

化肥减量配施有机肥对番茄产量和品质的影响

何志学¹, 朱惠霞², 张玉鑫², 魏敏², 陶兴林², 路亮霞¹

(1. 会宁县农业技术推广中心 甘肃会宁 730799; 2. 甘肃省农业科学院蔬菜研究所 兰州 730070)

摘要: 为了降低塑料大棚番茄生产的化肥用量, 提高肥料利用率, 进一步提升番茄品质, 以番茄品种口感 18 为试验材料, 在化肥减量条件下, 配施固体生物有机肥和以淀粉生化液为原料加工成的液体有机肥(醇优佳), 设置不施肥(CK)、常规施肥(T1)、化肥减量 30%+固体生物有机肥(T2)、化肥减量 30%+液体有机肥(T3)4 个处理, 研究化肥有机肥配施对塑料大棚番茄农艺性状、果实品质、产量及经济效益的影响。结果表明, 在化肥减量条件下, 配施生物有机肥或醇优佳, 对促进番茄植株生长、改善果实品质、提高产量和经济效益的作用效果显著。与常规施肥相比, T2 和 T3 处理可显著提高番茄农艺性状指标和品质, 分别显著增产 4.7% 和 3.3%。主成分分析表明, 减施化肥增施生物有机肥对番茄生长、品质及产量的影响效果最好。综上, 较常规施肥减施 30% 化肥条件下, 配施固体生物有机肥 200 kg·667 m² 或液体有机肥(醇优佳) 10 kg·667 m², 可有效改善塑料大棚番茄果实品质, 并提高产量和经济效益。

关键词: 番茄; 有机肥; 产量; 品质; 经济效益

中图分类号: S641.2

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)06-146-06

Effects of chemical fertilizer reduction and organic fertilizer on yield and quality of tomato

HE Zhixue¹, ZHU Huixia², ZHANG Yuxin², WEI Min², TAO Xinglin², LU Liangxia¹

(1. Huining County Agricultural Technology Promotion Center, Huining 730799, Gansu, China; 2. Institute of Vegetables, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou 730070, Gansu, China)

Abstract: In order to reduce the amount of chemical fertilizer used in the production of tomato in plastic greenhouse, improve the fertilizer utilization rate and further improve the quality of tomato. Tomato variety mouthfeel 18 was used as experimental material, under the condition of fertilizer reduction, combined with solid bio-organic fertilizer and liquid organic fertilizer made by starch biochemical liquid. Four treatments were set: No fertilization (CK), conventional fertilization (T1), 30% reduction of fertilizer+bio-organic fertilizer (T2), 30% reduction of fertilizer+Chunyoujia (T3), the experiment was conducted to study the effects of different fertilization modes on agronomic characters, fruit quality, yield and economic benefit of tomato in plastic greenhouse. Under the condition of chemical fertilizer reduction, adding bio-organic organic fertilizer or Chunyoujia fertilizer had the best effect on promoting tomato growth, improving fruit quality, increasing yield and economic benefit. Compared with T1 treatment, T2 and T3 treatment could significantly improve tomato agronomic character indexes and quality, the yield significantly increase by 4.7% and 3.3%, respectively. Principal component analysis suggested that the fertilizer mode of reducing chemical fertilizer and supplementing with bio-organic fertilizer had a better effect on the growth, quality, and yield of tomato. In general, under the condition of chemical fertilizer reduction and balanced fertilization, applying bio-organic fertilizer 200 kg·667 m² or Chunyoujia 10 kg·667 m² could effectively improve the fruit quality, yield and economic benefit of facility tomato, which was the optimal fertilization mode in the process of facility tomato production in this area.

Key words: Tomato; Organic fertilizer; Yield; Quality; Economic benefit

设施蔬菜种植作为一种高投入、高产出的生产模式, 对肥料的需求量较大, 因此在蔬菜生产过程中, 为了追求高产, 过量施肥现象较为严重。据统

计, 国内设施蔬菜氮肥施用量达 56.7 kg·667 m², 是氮肥推荐施肥量的 1.9 倍, 磷、钾肥施用量 243.7~229.2 kg·667 m², 氮、磷、钾肥严重超标施用且比例

收稿日期: 2024-10-11; 修回日期: 2025-03-07

基金项目: 甘肃省技术创新引导计划(22CX8NA036)

作者简介: 何志学, 男, 农艺师, 主要从事农业技术与推广工作。E-mail: 164873051@qq.com

通信作者: 陶兴林, 男, 研究员, 研究方向为辣椒育种与栽培。E-mail: taoxinglin77@126.com

失衡^[1-2],而盲目、随意、长期单一施肥,不仅造成生产成本增加、资源浪费,同时造成土壤结构改变、次生盐渍化加重、产量及蔬菜品质下降等问题^[3]。

有机肥的施用,不仅对改善土壤环境、增加肥力、提高肥料利用率、增强植物抗性等方面有良好的效果,同时可有效提高作物产量和改善农产品品质^[4-7]。化肥适量减施与有机肥配施对改善蔬菜品质和提高产量具有重要意义。因此,探明设施蔬菜合理施肥模式和改善土壤环境迫在眉睫。番茄(*Solanum lycopersicum* L.)由于丰富的营养成分、独特的口感风味及多样的食用形式,被人们青睐,也是国内设施栽培的主要蔬菜种类之一。随着人们生活水平的不断提高,对番茄的需求开始从数量向口感和品质转变。鉴于此,笔者以平衡施肥为依据,研究化肥减量条件下,配施固体生物有机肥和以淀粉生化液为原料加工成的液体有机肥对塑料大棚番茄生长、产量及品质的影响,以期减少化肥用量、避免连作障碍、提高肥料利用率、实现塑料大棚番茄优质生产的合理施肥提供理论依据。

1 材料与方法

试验于2023年5—10月在甘肃省白银市会宁县中川镇蔬菜产业园塑料大棚中进行。供试的土壤为黄绵土,全氮含量(w ,后同)1.13 g·kg⁻¹、速效磷含量 20.99 mg·kg⁻¹、速效钾含量 218.83 mg·kg⁻¹、有机质含量 13.55 g·kg⁻¹、pH 8.09。年平均降水量 420 mm,有效积温 2300 °C,无霜期 130 d 左右。

1.1 材料

试验用番茄品种为甘肃省农业科学院蔬菜研究所培育的口感 18。试验所用肥料购自会宁县旭择农业科技综合服务有限公司,尿素(含 N 46%),过磷酸钙(含 P₂O₅ 12%),硫酸钾(含 K₂O 52%),硫酸钾型复合肥(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 17-17-17),硝酸钾型水溶肥(N、P₂O₅、K₂O 含量分别为 16-8-34),生物有机肥(有机质含量≥40%,有效活菌数≥0.2 亿 CFU·g⁻¹),醇优佳[依托中国农业大学废弃物资源肥料化利用团队的技术支持,以淀粉生化液为原料,经深度生化、膜浓缩-分段提取工艺,生产出分子质量在 500~2000 Da 的小肽、多聚糖、维生素、有机酸、作物促生物质等混合高级生化复合液,(N+P₂O₅+K₂O)含量(ρ)=80 g·L⁻¹,有机质含量(ρ)200 g·L⁻¹]。

1.2 试验设计

试验采取随机区组设计,共设 4 个处理,具体

施肥处理如下:处理 1(CK):不施肥,即番茄全生育期不施肥。处理 2(T1):常规施肥,即番茄全生育期按照当地农户习惯施肥。处理 3(T2):化肥减量 30%+生物有机肥。在常规施肥基础上,根据番茄养分吸收比例平衡施肥,化肥总量减施 30%,同时配施生物有机肥 200 kg·667 m⁻²。处理 4(T3):化肥减量 30%+醇优佳。在常规施肥基础上,根据番茄养分吸收比例平衡施肥,化肥总量减施 30%,同时配施醇优佳 10 kg·667 m⁻²。各处理施肥量详见表 1。

表 1 各处理施肥量

Table 1 Fertilizer application amount of each treatment (kg·667 m⁻²)

处理 Treatment	化肥施用量 Fertilizer application amount			生物有机肥 Bio-organic fertilizer	醇优佳 Chun- youjia
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O		
CK	0.0	0.0	0.0	0	0
T1	50.4	21.2	39.8	0	0
T2	36.0	14.0	28.0	200	0
T3	36.0	14.0	28.0	0	10

试验中的每个处理 3 次重复,小区面积 320 m²。处理 2(T1)基肥和后期追肥按当地常规管理,T2 和 T3 处理的 N、P₂O₅、K₂O 分别基施 30%、75%、30%,追肥 3 次,第 1 次(开花坐果期)N、P₂O₅、K₂O 分别追施 20%、7%、20%,第 2 次(结果盛期)N、P₂O₅、K₂O 分别追施 25%、9%、25%,第 3 次(结果后期)N、P₂O₅、K₂O 分别追施 25%、9%、25%。T2 配施的生物有机肥作为基肥一次性施入,T3 增施的醇优佳作为追肥分 3 次追施,即开花坐果期、结果盛期和结果后期分别追施 5.0、2.5、2.5 kg·667 m⁻²。番茄苗于 5 月 18 日定植,双行定植,每穴定植 1 株,株距 35 cm,10 月 9 日拉秧,田间管理与当地常规管理相同。

1.3 测定指标及方法

农艺性状测定:各小区随机选取 15 株,每次采收期记录采摘果数和单果质量;拉秧后采用卷尺测定株高,采用游标卡尺测定茎粗。

品质测定:在番茄结果盛期,采摘果实鲜样,采用 2,6-二氯酚靛酚染色法测定维生素 C 含量^[8],采用考马斯亮蓝 G-250 溶液法测定可溶性蛋白含量^[9],采用高效液相色谱法测定氨基酸和有机酸含量,采用标准滴定法测定总糖含量^[10],糖酸比=总糖含量/有机酸含量。

肥料农学利用率/(kg·kg⁻¹)=(施肥区产量-无肥区产量)/施肥量;肥料偏生产力/(kg·kg⁻¹)=施肥区产量/施肥量。

产量测定:各处理产量按小区分次计量累计,

形成小区产量,并折合 667 m²产量进行统计分析。

1.4 数据处理

采用 Excel 2007、SPSS 26 进行数据统计与分析,采用 Duncan 新复极差法进行显著性检验 ($p<0.05$),采用 OriginPro 2021 软件作图。

2 结果与分析

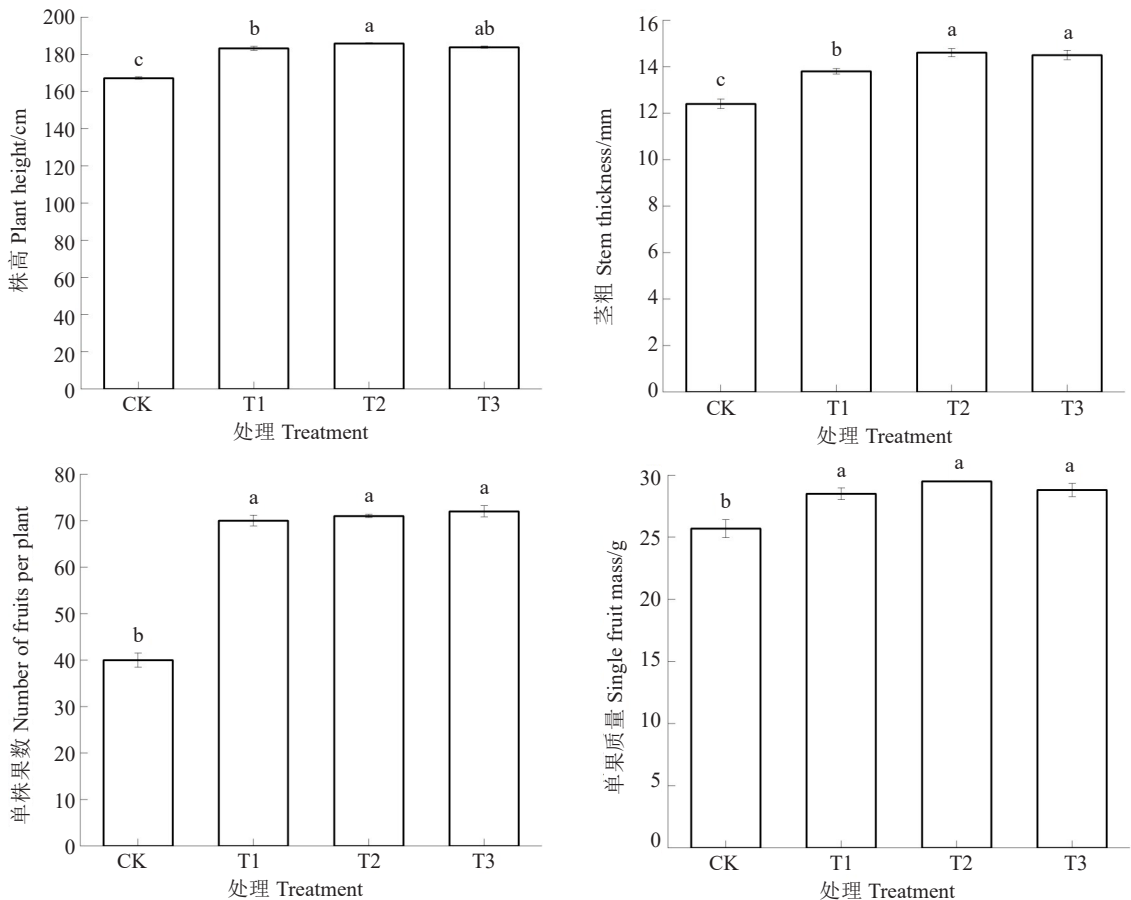
2.1 不同施肥模式对番茄农艺性状的影响

从图 1 可以看出,不同的施肥模式对番茄农艺

性状有一定的影响。T2 处理的株高显著高于 CK 和 T1 处理,与 T3 处理差异不显著,T3 处理的株高显著高于 CK;T2 和 T3 处理的番茄茎粗无显著差异,二者均显著高于 CK 和 T1 处理;T1、T2 和 T3 处理的单株果数和单果质量无显著差异,三者均显著高于 CK。以上结果表明,在常规施肥的基础上,减施化肥配施生物有机肥可显著提高番茄的株高和茎粗。

2.2 不同施肥模式对番茄品质的影响

由表 2 可知,在 CK 和 T1 处理之间,随着施肥



注:不同小写字母表示各处理间差异显著($p<0.05$)。下同。

Note: Different lowercase letters indicate significant difference between treatments($p<0.05$). The same below.

图 1 不同施肥模式对番茄农艺性状的影响

Fig. 1 Effects of different fertilization patterns on agronomic traits of tomato

表 2 不同施肥模式对番茄品质的影响

Table 2 Effects of different fertilization patterns on tomato quality

处理 Treatment	w(维生素 C) Vitamin C content/ ($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(可溶性蛋白) Soluble protein content/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(有机酸) Organic acid content/($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	w(总糖) Total sugar content/ ($\text{mg}\cdot\text{g}^{-1}$)	糖酸比 Sugar-acid ratio
CK	599.31±18.06 b	0.68±0.03 c	2.069±0.028 b	34.3±0.8 c	16.60 bc
T1	346.44±6.97 c	0.89±0.04 b	2.520±0.052 a	43.6±1.0 b	17.31 b
T2	832.72±4.42 a	1.25±0.01 a	1.938±0.020 c	52.7±1.0 a	27.23 a
T3	842.94±11.84 a	1.26±0.04 a	2.026±0.035 bc	54.7±1.6 a	27.01 a

注:不同小写字母表示在 0.05 水平差异显著。下同。

Note: Different small letters indicate significant difference at 0.05 level. The same below.

量的增加番茄果实维生素 C 含量显著降低,T2 和 T3 处理的维生素 C 含量显著高于 CK 和 T1 处理,二者差异不显著;与 CK 相比,T2 和 T3 处理显著提高了可溶性蛋白含量、总糖含量及糖酸比,降低了有机酸含量,二者差异不显著。以上结果表明,在常规施肥的基础上,减施化肥配施生物有机肥或醇优佳,可有效提高番茄果实品质,改善口感。

2.3 不同施肥模式对番茄产量及肥料利用率的影响

由图 2 可知,不同施肥模式的单株产量、产量、

肥料农学利用率及肥料偏生产力均以 T2 处理最高,与 T3 处理差异不显著,二者均显著高于其他处理。T2 和 T3 的产量分别为 $4\,386.0\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 和 $4\,325.6\text{ kg}\cdot 667\text{ m}^{-2}$,较 T1 分别显著提高 4.7% 和 3.3%。T2 和 T3 处理的肥料农学利用率较 T1 处理分别显著提高 68.4% 和 63.8%,肥料偏生产力较 T1 处理分别显著提高 60.4% 和 58.2%。以上结果表明,在常规施肥基础上,减施化肥配施生物有机肥或醇优佳,不仅可以促进番茄产量提高,同时还可以提高肥料农学利用率和肥料偏生产力。

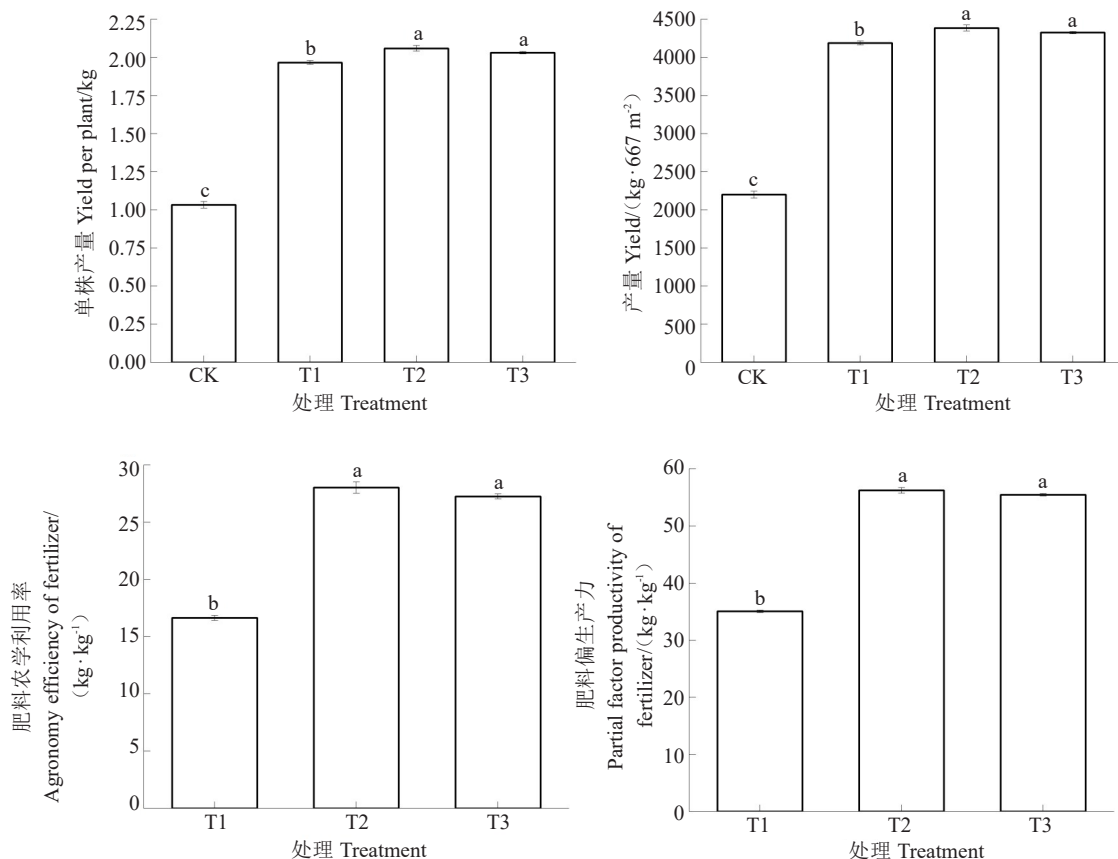


图 2 不同施肥模式对番茄产量及肥料农学利用率的影响

Fig. 2 Effects of different fertilization patterns on tomato yield and agronomy efficiency of fertilizer

2.4 不同施肥模式对经济效益的影响

由表 3 可知,T3 处理的经济效益最高,达到 $16\,293.5\text{ 元}\cdot 667\text{ m}^{-2}$,与 T2 处理差异不显著,二者均显著高于 CK 和 T1 处理,T2 和 T3 处理的效益较 T1 处理分别增加 $899.4\text{ 元}\cdot 667\text{ m}^{-2}$ 和 $987.5\text{ 元}\cdot 667\text{ m}^{-2}$,显著提高了 5.9% 和 6.5%。不同施肥模式间产投比差异显著,大小依次为 $T3 > T2 > T1$ 。表明在常规施肥基础上,减施化肥配施生物有机肥或醇优佳,不仅降低了生产成本,还可有效提高番茄产值和效益。

2.5 不同施肥模式番茄生长、品质及产量的综合评价

对不同施肥模式下番茄生长、品质及产量进行主成分分析,得到主成分的贡献率和累计贡献率,结果如表 4 所示,特征值大于 1 的主成分有 2 个,分别为 7.06 和 1.90,第一主成分贡献率为 78.50%,主要由农艺性状、产量、肥料农学利用率等组成,第二主成分贡献率为 21.10%,主要由维生素 C 含量、可溶性蛋白含量、总糖含量等组成。第一、二主成分累计贡献率达到 99.60%。

表 3 不同施肥模式对经济效益的影响

Table 3 Effects of different fertilization patterns on economic benefit

处理 Treatment	产量 Yield/ (kg·667 m ⁻²)	产值 Output value/(Yuan·667 m ⁻²)	肥料成本 Fertilizer cost/(Yuan·667 m ⁻²)	效益 Benefit/ (Yuan·667 m ⁻²)	产投比 The ratio of output to input
CK	2 199.9	8 799.7	0	8 799.7±181.5 c	
T1	4 188.3	16 753.2	1 447.2	15 306.0±101.7 b	11.6
T2	4 386.0	17 544.1	1 338.7	16 205.4±155.6 a	13.1
T3	4 325.6	17 302.2	1 008.7	16 293.5±66.0 a	17.1

注：番茄平均市场价 4.0 元·kg⁻¹，尿素 2.75 元·kg⁻¹，过磷酸钙 0.6 元·kg⁻¹，硫酸钾 2.4 元·kg⁻¹，硫酸钾型复合肥(17-17-17)3.6 元·kg⁻¹，硝酸钾型水溶肥料(16-8-34)11.2 元·kg⁻¹，生物有机肥 2.0 元·kg⁻¹，醇优佳 7.0 元·kg⁻¹，人工、水电、农药、地膜等未计入成本。

Note: The average market price of tomato is 4.0 Yuan·kg⁻¹, urea is 2.75 Yuan·kg⁻¹, superphosphate is 0.6 Yuan·kg⁻¹, potassium sulfate is 2.4 Yuan·kg⁻¹, potassium sulfate type compound fertilizer (17-17-17) is 3.6 Yuan·kg⁻¹, potassium nitrate type water-soluble fertilizer (16-8-34) is 11.2 Yuan·kg⁻¹, bio-organic fertilizer is 2.0 Yuan·kg⁻¹, alcohol youjia 7.0 Yuan·kg⁻¹. Costs such as labor, water and electricity, pesticides, and plastic mulch are not included.

表 4 不同施肥模式番茄生长、品质及产量主成分分析
各因子载荷矩阵

Table 4 Loading matrix of factors in principal component analysis of growth, quality and yield of tomato with different fertilization patterns

指标 Index	第一主成分 First principal component	第二主成分 Second principal component
株高 Plant height(X ₁)	0.99	-0.07
茎粗 Stem thickness(X ₂)	0.98	0.21
产量 Yield(X ₃)	1.00	-0.08
肥料偏生产力 Partor productivity of fertilizer(X ₄)	0.97	0.22
肥料农学利用率 Agronomic efficiency(X ₅)	0.97	0.25
维生素 C 含量 Vitamin C content(X ₆)	0.31	0.95
可溶性蛋白含量 Soluble protein content(X ₇)	0.88	0.47
有机酸含量 Organic acid content(X ₈)	0.02	-0.99
总糖含量 Total sugar content(X ₉)	0.92	0.37
特征值 Eigenvalue	7.06	1.90
贡献率 Contribution rate/%	78.50	21.10
累计贡献率 Cumulative contribution rate/%	78.50	99.60

以第一、第二主成分建立综合评价模式，即：

$$Y_1= 0.994X_1 + 0.977X_2 + 0.997X_3 + 0.975X_4 + 0.968X_5+0.311X_6+0.881X_7+0.022X_8+0.925X_9;$$

$$Y_2= - 0.065X_1 + 0.210X_2- 0.081X_3 + 0.223X_4 + 0.249X_5+0.949X_6+0.472X_7-0.994X_8+0.365X_9。$$

$$\text{综合得分 } Y=0.788Y_1+0.212Y_2。$$

对不同施肥模式进行综合评价和排序，如表 5 所示。不同施肥模式对番茄生长、品质和产量的影响排序为 T2>T3>T1>CK，表明 T2 处理施肥模式对番茄生产、品质和产量的影响效果最好。

表 5 不同施肥模式番茄生长、品质及产量主成分分析
综合得分

Table 5 Composite scores of principal component analysis of growth, quality and yield of tomato with different fertilization patterns

处理 Treatment	Y ₁	Y ₂	Y	排名 Rank
CK	-9.35	-1.72	-7.73	4
T1	-0.49	-3.13	-1.05	3
T2	5.04	2.54	4.51	1
T3	4.80	2.32	4.27	2

3 讨论与结论

株高、茎粗等农艺性状作为植株营养生长的重要指标，也是形成作物高产的先决条件，其大小直接影响到能否为高产果实提供充足的营养物质^[11-12]。本试验中，在常规施肥基础上，减施 30%化肥配施生物有机肥或醇优佳，可提高番茄的株高和茎粗，改善植株长势，与李英楠等^[13]的研究结果一致，这与增施生物有机肥或醇优佳提高土壤有机质含量、改善土壤微环境、促进植株生长有关。

外观形态、口感风味、营养组成成分及特征香气化合物等作为番茄果实的品质指标^[14]，其中糖分作为营养成分的重要组成因子，其含量在一定程度上决定了番茄果实的口感^[15]。本试验施肥模式下，T2 和 T3 处理的维生素 C、可溶性蛋白、总糖含量及糖酸比显著高于其他处理，有机酸含量显著低于常规施肥 T1 处理。说明在常规施肥条件下，适量减施化肥配施生物有机肥或醇优佳，对番茄果实营养成分的合成和积累具有一定的促进作用，同时也可降低果实有机酸含量，提高总糖含量和糖酸比，改善番茄果实的口感风味，与董鹏荣等^[16]关于氮钾化肥减施增施生物有机肥对番茄果实品质影响的研

究结果一致,此外也说明过量施肥或施肥比例失衡,将对番茄果实维生素 C、可溶性蛋白、总糖等营养成分的积累具有不同程度的抑制作用,但随施肥量的减少和施肥比例的均衡,这种抑制作用也随之缓解^[17]。

大量和中微量等营养元素齐全的有机肥,养分释放具有缓慢性,有机无机肥配施,可不同程度地提高作物产量^[18],也可持续提高土壤速效养分含量。蒋强等^[19]研究发现,减施化肥配施生物有机肥,能够在番茄产量不降低的前提下改善果实品质,提高土壤肥力。本试验研究表明,减量平衡施肥条件下,配施生物有机肥或醇优佳的 T2 处理和 T3 处理的产量、肥料农学利用率及肥料偏生产力显著高于常规施肥 T1 处理,这与郑剑超等^[20]在化肥减施条件下配施有机肥对番茄生长影响的研究结果一致。同时本试验研究表明,该施肥模式下,T2 和 T3 处理可降低生产投入成本,显著提高经济效益,较 T1 处理增收 899.4~987.5 元·667 m⁻²。说明化肥与有机肥二者配施,具有一定的互作效应,使土壤养分相互协调,一方面可及时利用化肥中的速效养分,另一方面又能由有机肥提供后续释放的养分,满足作物生长期的养分供给,从而提高作物产量、肥料农学利用率及经济效益。

综上所述,在平衡施肥的基础上,化肥施用量较常规施肥减施 30% 的条件下,配施生物有机肥 200 kg·667 m⁻² 或醇优佳 10 kg·667 m⁻²,可显著提高试验区番茄的农艺性状指标,改善果实品质,提高肥料农学利用率,分别显著增产 3.3% 和 4.7%,经济效益分别显著提高 5.9% 和 6.5%,可作为优化的施肥方案在当地设施番茄生产中推广应用。

参考文献

- [1] 黄绍文,唐继伟,李春花,等.我国蔬菜化肥减施潜力与科学施用对策[J].植物营养与肥料学报,2017,23(6):1480-1493.
- [2] 余海英,李廷轩,张锡洲.温室栽培系统的养分平衡及土壤养分变化特征[J].中国农业科学,2010,43(3):514-522.
- [3] 张福锁,申建波,危常州,等.绿色智能肥料:从原理创新到产业化实现[J].土壤学报,2022,59(4):873-887.
- [4] 张志刚,董春娟,高苹,等.蔬菜残株堆肥及微生物菌剂对设施辣椒栽培土壤的改良作用[J].西北植物学报,2011,31(6):1243-1249.
- [5] 刘晚苟,陈月女,张燕群,等.微生物菌肥及施肥方式对辣椒品质的影响[J].热带农业科学,2014,34(12):71-74.
- [6] 张怀志,唐继伟,袁硕,等.化肥减施对日光温室越冬长茬番茄氮肥利用率及去向的影响[J].植物营养与肥料学报,2020,26(7):1295-1302.
- [7] WU Y, YAN S C, FAN J L, et al. Combined application of soluble organic and chemical fertilizers in drip fertigation improves nitrogen use efficiency and enhances tomato yield and quality[J]. Journal of the Science of Food and Agriculture, 2020, 100(15): 5422-5433.
- [8] 刘春生,杨守祥.农业化学分析[M].北京:中国农业大学出版社,1996.
- [9] 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,2006.
- [10] 宁开桂.无机及分析化学[M].北京:高等教育出版社,1999.
- [11] 王小林,张盼盼,纪晓玲,等.黄土地区施肥策略对大豆生物量分配及转化积累的影响[J].中国农学通报,2021,37(33):23-29.
- [12] 齐文增,陈晓璐,刘鹏,等.超高产夏玉米干物质与氮、磷、钾养分积累与分配特点[J].植物营养与肥料学报,2013,19(1):26-36.
- [13] 李英楠,白亚丽,杜南山,等.有机复混肥替代化肥减施对日光温室番茄生长及土壤环境的影响[J].中国瓜菜,2019,32(11):43-47.
- [14] RIPOLL J, URBAN L, STAUDT M, et al. Water shortage and quality of fleshy fruits--making the most of the unavoidable[J]. Journal of Experimental Botany, 2014, 65(15):4097-4117.
- [15] ZHANG X S, FENG C Y, WANG M N, et al. Plasma membrane-localized SISWEET7a and SISWEET14 regulate sugar transport and storage in tomato fruits[J]. Horticulture Research, 2021, 8(1):186.
- [16] 董鹏荣,梁祎,韩敬旭,等.氮钾化肥减施和有机肥增施对番茄果实品质及矿质元素含量的影响[J].中国土壤与肥料,2023(1):13-22.
- [17] GUO L L, YU H W, KHARBACH M, et al. Biochar improves soil-tomato plant, tomato production, and economic benefits under reduced nitrogen application in Northwestern China[J]. Plants-Basel, 2021, 10(4):759.
- [18] 江波,薛贞明,王静,等.有机氮不同替代量对西蓝花产量和品质的影响[J].安徽农业科学,2021,49(11):142-144.
- [19] 蒋强,刘子凡,王燕武,等.生物有机肥替代化肥对樱桃番茄产量、品质及土壤理化性质的影响[J].中国瓜菜,2023,36(10):71-77.
- [20] 郑剑超,李明,史芳芳,等.化肥减量配施有机肥和微生物肥对番茄光合特性和肥料利用率的影响[J].中国瓜菜,2024,37(2):74-79.