干物质比例各不相同,但是总体表现出一致的规律<sup>[14-15]</sup>。各处理拉秧期干物质累积量果实>茎>叶>根,根占干物质质量的 0.90%~1.22%,茎占干物质质量的 17.50%~21.57%,叶占干物质质量的 14.13%~15.60%,果实占干物质质量的 62.56%~65.84%。各处理干物质总累积量为处理 4>处理 2>处理 5>处理 1>处理 3,处理 4 干物质累积量最高,分别比其它处理高出 12.83%、4.07%、13.27%、7.51%。

表 5 不同处理番茄干物质积累和分配

Table 5 Accumulation and distribution of dry matter in tomato under different treatments

处理 Treatment	根 Root	茎 Stem	叶 Leaf	果实 Fruit	合计 Total
1	115.66	1 836.4	1 433.4	6 075.2	9 460.70
2	92.47	2 161.8	1 569.5	6 433.9	10 257.70
3	99.26	1 648.9	1 470.7	6 205.1	9 423.96
4	117.46	2 302.7	1 508.1	6 746.4	10 674.70
5	125.75	2 097.9	1 473.1	6 176.0	9 872.80

### 2.4 不同肥料配方处理氮磷钾养分吸收与分配

番茄是一种产量高、需肥多的作物,且吸收的养分大部分是以果实的形式从田间带走,因此要特别注意中后期肥料的施用,以保持番茄植株营养生长

与生殖生长的平衡。番茄拉秧期果实和植株养分吸收含量见表 6,可以看出,各处理对氮、磷、钾的吸收规律基本一致,植株对氮的吸收量为果实>叶>茎>根,对磷钾的吸收量果实>茎>叶>根。番茄整个植株中营养元素吸收总量,以 K<sub>2</sub>O 最多,N 次之,P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 最少。N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 吸收量分别占总吸收量 28.2%~30.3%、14.5%~15.1%、54.6%~57.3%。番茄植株各部位养分吸收量又有不同的表现,果实及植株根、茎中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的吸收量为 K<sub>2</sub>O>N>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>,叶片中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 的吸收量为 N>K<sub>2</sub>O>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>。果实中养分吸收总量处理 4(547.7 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 3(531.2 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 5(531.0 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 2(521.9 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 1(508.7 kg·hm<sup>-2</sup>),各处理植株根、茎、叶的养分吸收量处理 4 最高,植株养分吸收总量处理 4(246.4 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 2(234.0)>处理 5(217.2 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 1(213.7 kg·hm<sup>-2</sup>)>处理 3(185.9 kg·hm<sup>-2</sup>),由此可见,处理 4 养分吸收总量最高,表明处理 4 的滴灌配方肥能够促进番茄对氮磷钾等养分的全面吸收,促进植株生长,为该试验中最佳肥料配方,处理 4 植株中 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 吸收量分别为 224.0、116.3、453.8 kg·hm<sup>-2</sup>,根据产量 129 241 kg·hm<sup>-2</sup>,可算出每生产 1 000 kg 番茄,需 N 1.73 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.89 kg、K<sub>2</sub>O 3.51 kg,即最适宜的肥料配比为 1.0:0.5:2.0。

表 6

不同肥料配方处理番茄果实和植株养分吸收量

Table 6

Nutrient absorption in fruits and plants treated fertilizers with different formulations

kg·hm<sup>-2</sup>

处理 Treatment	果实 Fruit			叶 Leaf			茎 Stem			根 Root		
	全氮 N	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾 K <sub>2</sub> O	全氮 N	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾 K <sub>2</sub> O	全氮 N	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾 K <sub>2</sub> O	全氮 N	全磷 P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	全钾 K <sub>2</sub> O
1	137.2	80.4	291.1	36.4	11.0	33.3	32.0	15.4	81.2	1.8	0.5	2.1
2	140.1	81.0	300.8	38.3	12.9	37.8	34.0	15.3	92.6	1.2	0.3	1.6
3	142.7	84.9	303.6	33.0	10.5	36.2	26.8	11.3	64.3	1.5	0.4	1.9
4	146.5	85.3	315.9	37.5	12.4	34.5	38.1	18.0	101.2	1.9	0.6	2.2
5	147.5	83.3	300.2	35.5	13.0	31.5	42.0	15.9	74.8	1.9	0.5	2.1

### 3 结论

结果表明,处理 4 即 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 养分配比为 1.0 : 0.4 : 1.8 时番茄产量最高、品质最优,维生素 C、可溶性总糖、可滴定酸含量均明显高于其它处理,收益最大,表明该肥料配方是该区域番茄高效种植的较优配方。不同处理干物质积累量与养分吸收量不同,处理 4 各器官干物质总累积量最大,且果实 > 茎 > 叶 > 根,处理 4 养分吸收总量最大,N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 吸收量分别为 224、116.3、453.8 kg·hm<sup>-2</sup>,根据产量数据可算出每生产 1 000 kg 番茄,需 N 1.73 kg、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 0.89 kg、K<sub>2</sub>O 3.51 kg,即得出该区域最适宜的番茄肥料配方为 1.0 : 0.5 : 2.0。

### 参考文献

- [1] 黄红荣,李建民,张军,等.滴灌条件下水肥耦合对番茄光合、产量和干物质分配的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(7):6-12.
- [2] 高慧,葛晓光.不同肥料配施对设施番茄干物质分配及产量品质的影响[J].北方园艺,2005(1):38-40.
- [3] 汪智慧.氮钾互作及配施微量元素对番茄产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2000,28(2):233-234.
- [4] 齐红岩,李天来,富宏丹,等.不同氮钾施用水平对番茄营养吸收和土壤养分变化的影响[J].土壤通报,2006,37(2):268-272.
- [5] 高新昊,张志斌,郭世荣.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[J].土壤通报,2007,39(3):465-468.
- [6] 吴建繁,王运华,贺建德,等.京郊保护地番茄氮磷钾肥料效应及其吸收分配规律研究[J].植物营养与肥料学报,2000,6(4):409-416.
- [7] 杨建国,马晓红,李淑玲,等.滴灌条件下日光温室番茄平衡施肥研究[J].宁夏农林科技,2006(1):13-14.
- [8] 张德军,马晓红,李淑玲,等.氮磷钾配施对温室秋冬茬番茄产量的影响[J].北方园艺,2010(4):61-63.
- [9] 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[J].植物营养与肥料学报,2005,11(3):375-378.
- [10] 赵磊,王燕.不同施肥配方对土壤理化性质及番茄产量效益的影响[J].天津农业科学,2015,21(5):77-80.
- [11] 朱晋宇,李亚灵.日光温室越冬番茄果实干物质生产分析[J].中国农学通报,2007,23(8):294-299.
- [12] 朱晋宇,温祥珍,刘美琴,等.不同茬口日光温室番茄干物质生产与分配[J].园艺学报,2007,34(6):1437-1442.
- [13] MARCELIS L F M. Sink strength as a determinant of dry matter partitioning in the whole plant[J]. Journal of Experimental Botany,1996,47:1281-1291.
- [14] 黄红荣,李建民,张军,等.滴灌条件下水肥耦合对番茄光合、产量和干物质分配的影响[J].灌溉排水学报,2015,34(7):6-12.
- [15] 刘军,高丽红,黄延楠.日光温室两种茬口下番茄干物质及氮磷钾分配规律研究[J].中国农业科学,2004,37(9):1347-1351.

## Effects of Different Fertilizer Formulas on Yield Quality and Nutrient Absorption of Tomato in Solar Greenhouse

LIAN Xiaojuan, WANG Yan, YANG Jun, LIANG Xinsu, ZHANG Jinliang, WANG Zhengxiang  
(Tianjin Agricultural Resources and Environmental Research Institute, Tianjin 300192)

**Abstract:** 'Zhaoyan 299' tomato variety was used as test material, the effects of different fertilizer formulas on yield, quality and nutrient absorption of tomato were investigated under drip irrigation, with determining the optimal and regional fertilizer formula, in order to gain high quality and efficient production of tomato cultivated in solar greenhouse. The results showed that, when the application ratio of N : P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> : K<sub>2</sub>O was 1.0 : 0.4 : 1.8, the yield, vitamin C content, soluble sugar content and the sugar-acid ratio of tomato were increased, with improving fruit quality, compared with other treatments. Moreover, it could significantly add total dry matter weight of plant when tomato was harvested finally, and the sequence of dry matter weight among different organs from high to low was fruit > stem > leaf > root. In addition, the treatment gained the highest amount of nutrient absorption, and the order of nutrient absorption rate was K<sub>2</sub>O > N > P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Generally, based on the analysis of yield and nutrient uptake of tomato, the 1.73 kg N, 0.89 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 3.51 kg K<sub>2</sub>O were absorbed in production of 1 000 kg fruit of tomato, and their optimal proportion was 1.0 : 0.5 : 2.0 suited for spring cultivation of tomato in coastal area.

**Keywords:** fertilizer formulas; solar greenhouse; tomato; yield; quality; nutrient absorption