

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.202423.0031

水溶肥替代及减量对朝天椒产量、品质 and 土壤养分残留的影响

郭战玲, 毛家伟, 张香凝, 李丙奇, 李太魁, 张 硕

(河南省农业科学院植物营养与资源环境研究所 郑州 450002)

摘要: 为探究适于朝天椒生产的水溶肥最佳施用方式, 通过田间试验研究水溶肥替代常规化肥及减量对朝天椒产量、品质及土壤养分残留的影响, 共设置 7 个处理: CK(常规化肥)、T1(100%替代)、T2(T1 减量 20%, 100%替代)、T3(T1 减量 40%, 100%替代)、T4(50%替代)、T5(T4 减量 20%, 50%替代)、T6(T4 减量 40%, 50%替代)。结果表明, 与 CK 相比, T1 和 T4 处理产量分别提高 21.09% 和 26.92%, 品质提高; 减量 20% 条件下, T2 和 T5 处理产量分别提高 14.28% 和 15.23%, 品质提高; 减量 40% 条件下, T3 和 T6 处理产量分别提高 7.41% 和 4.29%, 品质提高, 土壤养分残留量降低。综合考虑朝天椒的产量、品质及环境效益, 水溶肥 50% 替代优于 100% 替代, 替代后减量 20%~40% 在生产上是可行的。T5 处理是生产上适宜推广的最佳施用方式。

关键词: 朝天椒; 水溶肥替代; 减量施肥; 产量; 品质

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2024)11-132-06

Effects of substitution and reduction of water soluble fertilizer on the yield, quality and soil nutrient residue of pod pepper

GUO Zhanling, MAO Jiawei, ZHANG Xiangning, LI Bingqi, LI Taikui, ZHANG Shuo

(Institute of Plant Nutrition, Agricultural Resources and Environmental Sciences, Henan Academy of Agricultural Sciences, Zhengzhou 450002, Henan, China)

Abstract: In order to explore the best application mode of water-soluble fertilizer suitable for the production of pod pepper, field experiments were conducted to study the effects of replacement and reduction of water-soluble fertilizer on the yield, quality and soil nutrient residues of pod pepper, and a total of 7 treatments were set, CK (conventional chemical fertilizer), T1 (100% substitution), T2 (T1 mass loss 20%, 100% substitution), T3 (T1 mass loss 40%, 100% substitution), T4 (50% substitution), T5 (T4 mass loss 20%, 50% substitution), T6 (T4 mass loss 40%, 50% substitution). The results showed that compared with CK, the yield of T1 and T4 treatments increased by 21.09% and 26.92%, respectively, and improved the quality. Under the condition of 20% nutrient reduction, the yield of T2 and T5 treatments increased by 14.28% and 15.23%, respectively, and improved the quality. Under the condition of 40% nutrient reduction, the yield of T3 and T6 treatments increased by 7.41% and 4.29%, respectively, and improved the quality, and the soil nutrient residue was reduced. Considering the yield, quality and environmental benefits of pod pepper, 50% substitution of water-soluble fertilizer is better than 100% substitution, and the reduction of 20%~40% after substitution is feasible in production. T5 treatment is the best application mode of water-soluble fertilizer for promotion in production.

Key words: Pod pepper; Water soluble fertilizer substitution; Reduced fertilization; Yield; Quality

河南是全国朝天椒生产大省, 栽培历史悠久, 常年种植面积 18.7 万 hm^2 左右, 主要分布在濮阳、安阳、商丘、漯河、许昌、南阳、周口、开封、洛阳等地, 以麦套朝天椒种植模式为主, 年产量 60 万 t, 也是

当地农民增产增收的主要支柱产业之一^[1-4]。由于朝天椒种植密度大、根系浅、不耐涝、不耐旱、需肥量大、水肥利用效率低, 导致生产上肥料投入量过大、灌溉频繁现象普遍存在, 不仅造成水资源和肥

收稿日期: 2023-01-28; 修回日期: 2024-09-02

基金项目: 河南省农业科学院基础性科研工作项目(2024JC13); 河南省农业科学院自主创新项目(2022ZC30); 郑州市重大科技创新专项(2020CXZX0085)

作者简介: 郭战玲, 女, 助理研究员, 主要从事辣椒机械直播技术研究。E-mail: zlguo_2012@163.com

通信作者: 毛家伟, 男, 副研究员, 主要从事水溶肥高效施用技术研究。E-mail: maojw1981@126.com

料的浪费,导致朝天椒产量和品质下降,还造成土壤酸化、农业面源污染、地下水硝酸盐含量超标等一系列环境问题^[5-7],严重制约朝天椒产业的健康可持续发展。随着生产上水肥一体化技术的应用和推广,水溶肥在提高水肥利用效率、减少劳动强度、防控农业面源污染等方面的作用日益突出^[8-11]。受传统栽培施肥习惯及灌溉方式的影响,研究者对常规复合肥在朝天椒上施用量、施用时期及施肥效果的关注较多^[12-15],而对水溶肥在朝天椒上替代复合肥的方式、用量及效果的研究较少^[16-17]。笔者以常规品种三樱八号为试验材料,在常规施肥基础上,研究水溶肥替代方式及减量对朝天椒产量、品质及土壤养分残留的影响,旨在为朝天椒高效生产过程中水溶肥的应用和推广提供科学依据。

1 材料与方 法

1.1 试验地概况

试验于2022年3—10月在河南省临颍县杜曲

镇金赵村进行。临颍县属温带季风气候,年平均气温14.5℃,全年无霜期226d左右,年降水量平均为720mm。试验区土壤类型为潮土,播前采集0~20cm土壤样品,测得理化性质为:pH值7.6,有机质含量(w,后同)17.8g·kg⁻¹,碱解氮含量66.0mg·kg⁻¹,速效磷含量11.6mg·kg⁻¹,速效钾含量101.0mg·kg⁻¹。试验田种植模式是小麦朝天椒套种。

1.2 材料

供试品种为朝天椒常规种三樱八号,由河南省奥农种业有限公司提供。供试肥料:常规复合肥(N-P₂O₅-K₂O:20-10-18,总养分含量≥48%),大量元素水溶肥(N-P₂O₅-K₂O:20-10-18,总养分含量≥48%),均为阿波罗农业科技集团有限公司产品。

1.3 试验设计

设置常规施肥量、减量20%、减量40%等3个施肥水平,采用全程(100%)和半程(50%)两种水溶肥替代方式,共6个处理,以农户常规施肥为对照

表1 试验设计

Table 1 Experimental design

编号 No.	处理 Treatment	总施肥量 Total fertilizer application/(kg·667 m ²)	
		复合肥 Compound fertilizer	水溶肥 Water-soluble fertilizer
CK	对照,常规复合肥100%。CK, 100% compound fertilizer.	50	0
T1	水溶肥,CK等养分。Water-soluble fertilizer, nutrients equal to CK.	0	50
T2	水溶肥,T1减量20%。Water-soluble fertilizer, 20% less than T1.	0	40
T3	水溶肥,T1减量40%。Water-soluble fertilizer, 40% less than T1.	0	30
T4	复合肥+水溶肥,CK等养分。Compound fertilizer + water-soluble fertilizer, nutrients equal to CK.	25	25
T5	复合肥+水溶肥,T4减量20%。Compound fertilizer + water-soluble fertilizer, 20% less than T4.	20	20
T6	复合肥+水溶肥,T4减量40%。Compound fertilizer + water-soluble fertilizer, 40% less than T4.	15	15

(CK)(见表1)。试验共7个处理,3次重复,21个小区,小区面积为6.0m×7.2m=43.2m²,随机区组排列。

朝天椒采用机械化直播栽培方式,于2022年3月15日在小麦种植预留行内进行大田统一播种,宽行距90cm,窄行距30cm,株距12cm,每667m²种植9200株,地膜和滴灌带铺设在窄行中。播种前结合整地,常规复合肥全部做底肥施入,水溶肥分别在苗期(6月15日)、坐果期(7月5日)、盛果期(8月1日)、果实膨大期(8月20日)分4次结合灌水施用。2022年9月26日收获。整个生育期间田间管理措施与当地传统管理措施保持一致。

1.4 样品采集与分析

1.4.1 土壤指标的测定 整地施肥前(3月13日),试验区分成2个采样单元,采用S形线路采集0~20cm土壤样品共10个点,混匀后采用四分法对角取2份混合后带回实验室风干用于测定土壤基础理化指标。收获后(9月27日),每个小区采用S形线路采集0~20cm土壤样品共5个点,混匀后带回实验室风干,用于测定土壤养分含量。

采用酸度计法测定酸碱度,采用碱解扩散法测定碱解氮含量,采用碳酸氢钠浸提-钼锑抗比色法测定速效磷含量,采用乙酸铵浸提-火焰光度法测定速效钾含量^[18]。

1.4.2 植株指标的测定 收获期,每个小区采集5株朝天椒植株样品,用于农艺性状调查(株高、分枝数、茎粗、果长、果茎等)。每个小区采收3 m²的朝天椒果实并风干,用于产量、百果质量及品质指标(可溶性蛋白、可溶性糖、维生素C含量)的测定。

株高用直尺测定从地面到顶端生长点的高度;分枝数为结有效果实的枝数;茎粗用游标卡尺(PD-151)测量地上部2 cm处的茎秆粗度;果长用直尺测定去除果蒂后的果实长度;果径是用游标卡尺测定果实中间部位的直径。用电子秤测定产量、百果质量^[19];采用考马斯亮蓝G-250法测定可溶性蛋白质含量^[20],采用蒽酮比色法测定可溶性糖含量^[21],采用钼蓝比色法测定维生素C含量^[22]。

1.5 数据分析

采用Microsoft Excel 2010和DPS 9.01软件对试验数据进行统计分析,采用Duncan氏新复极差

法进行方差分析。

2 结果与分析

2.1 水溶肥替代及减量对朝天椒农艺性状的影响

由表2可知,与常规施肥相比,水溶肥替代及减量处理降低了朝天椒的株高,CK与T3、T6处理差异显著,与其他处理差异不显著;水溶肥替代及减量处理促进了分枝,CK与T4处理差异显著,与其他处理差异不显著;水溶肥替代及减量处理增加了植株的茎粗,CK与T2、T3处理差异显著,与其他处理差异不显著;除T6处理外,水溶肥替代及减量处理增加了朝天椒果长,CK与其他处理差异不显著;水溶肥替代及减量处理增加了果径,CK与T6处理差异不显著,与其他处理差异显著。由此可见,水溶肥替代及减量可以改善朝天椒株高、分枝数、茎粗,进而提高植株的抗倒性,增强抗逆能力。

表2 水溶肥替代方式对朝天椒农艺性状的影响

Table 2 Effect of water-soluble fertilizer substitution on agronomic traits of pod pepper

处理 Treatment	株高 Plant height/cm	分枝数 Branches number	茎粗 Stem diameter/mm	果长 Fruit length/mm	果径 Fruit diameter/mm
CK	82.80±4.81 a	6.00±0.70 b	10.10±0.14 c	55.87±1.47 ab	11.09±1.19 b
T1	81.98±5.76 ab	6.40±1.14 b	10.75±0.51 bc	59.98±1.89 a	13.33±1.56 a
T2	78.92±2.19 abc	8.40±1.94 ab	12.06±1.01 a	57.47±2.79 ab	12.88±1.26 a
T3	73.25±9.42 c	6.40±0.54 b	11.44±1.40 ab	57.34±1.18 ab	12.69±1.03 a
T4	81.68±3.37 ab	9.40±2.51 a	10.41±0.69 bc	59.72±2.30 a	13.46±0.71 a
T5	76.20±3.03 abc	7.00±0.71 b	11.14±1.11 abc	56.83±5.31 ab	12.74±1.30 a
T6	75.40±2.19 bc	6.80±1.64 b	10.81±0.88 abc	55.48±2.77 b	12.35±0.50 ab

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间在0.05水平差异显著。下同。

Note: Different small letters in the same column indicate significant difference among different treatment at 0.05 level. The same below.

2.2 水溶肥替代及减量对朝天椒产量的影响

由表3可知,与常规施肥相比,水溶肥替代及减量处理均可增加单株果数、百果质量,提高产量,增产率在4.29%~26.92%。等养分替代条件下,T1和T4处理分别增产21.09%和26.92%,两者产量差

异不显著;养分减量20%替代条件下,T2和T5处理分别增产14.28%和15.23%,两者产量差异不显著;养分减量40%替代条件下,T3和T6处理分别增产7.41%和4.29%,两者产量差异不显著。综合来看,水溶肥替代可提高朝天椒产量20%以上,替

表3 水溶肥替代方式对朝天椒产量的影响

Table 3 Effects of water-soluble fertilizer substitution on the yield of pod pepper

处理 Treatment	单株果数 Fruit number of single plant	百果质量 100 fruits mass/g	产量 Yield/(kg·667 m ²)	增产率 Yield increase/%
CK	70.00±2.00 c	69.30±2.79 c	284.50±13.14 d	
T1	77.66±4.16 a	75.31±0.66 a	344.51±9.89 ab	21.09
T2	74.66±2.31 abc	74.82±1.40 a	325.13±20.08 bc	14.28
T3	73.66±3.12 abc	71.35±2.12 bc	305.58±9.83 cd	7.41
T4	78.66±2.31 a	76.85±1.08 a	361.09±6.16 a	26.92
T5	75.66±2.15 ab	73.78±1.15 ab	327.82±13.14 bc	15.23
T6	72.00±1.73 bc	70.68±2.05 bc	296.71±10.40 d	4.29

代减量 20%可提高产量 14%以上,替代减量 40%可提高产量 4%以上,T1、T2、T5 处理的产量差异不显著,T2、T3、T5 处理的产量差异不显著,CK、T3、T6 处理的产量差异不显著,所以,水溶肥替代可提高朝天椒产量,替代减量 20%~40%,可实现减肥增效的目的。考虑产量及肥料投入成本,水溶肥 50%替代比 100%替代更节本增效。

2.3 水溶肥替代及减量对朝天椒品质的影响

由表 4 可知,与 CK 处理相比,水溶肥替代及减量处理可溶性糖含量提高了 0.25%~29.51%,T2>T1>T4>T3>T6>T5>CK,T2 与其他处理差异显著,T1、T3、T4 处理间差异不显著,CK、T5、T6 处理间差异不显著;水溶肥替代及减量处理可溶性蛋白含量提高了 4.63%~15.28%,T2>T3>T1>T6>T5>T4>CK,T2、T3 处理间差异不显著,T1、T6、T5、T4 处理间差异不显著;水溶肥替代及减量处理维生素 C 含量提高了 3.52%~19.06%,T3>T2>T6>T5>T4>T1>CK,T3、T2 处理间差异不显著,T2、T6 处理间差异不显著,T5、T4、T1 处理间差异不显著,T4、T1、CK 处理间差异不显著。可见,水溶肥替代及减量施用均能提高辣椒可溶性糖、可溶性蛋白、维生素 C 含量,改善朝天椒的品质;减量替代条件下,水溶肥 100%替代优于 50%替代。

表 4 水溶肥替代方式对朝天椒品质的影响
Table 4 Effects of water-soluble fertilizer substitution on the quality of pod pepper

处理 Treatment	w(可溶性糖) Soluble sugar content	w(可溶性蛋白) Soluble protein content	w(维生素 C) Vitamin C content
CK	71.02±3.48 c	27.02±0.08 c	3.41±0.10 d
T1	86.90±1.03 b	29.19±0.14 b	3.53±0.05 cd
T2	91.98±1.10 a	31.15±0.58 a	3.99±0.10 ab
T3	85.25±0.11 b	30.43±1.25 a	4.06±0.07 a
T4	85.83±0.15 b	28.27±0.25 b	3.56±0.12 cd
T5	71.20±0.07 c	28.37±0.24 b	3.66±0.01 c
T6	73.58±0.50 c	28.86±0.06 b	3.90±0.08 b

2.4 水溶肥施肥方式对土壤养分残留的影响

由表 5 可知,与 CK 处理相比,水溶肥替代及减量施用对土壤碱解氮、速效磷、速效钾等养分残留量有较大影响,其中碱解氮含量下降了-4.78%~37.45%,T4>T1>CK>T2>T3>T5>T6,CK 与 T1、T2、T3、T4 处理差异不显著,与 T5、T6 处理差异显著。速效磷残留量下降了 11.27%~43.17%,CK>T1>T4>

T2>T5>T6>T3,CK 与 T1 处理差异不显著,但与其他处理差异显著;T1 与 T2 处理差异不显著,但与 T3 差异显著;T4 与 T5 处理差异不显著,但与 T6 处理差异显著。速效钾残留量下降 0.03%~21.24%,CK>T1>T2>T4>T3>T5>T6,CK 与 T1、T2 处理差异不显著,但均与其他处理差异显著;T3 与 T4 处理差异显著;T4 与 T5、T6 处理差异显著,T5 与 T6 处理差异不显著。所以,水溶肥替代能使收获期土壤碱解氮残留量升高,速效磷、速效钾残留量降低。替代后减量能有效降低收获期土壤碱解氮、速效磷、速效钾残留量。

表 5 水溶肥替代方式对土壤养分残留的影响
Table 5 Effects of water-soluble fertilizer substitution on soil nutrient residues

处理 Treatment	w(碱解氮) Alkaline hydrolysable nitrogen content	w(速效磷) Available phosphorus content	w(速效钾) Rapidly available potassium content
CK	64.00±1.47 ab	14.20±1.21 a	94.00±1.08 a
T1	65.90±1.21 a	12.60±1.30 ab	93.97±0.60 a
T2	63.98±2.02 ab	11.43±0.29 b	93.03±1.40 a
T3	62.06±1.27 b	8.07±0.68 c	82.07±1.96 c
T4	67.06±2.26 a	11.83±1.29 b	86.07±0.81 b
T5	58.06±1.95 c	11.40±0.90 b	75.03±1.11 d
T6	40.03±0.90 d	9.23±0.51 c	74.03±1.30 d

3 讨论与结论

肥料既是作物高产优质的物质基础,又是潜在的环境污染因子,不合理施肥就会污染环境。施肥既要考虑各种养分的资源特征,又要考虑多种养分的综合管理、养分供应和需求以及施肥与其他技术的结合^[23]。水溶肥随灌溉水施入,施肥均匀度一般为 80%~90%,并可根据作物不同生长时期对养分的需求特性进行精准施肥,提高肥料利用率,施用方便、安全且节省劳动力^[10]。李丹等^[24]以常规施肥为对照,在化学肥料中总养分折纯量减少 20%的条件下,采用水肥一体化技术,比较 3 种水溶肥料在设施辣椒上的应用效果,均可不同程度地提高辣椒产量和品质。沈建国等^[25]以常规施肥为对照,连续 2 a 在化肥总养分减少 30%的条件下,减量施肥的 2 种水肥一体化模式均可促进春大棚辣椒的生长,有效提高产量、经济效益和品质,其中半程水肥一体化模式明显优于全程水肥一体化模式。陈芬等^[26]研

究表明,减磷配施有机肥有利于辣椒的正常生长发育,使辣椒生育后期叶绿素含量维持在较高水平,进而促进光合效率的提高和光合产物的积累,最终提高辣椒产量和品质,其中减磷 20%配施有机肥是促进辣椒增产提质的适宜施肥比例。雷菲等^[27]采用膜下微喷减肥模式,能提高辣椒的产量和水肥利用效率。郭继潮^[28]在田间管理条件相同的情况下,施用大量元素水溶肥的处理较当地习惯施肥增产 10.9%,增产效果显著。罗建等^[29]研究表明,辣椒结果期短期低氮处理能够在保证植株生长和产量的基础上提高果实品质。本研究中以常规施肥为对照,水溶肥替代及减量 20%~40%后,朝天椒株高降低,分枝数和茎粗增加,增强了植株抗倒伏能力;产量提高 4.29%~26.92%,效果显著;朝天椒果实维生素 C、可溶性糖及可溶性蛋白含量均得到不同程度提高。

水溶肥直接施入根区,缩小了肥料与土壤的接触面积,削弱了土壤对肥料的固定能力,有利于根系对养分的吸收,其中氮肥在土壤中移动性大,可以随水移动到耕层的各个部位,当季利用率与常规施肥相比显著提高^[30]。在本研究中采用水溶肥替代,在充足氮素供应条件下,产量增加,土壤碱解氮残留量增加,氮素保持在耕层中,减少了流失量;水溶肥替代后减量 20%~40%,在有限氮素供应条件下,50%替代土壤碱解氮残留量相对较低,可能与根系吸收量增加有关,降低了氮素淋失的风险。磷素易被土壤固定,滴灌施肥养分主要集中分布在 10 cm 以内的土层,移动距离相对较小^[31]。在本研究中,与常规施肥相比,水溶肥替代及减量土壤速效磷的残留量降低,50%和 100%替代差异不显著,但磷肥移动性差,不能与朝天椒的根系分布深度一致,会影响朝天椒对磷素营养的吸收,所以生产上建议磷肥部分做基肥深施。钾在土壤剖面的垂直移动距离在 30 cm 以内,移动性相对较差^[32]。在本研究中,水溶肥替代及减量后土壤速效钾的残留量降低,50%替代比 100%替代土壤速效钾残留量低,减少了资源浪费和流失的风险。由于朝天椒是露地生产,生长期的 7—9 月恰逢河南的雨季,近年来极端降雨频发^[33],在一定程度上会影响水溶肥的施入效果,进而影响养分的可持续供应,结合氮、磷、钾养分在土壤中的移动特征及收获后土壤养分残留量,水溶肥 50%替代模式比 100%替代模式更符合

生产实际需求。

综上所述,与常规施肥相比,水溶肥替代常规化肥及减量能明显提高朝天椒的产量、改善果实品质、降低土壤养分残留,增加经济效益;50%替代优于 100%替代;替代后减量 20%~40%在生产上是可行的;综合考虑朝天椒的产量、品质、肥料投入成本及可持续生产对养分的需求,T5 处理在总养分减量 20%条件下,水溶肥 50%替代,产量增加了 15.23%,维生素 C、可溶性蛋白含量等品质指标提高,收获期土壤速效养分残留量降低,减小了土壤环境负荷,实现了减肥增效、绿色可持续发展,是生产上适宜推广的最佳模式。

参考文献

- [1] 介元芬,夏亚真,李胜利. 探析河南辣椒产业高质量发展之路[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(11): 106-110.
- [2] 张涛,韩娅楠,张强,等. 河南省朝天椒产业现状及发展对策[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(1): 65-68.
- [3] 苏鹤. 河南省辣椒产销情况及建议[J]. 河南农业, 2018(13): 10-11.
- [4] 李文跃,李胜利,王偲飞,等. 河南省小麦套种朝天椒机播机收栽培技术[J]. 中国蔬菜, 2023(10): 124-126.
- [5] 张学生,袁建勇. 临颖小辣椒高产优质种植技术要点[J]. 现代农村科技, 2018(2): 28.
- [6] 刘钦普,濮励杰,孙景荣. 基于阈值模型的河南省化肥施用生态经济合理性及减量潜力[J]. 生态学杂志, 2019, 38(12): 3878-3886.
- [7] 刘钦普. 中国化肥施用强度及环境安全阈值时空变化[J]. 农业工程学报, 2017, 33(6): 214-221.
- [8] 郭战玲,张超泉,李太魁,等. 麦套朝天椒省工减肥高效栽培技术[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(8): 92-94.
- [9] 赵文戈,肖世盛. 露地红辣椒减肥减药栽培技术[J]. 中国蔬菜, 2020(11): 111-112.
- [10] 陈清,陈宏坤. 水溶性肥料生产与施用[M]. 北京: 中国农业出版社, 2020.
- [11] 郭战玲,毛家伟,李丙奇,等. 麦套朝天椒膜下滴灌水肥一体化管理技术[J]. 中国瓜菜, 2022, 35(2): 118-121.
- [12] 聂金,谭芷,王军伟,等. 氮磷钾配施对辣椒产量、品质的影响[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(10): 80-87.
- [13] 李丙奇,郭战玲,毛家伟,等. 麦套直播模式下不同施肥处理对朝天椒产量及经济效益的影响[J]. 农业科技通讯, 2022(6): 166-169.
- [14] 陈襄礼,王红军,李伟华,等. 豫东潮土朝天椒高产栽培氮磷钾肥料效应及施肥量[J]. 陕西农业科学, 2017, 63(9): 49-52.
- [15] 陈淼,邓晓,李玮,等. 不同施肥处理对辣椒产量、品质及氮肥利用率的影响[J]. 江苏农业科学, 2019, 47(4): 104-107.
- [16] 张振坤,王进文. 不同新型功能性肥料在朝天椒上的施用效果试验[J]. 农业科技通讯, 2022(11): 101-103.

- [17] 杜加银,胡兆平,李新柱,等.水溶肥添加微量元素和增效剂对朝天椒生长及产量的影响[J].山东农业科学,2014,46(9):89-91.
- [18] 鲍士旦.土壤农化分析[M].北京:中国农业出版社,2005.
- [19] 湛智鑫,赵尊练,周倩,等.不同储藏条件对干辣椒品质的影响[J].农业工程学报,2011,27(9):381-386.
- [20] 李玲.植物生理学模块实验指导[M].北京:科学出版社,2019.
- [21] 赵世杰,苍晶.植物生理学实验指导[M].北京:中国农业科学技术出版社,2015.
- [22] 孙群,胡景江.植物生理学研究技术[M].陕西杨凌:西北农林科技大学出版社,2006.
- [23] 曲明山,赵英杰,李婷.科学施肥科普知识一本通[M].北京:中国农业科学技术出版社,2023.
- [24] 李丹,王京文,王忠,等.基于不同水溶肥的水肥一体化技术对设施辣椒产量及品质的影响[J].浙江农业科学,2019,60(9):1576-1578.
- [25] 沈建国,王忠,李丹,等.减量施肥后不同水肥一体化模式对春大棚辣椒产量和效益的影响[J].中国蔬菜,2020(1):63-67.
- [26] 陈芬,余高,陈容,等.减磷配施有机肥对辣椒生长及光合荧光特性的影响[J].西北农林科技大学学报(自然科学版),2021,49(7):114-125.
- [27] 雷菲,潘孝忠,张治军,等.灌溉施肥模式对海南辣椒产量和化肥利用的影响[J].灌溉排水学报,2022,41(4):20-29.
- [28] 郭继潮.大量元素水溶肥在辣椒上施用肥效试验[J].农村科技,2018(11):28-29.
- [29] 罗建,张国斌,魏建业,等.结果期短期低氮处理对辣椒植株生长、产量及果实品质的影响[J].中国土壤与肥料,2020(5):26-33.
- [30] 付明鑫,王广友,鲍明运,等.氮磷钾在滴灌棉田土壤中的移动性研究[J].新疆农业科学,2005,42(6):426-429.
- [31] 黄玉芬,姜益娟,郑德明,等.新疆棉田膜下滴灌条件下土壤速效磷空间分布规律研究[J].土壤通报,2009,40(5):1115-1118.
- [32] 姜益娟,郑德明,柳维杨,等.膜下滴灌棉田土壤磷钾养分空间分布特征[J].塔里木大学学报,2007,19(3):1-5.
- [33] 陈融旭,韩冰,张展硕,等.“7.20”暴雨对黄河干流河南段水文水质影响及应对措施分析[J].中国农村水利水电,2022(11):159-164.