

许 艺,陈 鑫,巩雪峰,等. 基施微生物菌肥和不同水肥一体化施肥模式对避雨栽培辣椒产量品质和养分吸收的影响[J]. 江苏农业科学, 2023,51(18):122-128.

doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.018

基施微生物菌肥和不同水肥一体化施肥模式对避雨栽培辣椒产量品质和养分吸收的影响

许 艺^{1,2}, 陈 鑫¹, 巩雪峰^{1,2}, 李 红^{1,2}, 宋占锋^{1,2}

(1. 四川省农业科学院园艺研究所/蔬菜种质与品种创新四川省重点实验室, 四川成都 610066;

2. 农业农村部西南地区园艺作物生物学与种质创制重点实验室, 四川成都 610066)

摘要:为了探索四川盆地加工辣椒越夏避雨栽培高效施肥方案,以不施肥为对照(T1),研究了半程水肥一体化施肥模式(T2)、半程水肥一体化施肥模式+基肥增施微生物菌肥(T3)、全程水肥一体化施肥模式(T4)、全程水肥一体化施肥模式+基肥增施微生物菌肥(T5)对辣椒生长发育、产量品质、干物质积累以及养分吸收和肥料利用率的影响。研究表明,全程水肥一体化施肥模式+基肥增施微生物菌肥(T5)的处理,在化肥总量较半程水肥一体化施肥模式(T2和T3处理)减少16.5%的情况下,仍可促进辣椒植株株高和茎粗生长,增加辣椒果实产量,提高加工红辣椒果实维生素C含量、辣椒素含量、色价等重要品质指标,促进果实及植株干物质积累和N、P₂O₅、K₂O养分吸收,提高氮、磷、钾肥利用率,可作为四川盆地加工辣椒越夏避雨栽培高效、优质、优产施肥方案。

关键词:辣椒;越夏避雨栽培;微生物菌肥;水肥一体化施肥模式;产量

中图分类号:S641.306

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2023)18-0122-06

辣椒是世界范围内重要的经济蔬菜和加工调料,四川省是我国重要的辣椒种植大省和消费大省,辣椒产业在促进当地农民增收和农业增效中发挥了重要作用。四川盆地是四川加工辣椒的主产区,以夏季露地栽培为主,每年3月中下旬开始定植,7月开始陆续采收,但7—9月正值四川盆地集中降雨期,高温高湿,导致辣椒疫病、炭疽病等病害高发,采收期缩短,产量品质下降,给四川盆地加工辣椒生产带来严峻考验。避雨栽培配套水肥一体化施肥技术在有效避免雨水对作物影响的同时,可改善土壤理化性质,提高水肥利用率,充分发挥作物生长潜能,提质增产,在葡萄、猕猴桃、梨、番茄等果蔬上已大量应用,效果显著^[1-12]。目前,关于辣椒避雨栽培技术,周书栋等就不同地区做了简单介

绍^[13-15],但水肥管理只是简单描述,未做单独深入探讨;沈建国等研究了半程、全程水肥一体化施肥模式对辣椒产量和效益的影响^[16],但研究地点为江南地区,研究对象为早春大棚栽培;针对四川盆地加工红辣椒越夏避雨栽培配套水肥一体化高效生产技术的研究尚不多见。

笔者前期试验已证明,与露地常规栽培相比,四川盆地避雨栽培配套水肥一体化施肥技术总施肥量即使较常规施肥量减少30%,其植株生长发育及果实产量、采收期、果实品质、病害发生率等均表现出绝对优势^[17],说明该栽培模式对四川盆地加工辣椒越夏生产具有较好的推广应用前景,为进一步优化该模式管理水平,落实推广应用方案,需对其最佳施肥模式进行深入探讨。本试验主要从微生物菌肥和不同水肥一体化施肥模式2个角度出发,研究不同施肥方案对辣椒生长发育、产量品质、养分吸收和肥料利用率的影响,以期为四川盆地加工辣椒越夏避雨栽培技术的推广应用提供技术支撑。

1 材料与方法

1.1 供试材料

试验地点为成都市新都区四川省农业科学院现代农业科技创新示范园内(104.21°E,30.77°N),

收稿日期:2022-12-26

基金项目:四川省“十四五”蔬菜育种攻关项目(编号:2021YFYZ0022);

四川省科技计划项目(青年科技创新研究团队)(编号:2021JDTD0006);四川省财政自主创新项目(编号:2022ZZCX045)。

作者简介:许 艺(1990—),女,四川会理人,硕士,助理研究员,主要从事辣椒新品种选育及栽培技术研究。E-mail:763553664@qq.com。

通信作者:宋占锋,研究员,主要从事辣椒遗传育种研究。E-mail:289544274@qq.com。

试验地块地势平坦,土壤质地为壤土,于施基肥前测定 0 ~ 20 cm 土层土壤养分基本情况,pH 值为 7.54,有机质含量为 16.6 g/kg,全氮含量为 1.10 g/kg,碱解氮含量为 82 mg/kg,有效磷含量为 26.5 mg/kg,速效钾含量为 81 mg/kg。试验设施为钢架避雨棚,长 48 m、宽 8 m,棚膜为塑料薄膜。

供试辣椒品种为川腾 6 号,是四川省农业科学院园艺研究所自主选育的辣椒新品种,于 2021 年 4 月 7 日定植,2021 年 7 月 12 日开始采收红椒,2021 年 10 月 6 日拉秧。供试肥料有尿素、复合肥(N、P₂O₅、K₂O 含量均为 15%)、微生物菌肥(3.0 × 10⁸ CFU/g 有效活菌数,70% 有机质,菌种名称为枯草芽孢杆菌、解淀粉芽孢杆菌)、高氮水溶肥(含 N

30%、P₂O₅ 10%、K₂O 10%、TE,TE 包含微量元素 Ga、Mg、Zn、Fe,总含量为 0.2% ~ 3.0%)、高钾水溶肥(含 N 10%、P₂O₅ 5%、K₂O 35%、TE,TE 包含微量元素 Ga、Mg、Zn、Fe,总含量为 0.2% ~ 3.0%)。

1.2 试验设计

设 5 个处理,每个处理重复 3 次,共 15 个小区,每个小区种植 2 垄,垄宽 70 cm,沟宽 60 cm,每垄种植辣椒 2 行,株距 40 cm,小区面积为 19.24 m²(7.4 m × 2.6 m)。T1:不施肥;T2:半程水肥一体化施肥;T3:半程水肥一体化施肥 + 基施微生物菌肥;T4:全程水肥一体化施肥;T5:全程水肥一体化施肥 + 基施微生物菌肥。各处理肥料运筹方案详见表 1。

表 1 各试验处理肥料运筹方案

| 处理 | 施肥量(kg/hm ²) | | | | 基肥 | 追肥 次数 | 追施方案 |
|----|--------------------------|-------|-------------------------------|------------------|--|----------|--|
| | 总和 | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | | | |
| T1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 不追肥,其他农事操作正常 |
| T2 | 530.1 | 206.1 | 110.25 | 213.75 | 复合肥 450 kg/hm ² | 6 | 1. 提苗肥(移栽后 7 d 左右):尿素 60 kg/hm ² ;2. 现蕾期:高氮水溶肥 60 kg/hm ² + 高钾水溶肥 30 kg/hm ² ;3. 果实膨大期:高氮水溶肥 60 kg/hm ² + 高钾水溶肥 90 kg/hm ² ;4. 果实采收期(预计采收 4 次,追肥 3 次):每次高氮水溶肥 45 kg/hm ² + 高钾水溶肥 75 kg/hm ² ;采收 1 次追 1 次 |
| T3 | 530.1 | 206.1 | 110.25 | 213.75 | 复合肥 450 kg/hm ² ; 微生物菌肥 2 250 kg/hm ² | 6 | 同 T2 |
| T4 | 442.5 | 175.5 | 66.00 | 201.00 | 0 | 10 | 1. 苗期 2 次:第 1 次(移栽后 7 d 左右)施高氮水溶肥 45 kg/hm ² ;间隔 15 d 后施高氮水溶肥 60 kg/hm ² ;2. 现蕾期:高氮水溶肥 60 kg/hm ² + 高钾水溶肥 30 kg/hm ² ;3. 果实膨大期—采收前:共施肥 4 次,每次间隔 12 ~ 13 d,每次施高氮水溶肥 45 kg/hm ² + 高钾水溶肥 60 kg/hm ² ;4. 果实采收期(施肥 3 次):采收 1 次施 1 次,每次高氮水溶肥 30 kg/hm ² + 高钾水溶肥 60 kg/hm ² |
| T5 | 442.5 | 175.5 | 66.00 | 201.00 | 微生物菌肥 2 250 kg/hm ² | 10 | 同 T4 |

1.3 测定项目

株高、茎粗:于定植后 13 d 开始,每个小区选择代表性植株 6 株,每隔 2 周左右定点动态测定植株株高;定植 70 d 后,各处理植株株高和茎粗趋于稳定,测量各小区代表性植株茎粗。

叶绿素含量:在采果后期,每个处理选取 3 株植株,每株植株选取具有代表性的新成熟叶片 4 张,除去叶脉,将剩余部分剪碎后均匀称取 0.5 g 左右放入离心管,加入 5 mL 甲醇,于暗柜中静置 48 h 以上,待完全浸提后,取提取液 200 μL 加入 96 孔酶标板用分光光度法进行检测。

产量:在辣椒红椒成熟期,各小区分批采收计产,最后汇总。

品质:在盛果期,采收各小区长势均匀的辣椒果实 10 个,测定其品质,主要包括:总糖含量、维生素 C 含量、可溶性固形物含量、辣椒素含量、色价。

干物质积累量、养分吸收及肥料利用率:由于辣椒果实分批采收,本试验中辣椒果实相关数据仅在盛果期取样测定:在盛果期,每个小区选取代表性果实 20 个,带回实验室称鲜质量,杀青烘干后称干质量,计算干物质占比,然后粉碎测定辣椒果实全氮、全磷和全钾含量。待整个采收期结束,再利用盛果期辣椒果实所测数据估算全生育期辣椒果实干物质含量及养分吸收量。辣椒植株相关数据在收获末期(去残留果)采样测定:每个小区选取代表性植株 3 株,干物质积累量及养分吸收量计算方

法同辣椒果实。随后计算各处理氮、磷、钾肥料利用率。

氮肥利用率 = (施氮处理氮素吸收量 - 不施氮处理氮素吸收量) / 施氮量 × 100%。

磷肥和钾肥利用率计算方式同氮肥利用率。

1.4 数据分析

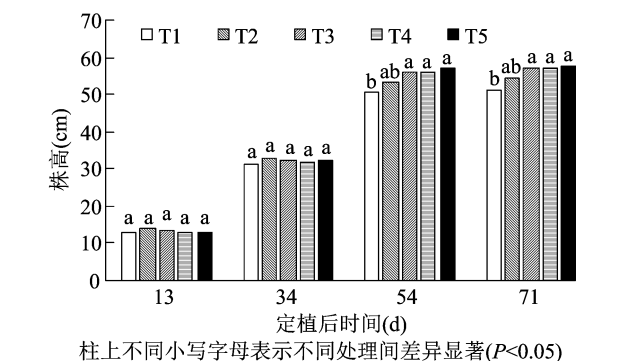
采用 Excel 2019 和 IBM SPSS Statistics 23 对试验数据进行处理和分析,多重比较采用 Duncan’s 法进行显著性测验。

2 结果与分析

2.1 不同处理对辣椒植株生长发育与叶绿素含量的影响

从图 1 可以看出,不施肥处理(T1)株高在定植 34 d 前与其他处理无显著性差异,定植 54 d 后显著低于其他处理,说明不施肥难以满足辣椒植株后期正常生长。各施肥处理(T2 ~ T5)株高全生育期均无显著性差异,但从生长趋势来看,T4 和 T5 处理在定植初期虽然株高低于 T2 和 T3 处理,但随后一直保持生长优势,到定植 54 d 后,T4 和 T5 处理植株株高略高于 T2 和 T3 处理。说明本试验中,全程水肥一体化施肥处理(T5 和 T4)对辣椒植株株高的持续增长有促进作用,且基肥增施微生物菌肥对辣椒

植株株高生长更有利(最终株高表现为 T5 > T4, T3 > T2)。



柱上不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)

图1 不同处理对辣椒株高的影响

由表 2 可知,T5 处理植株茎粗略高于 T4 处理,但显著高于 T1 ~ T3 处理,说明本试验中,全程水肥一体化处理可明显促进辣椒植株茎粗生长,且全程水肥一体化施肥模式 + 基肥增施微生物菌肥效果最佳。在叶绿素含量方面,除 T1 处理不施肥导致叶绿素 a 和总叶绿素含量显著低于其他处理外,T2 ~ T5 处理叶绿素 a、叶绿素 b 和总叶绿素含量均无显著性差异,且规律不明显,说明本试验中,微生物菌肥和施肥模式对各施肥处理叶绿素含量无明显影响。

表 2 不同处理对辣椒植株茎粗和叶绿素含量的影响

| 处理 | 茎粗 (mm) | 叶绿素 a 含量 (mg/g) | 叶绿素 b 含量 (mg/g) | 总叶绿素含量 (mg/g) |
|----|----------------|--------------------|--------------------|------------------|
| T1 | 10.77 ± 0.43c | 0.37 ± 0.07b | 0.19 ± 0.03a | 0.56 ± 0.10b |
| T2 | 11.67 ± 0.59bc | 0.45 ± 0.01a | 0.28 ± 0.07a | 0.72 ± 0.08a |
| T3 | 11.51 ± 0.39c | 0.44 ± 0.03a | 0.24 ± 0.08a | 0.68 ± 0.11ab |
| T4 | 12.69 ± 0.60ab | 0.46 ± 0.00a | 0.27 ± 0.07a | 0.73 ± 0.07a |
| T5 | 13.18 ± 0.81a | 0.45 ± 0.01a | 0.26 ± 0.03a | 0.71 ± 0.03ab |

注:同列数据后不同小写字母表示不同处理间差异显著(P<0.05)。表 3 至表 7 同。

2.2 不同处理对辣椒果实产量的影响

由表 3 可知,不同处理对辣椒果实产量有显著影响,不施肥处理(T1)总产量最低,半程水肥一体化处理(T2 和 T3)显著低于全程水肥一体化处理(T4 和 T5)。说明本试验中,全程水肥一体化施肥模式较半程水肥一体化可显著提高辣椒果实总产量。在相同水肥一体化模式处理中,T2 和 T3 处理、T4 和 T5 处理两两之间无显著性差异,但基肥增施了微生物菌肥的处理总产量高于未施微生物菌肥的处理(T3 > T2, T5 > T4),说明基肥增施微生物菌肥对辣椒产量有一定促进作用。

从各处理 4 次采果的结果(表 3)分析可知,不施肥处理(T1)产量从第 1 次采果开始就明显低于其他处理,主要是缺乏营养所致。在施肥处理(T2 ~ T5)中,基肥未施微生物菌肥的处理(T2)第 1 次采果产量显著高于基施微生物菌肥的处理(T3),但随后与 T3 处理的产量差异逐渐减少,到第 3 次和第 4 次采果时,T2 处理产量已显著低于 T3 处理;T4 处理和 T5 处理变化趋势相同,T4 处理第 1 次和第 2 次采果产量高于 T5 处理,但后期(第 3 次和第 4 次)采果产量低于 T5 处理。说明基肥增施微生物菌肥对辣椒产量的促进作用主要是对辣椒果实后

表 3 不同处理对辣椒产量的影响

| 处理 | 产量(kg/hm ²) | | | | |
|----|-------------------------|------------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|
| | 第 1 次采果 | 第 2 次采果 | 第 3 次采果 | 第 4 次采果 | 总计 |
| T1 | 2 486.14 ± 390.97b | 10 395.01 ± 849.68b | 1 437.98 ± 182.53bc | 3 179.14 ± 728.73b | 17 498.27 ± 757.36c |
| T2 | 3 257.10 ± 79.39a | 13 132.36 ± 1 818.63ab | 961.54 ± 137.51c | 4 374.57 ± 324.93b | 21 725.57 ± 1 337.54b |
| T3 | 2 529.45 ± 39.70b | 11 858.97 ± 2 409.61ab | 1 680.53 ± 75.02b | 6 670.13 ± 865.56a | 22 739.09 ± 2 345.80b |
| T4 | 3 031.88 ± 412.81ab | 14 310.46 ± 1 042.20a | 3 257.10 ± 636.74a | 7 103.26 ± 1 056.36a | 27 702.70 ± 604.45a |
| T5 | 2 979.90 ± 329.06ab | 14 301.80 ± 1 250.74a | 3 577.62 ± 310.04a | 7 986.83 ± 835.38a | 28 846.15 ± 679.66a |

注:第 1 次采果时间为 2021 - 07 - 12;第 2 次采果时间为 2021 - 07 - 30;第 3 次采果时间为 2021 - 08 - 25;第 4 次采果时间为 2021 - 10 - 06。

期产量的提高。

2.3 不同处理对辣椒果实品质的影响

由表 4 可知,施肥可明显提高辣椒果实品质,T1 处理的总糖、可溶性固形物、维生素 C、辣椒素含量和色价等指标大体低于其他施肥处理。在施肥处理(T2 ~ T5)中,总糖含量表现为 T2 > T3 > T4 > T5 处理,且 T2 处理显著高于 T4、T5 处理;可溶性固形物含量表现为 T3 > T5 > T2 > T4 处理,且 T3 处理显著高于 T2 处理,T5 处理显著高于 T4 处理,说明半程水肥一体化施肥模式较全程水肥一体化更有利于辣椒果实总糖和可溶性固形物的形成,且基肥增

施微生物菌肥对辣椒果实可溶性固形物形成有显著促进作用,但对总糖没有促进作用。维生素 C、辣椒素含量和色价是评价加工辣椒品质的 3 个重要指标,本试验中,维生素 C 和辣椒素含量均表现为 T5 > T3 > T4 ≥ T2 处理,且 T5 处理的维生素 C 含量显著高于 T2 处理,辣椒素含量显著高于 T2、T3 和 T4 处理;色价表现为 T5 > T4 > T3 > T2 处理,且 T5 处理显著高于 T2 和 T3 处理。说明全程水肥一体化施肥模式 + 基肥增施微生物菌肥可以明显提高辣椒果实维生素 C、辣椒素含量和色价等品质,对加工红辣椒品质的提高有重要意义。

表 4 不同处理对辣椒果实品质的影响

| 处理 | 总糖含量 (mg/g) | 可溶性固形物含量 (%) | 维生素 C 含量 (mg/100 g) | 辣椒素含量 (g/kg) | 色价 |
|----|----------------|-----------------|------------------------|-----------------|----------------|
| T1 | 29.91 ± 1.39b | 2.58 ± 0.11c | 16.36 ± 3.97c | 0.44 ± 0.05b | 11.89 ± 0.63d |
| T2 | 35.89 ± 1.74a | 2.90 ± 0.07b | 27.19 ± 1.45b | 0.49 ± 0.02b | 13.17 ± 0.57cd |
| T3 | 33.22 ± 0.65ab | 3.28 ± 0.08a | 32.17 ± 3.66ab | 0.51 ± 0.02b | 13.99 ± 1.60bc |
| T4 | 32.24 ± 2.12b | 2.24 ± 0.21d | 31.74 ± 1.35ab | 0.49 ± 0.02b | 15.91 ± 0.89ab |
| T5 | 30.96 ± 2.22b | 3.00 ± 0.14b | 36.96 ± 2.90a | 0.62 ± 0.06a | 16.46 ± 1.33a |

2.4 不同处理对辣椒干物质积累的影响

由表 5 可知,不施肥处理(T1)的果实、植株以及全株干物质积累量均较其他施肥处理低,且果实和全株干物质积累量与其他处理相比差异达到显著性水平。在施肥处理(T2 ~ T5)中,果实干物质积累量与全株干物质积累量变化趋势一致,均表现为 T5 > T4 > T3 > T2 处理,且均为 T5 处理显著高于 T3 和 T2 处理,说明全程水肥一体化施肥模式 + 基肥增施微生物菌肥可显著促进辣椒果实和全株干物质积累;但在植株干物质积累中,T3 处理低于 T2 处理,说明基肥增施微生物菌肥可能会促进干物质向辣椒果实积累,从而促进辣椒果实产量提高。

2.5 不同处理对辣椒养分吸收和肥料利用率的影响

由表 6 可知,不施肥处理(T1)植株及果实 N、

表 5 不同处理对辣椒干物质积累量的影响

| 处理 | 干物质积累量(kg/hm ²) | | |
|----|-----------------------------|---------------------|---------------------|
| | 果实 | 植株 | 全株 |
| T1 | 2 445.96 ± 82.56d | 881.68 ± 98.37c | 3 327.64 ± 106.42d |
| T2 | 3 205.64 ± 293.82c | 1 336.38 ± 234.40ab | 4 542.02 ± 505.32c |
| T3 | 3 605.45 ± 258.32b | 1 247.06 ± 350.36bc | 4 852.52 ± 557.26bc |
| T4 | 3 915.39 ± 111.04ab | 1 498.99 ± 45.19ab | 5 414.38 ± 116.84ab |
| T5 | 4 191.13 ± 85.71a | 1 673.60 ± 197.80a | 5 864.72 ± 115.78a |

P₂O₅、K₂O 吸收量均较低。在施肥处理(T2 ~ T5)中,各处理果实和全株 N、P₂O₅、K₂O 吸收量变化趋势一致,均表现为 T5 > T4 > T3 > T2 处理,且 T5 处理的 N 和 P₂O₅ 吸收量均显著高于 T3 和 T2 处理,K₂O 吸收量显著高于 T2 处理,说明全程水肥一体化施肥模式可明显促进辣椒果实和全株对 N、P₂O₅、K₂O 的养分吸收,且基肥增施微生物菌肥效果最佳。

各施肥处理辣椒植株 N、P₂O₅、K₂O 吸收量虽无显著性差异,但从各处理养分吸收量来看,同样是全程水肥一体化 + 基肥增施微生物菌肥效果最优。由表 7 可知,在肥料利用率方面,各处理氮、磷、钾肥利用率变化趋势一致,均表现为 T5 > T4 > T3 > T2 处

理,且 T5 处理氮肥利用率显著高于 T2 ~ T4 处理,磷、钾肥利用率显著高于 T2 和 T3 处理,说明全程水肥一体化施肥处理可明显促进辣椒对氮、磷、钾肥的吸收利用,且基肥增施微生物菌肥效果更优。

表 6 不同处理对辣椒养分吸收的影响

| 处理 | 果实养分吸收量 (kg/hm ²) | | | 植株养分吸收量 (kg/hm ²) | | | 全株养分吸收量 (kg/hm ²) | | |
|----|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|
| | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O | N | P ₂ O ₅ | K ₂ O |
| T1 | 57.66 ± 1.96d | 7.72 ± 0.58d | 69.05 ± 3.68c | 16.68 ± 2.70b | 1.62 ± 0.08a | 9.95 ± 1.61b | 74.34 ± 0.81d | 9.34 ± 0.53c | 79.00 ± 3.03c |
| T2 | 76.11 ± 6.27c | 9.29 ± 0.22c | 96.16 ± 10.89b | 26.53 ± 4.56a | 1.81 ± 0.39a | 20.07 ± 4.75a | 102.63 ± 10.73c | 11.10 ± 0.37b | 116.24 ± 14.86b |
| T3 | 89.52 ± 5.32b | 10.95 ± 1.04b | 113.10 ± 10.10a | 23.43 ± 7.77ab | 1.59 ± 0.66a | 19.52 ± 4.82a | 112.95 ± 12.62bc | 12.54 ± 1.63b | 132.63 ± 15.94ab |
| T4 | 95.21 ± 3.55ab | 12.58 ± 0.55a | 117.05 ± 9.15a | 25.99 ± 1.60a | 1.80 ± 0.16a | 21.25 ± 3.72a | 121.20 ± 2.95ab | 14.38 ± 0.62a | 138.30 ± 11.67ab |
| T5 | 101.89 ± 1.97a | 12.76 ± 0.77a | 121.38 ± 3.10a | 29.17 ± 3.43a | 2.03 ± 0.11a | 24.71 ± 4.64a | 131.06 ± 5.34a | 14.80 ± 0.66a | 146.09 ± 7.59a |

表 7 不同处理对辣椒肥料利用率的影响

| 处理 | 氮肥利用率 (%) | 磷肥利用率 (%) | 钾肥利用率 (%) |
|----|---------------|--------------|----------------|
| T2 | 13.73 ± 1.59d | 1.60 ± 0.39b | 17.42 ± 2.08c |
| T3 | 18.73 ± 1.95c | 2.91 ± 1.89b | 25.09 ± 4.26b |
| T4 | 26.70 ± 2.14b | 7.65 ± 0.42a | 29.50 ± 2.24ab |
| T5 | 32.32 ± 3.49a | 8.28 ± 1.22a | 33.38 ± 1.67a |

3 讨论与结论

3.1 微生物菌肥对辣椒生长发育、产量品质及养分吸收的影响

微生物菌肥是一种含有大量有益活菌及多种天然活性物质的新型环保肥料,菌肥中微生物能在土壤中繁殖,改善土壤微生态环境,增加土壤肥力,促进土壤养分释放及作物养分吸收,提高肥料利用率,最终增加作物产量,改善产品品质^[17-20]。有研究表明,牛粪部分替代化肥并配施微生物菌肥可有效提高辣椒产量和辣椒素、维生素 C 等品质指标^[21];罗希榕等研究也发现,施用微生物菌肥可改善土壤理化性质,促进辣椒植株生长,增加果实产量,降低辣椒病虫害发生率,提高辣椒素、维生素 C、可溶性固形物含量等果实品质以及辣椒干物质质量分数^[22-24]。本研究也发现,基肥增施微生物菌肥可促进辣椒植株株高生长,提高辣椒果实总产量,改善辣椒果实可溶性固形物、维生素 C、辣椒素含量及色价等品质指标,促进辣椒果实和全株干物质积累和 N、P₂O₅、K₂O 养分吸收,提高氮、磷、钾肥利用率,与前人大量研究结果一致。同时,本试验也发现,基肥增施微生物菌肥对辣椒产量的促进作用主

要是

对辣椒果实后期产量的提高,王丽丽等在研究微生物菌肥对番茄生长发育和产量品质的影响时也发现,施用微生物菌肥和菌剂对番茄产量和品质的促进作用主要在挂果期的中后期表现出来,在早期表现并不明显^[25]。可能是因为微生物菌肥中的有益微生物进入土壤后有一个大量繁殖的过程,且繁殖后主要通过改善土壤微生态环境和提高土壤有效养分含量,进而促进植株养分吸收,最终体现在植株产量形成上,因此发生作用相对较晚。

3.2 水肥一体化施肥方式对辣椒生长发育、产量品质及养分吸收的影响

目前生产上,作物水肥一体化施肥技术多采用底肥施缓效复合肥、追肥施速效水溶肥的方式^[26-29],即本试验的半程水肥一体化施肥模式。但水肥一体化施肥技术可以根据作物每个生育期的养分需求规律按需供给水肥,所用速效水溶肥肥效快、土壤残留少,正如设施无土栽培中,根据作物生长发育规律,按需供养水肥,基质中无需施底肥^[30-31]。因此,把半程水肥一体化施肥技术中的底肥养分换算为水溶肥,在作物生育期进行追施是否能取得更好效果,即本试验的全程水肥一体化处理,本研究结果表明,全程水肥一体化施肥模式总化肥量在较半程水肥一体化模式减少 16.5% 时,仍可明显促进辣椒植株株高和茎粗生长,增加辣椒果实产量,提高加工红辣椒辣椒素含量、色价、维生素 C 含量等重要品质指标,促进辣椒果实及全株干物质积累量和 N、P₂O₅、K₂O 养分吸收,提高氮、磷、钾肥利用率,且以全程水肥一体化施肥模式 + 基肥增施微生物菌肥效果最优,说明两者配合有很好的互

相促进作用。但沈建国等在研究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时发现,半程水肥一体化模式要明显优于全程水肥一体化模式^[16],本研究结果与之相反,一方面可能是辣椒栽培地区和模式不同,沈建国等主要研究的是江南地区早春大棚辣椒栽培,此时江南地区低温高湿,全程水肥一体化施肥模式容易造成土壤湿度过大、土温降低,存在难以克服的水肥耦合技术难题;而本试验研究的是四川盆地加工辣椒越夏避雨栽培,辣椒生育期在 3 月下旬至 10 月中旬,整个生育期温度高,需水需肥量大,全程水肥一体化正好可以有效补充辣椒水肥需求,改善根区环境;另一方面可能是施肥配方不同,沈建国在肥料运筹方案中倾向性地补充氮素供应,并未掌握好营养生长与生殖生长之间的动态平衡,从而让后期辣椒植株营养生长过旺,生殖生长受影响,而本试验中辣椒水肥方案可满足辣椒各个生育期对养分的需求,效果较佳。

综上所述,全程水肥一体化施肥模式+基肥增施微生物菌肥的处理,在化肥总量较半程水肥一体化施肥模式降低 16.5% 的情况下,仍可促进辣椒植株生长发育,增加辣椒果实产量,提高辣椒素含量、色价、维生素 C 含量等重要加工红辣椒品质指标,促进辣椒干物质积累和 N、P₂O₅、K₂O 养分吸收,提高氮、磷、钾肥利用率,其中植株茎粗、果实总产量、辣椒素含量、色价、辣椒果实和全株干物质积累量及 N、P₂O₅ 吸收量,以及氮、磷、钾肥利用率均显著高于半程水肥一体化施肥处理,可作为四川盆地加工红辣椒越夏避雨栽培高效、优质、优产施肥方案。

参考文献:

- [1] 李传哲,许仙菊,马洪波,等. 水肥一体化技术提高水肥利用效率研究进展[J]. 江苏农业学报,2017,33(2):469-475.
- [2] 孙恩虹,张凯,韩旭,等. 避雨栽培对葡萄生长微环境与果实可溶性固形物含量的影响[J]. 农学学报,2021,11(12):80-86.
- [3] 曹锰,郭景南,高登涛,等. 避雨栽培微环境对葡萄果实品质影响研究进展[J]. 河南农业科学,2016,45(1):15-19.
- [4] 付诗宁,魏新光,郑思宇,等. 滴灌水肥一体化对温室葡萄生理特性及水肥利用效率的影响[J]. 农业工程学报,2021,37(23):61-72.
- [5] 古咸彬,郭书艳,陆玲鸿,等. 避雨栽培对红阳猕猴桃光合作用及果实品质的影响[J]. 中国果树,2021(3):63-67.
- [6] 刘飘,涂美艳,宋海岩,等. 避雨栽培对猕猴桃叶片生理生化指标及果实品质的影响[J]. 西南农业学报,2022,35(1):43-49.

- [7] 刘飘,林立金,宋海岩,等. 避雨栽培对猕猴桃园小气候环境及主要病害的影响[J]. 西南农业学报,2021,34(12):2613-2620.
- [8] 陈小明,曾少敏,黄新忠. 避雨栽培对梨树根际土壤细菌群落的影响[J]. 福建农业学报,2020,35(12):1376-1384.
- [9] 李刚波,樊继德,赵林,等. 避雨栽培环境变化及其对早熟砂梨品质的影响[J]. 西北农林科技大学学报(自然科学版),2020,48(1):77-85.
- [10] 朱昌锋,董春平,李红,等. 避雨栽培对番茄产量及品质的影响[J]. 南方农业,2014,8(12):10-11,13.
- [11] 唐丽,王海娥,李小玲,等. 避雨栽培对番茄生长微环境及病害发生的影响[J]. 西南农业学报,2012,25(6):2021-2025.
- [12] 王远,许纪元,潘亚枫,等. 长江下游地区水肥一体化对设施番茄氮肥利用率及氨挥发的影响[J]. 土壤学报,2022,59(3):776-785.
- [13] 周书栋,陈怀明,张竹青,等. 湖南泸溪县早春辣椒避雨栽培技术[J]. 中国蔬菜,2020(4):97-99.
- [14] 黄蓉,胡建坤,马辉刚,等. 辣椒种质与品种田间疫病抗性鉴定与避雨栽培控病效果[J]. 江西农业大学学报,2021,43(6):1297-1304.
- [15] 江海坤,张太明,方凌,等. 皖西大别山地区辣椒越夏避雨栽培技术[J]. 安徽农学通报,2018,24(21):70,152.
- [16] 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.
- [17] 李红,巩雪峰,陈鑫,等. 加工辣椒避雨栽培优势及水肥一体化施肥方案初探[J]. 中国土壤与肥料,2023(1):155-162.
- [18] 马阳,郑卫红,张培,等. 不同调控措施对甜瓜土壤性质、细菌多样性和产量的影响[J]. 河北农业大学学报,2022,45(1):48-54.
- [19] 赵丹丹. 不同浓度微生物菌肥对番茄土壤理化性质及生长的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2020.
- [20] 马慧媛,黄媛媛,刘胜尧,等. 微生物菌剂施用对设施茄子根际土壤养分和细菌群落多样性的影响[J]. 微生物学通报,2020,47(1):140-150.
- [21] 宋晓,陈莉,李建芬,等. 增施微生物菌剂对设施土壤理化性质及微生物的影响[J]. 安徽农业科学,2021,49(21):169-171.
- [22] 王赫,李晓雪,王亚玲,等. 化肥减量配施有机肥和菌剂对辣椒产量、品质和养分累积的影响[J]. 北方园艺,2021(16):1-7.
- [23] 罗希榕,罗银,唐相群,等. 七种微生物菌剂对连作辣椒生长发育、产量和品质及土壤微生物特性的影响[J]. 耕作与栽培,2019(5):6-12.
- [24] 高晶霞,牛勇琴,吴雪梅,等. 微生物菌剂对拱棚连作辣椒生长、产量及品质的影响[J]. 北方园艺,2018(19):59-64.
- [25] 李晶晶,刘聪,王鑫鑫,等. 微生物菌剂对青椒生长、品质和土壤养分状况的影响[J]. 北方园艺,2021(13):1-10.
- [26] 王丽丽,朱诗君,狄蕊,等. 微生物菌肥菌剂对番茄生长发育和产量品质的影响[J]. 土壤与作物,2022,11(1):88-95.
- [27] 齐振宇,蔡深聪,胡卫珍,等. 水肥一体化模式中化肥减施与不同基追肥比例对大蒜产量和品质的影响[J]. 浙江农业学报,

崔盼,陈一卓,范幸超,等.椰糠复合基质对口感番茄果实品质的影响及评价[J].江苏农业科学,2023,51(18):128-133.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.019

椰糠复合基质对口感番茄果实品质的影响及评价

崔盼¹,陈一卓¹,范幸超¹,霍瑞肖¹,汪亚娟¹,宫彬彬¹,王万寿²,高洪波¹,吴晓蕾¹

(1.河北农业大学园艺学院/河北省蔬菜种质创新与利用重点实验室/农业农村部华北节水农业重点实验室,河北保定 071000;

2.河北绿露农业科技发展有限公司,河北衡水 053900)

摘要:为探索适宜口感番茄栽培、促进果实品质提升的椰糠复合基质,以青太郎 2 号番茄为试材,用以椰糠为主成分的 4 种基质,即粗椰糠:细椰糠=1:2(T1)、细椰糠:草炭=1:3(T2)、细椰糠:草炭=1:1(T3)、细椰糠:粗椰糠:草炭=1:1:1(T4),以草炭:蛭石:珍珠岩=2:1:1(CK)为对照进行基质栽培,通过测定果实生长和品质指标,研究复合基质对番茄果实品质的影响。结果表明,T4 处理的品质指标和果实生长指标最好,维生素 C、可溶性固形物、可溶性糖含量分别提高至对照的 1.10、1.20、1.17 倍,单果质量较对照提高了 12.06%,且鲜味氨基酸、甜味氨基酸和芳香类氨基酸含量是对照的 1.38、1.20、1.18 倍,经主成分分析,T4 处理综合得分最高;初步筛选出可溶性固形物、糖酸比、甜味氨基酸、芳香类氨基酸 4 个指标,可用于番茄果实品质评价。综上所述,细椰糠:粗椰糠:草炭=1:1:1(T4)处理的椰糠复合基质显著提高了番茄果实品质和产量,且草炭用量低,可在口感番茄的基质栽培中应用;除常规品质指标外,氨基酸可作为评价口感番茄果实品质的参考指标,得到品质评价方程为 $Y=0.043+0.154X_4+0.110X_6+0.107X_8+0.014X_9$ 。

关键词:口感番茄;基质配方;品质;椰糠;产量;氨基酸;糖酸比

中图分类号:S641.204

文献标志码:A

文章编号:1002-1302(2023)18-0128-06

番茄(*Solanum lycopersicum* L.)是世界上最受欢迎的蔬菜之一^[1]。随着人们生活水平提高,对番茄的口感、风味等品质要求越来越高。口感番茄是近年来流行的品种,因其酸甜可口,适于鲜食,越来越受到市场的青睐。口感番茄对品质要求严格,但受多年的高产思维影响,生产中仍存在粗放管理和水肥滥用造成的品质不稳定问题,严重制约其产业

发展。基质栽培由于集约化程度高、产品质量好,非常适于口感番茄生产。其中,栽培基质为番茄生长提供了优良的根际环境,其选配是保证番茄生长的重要技术环节。

目前生产中常用的栽培基质多选用草炭为主要原料,但草炭属不可再生资源,随着市场需求的广泛扩大,草炭价格持续走高,造成栽培成本逐年上升,严重制约番茄生产效益提升。因此,通过选择农业废弃物或其他可再生资源代替草炭来减少草炭用量,对提质增效和农业资源有效利用具有重要意义^[2-4]。椰糠,作为经过处理的农业副产品的废弃物,保水性和透气性良好,pH 值适中^[5-6],被认为具有可部分代替草炭的潜力,近年来在生产中应用越来越广泛^[7-9]。研究表明,在草炭:珍珠岩:蛭石的 3:1:1(体积比)混合物中加入 25%

收稿日期:2022-11-07

基金项目:河北省现代农业产业技术体系设施蔬菜创新团队项目(编号:HBCT2021030213);河北省重点研发计划(编号:22327214D);河北省农业科技成果转化资金项目。

作者简介:崔盼(1997—),女,河北廊坊人,硕士研究生,研究方向为设施蔬菜与无土栽培。E-mail:13070512557@163.com。

通信作者:吴晓蕾,副教授,硕士生导师,从事设施蔬菜与无土栽培研究。E-mail:yywxl@hebau.edu.cn。

2021,33(8):1409-1415.

[28]宋钊,余超然,陈潇,等.辣椒高垄深沟水肥一体化高效栽培技术[J].中国蔬菜,2018(12):94-96.

[29]杨启航,刘永来,李淮源,等.水肥一体化减量施肥对坡地烤烟肥料利用率及土壤养分平衡的影响[J].西南农业学报,2020,33(9):2027-2036.

[30]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.

[31]许艺,李新旭,杨哲,等.我国连栋玻璃温室番茄长季节栽培产量与荷兰存在差距的原因分析[J].中国蔬菜,2020(10):1-8.

[32]李蔚,李新旭,王书娟,等.北京市塑料大棚水果甜椒越夏无土栽培技术[J].中国蔬菜,2021(12):110-112.