

“上交小番茄2号”栽培要素优化

范明玉¹, 吴 鹏^{1*}, 顾 蕾², 赵凌侠³

(1. 齐齐哈尔大学生命科学与农林学院, 黑龙江 齐齐哈尔 161006; 2. 江苏省昆山市农业服务中心, 江苏 昆山 215300; 3. 上海交通大学农业与生物学院/番茄联合研究中心, 上海 200240)

摘 要: 番茄 (*Solanum lycopersicum*) 是果蔬兼用作物, 产量和品质形成与栽培要素密切相关, “良种良法”是实现番茄优质高产的关键。基于此, 本研究以“上交小番茄2号”为试材, 通过优化栽植密度、整枝方式、施肥水平和播期, 以期达到高产和优质的目的。结果表明, “上交小番茄2号”最优栽培技术体系为: 5段摘心、2月14日播种(上海), 种植密度为4.08株/m², 蚯蚓肥和木霉菌施肥水平分别为1 500 kg/667 m²和7.5 kg/667 m²。该研究不仅确立了优化的“上交小番茄2号”栽培要素, 也为小番茄优质高产栽培提供了理论参考。

关键词: 上交小番茄2号; 栽培要素; 产量; 品质

中图分类号: S641.2

文献标识码: A

文章编号: 2096-5877(2025)01-0043-06

Optimization of the Cultivation Elements of "Tomato Shangjiao 2"

FAN Mingyu¹, WU Peng^{1*}, GU Lei², ZHAO Lingxia³

(1. College of Life Science and Agriculture and Forestry, Qiqihar University, Qiqihar 161006; 2. Kunshan Agricultural Service Center, Kunshan 215300; 3. Department of Plant Science, School of Agriculture and Biology, Shanghai Jiao Tong University/Joint Tomato Research Institute, Shanghai 200240, China)

Abstract: Tomato (*Solanum lycopersicum*) is a dual-purpose crop for fruit and vegetable, and its yield and quality formation is closely related to each cultivation factor. As we all know, the fine seed and fine cultivation techniques are key factors for high quality and yield formation in tomatoes. Based on this, "Tomato Shangjiao 2" was chosen to engage in the optimization of cultivation condition. In this study, four cultivation factors with different levels were designed, and based on the research results derived from yield and quality, we determined an optimized cultivation technology system for "Tomato Shangjiao 2": five truss pinching, sowing on February 14th (Shanghai), planting density of 4.08 plants/m², and fertilization levels of 1 500 kg/667 m² earthworm fertilizer and 7.5 kg/667 m² *Trichoderma fastidiosa*. This study confirmed the optimized cultivation condition of "Tomato Shangjiao 2", also provide theory reference for cultivation of small tomatoes high yield and quality.

Key words: Tomato Shangjiao 2; Cultivation elements; Yield; Quality

番茄 (*Solanum lycopersicum*) 是继马铃薯 (*Solanum tuberosum*) 之后全球第二大蔬菜作物, 在蔬菜供给和经济发展中占有不可或缺的地位。我国是全球番茄生产第一大国, 产量和产值约占全球的1/3。番茄富含维生素C、人体必需氨基酸和矿物质等营养元素, 特别是人体所需番茄红素有

85%由番茄供给。番茄富含类胡萝卜素, 具有优良的抗氧化能力, 对心脑血管疾病、退行性病变、癌症尤其是前列腺癌具有很好的预防功效^[1-2]。在我国, 番茄的产量、抗逆性、抗病性和货架期等方面的改良取得了长足进步, 但是, 遗传多样性的大量丧失和现代育种瓶颈效应, 使得番茄品质难以满足当下消费者的需求。

为改善番茄产量及品质, 培育优质番茄品种是最有效的方法, 若再配以优良的栽培方法将取得事半功倍的效果, 为此研究人员已开展了大量的工作。椰糠条栽培可以克服土壤连作障碍, 对提高番茄产量和品质有很大潜力^[3]。氨基酸肥料在促进植物生长发育的同时, 对作物增产和品质

收稿日期: 2024-2-27

基金项目: 黑龙江本科高校基本科研业务费科研项目(145209143); 齐齐哈尔大学教育科学研究项目(GJQTZX-202242)

作者简介: 范明玉(1999-), 女, 在读硕士, 主要从事番茄品质改良研究。

通信作者: 吴 鹏, 男, 副教授, E-mail: wupeng216@126.com

改善均具有促进作用^[4]。适宜的种植密度对改善作物光能利用和提高单产及与光相关的品质性状形成具有促进作用^[5]；合理施用氮肥可缓解盐胁迫对植物产量形成的负面影响^[6]。品质欠佳是当下番茄生产面临的又一个被广泛关注的问题，糖酸比与番茄风味有关，果糖含量较高的番茄口感更甜，而柠檬酸对番茄酸味影响较大^[7-8]。

“上交小番茄2号”是上海交通大学赵凌侠实验室培育的一个口感风味均较佳的紫色小果番茄品种，并在生产中广泛应用。本研究拟通过对各生产要素（密度、播期、整枝和施肥）和不同试验水平，对“上交小番茄2号”产量和品质的影响进行优化，以期建立“上交小番茄2号”栽培技术体系；通过良种良法相结合，为消费者提供更优质的小番茄产品。

1 材料与方法

1.1 试验材料

“上交小番茄2号”由上海交通大学赵凌侠实验室培育。温汤（55℃）浸种40 min，25℃恒温箱催芽；播种后待4片真叶展开，定植于上海交通大学浦江绿谷实验基地的标准日光温室。除栽培因素梯度设计外，田间管理与普通生产相同。

1.2 试验设计

本试验包括5因素（栽植密度、整枝技术、播期、蚯蚓肥水平、木霉菌肥水平），其中栽植密度设5个梯度：5.71株/m²、4.76株/m²、4.08株/m²、3.57株/m²和3.17株/m²；整枝方式设5个水平：单干3段、4段、5段、6段和7段摘心；设4个播期：2月4日、2月14日、2月24日和3月6日；5个蚯蚓肥水平：300、600、900、1 200、1 500 kg/667 m²；5个木霉菌肥水平：3.0、4.5、6.0、7.5、9.0 kg/667 m²。各因素不同水平处理均采取随机区组设计，3次重复。

1.3 产量测定

小型番茄单果重在第二穗果实50%以上成熟时取10个果实（3次重复）用电子天平（精度0.01 g）称重，取平均值。果实在始熟后，每周测产2次，直至试验结束，统计各小区产量。

1.4 可溶性固形物和抗坏血酸含量测定

取不同处理“上交小番茄2号”成熟果实用搅拌机（MX-GS2）匀浆，四层纱布过滤，用折光仪（PAL-2）测定番茄可溶性固形物含量。

避光条件下，用2,6-二氯酚滴定法（食品安全国家标准GB5009.86-2016）测定番茄果实抗坏血酸含量^[9]。

1.5 类胡萝卜素含量测定方法

将 α -胡萝卜素、 β -胡萝卜素、番茄红素（Sigma-Aldrich生化试剂有限公司）和叶黄素（源叶生物科技有限公司）标准品溶于甲基叔丁基醚（MTBE），制备5个浓度梯度：5 μ g/mL、10 μ g/mL、50 μ g/mL、250 μ g/mL和500 μ g/mL。用超高效合相色谱（UPC²）检测出峰时间和峰面积，并建立峰面积与标品浓度标准曲线。番茄果实类胡萝卜素提取和检测参数分别参照Gao等^[10]和Liu等^[11]的方法，并用制备的标准曲线求算番茄样品的类胡萝卜素含量。

1.6 可溶性糖、有机酸和挥发性物质含量测定

参考Osorio等^[12]的方法用气相色谱-飞行时间质谱（GC-TOFMS）测定番茄果实中可溶性糖（葡萄糖、果糖和蔗糖）和有机酸（柠檬酸、苹果酸、奎宁酸和琥珀酸）含量。参考Wang等^[13]的方法，用固相微萃取-气相色谱-质谱联用仪（SMPE-GC-MS）检测分析番茄果实中挥发性物质含量。

1.7 数据统计分析

采用Excel 2010对试验数据进行统计分析，采用SPSS 26.0对不同处理“上交小番茄2号”产量和营养品质进行显著性分析。

2 结果与分析

2.1 栽植密度对“上交小番茄2号”产量和品质的影响

由表1可知，紫果“上交小番茄2号”的单果重和产量均随栽植密度增大呈现“低-高-低”变化趋势；4.08株/m²处理单果重和产量分别为20.63 g和11.47 kg/10 m²，可溶性固形物含量介于5.10%（3.18株/m²）和5.80%（5.71株/m²）之间，而4.08株/m²处理可溶性固形物含量5.77%也处于较高水平。维生素C含量介于22.69 mg/100 g·FW（5.71株/m²）~26.87 mg/100 g·FW（4.08株/m²），尽管处理间无显著差异，但栽植密度4.08株/m²的维生素C含量最高。

类胡萝卜素含量介于120.95 μ g/g·FW（4.76株/m²）~181.23 μ g/g·FW（5.71株/m²），4.08株/m²处理（171.91 μ g/g·FW）与5.71株/m²处理（181.23 μ g/g·FW）类胡萝卜素含量显著高于其他3个处理，而二者之间无显著差异。决定果实风味的糖酸比的值介于7.93（4.08株/m²）~18.20（5.71株/m²），4.08株/m²处理的糖酸比7.93属于优质风味范围。可见，综合产量和品质指标，“上交小番茄2号”田间栽植密度为4.08株/m²最优。

表1 密度对紫果“上交小番茄2号”产量和品质的影响

密度 /m ²	单果重 /g	产量 /kg·(10 m ⁻²)	可溶性固形物 含量/%	维生素C含量 /mg·(100 g ⁻¹)·FW	糖酸比	类胡萝卜素含量 /μg·g ⁻¹ ·FW
3.18株/m ²	18.59±3.18b	9.61±3.00b	5.10±0.50a	23.28±0.81a	8.74b	145.34±53.99b
3.57株/m ²	18.27±2.43b	9.27±2.65b	5.33±0.38a	26.02±0.60a	8.51b	152.32±24.68b
4.08株/m ²	20.63±3.67a	11.47±1.88a	5.77±0.87a	26.87±0.97a	7.93b	171.91±37.06a
4.76株/m ²	19.22±4.53b	10.97±0.90a	5.10±0.56a	26.38±0.60a	9.12b	120.95±37.16c
5.71株/m ²	17.96±3.03b	8.01±1.85c	5.80±1.68a	22.69±1.00a	18.20a	181.23±41.02a

注:小写字母不同表示差异显著(P<0.05),下同。

2.2 整枝方式对“上交小番茄2号”产量和品质的影响

由表2可知,整枝方式影响了“上交小番茄2号”的产量、单果重和品质。单果重介于20.28 g(3段摘心)~24.10 g(5段摘心);5段摘心单果最重(24.10 g),显著高于3段和7段摘心处理;尽管与4段和6段摘心处理间无显著差异,但均高于二者。产量介于10.54 kg/10 m²(3段摘心)~13.86 kg/10 m²(5段摘心),同样表现出5段摘心产量(13.86 kg/10 m²)显著高于3段和7段摘心处理;也同样高于4段和6段摘心处理,不过未达到差异显著水

平。可溶性固形物含量介于4.90%(6段摘心)~6.17%(7段摘心),不同整枝方式间无规律可循。维生素C含量介于23.05 mg/100 g·FW(6段摘心)~34.55 mg/100 g·FW(3段摘心),除6段摘心外,其他水平间无显著性差异。

糖酸比介于8.58(7段摘心)~9.51(4段摘心),各处理水平间无显著差异。类胡萝卜素含量介于91.02 μg/g·FW(3段摘心)~163.25 μg/g·FW(5段摘心),其中5段摘心处理的类胡萝卜素含量最高。综合上述研究结果,“上交小番茄2号”的整枝方式以5段摘心最佳。

表2 整枝方式对紫果“上交小番茄2号”产量和品质的影响

整枝	单果重 /g	产量 /kg·(10 m ⁻²)	可溶性固形物 含量/%	维生素C含量 /mg·(100 g ⁻¹)·FW	糖酸比	类胡萝卜素含量 /μg·g ⁻¹ ·FW
3段	20.28±3.74b	10.54±2.21b	5.60±0.26a	34.55±1.78a	8.92a	91.02±37.40c
4段	21.61±4.08a	13.85±1.83a	5.93±0.35a	31.88±4.86a	9.51a	96.44±31.75c
5段	24.10±5.17a	13.86±3.58a	5.83±0.50a	33.73±2.92a	8.91a	163.25±26.57a
6段	21.67±4.50a	12.41±3.72a	4.90±0.36b	23.05±1.12b	8.72a	156.63±10.12a
7段	20.89±3.10b	10.78±1.94b	6.17±0.06a	31.92±1.35a	8.58a	131.24±41.05b

2.3 播期对“上交小番茄2号”产量和品质的影响

由表3可知,播期对2号小番茄上交单果重的影响较小,各水平间无显著差异,介于19.89 g(3月6日)~22.20 g(2月24日)。播期对产量影响较大。2月14日播种产量最高,达32.79 kg/10 m²,而3月6日播种产量最低,仅为9.27 kg/10 m²。可溶性固形物含量和维生素C含量各处理间差异不显

著,分别介于5.33%(2月4日)~5.77%(2月24日)和22.14 mg/100 g·FW(2月4日)~24.61 mg/100 g·FW(2月14日)。从糖酸比来看,2月14日处理糖酸比数值显著低于其他3个处理,有机酸含量更高,酸味更足,3月6日播种“上交小番茄2号”类胡萝卜素含量(183.91 μg/g·FW)显著高于其他3个处理,2月4日播种的类胡萝卜素含量(123.75

表3 播期对紫果“上交小番茄2号”产量及品质的影响

播期	单果重 /g	产量 /kg·(10 m ⁻²)	可溶性固形物 含量/%	维生素C含量 /mg·(100 g ⁻¹)·FW	糖酸比	类胡萝卜素含量 /μg·g ⁻¹ ·FW
2月4日	21.50±3.22a	27.63±3.37b	5.33±0.31a	22.14±4.12a	16.31b	123.75±15.99d
2月14日	22.19±1.67a	32.79±2.22a	5.60±0.30a	24.61±0.38a	10.05c	140.81±20.50c
2月24日	22.20±3.51a	22.65±3.51c	5.77±0.15a	24.38±4.61a	17.03a	156.27±24.05b
3月6日	19.89±3.67a	9.27±3.59d	5.40±0.25a	23.29±4.99a	15.50b	183.91±19.90a

μg/g·FW)最低,这可能与提早播种在果实发育期低温寡照影响类胡萝卜素合成有关。综合上述结果,“上交小番茄2号”播期在2月14日为佳。

2.4 蚯蚓肥对“上交小番茄2号”产量和品质的影响

由表4可知,蚯蚓肥对“上交小番茄2号”产量

和品质改良效果明显。当施用蚯蚓肥量为1500 kg/667 m²时,“上交小番茄2号”产量(35.02 kg/10 m²)、维生素C含量(27.08 mg/100 g·FW)和类胡萝卜素含量(193.22 μg/g FW)均显著高于另外4个处理;说明本研究中蚯蚓肥最佳施肥水平为1500 kg/667 m²。

表4 蚯蚓肥对紫果“上交小番茄2号”产量及品质的影响

蚯蚓肥 /kg·(667 m ⁻²)	单果重 /g	产量 /kg·(10 m ⁻²)	可溶性固形物 含量/%	维生素C含量 /mg·(100 g ⁻¹)·FW	糖酸比	类胡萝卜素 含量/μg·g ⁻¹ ·FW
300	21.48±2.81a	21.11±1.56d	5.40±0.87b	23.68±1.24b	7.85a	107.80±28.80e
600	19.90±4.05b	30.36±2.40b	5.67±0.60b	23.75±1.69b	8.63a	121.73±42.35d
900	21.95±3.18a	25.31±0.07c	5.70±0.66b	24.25±1.91b	7.15b	135.48±8.45c
1200	20.51±4.64b	32.14±6.86b	6.70±0.66a	24.74±2.69b	7.80a	173.06±19.11b
1500	21.52±3.26a	35.02±2.60a	6.60±0.44a	27.08±1.36a	9.46a	193.22±14.46a

2.5 木霉菌对“上交小番茄2号”产量和品质的影响

半知菌亚门(Deuteromycotina)木霉菌(*Trichoderma* spp.)是土壤中植物根际有益微生物^[14-15]。施用木霉菌对“上交小番茄2号”产量和品质改良有一定促

进作用。由表5可知,木霉菌施用量为7.5 kg/667 m²时,产量最高,为34.51 kg/10 m²;类胡萝卜素含量最高,为170.30 μg/g·FW和维生素C含量最高,为34.98 mg/100 g·FW。说明木霉菌施用量为7.5 kg/667 m²是“上交小番茄2号”栽培的最佳处理水平。

表5 木霉菌对紫果“上交小番茄2号”产量及品质的影响

木霉菌 /kg·(667 m ⁻²)	单果重 /g	产量 /kg·(10 m ⁻²)	可溶性固形物 含量/%	维生素C含量 /mg·(100 g ⁻¹)·FW	糖酸比	类胡萝卜素含量 /μg·g ⁻¹ ·FW
3.0	20.09±3.08a	29.19±1.60b	5.07±0.64a	20.81±1.30c	9.01a	111.60±18.26c
4.5	19.93±2.64a	31.25±7.05a	5.00±0.26a	26.05±1.48b	8.69a	145.82±39.35b
6.0	20.66±2.14a	30.56±2.28b	5.13±0.87a	29.18±1.01b	8.08a	168.65±8.74a
7.5	21.28±4.70a	34.51±1.01a	5.33±0.50a	34.98±0.80a	8.59a	170.30±10.80a
9.0	20.63±4.45a	27.78±2.56b	5.63±0.70a	24.47±0.95c	8.75a	165.54±18.13a

2.6 不同处理对“上交小番茄2号”风味的影响

番茄果实约包含400种挥发性物质^[16-17],有15~20种是人类可感知的^[18]。5种栽培因素处理的“上交小番茄2号”共检测出183种挥发性物质,其中密度处理175种,水杨酸甲酯和顺-3-己烯醇的丰度较高;蚯蚓肥处理检测出169种,1-硝基-2-乙基苯丰度最高;整枝处理检测到183种,木霉菌处理检测到179种,不过水杨酸甲酯和6-甲基-5-庚-2-醇丰度远不及蚯蚓肥处理;播期处理检测出159种,重要挥发性物质仅有水杨酸甲酯。5种栽培因素处理番茄果实共检测到的183种挥发性物质可以分为7大类:酮(30种)、醛(16种)、醇(41种)、酯(38种)、烃(25种)、烯(33种)酸(10种)。结果发现,蚯蚓肥与整枝处理对“上交小番茄2号”气味丰富度影响

较大,本研究检测到的4种对番茄气味影响关键挥发性物质见表6。

2.7 多因素处理对“上交小番茄2号”产量、品质和风味的影响

选取栽植密度4.08株/m²、5段整枝方式、播种期在2月14日时,通过调控蚯蚓肥和木霉菌的施肥量来确定“上交小番茄2号”的最佳栽培要素。同时施用蚯蚓肥1500 kg/667 m²和木霉菌7.5 kg/667 m²时,“上交小番茄2号”产量、单果重达到最高,分别为38.26 kg/10 m²、24.12 g。而维生素C含量和类胡萝卜素含量也显著高于单因素处理组。这说明栽植密度4.08株/m²、5段整枝方式、播种期在2月14日、蚯蚓肥和木霉菌的施用量分别为1500 kg/667 m²和7.5 kg/667 m²时,“上交小番茄2号”的产量和品质整体效果最佳(表7)。

表6 不同栽培处理对紫果“上交小番茄2号”果实挥发性物质含量的影响

特征香气	含量/ $\mu\text{g}/\text{kg}$					特征香气成分
	密度	蚯蚓肥	整枝	木霉菌	播期	
花香味	9.58±0.18	80.32±49.52	4.72±2.11	14.65±3.97	8.27±0.97	1-硝基-2-乙基苯
果香味	2.25±1.90	26.08±17.21	17.74±6.98	4.45±1.21	6.98±0.37	6-甲基-5-庚烯-2-醇
青草味	8.34±3.71	8.23±4.48	2.83±0.97	3.14±0.77	3.71±0.14	顺-3-己烯醇
薄荷味	7.59±2.03	30.63±0.11	7.54±1.19	18.23±0.06	2.51±0.98	水杨酸甲酯

表7 多因素处理对紫果“上交小番茄2号”产量及品质的影响

木霉菌/蚯蚓肥 / $\text{kg}\cdot(667\text{ m}^2)$	单果重 / g	产量 / $\text{kg}\cdot(10\text{ m}^2)$	可溶性固形物 含量/%	维生素C含量 / $\text{mg}\cdot(100\text{ g}^{-1})\cdot\text{FW}$	糖酸比	类胡萝卜素含量 / $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}\cdot\text{FW}$
0/0	19.51±2.64c	29.39±1.60c	5.21±0.41a	18.31±2.30c	8.11a	114.70±13.27d
7.5/0	20.51±2.12c	33.17±4.15b	5.00±0.16a	35.08±1.51a	8.46a	167.82±19.18c
0/1500	22.66±1.14b	35.06±1.28b	5.23±0.69a	27.78±1.03b	8.21a	183.65±18.74b
7.5/1500	24.12±3.20a	38.26±2.11a	5.50±0.40a	37.71±0.98a	8.45a	198.21±16.07a

3 讨论与结论

良种和良法结合是确保番茄产量和品质的最基本要素,在培育优质的紫果“上交小番茄2号”基础上,良种对其栽培要素进行优化将对其在生产中应用提供重要的理论参考。

增加栽植密度在一定程度上提升作物产量,不过增产水平有限,要以牺牲坐果数量和单果重为代价^[19]。苏义臣等^[20]研究表明,密度和品种是影响作物产量的主要因素。雷喜红等^[21]研究发现栽培密度对番茄增产不显著可能是与高密度下随着数量减少和单果重下降有关。在本研究中,栽植密度的增大,“上交小番茄2号”产量呈现“低-高-低”变化趋势,而以4.08株/ m^2 的产量(11.47 kg/ 10 m^2)最高。

整枝是番茄田间管理的重要栽培措施,影响到单果重和果形指数。研究表明,单干和双干的连续摘心整枝有利于提高单果重量,而对果形指数影响较小;而换头整枝方式对单果重量影响较大^[22]。本研究中不同段位摘心的整枝方式影响到了“上交小番茄2号”产量和品质形成,可能与整枝对调控番茄营养分配、光照度和生长发育,特别是由营养生长到生殖生长的转换或进程有关。

蚯蚓肥对番茄营养和生殖生长如花数、坐果率和单果重有影响^[23],促进增产可能与改善土壤矿质元素、有机质、微生物、孔隙度及肥力缓释有关^[24]。在本研究中,蚯蚓肥处理均有利于番茄产量提高和品质形成。木霉菌则对提高番茄产量及

维生素C和类胡萝卜素含量有着促进作用。

5种栽培因素处理共检测到183种挥发性物质(41种醇、30种酮、24种酯、23种酸、12种烃、3种醛、2种烯和其他48种挥发性物质如呋喃、噻唑、苯酚和腈等)。据报道,有16种挥发性物质与番茄气味形成有关^[25],而本研究检测到了4种重要挥发性物质,这可能与番茄遗传背景有关。

参考文献:

[1] Cohen L A. A review of animal model studies of tomato carotenoids, lycopene, and cancer chemoprevention[J]. Experimental Biology and Medicine, 2002, 227(10): 864-868.

[2] Weese T, Bohs L. Three-gene phylogeny of the genus Solanum (Solanaceae)[J]. Systematic Botany, 2007, 32(2): 445-463.

[3] 管西林, 吴长春, 刘彬, 等. 设施基质条件下不同茬口樱桃番茄的养分吸收及分配规律研究[J]. 土壤通报, 2018, 49(6): 1415-1422.

[4] Torgny Näsholm, Hus-Danell K, Peter Högborg. Uptake of glycine by field grown wheat[J]. New Phytologist, 2010, 150(1): 59-63.

[5] 朱延姝, 冯辉, 高绍森. 弱光对番茄生长发育及产量的影响[J]. 中国蔬菜, 2006(2): 11-13.

[6] Albassam B A. Effect of nitrate nutrition on growth and nitrogen assimilation of pearl millet exposed to sodium chloride stress[J]. Journal of Plant Nutrition, 2001, 24(9): 1325-1335.

[7] Beckles D M. Factors affecting the postharvest soluble solids and sugar content of tomato (*Solanum lycopersicum* L.) fruit[J]. Postharvest Biology and Technology, 2012, 63(1): 129-140.

[8] Bertin N, Genard M. Tomato quality as influenced by preharvest factors[J]. Scientia Horticulturae, 2018, 233: 264-276.

[9] 陈洁, 陈敏, 刘齐. 三种测定水果中维生素C含量方法的比较[J]. 广东化工, 2017, 44(19): 164-166.

- [10] Gao L, Gonda I, Sun H, et al. The tomato pan-genome uncovers new genes and a rare allele regulating fruit flavor[J]. *Nature Genetics*, 2019, 51(6): 1044–1051.
- [11] Bing Li, Haiyan Zhao, Jing Liu, et al. Application of ultra-high performance supercritical fluid chromatography for the determination of carotenoids in dietary supplements[J]. *Journal of Chromatography A*, 2015, 1425: 287–292.
- [12] Osorio S, Alba R, Damasceno C M, et al. Systems biology of tomato fruit development: combined transcript, protein, and metabolite analysis of tomato transcription factor (nor, rin) and ethylene receptor (Nr) mutants reveals novel regulatory interactions[J]. *Plant Physiology*, 2011, 157(1): 405–425.
- [13] Wang L, Qian C, Bai J, et al. Difference in volatile composition between the pericarp tissue and inner tissue of tomato (*Solanum lycopersicum*) fruit[J]. *Journal of Food Processing and Preservation*, 2018, 42(1): e13387.
- [14] 崔佳. 生防木霉菌筛选及其诱导番茄抗灰霉病分析与 miRNA 的鉴定[D]. 大庆: 黑龙江八一农垦大学, 2019.
- [15] Harman G E, Howell C R, Viterbo A, et al. Trichoderma species—opportunistic, avirulent plant symbionts[J]. *Nature reviews Microbiology*, 2004, 2(1): 43–56.
- [16] Klee H J, Tieman D M. The genetics of fruit flavour preferences[J]. *Nature Reviews Genetics*, 2018, 19(6): 347–356.
- [17] Cortina P R, Santiago A N, Sance María M, et al. Neuronal network analyses reveal novel associations between volatile organic compounds and sensory properties of tomato fruits[J]. *Metabolomics*, 2018, 14: 1–15.
- [18] Buttery R G. Quantitative and sensory aspects of flavor of tomato and other vegetables and fruits[J]. *Flavor science: Sensible Principles and Techniques*, 1993: 259–286.
- [19] 许路, 李新旭, 高丽红, 等. 北京地区连栋温室番茄岩棉栽培适宜密度的研究[J]. *北方园艺*, 2015(4): 53–58.
- [20] 苏义臣, 苏桂华, 孟令聪等. 不同密度下去留分蘖处理对玉米产量的影响[J]. *东北农业科学*, 2023, 48(6): 10–14.
- [21] 雷喜红, 李新旭, 王铁臣, 等. 不同种植密度对番茄长势、果实品质及产量的影响[J]. *北方园艺*, 2015(7): 30–33.
- [22] 柴文臣, 张微. 换头技术对日光温室番茄商品性及产量的影响[J]. *安徽农业科学*, 2015, 43(20): 55, 132.
- [23] Zucco M A, Walters S A, Chong S, et al. Effect of soil type and vermicompost applications on tomato growth[J]. *International Journal of Recycling of Organic Waste in Agriculture*, 2015(4): 135–141.
- [24] Zaller J G. Vermicompost as a substitute for peat in potting media: effects on germination, biomass allocation, yields and fruit quality of three tomato varieties[J]. *Scientia Horticulturae*, 2007, 112(2): 191–199.
- [25] Zhang J, Zhao J, Xu Y, et al. Tomato Genome-wide association mapping for tomato volatiles positively contributing to tomato flavor[J]. *Frontiers in Plant Science*, 2015(6): 1042.

(责任编辑: 范杰英)