

# 化肥减量配施不同有机肥对辣椒 品质和产量的影响

魏敏, 朱惠霞, 张玉鑫, 陶兴林

(甘肃省农业科学院蔬菜研究所, 甘肃 兰州 730070)

**摘要:** 研究化肥减量配施生物有机肥、醇优佳等不同类型有机肥对辣椒产量和品质的影响, 为化肥减量措施对辣椒产量和品质提供理论依据。以辣椒品种陇椒 11 号为试验材料, 设置常规施肥 (N 439.50 kg/hm<sup>2</sup>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 298.50 kg/hm<sup>2</sup>、K<sub>2</sub>O 454.50 kg/hm<sup>2</sup>) 以及化肥减量增施不同用量有机肥及生物有机肥等 7 个处理, 测定辣椒品质和产量相关指标, 并通过主成分分析对不同施肥处理辣椒品质和产量的表现进行综合评价。结果表明, 不同施肥处理中, 常规化肥减量 30%+生物有机肥+米醋可溶性糖、维生素 C 含量最高, 分别较常规施肥处理增加 15.81%、46.86%, 产量提高 1.19%。化肥减量 30%+醇优佳+米醋处理中可溶性蛋白和辣椒素含量最高, 较常规施肥增加 23.43%和 6.67%。化肥减量 30%+生物有机肥+阿司匹林+红糖处理产量最高, 但其可溶性糖、可溶性蛋白均低于常规施肥。主成分分析表明, 化肥减量 30%+醇优佳+米醋处理综合得分最高。因此, 使用化肥减量 30%+醇优佳 150 kg/hm<sup>2</sup>+米醋 4.3 L/hm<sup>2</sup> 兑水 3 225 kg 可有效提高辣椒的产量和品质。

**关键词:** 辣椒; 化肥减量; 有机肥; 品质; 产量

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 2097-2172(2024)11-1060-06

doi: 10.3969/j.issn.2097-2172.2024.11.015

## Effects of Fertilizer Reduction Combined with Different Organic Fertilizers on the Quality and Yield of Chilli Peppers

WEI Min, ZHU Huixia, ZHANG Yuxin, TAO Xinglin

(Vegetable Research Institute, Gansu Academy of Agricultural Sciences, Lanzhou Gansu 730070, China)

**Abstract:** By comparing the effects of chemical fertilizer reduction and the application of bio-organic fertilizer and 'Chunyoujia' on the yield and quality of chilli peppers, it provides a theoretical basis for exploring the measures of chemical fertilizer reduction and improving the yield and quality of peppers. In this study, the pepper variety Longjiao 11 was used as the experimental material. Different treatments, including conventional fertilization (N 439.50 kg/ha, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 298.50 kg/ha, K<sub>2</sub>O 454.50 kg/ha), reduced fertilizer application in combination with various organic fertilizers and other seven treatments were applied. The quality and yield indexes of peppers were determined for each treatment, and the performance of pepper quality and yield of different fertilization treatments was comprehensively evaluated by principal component analysis (PCA). Results showed that the treatment of 30% reduction in conventional fertilization + bio-organic fertilizer + rice vinegar had the highest content of soluble sugar and vitamin C, which increased by 15.81% and 46.86%, respectively, as well as a yield increase of 1.19% as compared to the treatment of conventional fertilizer. Compared to the treatment of conventional fertilizer, the treatment of 30% reduction in conventional fertilization + 'Chunyoujia' + rice vinegar had the highest content of soluble protein and capsaicin, which increased by 23.43% and 6.67%, respectively compared with the conventional fertilization. There was the highest yield in the treatment of 30% reduction in conventional fertilization + bio-organic fertilizer + aspirin + brown sugar, but contents of soluble sugars and soluble proteins were lower than that of the treatment of conventional fertilizer. PCA indicated that the treatment of 30% reduction in conventional fertilization + 'Chunyoujia' + rice vinegar showed the greatest composite score. Therefore, the application of 30% reduction in conventional fertilization + 'Chunyoujia' at 150 kg/ha + rice vinegar at 4.3 L/ha diluted with 3 225 kg water can significantly improve the yield and quality of peppers.

**Key words:** Chilli pepper; Fertilizer reduction; Organic fertilizer; Quality; Yield

收稿日期: 2024-04-16; 修订日期: 2024-09-28

基金项目: 甘肃省科技厅技术创新引导计划项目(22CX8NA036); 甘肃省农业科学院重点研发计划(2023GAAS18)。

作者简介: 魏敏(1998—), 女, 陕西周至人, 研究实习员, 硕士, 研究方向为辣椒育种与栽培。Email: weimin104@163.com。

通信作者: 陶兴林(1977—), 男, 甘肃华池人, 研究员, 博士, 研究方向为辣椒育种与栽培。Email: taoxinglin77@126.com。

辣椒(*Capsicum annuum* L.)是重要的蔬菜作物和调味品,是我国种植面积最大的蔬菜之一<sup>[1]</sup>。近年来,由于蔬菜产业化和市场化不断扩大,化肥的投入越来越高。施用化肥可以显著提高辣椒的产量,但同时也会增加成本以及对环境造成影响。过度施用化肥导致土壤次生盐碱化严重,土壤板结,破坏土壤结构,严重危害农作物生长,影响蔬菜的产量和品质,进而阻碍蔬菜产业的发展<sup>[2]</sup>。因此,优化蔬菜化肥施用量对提高蔬菜生产和环境可持续性具有重要意义。目前,化肥减量增效技术主要包括减氮施肥、有机肥部分替代化肥、配施菌肥等<sup>[3]</sup>。有研究表明,减施40%氮肥,辣椒果实产量显著提高19.93%,更有利于促进辣椒果实中可溶性糖、还原糖、可溶性蛋白、维生素C含量的提高<sup>[4]</sup>。减少30%化肥使用并结合生物炭施用的处理中,辣椒的产量最高,2021年达15 027 kg/hm<sup>2</sup>,2022年可达18 393 kg/hm<sup>2</sup><sup>[5]</sup>。减施40%~50%化肥并配施沼液可以显著提高辣椒产量与可溶性糖、维生素C以及氨基酸含量<sup>[6]</sup>。

有机肥料被认为是可以代替化肥用于植物的另一种营养来源。除了营养成分外,通常含有生物活性分子,对植物生长和抗性有积极影响<sup>[7]</sup>。液体有机肥醇优佳富含小肽、多聚糖、维生素、作物促生物质等成分,具有促根、增产、抗盐、抗干旱、抗低温等功能。有机肥替代化肥已成为减少化肥使用量、提高土壤质量的一项重要技术<sup>[8-9]</sup>。同时,有机、化学和生物肥料的有效混合量和均衡施用,可以提高产量和品质。化肥与有机肥搭配使用效益更佳,对土壤健康和环境的危害较小<sup>[10]</sup>。因此,增施生物有机肥已成为一种减少化肥使用、提高蔬菜品质的技术措施。研究表明,每生产1 000 kg鲜辣椒需吸收N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O养分分别为4.10、1.59、6.06 kg<sup>[11]</sup>。阿司匹林中的乙酰水杨酸具有生根壮苗的作用,同时还有抗菌消

炎的作用。红糖含有氨基酸、糖分等植物生长所需的养分。米醋中含有氨基酸、糖分、碳水化合物、蛋白质、醋酸、维生素等成分,能调节和促进植物生长,提高叶片光合作用,促进营养物质转化,提高产量和品质。施肥过程中喷施米醋可以增强叶片光合作用,加速叶片生长,提高产量,并且对软腐病有较好的防治效果<sup>[12]</sup>。为了比较化肥减量配施生物有机肥、醇优佳等有机肥对辣椒产量和品质的影响,我们在辣椒生产所需养分的常规施肥基础上减施30%化肥,并配施生物有机肥、液体有机肥醇优佳及叶面肥等农艺措施,分析其对辣椒品质和产量的影响,旨在为探究化肥减量措施和提高辣椒产量和品质提供依据。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验区位于甘肃省白银市会宁县中川镇,属半干旱、半湿润气候过渡地带。该区海拔2 025 m,年降水量400~450 mm,无霜期130 d左右。供试土壤为黄绵土,耕层土壤含有机质13.55 g/kg、全氮1.13 g/kg、速效磷20.99 mg/kg、速效钾218.83 mg/kg, pH为8.09。

### 1.2 供试材料

供试辣椒品种为陇椒11号,由甘肃省农业科学院蔬菜研究所提供。供试肥料为硫酸钾型复合肥(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O为17-17-17)、硝酸钾型水溶肥料(N-P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-K<sub>2</sub>O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),液体有机肥醇优佳(N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O总含量80 g/L,有机质含量200 g/L),由中国农业大学废弃物资源肥料化利用团队提供。阿司匹林、红糖、米醋均购自市场。

### 1.3 试验方法

试验共设7个处理,各处理施肥配方和养分量见表1。试验采用随机区组排列,重复3次,小

表1 不同施肥处理的肥料配方及养分含量

处理	肥料配方	养分含量/(kg/hm <sup>2</sup> )				
		N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	生物有机肥	醇优佳
CK	常规施肥(100%化肥)	439.50	298.50	454.50	0	0
T1	常规施肥+阿司匹林+红糖	439.50	298.50	454.50	0	0
T2	常规施肥+米醋	439.50	298.50	454.50	0	0
T3	化肥减量30%+生物有机肥+阿司匹林+红糖	307.65	208.95	318.15	3000	0
T4	化肥减量30%+生物有机肥+米醋	307.65	208.95	318.15	3000	0
T5	化肥减量30%+醇优佳+阿司匹林+红糖	307.65	208.95	318.15	0	150
T6	化肥减量30%+醇优佳+米醋	307.65	208.95	318.15	0	150

区面积 4.5 m<sup>2</sup>。于 2023 年 5—10 月在甘肃省白银市会宁县中川镇蔬菜大棚进行, 株距 35 cm。各处理 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别基施 30%、75%、30%, 追肥 3 次, 待辣椒门椒挂果时第 1 次追肥, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别追施 20%、7%、20%; 辣椒盛果期进行第 2 次追肥, N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 分别追施 25%、9%、25%; 结果后期进行第 3 次追肥, 施肥量与第 2 次追肥相同。T3 处理和 T4 处理增施的生物有机肥作为基肥一次施用, T5 处理和 T6 处理增施的醇优佳作为追肥分 3 次施用, 分别于门椒挂果期、盛果期和结果后期分别追施 75.0、37.5、37.5 kg/hm<sup>2</sup>。T1、T3 和 T5 处理在辣椒移栽后, 取阿司匹林粉末 320 g/hm<sup>2</sup> 加红糖 10.68 kg/hm<sup>2</sup> 兑水 2 670 kg, 浇灌至辣椒根部。T2、T4 和 T6 处理在辣椒开花结果之前, 用米醋 4.3 L/hm<sup>2</sup> 兑水 3 225 kg 进行叶面喷施。各处理中耕除草、灌水、病虫害防治等田间管理一致。

#### 1.4 测定项目及方法

分别于辣椒结果盛期对各处理果实进行取样, 用于测定辣椒品质。采用考马斯亮蓝法测定可溶性蛋白含量; 使用蒽酮比色法测定可溶性糖含量; 采用固蓝盐 B 分光光度法测定维生素 C 含量; 取新鲜辣椒果实, 60 ℃ 烘干并去掉果柄和籽, 研磨后过 40 目筛后采用高效液相色谱法测定辣椒素含量<sup>[11]</sup>。在辣椒结果盛期, 对各处理的成熟辣椒分批采摘、称重, 统计单株产量和小区产量。

#### 1.5 数据分析

使用 Excel 2016 对试验数据进行整理和绘图, 使用 SPSS 25.0 进行单因素方差分析、Duncan's 多重比较 ( $P < 0.05$ ) 及主成分分析。

## 2 结果与分析

### 2.1 不同施肥处理对辣椒可溶性糖含量的影响

在不同施肥处理中, 辣椒果实可溶性糖含量 T4 处理最高, 为 5.99 mg/g, 较 CK 增加 15.81%; T2 处理最低, 为 3.37 mg/g, 较 CK 显著降低 34.84%; T4 处理较 T2 处理增加 77.73%。T5、T6 处理均较 T3、T4 处理可溶性糖含量下降, 其中 T5 处理较 T4 处理下降 40.91%, 较 T3 处理下降 18.33%, T6 处理较 T4 处理下降 28.37%, 较 T3 处理下降 0.99% (表 2)。T4 处理与 CK 差异不显著, 与其余处理差异显著; T1、T3、T6 处理与 T2、T5 处理差异显著, 与 CK 处理差异不显著。

### 2.2 不同施肥处理对辣椒可溶性蛋白含量的影响

在不同施肥处理中, 辣椒可溶性蛋白含量以 T6 处理最高, 为 2.70 mg/g, 较 CK 处理显著提高 23.43%; 其次是 T5 处理, 为 2.51 mg/g, 较 CK 显著提高 14.90%; T1 处理最低, 为 1.53 mg/g, 较 CK 处理显著降低 30.07%。与 CK 相比, T3 和 T4 处理可溶性蛋白含量显著降低, 降幅为 28.24% 和 24.41%。T4 处理较 T2 处理降低 15.72%, T5 处理较 T3 处理显著提高 60.12%, T6 处理较 T4 处理显著提高 63.29% (表 2)。T6、T5 处理间差异不显著, 与其余处理差异显著; T2 处理与 CK 差异不显著, 均与 T1、T3、T4 处理差异显著; T1、T3、T4 处理间差异不显著。

### 2.3 不同施肥处理对辣椒维生素 C 含量的影响

在不同施肥处理中, 辣椒维生素 C 含量以 T4 处理最高, 为 1 896.95 μg/g, 较 CK 显著提高 46.86%; T5、T6 处理较高, 分别为 1 645.43、1 776.49 μg/g, 分别较 CK 显著提高 27.39%、37.54%; T2 处理最低, 为 780.29 μg/g, 较 CK 显著降低 39.59%; T4

表 2 不同施肥处理下辣椒品质

处理	可溶性糖含量 /(mg/g)	可溶性蛋白含量 /(mg/g)	维生素 C 含量 /(ug/g)	辣椒素含量 /(mg/kg)
CK	5.17±0.27 ab	2.18±0.05 b	1291.65±0.58 c	85.97±0.08 b
T1	4.38±0.30 bc	1.53±0.05 c	1536.35±0.90 bc	82.60±0.18 c
T2	3.37±0.34 c	1.96±0.02 b	780.29±0.30 d	87.93±0.08 b
T3	4.33±0.35 bc	1.57±0.04 c	1619.68±0.20 abc	88.27±0.11 b
T4	5.99±0.40 a	1.65±0.06 c	1896.95±0.25 a	87.80±0.09 b
T5	3.54±0.40 c	2.51±0.01 a	1645.43±0.32 ab	85.30±0.12 bc
T6	4.29±0.60 bc	2.70±0.19 a	1776.49±0.50 ab	91.70±0.04 a

处理较 T2 处理显著增加 143.11%(表 2)。T4 处理与 T3、T5、T6 处理间差异不显著, 与 T1、T2 处理、CK 间差异显著。T3、T5、T6 处理与 T1 处理差异不显著, 与 T2 处理、CK 差异显著。

#### 2.4 不同施肥处理对辣椒素含量的影响

在不同施肥处理中, 辣椒素含量以 T6 处理最高, 为 91.70 mg/kg, 较 CK 显著提高 6.67%; T1 处理最低, 为 82.60 mg/kg, 较 CK 显著降低 3.92%。T3 处理较 T1 处理显著提高 6.86%, T6 处理较 T4 处理显著提高 4.44%(表 2)。T6 处理与其余处理差异显著。T2、T3、T4 处理、CK 间差异不显著, 均与 T5 处理差异不显著, 与 T1 差异显著; T1 处理和 T5 处理间差异不显著。

#### 2.5 不同施肥处理对辣椒产量的影响

在不同施肥处理中, 辣椒产量以 T3 处理最高, 为 58 223.65 kg/hm<sup>2</sup>, 较 CK 显著提高 1.79%; T1 处理最低, 为 54 470.55 kg/hm<sup>2</sup>, 较 CK 显著降低 4.77%; T3 处理较 T1 处理显著提高 6.89%。与 CK 相比, T4 处理显著提高 1.19%, T2 处理显著下降 4.05%, T4 处理较 T2 处理提高 5.45%(图 1)。T3 处理与其余处理差异显著; T4 处理与 T5、T6、T1、T2 处理、CK 差异显著。T5、T6 处理、CK 间差异不显著, 均与 T1、T2 处理差异显著。T1、T2 处理间差异显著。

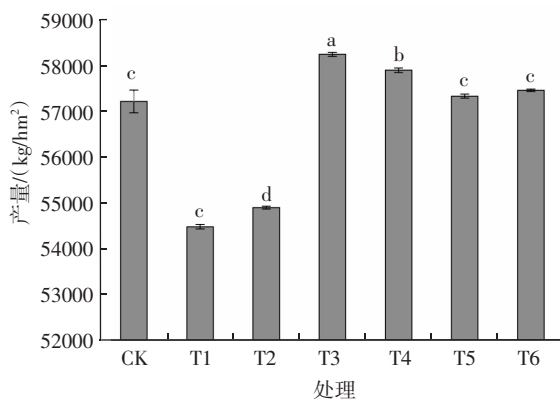


图 1 不同施肥处理下辣椒产量

#### 2.6 不同施肥处理辣椒品质和产量综合评价

不同施肥处理下辣椒品质和产量表现效果不同, 为了筛选出最佳的施肥处理, 对辣椒不同施肥处理下的品质和产量指标进行主成分分析, 分析结果(表 3)表明, 3 个主成分特征值分别为 2.22、1.57、0.61, 成分 1、成分 2 和成分 3 反映了辣椒品质和产量信息。其中, 第一主成分对应向量中

载荷较大的指标为维生素 C、产量、可溶性糖, 分别为 0.66、0.32、0.22。第二主成分对应向量中载荷较大的指标为辣椒素、产量和可溶性糖, 分别为 0.90、0.27、0.15。第三主成分对应向量中载荷较大的指标为可溶性蛋白、维生素 C 和产量, 分别为 0.78、0.26 和 0.02。根据因子 1、因子 2 和因子 3 得分求得各处理的综合得分并进行排名(表 4), 可以看出, T6 处理(化肥减量 30%+ 醇优佳+ 米醋)综合得分最高, 表明该处理对辣椒品质和产量的影响最大, 其次为 T4 处理(化肥减量 30%+ 生物有机肥+ 米醋)。

表 3 各因子载荷矩阵

指标	成分1	成分2	成分3
辣椒素	-0.26	0.90	-0.18
维生素C	0.66	-0.38	0.26
可溶性蛋白	0.19	-0.09	0.78
可溶性糖	0.22	0.15	-0.52
产量	0.32	0.27	0.02
特征值	2.22	1.57	0.61
贡献率/%	44.36	31.47	12.19
累积贡献率/%	44.36	75.83	88.02

表 4 各因子综合得分及排名

处理	因子1	因子2	因子3	综合得分	排名
CK	0.06	0.03	-0.21	0.01	5
T1	-0.24	-1.79	-0.51	-0.83	6
T2	-2.06	0.49	-0.06	-0.87	7
T3	0.19	0.60	-0.66	0.22	3
T4	1.10	0.36	-1.25	0.51	2
T5	0.51	-0.85	1.56	0.17	4
T6	0.44	1.16	1.13	0.79	1

### 3 讨论与结论

过量施用化肥会增加农业生态系统的养分负荷, 导致环境风险。减少化肥施用量有利于降低生产成本、提高作物农艺性状和改善土壤环境<sup>[13]</sup>。在化肥减量的同时, 也要维持产量和品质。辣椒生长发育对肥料的需求量较大, 氮、磷、钾施用量影响辣椒的品质与产量<sup>[14]</sup>。可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 和辣椒素是衡量辣椒品质的重要指标, 因此, 本研究在化肥减量 30%的基础上设置不同的施肥处理, 通过测定品质相关指标和产量, 明确适合辣椒化肥减量的施肥模式。本试验中通过化肥减施与增施生物有机肥和液体有机肥

醇优佳相互组合进行对比发现, 化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理可溶性糖含量、维生素 C 含量及产量显著提高, 可溶性糖含量和维生素 C 含量分别较常规施肥处理增加 15.81% 和 46.86%, 且产量提高 1.19%。可能是有机肥和米醋能提高植株叶片的光合作用, 增加了植株营养物质积累。可溶性糖是植物的光合产物, 是碳水化合物的主要形式, 在植物的代谢中起着重要的作用<sup>[15]</sup>。研究表明, 生物有机肥中的微生物在繁殖过程中能够产生代谢产物, 促进土壤中有机物的分解和转化, 进而为作物的生长发育提供更多的营养物质<sup>[16]</sup>。试验中化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理可溶性糖含量提高, 这可能是因为生物有机肥的施用为辣椒的生长发育提供了更多的营养物质, 同时喷施米醋能够提高辣椒叶片光合作用, 进而促进可溶性糖的合成。可溶性蛋白在植物生长中起着重要的作用, 是众多植物酶的重要组成部分, 可以反映植物的整体代谢情况<sup>[16]</sup>。本研究中, 化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 阿司匹林 + 红糖和化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理可溶性蛋白含量较常规施肥处理显著降低, 而化肥减量 30%+ 醇优佳 + 米醋和化肥减量 30%+ 醇优佳 + 阿司匹林 + 红糖处理可溶性蛋白含量显著提高 23.43% 和 14.90%, 表明使用醇优佳较生物有机肥更有利于可溶性蛋白的积累。

研究表明, 化肥减量 30%~50% 并配施木霉菌有机肥能维持辣椒产量, 并且各施肥处理辣椒果实中维生素 C 含量显著提高<sup>[17]</sup>。本试验中, 化肥减施 30% 处理中的维生素 C 含量均较常规施肥处理显著提高, 其中化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理中的维生素 C 含量最高, 表明化肥减施 30% 配施生物有机肥和米醋更有助于提升辣椒维生素 C 含量。此外, 研究表明可溶性糖与维生素 C 含量之间存在较强的相关性<sup>[18]</sup>。本研究中, 化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理中辣椒果实可溶性糖含量和维生素 C 含量均最高。

产量的保障是化肥减量增效行动的重要前提。石声琼等<sup>[19]</sup>的研究表明, 与常规施肥相比, 等养分有机肥适宜比例替代化肥可改善辣椒商品性状, 提高产量, 产量增加 67.05%。试验中化肥减量 30% 配施生物有机肥处理产量较常规施肥处理显著

提高, 而化肥减量 30% 配施醇优佳处理产量较常规施肥处理差异不显著, 表明施用醇优佳能够维持辣椒产量, 而施用生物有机肥能够显著提高辣椒产量。其中化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 阿司匹林 + 红糖和化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理均施用生物有机肥且施肥量相同, 化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 阿司匹林 + 红糖处理产量最高, 其次是化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理, 表明化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 阿司匹林 + 红糖增产效果较喷施米醋处理更加显著。此外, 试验中化肥减量 30%+ 醇优佳 + 米醋处理辣椒素含量最高, 较常规施肥处理增加 6.67%; 常规施肥 + 阿司匹林 + 红糖处理辣椒素含量较常规施肥处理显著降低; 而其他化肥减量 30% 处理与常规施肥处理相比辣椒素含量差异不明显。表明在化肥减量 30% 的基础上醇优佳和米醋搭配施用对于辣椒素含量影响最显著。其他类似的研究发现, 施用氨基酸水溶肥可以提高辣椒素和二氢辣椒素含量<sup>[20]</sup>。

主成分分析是一种将多个指标转化为少数综合指标的统计分析方法, 能够更有效地提取出有重要影响的因素, 目前在土壤肥力评价、种质资源抗寒性评价、辣椒果实品质评价等方面都有报道<sup>[21-24]</sup>。通过主成分分析方法, 可以了解主成分构成因子, 并对其进行综合评价, 进而筛选出最佳方案。冯慧敏等<sup>[23]</sup>利用主成分分析方法对土壤肥力进行综合评价, 筛选出土壤培肥效果最好的种养模式。李海峰等<sup>[25]</sup>通过主成分分析确定化肥减施 18% 为辣椒最适施肥量, 该水平施肥量对促进辣椒生长、增产提质效果最优。本研究采用主成分分析方法筛选出化肥减量 30%+ 醇优佳 + 米醋处理更有利于辣椒增产提质, 其次为化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理。化肥减量 30%+ 醇优佳 + 米醋处理与常规施肥处理相比, 产量无明显差异, 但品质显著提高, 而化肥减量 30%+ 生物有机肥 + 米醋处理虽产量显著提高, 但品质与常规施肥处理相比差异不明显。因此, 使用化肥减量 30%+ 醇优佳 150 kg/hm<sup>2</sup>+ 米醋 4.3 L/hm<sup>2</sup> 兑水 3 225 kg 可有效提高辣椒的产量和品质。后续可进一步筛选更多的有机肥兼顾品质的同时提高辣椒产量。

## 参考文献:

- [1] 邹学校, 朱 凡. 辣椒的起源、进化与栽培历史[J]. 园艺学报, 2022, 49(6): 1371–1381.
- [2] CHEN X, MA L, MA W, et al. What has caused the use of fertilizers to skyrocket in china?[J]. Nutrient Cycling in Agroecosystems, 2018, 110(2): 241–255.
- [3] 刘 文, 范培清, 孔庆霞, 等. 我国农田投入品减量增效技术研究进展[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(1): 13–16.
- [4] 张 帆, 崔云浩, 秦志翔, 等. 减氮和氮硅配施对辣椒产量、营养品质及养分吸收利用的影响[J]. 西北植物学报, 2023, 43 (9): 1518–1527.
- [5] ZHANG M, LIU Y, WEI Q, et al. Chemical fertilizer reduction combined with biochar application ameliorates the biological property and fertilizer utilization of pod pepper[J]. Agronomy, 2023, 13(6): 1616.
- [6] 吴兴洪, 朱 青, 陈正刚, 等. 酒糟沼液对辣椒化肥减量增效的应用[J]. 北方园艺, 2018(20): 105–112.
- [7] SOURI M K, SOORAKI F Y, MOGHADAMYAR M. Growth and quality of cucumber, tomato, and green bean under foliar and soil applications of an aminochelate fertilizer[J]. Horticulture, Environment, and Biotechnology, 2017, 58(6): 530–536.
- [8] YANG Q, ZHANG M. Effect of bio-organic fertilizers partially substituting chemical fertilizers on labile organic carbon and bacterial community of citrus orchard soils [J]. Plant and Soil, 2023, 483(1): 255–272.
- [9] 杨薇靖, 令 鹏, 潘晓春, 等. 化肥减量配施有机肥对党参地下生长量及品质的影响[J]. 寒旱农业科学, 2023, 2(1): 70–73.
- [10] GÜNEŞ A, KEÇE Y M, BEYZİ E. The effects of using organic and chemical fertilizers on yield and yield parameters in different pepper (*Capsicum annuum* L.) varieties[J]. Gesunde Pflanzen, 2023, 75(5): 1945–1952.
- [11] 史建硕, 郭 丽, 王丽英, 等. 优化配方施肥对华北地区露地辣椒产量、品质和养分吸收利用的影响[J]. 中国土壤与肥料, 2022, 1(2): 86–92.
- [12] 王会仙. 大白菜田间管理技术[J]. 河南农业, 2021, (25): 48.
- [13] GONG F, SUN Y J, WU T, et al. Effects of reducing nitrogen application and adding straw on N<sub>2</sub>O emission and soil nitrogen leaching of tomato in greenhouse[J]. Chemosphere, 2022, 301: 134549.
- [14] 王彦飞, 曹国璠. 不同施肥方式对辣椒产量和经济效益的影响研究[J]. 中国农学通报, 2010, 26(20): 234–237.
- [15] LING L, JIAFENG J, JIANGANG L, et al. Effects of cold plasma treatment on seed germination and seedling growth of soybean[J]. Scientific Reports, 2014(1): 5859.
- [16] 杨云高, 王树林, 刘 国, 等. 生物有机肥对烤烟产质量及土壤改良的影响[J]. 中国烟草科学, 2012, 33(4): 70–74.
- [17] 靳亚忠, 熊亚男, 孙 雪, 等. 化肥减施与木霉菌有机肥配施对辣椒产量、品质及根际土壤酶活性的影响[J]. 四川农业大学学报, 2021, 39(2): 198–204.
- [18] BERTIN N, GÉNARD M. Tomato quality as influenced by preharvest factors[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 233(1): 264–276.
- [19] 石声琼, 涂明梅, 梅映雪, 等. 等养分含量有机肥替代化肥对辣椒生产的影响[J]. 蔬菜, 2023(7): 39–42.
- [20] BAKPA P E. 氨基酸水溶肥对辣椒生长、生理和采后质量的影响[D]. 兰州: 甘肃农业大学, 2022.
- [21] 叶少萍, 李 钺, 张俊涛, 等. 基于主成分分析的古树土壤肥力综合评价[J]. 生态科学, 2022, 41 (1): 196–205.
- [22] 张晓婷, 庄 赞, 董嘉辉, 等. 荔枝种质资源抗寒性综合评价[J]. 果树学报, 2024, 41(3): 403–425.
- [23] 冯慧敏, 郭小丽, 肖远业, 等. 基于主成分分析不同种养模式下的土壤肥力评价[J]. 中国土壤与肥料, 2023(10): 1–10.
- [24] 王楠艺, 付文婷, 周 鹏, 等. 基于主成分分析的30个辣椒品种果实品质综合评价[J]. 中国瓜菜, 2024, 37(4): 46–55.
- [25] 李海峰, 刘国宏, 郭红梅, 等. 化肥减施对设施辣椒生长、产量和品质的影响[J]. 中国农学通报, 2023, 39(19): 33–38.