

# 配方施肥对温室迷你黄瓜生长·产量及品质的影响

柯勇, 杨文杰, 杨静, 汪李平\*, 付文杰, 廖阳

(园艺植物生物学教育部重点实验室, 华中农业大学园艺林学学院, 湖北武汉 430070)

**摘要** 为了探明配方施肥对基质栽培迷你黄瓜生长发育的影响, 优化温室迷你黄瓜生产的施肥方式。以“津美3号”迷你黄瓜为试材, 设置5种不同施肥方式, 探究配方施肥对温室迷你黄瓜的生长、产量及品质的影响。结果表明, 以有机肥中磷含量为基准, 不足部分用无机肥来补充的T<sub>3</sub>处理和以有机肥中钾含量为基准, 不足部分用无机肥来补充的T<sub>4</sub>处理的生长状况显著优于其他处理, T<sub>3</sub>和T<sub>4</sub>处理的产量和经济效益与采用无机肥的配方施肥的T<sub>5</sub>处理无显著差异, 但均显著高于常规Hoagland营养液浇灌的T<sub>1</sub>处理与单施有机肥的T<sub>2</sub>处理, T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub>处理的迷你黄瓜品质显著优于T<sub>5</sub>处理。综合生长、产量、品质 and 经济效益指标, 有机肥与无机肥配施的T<sub>3</sub>与T<sub>4</sub>处理综合表现最优。

**关键词** 配方施肥; 迷你黄瓜; 基质栽培; 有机肥; 无机肥

**中图分类号** S642.2 **文献标识码** A

**文章编号** 0517-6611(2020)06-0136-04

**doi**: 10.3969/j.issn.0517-6611.2020.06.038



开放科学(资源服务)标识码(OSID):

## Effect of Formula Fertilization on Growth, Yield and Quality of Mini- cucumber in Greenhouse

KE Yong, YANG Wen-jie, YANG Jing et al (Key Laboratory of Horticultural Plant Biology of Ministry of Education, College of Horticulture and Forestry Sciences, Huazhong Agricultural University, Wuhan, Hubei 430070)

**Abstract** To elucidate the effect of formula fertilization on the growth, yield and economic benefits of substrate-planted mini-cucumber, and optimize the fertilization method of greenhouse mini-cucumber production. Cultivar of “Jinmei 3” mini-cucumber was used for greenhouse test. Five different fertilization methods were set in this experiment. The cucumber plants treated with different fertilization treatments were grown under the same growth conditions. The growth parameter, yield and fruit quality of mini-cucumber were measured. The results showed that the T<sub>3</sub> treatment which was phosphorus content of organic fertilizer as the benchmark, insufficient part supplemented with inorganic fertilizer and the T<sub>4</sub> treatment of organic fertilizer potassium content as the benchmark, insufficient part supplemented with inorganic fertilizer were significantly better than other treatments in growth. The yield and economic benefit of T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> treatments were not significantly different from T<sub>5</sub> treatment which was used inorganic fertilizer formula fertilization, and were significantly better than the T<sub>1</sub> treatment which was fertilized by Hoagland nutrient solution and the T<sub>2</sub> treatment which was used single application of organic fertilization. The quality of T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> treated mini-cucumber was significantly better than T<sub>5</sub> treatment. Combining comprehensively the indexes of growth, yield, quality and economic benefit, the T<sub>3</sub> and T<sub>4</sub> treatments of organic and chemical fertilizer application performed the best in all treatments.

**Key words** Formula fertilization; Mini-cucumber; Substrate cultivation; Organic fertilizer; Inorganic fertilizer

水果黄瓜又称迷你黄瓜, 雌性强, 因其瓜条直, 果面光滑无刺、口感脆嫩、瓜味浓郁, 深受消费者喜爱。目前, 种植迷你黄瓜的经济效益显著高于普通黄瓜, 受到广大生产者的欢迎。生产中, 黄瓜根系对土壤养分需求较为严格和敏感, 设施生产中为了获得更高产量过量施用无机肥, 导致土壤盐分积累、果实品质恶化等系列问题<sup>[1-3]</sup>。此外, 过量施用无机肥会降低黄瓜的产量和品质<sup>[4]</sup>。农业农村部提出: “2015年到2019年, 逐步将无机肥施用量年增长率控制在1%以内; 力争到2020年, 主要农作物无机肥施用量实现零增长”。因此, 改变传统无机肥的施用方式, 用有机肥替代无机肥, 优化、创新和推广“双控双减”技术, 实现蔬菜种植业可持续发展, 是当前和今后一个时期蔬菜科研工作的重点和主攻方向。

配方施肥是根据作物达到一定产量时所需要的氮磷钾养分数量和土壤所含有的氮磷钾养分可供数量两者综合平衡之后, 所提出氮磷钾需要量及各养分最佳配比的施肥技术<sup>[5-6]</sup>。以前都是用无机肥来做配方施肥的, 随着检测技术水平的提高, 有机肥的成分也越来越清楚, 用有机肥部分代

替无机肥来进行配方施肥成为可能。

有学者提出土壤养分的合理管理应依据蔬菜的养分需求特性, 注意氮、磷、钾肥的平衡施用, 以协调土壤养分的收支平衡<sup>[7-9]</sup>。无土栽培条件下, 合理的氮磷钾比例和用量可明显提高黄瓜产量和品质<sup>[10-11]</sup>。在前人研究基础上, 笔者设置了5种不同的施肥处理, 研究配方施肥对迷你黄瓜生长、产量及品质的影响, 旨在为生产中科学施肥提供理论依据。

### 1 材料与方法

**1.1 试验材料** 供试黄瓜品种: 天津科润农业科技股份有限公司生产的“津美3号”迷你黄瓜商品种。供试有机肥料: 湖北省安陆市鸟王种禽有限责任公司提供的有机肥。供试基质: 珍珠岩: 蛭石: 泥炭土 = 1: 1: 1 (体积比)。供试栽培基质和有机肥的理化性质见表1。

供试无机肥料: 尿素来自湖北三宁化工股份有限公司, N含量为46%; 过磷酸钙来自鄂州市雷江磷肥有限公司, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>含量为14%; 硫酸钾来自德福莱克生态肥业(烟台)有限公司, K<sub>2</sub>O含量为50%。

供试营养液配方: 改良Hoagland营养液配方为硝酸钙 656.7 mg/L, 硝酸钾 526.7 mg/L, 七水硫酸镁 493.0 mg/L, 磷酸二氢钾 136.0 mg/L, 尿素 47.7 mg/L, 螯合铁 30.0 mg/L, 微量元素同常规。

**基金项目** 湖北省现代农业产业技术体系专项资金资助(HBNYCYTX-04)。

**作者简介** 柯勇(1992—), 男, 湖北鄂州人, 硕士研究生, 研究方向: 蔬菜栽培生理。\*通信作者, 教授, 博士, 从事蔬菜栽培生理、设施园艺等研究。

**收稿日期** 2019-09-16

表 1 供试基质和有机肥的理化性质

Table 1 Physicochemical properties of test substrates and organic fertilizers

| 种类<br>Types                  | pH   | 有机质<br>Organic<br>matter<br>% | 总含量 Total<br>content // g/kg |      |       | 有效含量 Available<br>content // mg/kg |         |         |
|------------------------------|------|-------------------------------|------------------------------|------|-------|------------------------------------|---------|---------|
|                              |      |                               | N                            | P    | K     | N                                  | P       | K       |
| 基质<br>Matrix                 | 6.74 | 16.58                         | 6.63                         | 2.04 | 2.66  | 4.75                               | 1.90    | 23.70   |
| 有机肥<br>Organic<br>fertilizer | 8.11 | 48.94                         | 14.42                        | 9.80 | 19.15 | 120.54                             | 1114.61 | 5768.96 |

**1.2 试验设计** 试验在国家蔬菜改良中心华中分中心的无土栽培连栋温室内进行,幼苗长至 2 叶 1 心时定植于一次性环保型黑色塑料袋中(长×宽×高为 32 cm×14 cm×33 cm),每袋定植一株,装基质 13 L,按大小行种植,大行距 80 cm,小行距 45 cm,株距 40 cm,折合 33 000 株/hm<sup>2</sup>。以目标产量法为核心的平衡施肥技术为原则,温室基质栽培黄瓜单位产量(1 000 kg) N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 推荐量平均分别为 2.7、1.0、3.3 kg<sup>[12]</sup>,温室迷你黄瓜按照目标产量 60 000 kg/hm<sup>2</sup> 来设置 5 个不同的处理,每个处理种植黄瓜 60 株,随机区组排列,重复 3 次。试验按照预设处理量 40%的比例施入底肥,追肥按照每次 20%的比例连施 3 次,第一次是定植后间隔 30 d 追施,后 2 次是间隔 15 d 追施。

T<sub>1</sub> 处理:常规 Hoagland 营养液浇灌,根据多年种植经验,维持单株迷你黄瓜整个生长周期正常生长所需的营养液为 34 L<sup>[13]</sup>。

T<sub>2</sub> 处理:单施有机肥,按 1 m<sup>3</sup> 基质添加 30 kg 有机肥作为底肥计算,则单株底肥用量为 400 g,然后按单株 200 g 有机肥作为追肥,追施 3 次,则单株共施用有机肥 1 000 g。

T<sub>3</sub> 处理:以有机肥中磷含量为基准,不足部分用无机肥来补充,则单株共施用有机肥 510 g,氮肥(尿素) 15.38 g,钾肥(硫酸钾) 3.27 g。

T<sub>4</sub> 处理:以有机肥中钾含量为基准,磷过量,不足部分用无机肥来补充,则单株共施用有机肥 636 g,氮肥(尿素) 15.33 g。

T<sub>5</sub> 处理:采用无机肥的配方施肥,则单株共施用氮肥(尿素) 15.67 g,磷肥(过磷酸钙) 20.33 g,钾肥(硫酸钾) 16.67 g。

若以有机肥中氮含量为基准,则单株共施有机肥 45 kg,不符合实际情况,故此处理应舍去。

**1.3 种植管理** 2018 年 8 月 9 日进行黄瓜种子浸种催芽,8 月 10 日播种至 50 孔穴盘中,待幼苗长至 2 叶 1 心时,8 月 22 日将幼苗定植到已经拌好底肥并装袋的基质中。温室黄瓜采用吊蔓栽培,为保证植株正常生长,分别在植株生长盛期(定植后 40 d)和生长后期(定植后 70 d)落蔓一次。温室内温光条件适宜,9 月 23 日开始收瓜,12 月 3 日采收完毕,其他管理同常规。

**1.4 测定项目与方法** 植株形态指标:每个处理选取长势一致的迷你黄瓜 15 株,调查始花期、始花节位,植株生长盛期

生长点下第 5 节位叶片的叶面积,植株生长末期株高、茎粗、节位数。干重积累量(不包括果实)在黄瓜拉秧后,取植株各部分器官称重并烘干测定,生育期内摘除的老叶病叶称重并烘干一并计算在内。株高是迷你黄瓜植株子叶到生长点的高度,用卷尺(精度 1 cm)测定;茎粗是子叶和第一片真叶间茎的直径,用数显式游标卡尺测量;用 LI-3100 台式叶面积仪测定叶面积。

植株光合参数:结瓜盛期每个重复选取长势一致的迷你黄瓜 5 株,在晴朗天气的 10:00 左右测定植株中上部且叶位一致的功能叶光合参数。叶绿素含量采用便携式手持叶绿素仪 BERC-502 测定<sup>[14]</sup>。

植株产量指标:采用称重累计法记录,每个处理选取长势整齐的迷你黄瓜 15 株,从初果期(9 月 23 日)到结果末期(12 月 3 日),每天 08:00 采摘,按单株分别记录采收瓜条数和单瓜重,采用 1%精度的电子天平称重,最后汇总并计算平均值。

果实品质指标:在结果盛期随机采集每个处理开花时间、大小一致的商品瓜 15 条,取果实中段测定品质。Vc 含量采用二甲苯萃取比色法测定;可溶性蛋白质含量采用考马斯亮蓝 G-250 染色法测定;可溶性糖含量采用蒽酮比色法测定;可溶性固形物采用 PAL-1 手持式糖度计测定;果实硬度采用 GY-4 型便携式水果硬度计测定;果实干物质含量采用烘干法测定<sup>[15]</sup>。

**1.5 数据处理** 试验数据采用 Excel 整理,采用 SPSS 软件进行单因素方差分析和差异显著性检验,所得结果均为 3 次重复的平均值±标准误。

2 结果与分析

**2.1 不同施肥处理对迷你黄瓜植株形态指标的影响** 从表 2 可以看出,在植株株高方面,T<sub>1</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理之间差异不显著,但均显著高于 T<sub>2</sub> 处理;在植株茎粗方面,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理之间无显著差异,但均显著高于 T<sub>1</sub> 处理,T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理之间差异不显著;不同施肥处理植株的叶面积除 T<sub>5</sub> 处理外均无显著差异,其中 T<sub>5</sub> 处理的叶面积最小。各施肥处理植株节位数之间无显著差异。在整株干重方面,T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理的整株干重无显著差异,但均显著高于其他处理,T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理之间无显著差异。不同施肥处理植株的始花期相对集中,均分布在 9 月 16—19 日;T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理的植株第一雌花节位较低,T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理较高。

**2.2 不同施肥处理对迷你黄瓜叶片光合参数的影响** 从表 3 可以看出,在叶绿素含量方面,T<sub>1</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理之间无显著差异,但均显著高于 T<sub>2</sub> 处理。在净光合速率方面,T<sub>1</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理之间无显著差异,T<sub>1</sub>、T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理之间差异不显著。各处理植株叶片的气孔导度、胞间 CO<sub>2</sub> 浓度和蒸腾速率之间均无显著差异。

**2.3 不同施肥处理对迷你黄瓜产量的影响** 由表 4 可知,各处理迷你黄瓜单瓜重之间无显著差异,在单株瓜条数方面,T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理差异不显著,T<sub>1</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理无显著差异,T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理差异不显著。在单株总产量与折合产量方面,T<sub>3</sub>、

T<sub>4</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理无显著差异,但均显著高于 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理。

表 2 不同施肥处理对迷你黄瓜植株形态指标的影响

Table 2 Effect of different fertilizer treatments on the growth of mini-cucumber plants

| 处理<br>Treatment | 株高<br>Plant<br>height// m | 茎粗<br>Plant diameter<br>mm | 叶面积<br>Leaf area<br>cm <sup>2</sup> | 节位数<br>Number of<br>plant node | 全株干重<br>Total plant<br>dry weight//g | 始花期<br>First flow-<br>ering time | 第一雌花节位<br>First female<br>flower node |
|-----------------|---------------------------|----------------------------|-------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|----------------------------------|---------------------------------------|
| T <sub>1</sub>  | 3.88±0.08 a               | 10.44±0.43 b               | 481.53±9.27 a                       | 51.83±1.01 a                   | 72.13±2.80 c                         | 09-19                            | 11.0                                  |
| T <sub>2</sub>  | 3.54±0.03 b               | 11.52±0.62 ab              | 479.01±6.60 a                       | 49.58±0.73 a                   | 67.93±2.02 c                         | 09-17                            | 10.6                                  |
| T <sub>3</sub>  | 3.87±0.04 a               | 12.30±0.28 a               | 481.97±15.30 a                      | 52.75±0.38 a                   | 85.84±0.97 a                         | 09-17                            | 8.8                                   |
| T <sub>4</sub>  | 3.89±0.09 a               | 13.36±0.35 a               | 509.97±13.46 a                      | 53.42±1.04 a                   | 89.37±3.44 a                         | 09-18                            | 9.0                                   |
| T <sub>5</sub>  | 3.91±0.08 a               | 11.49±0.26 ab              | 476.01±4.94 b                       | 51.42±1.92 a                   | 81.36±1.71 b                         | 09-16                            | 9.6                                   |

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)  
Note:Different small letters in the same column indicate significant differences between treatments at 0.05 level

表 3 不同施肥处理对迷你黄瓜叶片光合参数的影响

Table 3 Effect of different fertilizer treatments on photosynthetic parameters of mini-cucumber leaves

| 处理<br>Treatment | 叶绿素含量<br>SPAD | 净光合速率 P <sub>n</sub><br>μmol/(m <sup>2</sup> ·s) | 气孔导度 G <sub>s</sub><br>mmol/(m <sup>2</sup> ·s) | 胞间 CO <sub>2</sub> 浓度 C <sub>i</sub><br>μmol/mol | 蒸腾速率 T <sub>r</sub><br>mmol/(m <sup>2</sup> ·s) |
|-----------------|---------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|--------------------------------------------------|-------------------------------------------------|
| T <sub>1</sub>  | 43.44±0.39 a  | 18.31±1.17 ab                                    | 0.14±0.02 a                                     | 124.82±34.81 a                                   | 3.67±0.51 a                                     |
| T <sub>2</sub>  | 30.38±0.43 b  | 17.92±0.70 b                                     | 0.16±0.03 a                                     | 161.08±22.29 a                                   | 4.35±0.52 a                                     |
| T <sub>3</sub>  | 43.96±0.90 a  | 18.70±1.02 ab                                    | 0.16±0.02 a                                     | 182.21±37.01 a                                   | 4.39±0.72 a                                     |
| T <sub>4</sub>  | 43.13±0.83 a  | 20.82±0.07 a                                     | 0.18±0.02 a                                     | 156.12±19.03 a                                   | 4.54±0.35 a                                     |
| T <sub>5</sub>  | 45.88±1.50 a  | 19.15±0.38 ab                                    | 0.18±0.03 a                                     | 185.49±33.21 a                                   | 4.33±0.24 a                                     |

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)  
Note:Different small letters in the same column indicate significant differences between treatments at 0.05 level

表 4 不同施肥处理对迷你黄瓜产量的影响

Table 4 Effect of different fertilizer treatments on yield of mini-cucumber

| 处理<br>Treatment | 单瓜重<br>Single cucumber<br>weight//g | 单株瓜条数<br>Number of<br>single cucumber | 单株总产量<br>Total yield<br>per plant//kg | 折合单位面积产量<br>Equivalent yield<br>per hectare//kg/hm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------------------------------------|
| T <sub>1</sub>  | 76.44±1.22 a                        | 15.28±1.20 bc                         | 1.09±0.11 b                           | 35 364 b                                                        |
| T <sub>2</sub>  | 75.41±2.31 a                        | 10.91±1.42 c                          | 0.85±0.13 b                           | 28 326 b                                                        |
| T <sub>3</sub>  | 71.86±2.84 a                        | 22.46±2.10 a                          | 1.72±0.20 a                           | 56 662 a                                                        |
| T <sub>4</sub>  | 74.60±0.97 a                        | 20.57±2.90 ab                         | 1.70±0.08 a                           | 56 224 a                                                        |
| T <sub>5</sub>  | 71.14±2.21 a                        | 23.05±2.01 a                          | 1.72±0.21 a                           | 56 664 a                                                        |

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)  
Note:Different small letters in the same column indicate significant differences between treatments at 0.05 level

**2.4 不同施肥处理对迷你黄瓜果实品质的影响** 从表 5 可以看出,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理迷你黄瓜果实维生素 C 与蛋白质含量均显著高于 T<sub>1</sub> 和 T<sub>5</sub> 处理。不同施肥处理迷你黄瓜可溶性糖、可溶性固形物和干物质含量之间无显著差异。不同施肥处理迷你黄瓜果实硬度以 T<sub>2</sub> 处理最高,显著高于其他处理,T<sub>1</sub>、T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 与 T<sub>5</sub> 处理之间均无显著差异。可见,T<sub>2</sub>、T<sub>3</sub> 与 T<sub>4</sub> 处理的综合品质优于 T<sub>1</sub> 与 T<sub>5</sub> 处理。

表 5 不同施肥处理对迷你黄瓜果实品质的影响

Table 5 Effect of different fertilizer treatments on fruit quality of mini-cucumber

| 处理<br>Treatment | 维生素 C<br>Vitamin C<br>mg/kg | 蛋白质<br>Protein<br>mg/g | 可溶性糖<br>Soluble sugar<br>% | 可溶性固形物<br>Soluble solids<br>% | 硬度<br>Hardness<br>×10 <sup>5</sup> Pa | 干物质含量<br>Dry matter<br>content//% |
|-----------------|-----------------------------|------------------------|----------------------------|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|
| T <sub>1</sub>  | 64.8±1.6 b                  | 1.28±0.06 b            | 0.88±0.07 a                | 4.14±0.04 a                   | 13.67±0.19 b                          | 2.67±0.19 a                       |
| T <sub>2</sub>  | 82.7±1.1 a                  | 1.69±0.03 a            | 0.96±0.08 a                | 4.10±0.13 a                   | 14.93±0.06 a                          | 2.62±0.11 a                       |
| T <sub>3</sub>  | 83.2±1.6 a                  | 1.66±0.04 a            | 1.01±0.06 a                | 4.14±0.23 a                   | 13.56±0.40 b                          | 3.13±0.48 a                       |
| T <sub>4</sub>  | 81.6±1.5 a                  | 1.68±0.04 a            | 1.00±0.05 a                | 4.16±0.20 a                   | 13.40±0.60 b                          | 2.88±0.09 a                       |
| T <sub>5</sub>  | 69.1±1.1 b                  | 1.23±0.11 b            | 0.85±0.01 a                | 4.09±0.22 a                   | 13.06±0.02 b                          | 3.05±0.26 a                       |

注:同列不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)  
Note:Different small letters in the same column indicate significant differences between treatments at 0.05 level

**2.5 不同施肥处理对迷你黄瓜经济效益的影响** 霍格兰营养液中元素单价分别为七水硫酸镁 5.0 元/kg,磷酸二氢钾 15.0 元/kg,硝酸钙 7.0 元/kg,硝酸钾 5.0 元/kg,螯合铁 60.0 元/kg,尿素 2.0 元/kg(除去铁以外的其他微量元素的价格),营养液价格计为 0.014 元/L;有机肥每袋 40 kg,单价 36.0 元,硫酸钾 3.0 元/kg,过磷酸钙 2.0 元/kg,。通过调查武

汉市内几家大的水果批发市场中迷你黄瓜 2018 年 9 月底到 11 月底的价格为 8~10 元/kg,故该试验取 9 元/kg 进行计算,各处理的经济效益见表 6,从投入看,肥料投入中 T<sub>5</sub> 处理的投入最少,T<sub>2</sub> 处理的投入最多。从产量、产值、利润分析,T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 与 T<sub>5</sub> 处理无显著差异,但均显著高于 T<sub>1</sub> 和 T<sub>2</sub> 处理。

表 6 不同施肥处理对迷你黄瓜经济效益的影响  
Table 6 Effect of different fertilizer treatments on economic benefits of mini-cucumber

| 处理<br>Treatment | 肥料投入<br>Fertilization<br>expense<br>元/hm <sup>2</sup> | 产量<br>Yield<br>kg/hm <sup>2</sup> | 产值<br>Output value<br>元/hm <sup>2</sup> | 利润<br>Profit<br>元/hm <sup>2</sup> |
|-----------------|-------------------------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|-----------------------------------|
| T <sub>1</sub>  | 15 741                                                | 35 364 b                          | 318 275 b                               | 302 534 b                         |
| T <sub>2</sub>  | 24 948                                                | 28 326 b                          | 254 937 b                               | 229 989 b                         |
| T <sub>3</sub>  | 16 500                                                | 56 662 a                          | 509 961 a                               | 493 461 a                         |
| T <sub>4</sub>  | 19 899                                                | 56 224 a                          | 506 011 a                               | 486 112 a                         |
| T <sub>5</sub>  | 4 019                                                 | 56 664 a                          | 509 976 a                               | 505 957 a                         |

注:利润没有扣除人工成本和温室设施的折旧等  
Note:The profit is not deducted from labor costs and depreciation cost of greenhouse facilities

3 结论与讨论

3.1 配方施肥对迷你黄瓜植株生长的影响 无机肥对作物生长起重要作用,但长期施用无机肥容易造成土壤理化性质恶化,过多施用易造成农业污染<sup>[16]</sup>,郝小雨等<sup>[17]</sup>认为有机肥尽管具有长期效应,但由于分解缓慢,无法满足当季作物生长养分需求。该试验中单施有机肥的 T<sub>2</sub> 处理在植株定植后第 25 天就出现了明显的缺肥症状,主要原因是有机肥中氮含量较低,无法维持植株的正常生长,此时再继续追施有机肥,其症状并没有得到有效缓解,致使 T<sub>2</sub> 处理的植株株高显著低于其他处理。有机肥和无机肥配施的 T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理植株干物质含量高,说明这 2 个处理的植株生长状况好,物质积累量高,这与张红梅等<sup>[18]</sup>的研究结果一致。各施肥处理的迷你黄瓜叶片光合参数中 T<sub>2</sub> 处理的叶绿素含量和净光合速率显著低于其他处理,说明单施有机肥会显著降低植株的光合作用,从而对植株的生长产生影响。

3.2 配方施肥对迷你黄瓜产量的影响 研究表明,有机肥和无机肥配施能够提高蔬菜产量<sup>[19-22]</sup>。该试验中,单施有机肥的 T<sub>2</sub> 处理迷你黄瓜产量显著低于处理,显著低于有机肥和无机肥配施的 T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理、单施无机肥的 T<sub>5</sub> 处理,这于前人的研究结果一致。单施无机肥的 T<sub>5</sub> 处理产量与有机肥和无机肥配施的 T<sub>3</sub>、T<sub>4</sub> 处理无显著差异,这与前人的研究结果不一致,可能是由于该试验无机肥是分多次施用的,如一次性施入前期会产生肥害,抑制植株的正常生长,从而对产量产生影响,而且由于栽培方式不同,结果也会存在差异。

3.3 配方施肥对迷你黄瓜品质的影响 近年来,蔬菜市场行情越来越好,迷你黄瓜作为一种广受消费者青睐的水果蔬菜兼食农产品,其面积不断增加,菜农为了获得更高的产量而开始大量施用无机肥,盲目增加无机肥用量,是设施蔬菜品质下降的主要原因。王立河等<sup>[23]</sup>认为单施无机肥会降低蔬菜品质,施用有机肥能缓解无机肥对品质的影响。研究表

明,有机肥与无机肥配施能提高蔬菜果实中 V<sub>c</sub> 和蛋白质含量,从而提高果实品质<sup>[24-26]</sup>。该研究表明,常规营养液浇灌的 T<sub>1</sub> 处理与单施无机肥的 T<sub>5</sub> 处理迷你黄瓜果实 V<sub>c</sub> 与蛋白质含量显著低于单施有机肥的 T<sub>2</sub> 处理、有机肥和无机肥配施的 T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理,这与前人的研究结果一致,说明有机与无机肥配施能改善果实的品质。

3.4 配方施肥对迷你黄瓜经济效益的影响 对经济效益指标综合分析表明,单施有机肥的 T<sub>2</sub> 处理利润最低,单施无机肥的 T<sub>5</sub> 处理利润最高,这与前人报道不一致,一方面可能是由于有机肥肥效低,需肥量大,无机肥肥效高,需肥量少所致;另一方面可能是由于有机肥造价过高,无机肥价格相对偏低。有机肥和无机肥配施的 T<sub>3</sub> 和 T<sub>4</sub> 处理迷你黄瓜果实品质显著优于 T<sub>5</sub> 处理,其市场售价应该也会有所增加。

综上所述,从迷你黄瓜生长、产量、品质和经济效益看,以有机肥中磷含量为基准,不足部分用化肥来补充的 T<sub>3</sub> 处理,以有机肥中钾含量为基准,不足部分用化肥来补充的 T<sub>4</sub> 处理表现出最佳优势,适宜作为配方施肥的理想方式进行推广。

参考文献

[1] 杨治平,陈明昌,张强,等.不同施氮措施对保护地黄瓜养分利用效率及土壤氮素淋失影响[J].水土保持学报,2007,21(2):57-60.  
[2] 燕飞,邹志荣,董洁,等.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.  
[3] 汪峰,李国安,王丽丽,等.减量施氮对大棚黄瓜产量和品质的影响[J].应用生态学报,2007,28(11):3627-3633.  
[4] 巩子毓,高旭,黄炎,等.连续施用生物有机肥提高设施黄瓜产量和品质的研究[J].南京农业大学学报,2016,39(5):777-783.  
[5] 张福锁.测土配方施肥技术[M].北京:中国农业大学出版社,2011.  
[6] 胡厚臻,侯文娟,潘启龙,等.配方施肥对刨花润楠幼苗生长和光合生理的影响[J].西北林学院学报,2015,30(6):39-45.  
[7] 常晓晓.不同供氮水平对设施黄瓜养分吸收利用和产量的影响[D].杨凌:西北农林科技大学,2017.  
[8] 闫秋艳,董飞,杨峰,等.土壤温度和有机肥对黄瓜生长及养分吸收利用的影响[J].华北农业学报,2017,32(6):222-228.  
[9] 黄绍文,唐继伟,殷学云,等.日光温室有机基质栽培黄瓜水肥一体化技术方案[J].中国蔬菜,2017(8):94-96.  
[10] 王硕,吴春涛,李丹丹,等.水肥一体化模式下日光温室黄瓜氮磷钾优化施肥方案的研究[J].园艺学报,2018,45(4):764-774.  
[11] MAHAJAN G, SINGH K G. Response of greenhouse tomato to irrigation and fertigation[J]. Agricultural water management, 2006, 84(1/2):202-206.  
[12] 李国龙.甘肃戈壁滩日光温室基质栽培番茄和黄瓜氮磷钾均衡管理研究[D].北京:中国农业科学院,2014.  
[13] 杨森.温室迷你黄瓜配合力分析及嫩果皮白色相关基因的初步定位[D].武汉:华中农业大学,2017.  
[14] 李理渊,李俊,同小娟,等.不同光环境下栓皮栎和刺楸叶片光合光响应模拟[J].应用生态学报,2018,29(7):2295-2306.  
[15] 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.  
[16] 张维理,武淑霞,冀宏杰,等.中国农业面源污染形势估计及控制对策I. 21 世纪初中国农业面源污染的形势估计[J].中国农业科学,2004,37(7):1008-1017.  
[17] 郝小雨,高伟,王玉军,等.有机无机肥料配合施用对设施番茄产量、品质及土壤硝态氮淋失的影响[J].农业环境科学学报,2012,31(3):538-547.  
[18] 张红梅,金海军,丁小涛,等.有机肥无机肥配施对温室黄瓜生长、产量和品质的影响[J].植物营养与肥料学报,2014,20(1):247-253.  
[19] 罗佳,刘明珠,王同,等.有机肥与化肥配施对黄瓜产量及土壤微生物多样性的影响[J].生态与农村环境学报,2016,32(5):774-779.  
[20] 周丹丹,周崇峻,杨丽娟.有机肥和化肥配施对露地黄瓜养分吸收、产量和品质的影响[J].沈阳农业大学学报,2012,43(4):498-501.

续表 4

| 试验号<br>Test No.                                   | A              | B     | C     | D     | 腐烂率<br>Decay<br>rate//% | 还原糖<br>Reducing<br>sugar<br>content<br>g/kg | V <sub>c</sub> 含量<br>V <sub>c</sub> content<br>g/kg | 失重率<br>Weight<br>loss rate<br>% | 可滴定<br>酸含量<br>Titratable<br>acid content<br>g/L |
|---------------------------------------------------|----------------|-------|-------|-------|-------------------------|---------------------------------------------|-----------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------|
| V <sub>c</sub> 含量<br>V <sub>c</sub> content//g/kg | R <sub>2</sub> | 4.666 | 3.000 | 1.667 | 5.333                   |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>1</sub> | 0.650 | 0.490 | 0.547 | 0.508                   |                                             | A>D> C>B                                            |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>2</sub> | 0.431 | 0.471 | 0.533 | 0.571                   |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>3</sub> | 0.424 | 0.544 | 0.425 | 0.426                   |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | R <sub>3</sub> | 0.076 | 0.024 | 0.040 | 0.048                   |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
| 失重率<br>Weight loss rate//%                        | K <sub>1</sub> | 3.96  | 4.23  | 4.35  | 4.28                    |                                             | A>C>B>D                                             |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>2</sub> | 4.57  | 4.20  | 4.29  | 4.31                    |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>3</sub> | 4.24  | 4.34  | 4.13  | 4.18                    |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | R <sub>4</sub> | 0.203 | 0.047 | 0.073 | 0.044                   |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>1</sub> | 15.0  | 14.4  | 13.6  | 14.7                    |                                             | A>D>C>B                                             |                                 |                                                 |
| 可滴定酸含量<br>Titratable acid<br>content//g/L         | K <sub>2</sub> | 14.0  | 13.8  | 13.6  | 13.2                    |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | K <sub>3</sub> | 12.8  | 13.6  | 14.6  | 13.9                    |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   | R <sub>5</sub> | 0.733 | 0.267 | 0.334 | 0.500                   |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   |                |       |       |       |                         |                                             |                                                     |                                 |                                                 |
|                                                   |                |       |       |       |                         |                                             |                                                     |                                 |                                                 |

霉菌的生长,阻止丝状真菌中真菌毒素的形成,可作为保鲜剂较好地延长沙糖桔的贮藏期限,且不影响其品质<sup>[24]</sup>。该研究将其应用于贡柑的保鲜也起到了较好的效果。液体石蜡此前主要是用于鸡蛋的涂膜保鲜,效果良好,此次应用于贡柑的涂膜保鲜也起到较好的保鲜效果。

不同浓度的壳聚糖、纳他霉素和石蜡涂膜剂对贡柑贮藏期间品质指标的影响很大,从单一涂膜液保鲜效果的分析中发现壳聚糖、纳他霉素和石蜡浓度分别为 1.50%、0.03% 和 0.10% 时贡柑的保鲜效果最好。进一步通过正交试验得到复合涂膜剂的最佳配比如下:壳聚糖 1.00%、纳他霉素 0.03%、石蜡 0.10%。此外,研究发现贡柑的复合涂膜保鲜效果要明显优于空白组,腐烂率、失重率降低,减少 V<sub>c</sub> 和还原糖含量的损失,抑制可滴定酸含量的下降,有效地保持产品的感官品质。

参考文献

[1] 焦少珍,陈庆华.几种贮藏方法对德庆贡柑品质的影响[J].中国农村小康科技,2007(6):75-76.  
[2] 张平,王东辉.大豆蛋白膜保鲜香菇效果的研究[J].黑龙江八一农垦大学学报,2002,14(2):87-90.  
[3] 赵进沛,王育才,李清亚.鸡蛋涂膜保鲜法的研究与筛选[J].食品科技,1995(6):14.  
[4] 刁源,张超,康德雨,等.纳他霉素复配制剂在锦橙采后保鲜上的应用研究[J].西南农业学报,2013,26(4):1618-1621.  
[5] 王婕.壳聚糖保鲜杨梅最佳条件的研究[J].广州化工,2014,42(3):58-59.  
[6] 和岳,王明力,张洪,等.壳聚糖复合膜的制备及其对草莓的保鲜效果[J].贵州农业科学,2013,41(5):133-137.  
[7] 黄艳仙,曾霞,周如金.壳聚糖复合涂膜对荔枝保鲜效果的研究[J].化

学与生物工程,2013,30(11):38-40,46.  
[8] 李昱,吴彩娥,范龚健,等.纳他霉素对银杏果的抑菌作用及保鲜效果[J].食品科学,2014,35(4):220-225.  
[9] 段丹萍,乔勇进,鲁莉莎,等.纳他霉素壳聚糖复合涂膜对草莓保鲜的影响[J].湖南农业大学学报(自然科学版),2010,36(2):237-241.  
[10] 胡溪育.壳聚糖对水果保鲜作用的研究进展[J].黑龙江科学,2014,5(6):133-134.  
[11] 王永华.食品分析[M].北京:中国轻工业出版社,2010:1-5.  
[12] 陈钧辉,李俊,张太平,等.生物化学实验[M].4版.北京:科学出版社,2008:123-125.  
[13] 胡晓亮,周国燕,王春霞,等.3种天然保鲜剂对荸荠杨梅贮藏保鲜效果[J].食品与发酵工业,2011,37(6):216-219.  
[14] 甄天元,彭晓蓓,李文香,等.丁香提取液对鲜切西兰花保鲜效果的影响[J].食品科学,2011,32(10):279-282.  
[15] 王瑾,林向阳,阮榕生,等.高浓度臭氧水对鲜切花椰菜保鲜的研究[J].食品科学,2008,29(8):607-611.  
[16] 杨伟,徐莹,樊燕,等.海藻酸钠涂膜及<sup>60</sup>Co- $\gamma$  辐照处理对小枣的保鲜作用[J].食品工业科技,2012,33(3):343-347.  
[17] 刘尚军,李霞.大豆分离蛋白/淀粉复合涂膜对白蘑菇贮藏品质的影响[J].农产品加工,2008(9):76-78.  
[18] 宋玉萍,李英,高红亮,等.不结球白菜维生素 C 积累与相关酶活性研究[J].西北植物学报,2007,27(11):2240-2244.  
[19] 吴进菊,陈红兵,高金燕,等.多种食用菌中多酚氧化酶活性的初步比较[J].食品与机械,2010,26(2):79-81.  
[20] 柳建良,舒永培,黄茂其,等.贡柑果实水分活性测定与品质评价方法研究[J].西北农业学报,2008,17(5):237-240.  
[21] 李丹梅.鲜切山药片的酶促褐变控制研究[D].贺州:贺州学院,2011.  
[22] 孙远功,呼玉侠,冯昕.纳他霉素在柑橘防腐保鲜中的应用[J].食品研究与开发,2006,27(7):190-192.  
[23] 谢玉花,罗杨合,谢冬妮,等.不同浓度壳聚糖涂膜对贡柑贮藏品质的影响[J].食品研究与开发,2017,38(22):209-213.  
[24] 刘雪飞,金大伟.纳他霉素在沙糖桔保鲜中的应用[C]//中国食品科学技术学会第八届年会暨第六届东西方食品业高层论坛论文摘要集.北京:中国食品科学技术学会,2011.

(上接第 139 页)

[21] ZHANG H M, JIN H J, DING X T, et al. Effects of application of organic and inorganic fertilizers on the growth, yield and quality of cucumber in greenhouse[J]. Journal of plant nutrition and fertilizer, 2014, 20(1): 247-253.  
[22] GU L L, WEI M, HOU J L, et al. Effects of precise fertigation on soil properties and fruit yield and quality of cucumber grown in solar greenhouse[J]. Scientia agricultura sinica, 2015, 48(22): 4507-4516.  
[23] 王立河,赵喜茹,王喜枝,等.有机肥与氮肥配施对日光温室黄瓜和土壤硝酸盐含量的影响[J].土壤通报,2007,38(3):472-476.  
[24] 刘占军,谢佳贵,张宽,等.不同氮肥管理对吉林春玉米生长发育和养分吸收的影响[J].植物营养与肥科学报,2011,17(1):38-47.  
[25] 李吉进,宋东涛,邹国元,等.不同有机肥料对番茄生长及品质的影响[J].中国农学通报,2008,24(10):300-305.  
[26] 高伟,李明悦,高宝岩,等.有机无机肥料配合施用对设施黄瓜产量、氮素累积及硝酸盐淋溶的影响[J].华北农学报,2015,30(4):188-193.