

蒋月喜,陈振东,蒋哲,等.高畦、整枝和避雨栽培对朝天椒形态特征与营养品质的影响[J].江苏农业科学,2022,50(8):157-165.  
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2022.08.029

# 高畦、整枝和避雨栽培对朝天椒形态特征与营养品质的影响

蒋月喜<sup>1</sup>,陈振东<sup>1</sup>,蒋哲<sup>2</sup>,张力<sup>1</sup>,郭元元<sup>1</sup>,车江旅<sup>1</sup>,陈琴<sup>1</sup>,宋焕忠<sup>1</sup>,李洋<sup>1</sup>

(1.广西农业科学院蔬菜研究所/广西蔬菜育种与新技术研究实验室,广西南宁 530007;

2.广西大学农学院,广西南宁 530004)

**摘要:**以朝天椒品种泰红霸王和超凡为试验材料,分别在桂南生态区的南宁市武鸣区双桥镇苏宫村和桂北生态区的桂林市资源县白洞村,进行不同整枝、起畦和避雨栽培综合技术措施对朝天椒植株外观形态、果实特征、品质和产量等的影响试验。结果表明,无论是否采用避雨栽培 2 个朝天椒品种的株高和株幅均表现为相同畦高处理条件下不整枝处理高于或大于整枝处理,避雨栽培下的株高和株幅均高于或大于整枝处理下露天栽培的植株;不同起畦和整枝处理对 2 个朝天椒品种的主枝果实数量及产量有一定影响,表现为整枝比不整枝处理的果实数量多、产量高,露天栽培下的主枝果实产量高于避雨栽培;2 个朝天椒品种的果实维生素 C、可溶性糖和蛋白质含量均表现为整枝比不整枝处理高,露天栽培比避雨栽培高;整枝和避雨栽培对朝天椒果实辣椒素(天然辣椒素和二氢辣椒素)含量有明显影响,表现为整枝处理显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )高于相同畦高不整枝处理,露天栽培显著( $P < 0.05$ )或极显著( $P < 0.01$ )高于避雨栽培。在以鲜果为目标产品的种植区,可根据当地的实际情况,通过高畦、整枝和避雨栽培等技术措施来提高朝天椒果实的商品性、辣度等内在品质。

**关键词:**朝天椒;高畦栽培;整枝措施;避雨栽培;形态特征;营养品质

**中图分类号:** S641.304 **文献标志码:** A **文章编号:** 1002-1302(2022)08-0157-09

朝天椒 [*Capsicum annuum* L. var. *conoides* (Mill.) Irish] 富含蛋白质、辣椒素、维生素 C 和可溶性糖等营养物质,广泛应用于食品、保健和医学等领域<sup>[1]</sup>。近年来,我国朝天椒种植面积不断扩大,其中新疆、河南、云南、贵州、海南、广东、广西和

湖南等省(自治区)是主要产区,这些地区既有适合朝天椒种植的气候和地理条件,同时也存在不同的逆境因子。华南地区高温高湿,涝害频发,2015—2016 年广西融水县山区因连续阴雨天气导致朝天椒大面积发生炭疽病,造成大量辣椒果实坏死,发病率达 100%,产量严重下降<sup>[2]</sup>。耿三省等的研究表明,高温条件下,南方普遍使用的辣椒露地栽培易发生烟草花叶病毒病、枯萎病、根腐病、青枯病、疫病和根结线虫病等;在高海拔地区,常出现的持

收稿日期:2021-11-29

项目基金:广西科技基地和人才专项(编号:桂科 AD19245173)。

作者简介:蒋月喜(1963—),男,广西灌阳人,助理研究员,从事茄果类蔬菜育种和设施栽培研究。E-mail:13807818029@163.com。

[14]陈凯,洪昕晨,林洲瑜,等.基于 GST 法与 AHP 法的森林公园康复性景观评价指标体系构建[J].江西农业大学学报,2017,39(1):118-126.

[15]郝江珊,王健. Delphi 法在筛选芳香植物园综合价值评价指标中的应用研究[J].中国园艺文摘,2015,31(5):80-82,106.

[16]蒋细旺.芳香植物及其景观营造方式[J].园林,2017(8):22-25.

[17]Li X, Lu Y M, Zhang Z, et al. The visual effects of flower colors on university students' psycho-physiological responses[J]. Journal of Food, Agriculture and Environment, 2012, 10(3):1294-1300.

[18]Elsadek M. People's psycho-physiological responses to landscape

colors stimuli: a pilot study[J]. International Journal of Psychology and Behavioral Sciences, 2014, 4(2):70-78.

[19]柴孝仙.衢州市观赏性芳香植物园应用调查研究[D].福州:福建农林大学,2013:10-72.

[20]陈雷.芳香植物专类园植物配置及景观营造探析[D].杨凌:西北农林科技大学,2013:26-28.

[21]贾梅,金荷仙,王声菲.园林植物挥发物及其在康复景观中对人体健康影响的研究进展[J].中国园林,2016,32(12):26-31.

[22]薛丹,殷倩.芳香植物研究概况和景观应用展望[J].中国城市林业,2015,13(5):28-31,47.

[23]罗海蓉,贾俊丽,梅雪莹,等.草本芳香植物在休闲农业中的应用[J].江苏农业科学,2019,47(21):11-16.

续低温会引起黄瓜花叶病毒病、轮纹病、叶斑病、青枯病、角斑病、根腐病和疫病等病害<sup>[3]</sup>。由于规模化生产伴随的区域固定化,以及长时间连作,近年来辣椒生产上病害逐渐加重<sup>[4]</sup>。高温多雨、涝害等因素引起生长环境改变,进而引起朝天椒植株徒长、病害发生、光合效率改变,从而导致品质和产量下降。针对相关因素进行的研究表明,整枝打杈不仅可以减少过密枝叶,改善植株的整体透光性,还能促使根系生长,有效延长辣椒生长期,改善果实品质,提升有效产量<sup>[5]</sup>;高畦栽培条件下,辣椒根系生长区土壤疏松透气性增加,促进了根系的生长发育,提高了植株根系的抗胁迫能力和对养分的吸收利用率;早春地膜覆盖能有效提高地温,提早播期,缩短生育期 3~4 d,果实成熟提前 4~5 d<sup>[6]</sup>,还能有效缓解病害、高温、涝害、杂草等逆境因素的胁迫,实现产品提早上市<sup>[7]</sup>;辣椒避雨栽培可减轻病害的发生程度,从而改善辣椒品质,提高经济效益<sup>[8]</sup>。

朝天椒果实的营养品质主要取决于蛋白质、辣椒素、维生素 C 和可溶性糖含量,同时,外观形状、硬度、光泽度和单果质量等既是生产指标也是商品品质指标,这些品质指标主要取决于品种本身,不同品种的品质指标存在差异,而栽培措施对朝天椒果实品质的形成具有明显影响,但目前关于整枝技术、起畦方式、避雨栽培对辣椒果实的影响研究基本停留在辣椒产量和果实外观特征上,而对不同栽培处理对朝天椒果实营养品质,特别是辣椒素的影响尚缺乏深入研究。鉴于此,本研究分别在朝天椒病害及种植逆境胁迫较严重的桂南和桂北地区开展朝天椒整枝处理、起畦方式和避雨栽培综合技术对朝天椒植株外观形态、果实特征、品质和产量等的影响研究,获得不同处理下朝天椒外观和营养品质改变的量化指标,分析引起各指标改变的生物学规律,以期为朝天椒栽培过程中克服逆境障碍,提高产品品质,实现产业优质、可持续生产提供理论依据和实践经验。

## 1 材料与方法

### 1.1 试验区概况

试验分别在桂南生态区的南宁市武鸣区双桥镇苏宫村(23°33'N, 108°37'E)和桂北生态区的桂林市资源县白洞村(26°1'N, 110°47'E)进行。南宁市武鸣区试验点海拔 111 m,年平均气温 21.7℃,

年均降水量 4 700 mm,属亚热带季风气候,夏季炎热多雨,春秋季节易旱,极端天气主要为高温、暴雨。试验地为砖红壤,肥力中等,基本理化性质:有机质含量为 19.9 g/kg,有效磷含量为 23.4 mg/kg,速效钾含量为 82.6 mg/kg,水解性氮含量为 107 mg/kg, pH 值为 6.9。该地朝天椒种植季节为 8—12 月播种,12 月至翌年 6 月收获,收获期降水量占全年降水量的 52.4%。

桂林市资源县试验点海拔 790 m,年平均气温 16.7℃,年均降水量 5 000 mm,属亚热带季风湿润气候,极端天气主要为霜、雾、暴雨、高温。试验地土壤为砖红壤,肥力中等,基本理化性质:有机质含量为 47.3 g/kg,有效磷含量为 86.6 mg/kg,速效钾含量为 127 mg/kg,水解性氮含量为 253 mg/kg, pH 值为 7.2。该地朝天椒种植季节为 2—5 月播种,6—10 月收获,收获期降水量占全年降水量的 62.5%。

### 1.2 试验材料

供试朝天椒品种为泰红霸王、超凡,均由南宁桂研种业有限责任公司提供。试验使用肥料为有机肥(纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量≥8%,有机质含量≥60%)、平衡复合肥(纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量均为 17%)、高氮复合肥(纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 25%、6%、9%)和高钾复合肥(纯 N、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 含量分别为 16%、5%、28%)。银灰双色地膜,宽 1.5 m,厚 0.012 mm。0.15 mm 聚氯乙烯(PVC)无滴避雨膜。

### 1.3 试验方法

试验地为朝天椒与瓜类蔬菜轮作地,试验小区面积为 15 m<sup>2</sup>(10.0 m×1.5 m),畦宽 1.1 m,四周设 2.0 m 保护行,畦面用银灰双色地膜覆盖。试验地按水肥一体化与自然排灌相结合管理水肥。施肥采用测土配方施肥,前期基肥施用有机肥和高氮复合肥,追肥前期用高氮复合肥和平衡复合肥,坐果期追施高钾复合肥。

#### 1.3.1 不同整枝和起畦技术对朝天椒果实外观性状及品质的影响

1.3.1.1 试验设计 试验于 2019 年 7 月至 2020 年 3 月在南宁市武鸣区双桥镇苏宫村进行。试验设起畦和整枝 2 种技术处理:普通畦,畦高 15 cm;高畦,垂直高度 30~32 cm,斜高 36 cm;不整枝,在植株整个生长期不进行人工去除侧枝处理;整枝,将门椒着生处分杈点以下的侧枝全部摘除,共进行 2~3 次整枝,在门椒露果前完成。根据不同品种

(泰红霸王、超凡)、整枝与否(不整枝、整枝)、畦高(高畦、普通畦)组合为 8 个处理,每个处理 3 次重复,共 24 个小区。使用标准育苗基质育苗,50 穴育苗盘育苗,达到标准苗时定植(下同)。

1.3.1.2 测定项目及方法 数据采集按国家农作物种质资源平台国家作物科学数据中心的《辣椒种质资源质量控制规范》执行。

每个小区标记 5 株朝天椒,记录门椒和对椒坐果时间,对椒成熟期测定株高、株幅、果实纵径和横径,记录老熟果色、硬度和分枝性;记录第 1 至第 3 次及最后一次朝天椒采收时间,每次采收时记录主枝果实数量及商品性,测定主茎果实横径和纵径、单果质量,计算主枝果实产量。第 2 次测产时每个小区采集标记 5 株朝天椒的主枝果和侧枝果,分别组成混合样,参照 GB/T 6195—1986《水果、蔬菜维生素 C 含量测定法》、GB 5009.5—2016《食品安全国家标准 食品中蛋白质的测定》和 NY/T 1278—2007《蔬菜及其制品中可溶性糖的测定 铜还原碘量法》分别测定果实的维生素 C、蛋白质和可溶性糖含量;采用高效液相色谱法测定果实天然辣椒素、二氢辣椒素和辣椒素含量。第 3 次商品果成熟期,每个小区标记 24 株朝天椒,统计朝天椒疫病发生情况,计算发病率。田间测定 3 次生物学指标,并统计取平均值,以 3 次小区采收的实际产量折算为试验产量。

1.3.2 避雨栽培对朝天椒果实外观性状及品质的影响

1.3.2.1 试验设计 试验于 2020 年 2—10 月在桂林市资源县白洞村进行。试验设起畦、整枝和避雨 3 种技术处理:起畦和整枝技术同“1.3.1.1”节;露天栽培处理,试验小区上方不设 PVC 无滴避雨膜;避雨栽培处理,在试验小区上方设置高 2.5 m、宽 4.0 m 的 PVC 无滴避雨膜,用不锈钢支撑固定。根据不同品种(泰红霸王、超凡)、整枝与否(不整枝、整枝)、畦高(高畦、普通畦)、是否避雨栽培(露天栽培、避雨栽培)组合为 16 个处理,每个处理 3 次重复,共 48 个小区。

1.3.2.2 测定项目及方法 数据采集按国家农作物种质资源平台国家作物科学数据中心的《辣椒种质资源质量控制规范》执行。

每个小区标记 5 株朝天椒,观察记录门椒和对椒坐果时间,对椒成熟期测定株高、株幅、果实纵径和横径,记录老熟果色、硬度和分枝性;记录第 1 至第 3 次朝天椒采收时间,每次采收时记录主枝果实

数量及商品性,测定主枝果实横径和纵径、单果质量,计算主枝果实产量。第 2 次测产时每个小区采集标记 5 株朝天椒的主枝果和侧枝果,分别组成混合样测定蛋白质、可溶性糖和辣椒素含量,测定方法同“1.3.1.2”节。田间测定 3 次生物学指标,并统计取平均值,以 3 次小区采收的实际产量折算为试验产量。

## 1.4 统计分析

试验数据采用 Excel 2010 进行整理,使用 SPSS 22.0 进行统计分析,数据的方差分析用最小显著差数法(LSD)进行多重比较。

## 2 结果与分析

2.1 不同整枝、起畦技术对朝天椒果实外观性状及品质的影响

2.1.1 不同整枝、起畦技术对朝天椒株高和株幅的影响 由表 1 可知,不同起畦处理对供试朝天椒的株幅和株高无显著影响。不同整枝处理对供试朝天椒的株幅无显著影响,但不整枝的株幅比整枝处理的大。不同整枝处理对不同朝天椒品种的株高影响不同,其中对泰红霸王无显著影响,对超凡有一定影响,表现为高畦不整枝处理的株高显著高于高畦整枝处理( $P < 0.05$ ),而普畦不整枝、普畦整枝和高畦不整枝处理间无显著差异;2 个朝天椒品种的株高均表现为不整枝高于整枝处理,均以高畦整枝处理的株高最矮。表明起畦处理对朝天椒株幅无明显影响,整枝处理对朝天椒株高有一定影响,整枝能控制朝天椒株高,防止徒长。

2.1.2 不同整枝、起畦技术对朝天椒主枝果实横径、纵径及单果质量的影响 由表 1 可知,不同起畦处理对供试朝天椒的主枝果实横径、纵径及单果质量均无显著影响。不同整枝处理对不同朝天椒品种主枝果实横径的影响不同,其中对泰红霸王无显著影响,对超凡有一定影响,以高畦不整枝处理的果实横径最小,显著小于普畦整枝处理,而普畦不整枝、普畦整枝和高畦整枝处理间差异不显著;不同整枝处理的主枝果实纵径和主枝单果质量均表现为高畦不整枝最短和最轻,普畦整枝最长和最重,二者间差异显著,而普畦整枝与普畦不整枝和高畦整枝处理间差异不显著;2 个朝天椒品种的主枝果实横径、纵径及单果质量均表现为整枝处理优于不整枝处理。表明整枝处理对朝天椒主枝果实生长有促进作用。

2.1.3 不同整枝、起畦技术对朝天椒主枝果实数量及产量的影响 由表 1 可知,不同起畦处理对供试朝天椒的主枝果实数量及产量均无显著影响。不同整枝处理对朝天椒主枝果实数量和主枝产量均无显著影响,但整枝比不整枝处理的果实数量多、产量高,其中泰红霸王的主枝果实产量以普畦整枝处理最高,达 20 799.72 kg/hm<sup>2</sup> (试验产量,下同),

比产量最低的普畦不整枝(17 315.10 kg/hm<sup>2</sup>)增产 20.12%,超凡的主枝果实产量亦以普畦整枝最高,为 20 539.98 kg/hm<sup>2</sup>,比产量最低的高畦不整枝处理(17 170.11 kg/hm<sup>2</sup>)增产 19.63%。可见整枝处理可通过对朝天椒果实外观性状的影响进而提高有效商品产量。

表 1 不同整枝、起畦技术处理对朝天椒果实农艺性状的影响

品种	处理	株幅 (cm)	株高 (cm)	主枝果实横径 (cm)	主枝果实纵径 (cm)	主枝单果 质量(g)	主枝结果数 (个)	主枝产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
泰红霸王	普畦不整枝	93.20±5.27aA	107.97±5.97aA	1.12±0.03aA	7.73±0.19abA	5.00±0.00abA	139.33±32.83aA	17 315.10±7.56aA
	普畦整枝	88.83±8.33aA	105.93±8.00aA	1.15±0.04aA	8.03±0.32aA	5.67±0.58aA	169.45±9.25aA	20 799.72±576.72aA
	高畦不整枝	96.97±2.61aA	111.33±5.16aA	1.11±0.04aA	7.50±0.24bA	4.67±0.58bA	144.11±35.62aA	18 882.99±2 593.08aA
	高畦整枝	86.10±7.17aA	99.33±7.81aA	1.13±0.03aA	7.56±0.16abA	5.00±0.00abA	154.56±20.62aA	19 059.30±1 558.71aA
超凡	普畦不整枝	99.67±7.71aA	89.50±6.72abA	1.06±0.01abA	8.00±0.24abA	4.67±0.58abA	167.78±36.09aA	19 813.14±2 016.36aA
	普畦整枝	91.10±6.68aA	89.07±5.90abA	1.10±0.01aA	8.17±0.03aA	5.00±0.00aA	197.44±15.21aA	20 539.98±852.93aA
	高畦不整枝	92.97±5.44aA	91.90±7.08aA	1.05±0.02bA	7.73±0.09bA	4.00±0.00bA	153.00±38.35aA	17 170.11±2 326.05aA
	高畦整枝	91.77±5.22aA	83.60±4.97bA	1.06±0.04abA	8.00±0.18abA	4.33±0.58abA	162.44±12.72aA	17 660.70±391.77aA

注:相同品种同列数据后不同大写、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平上差异显著。表 2 同。

2.1.4 不同整枝、起畦技术对朝天椒果实品质的影响 由表 2 可知,不同整枝起畦处理对朝天椒果实蛋白质含量无显著影响,其中泰红霸王果实蛋白质含量为 3.35%~3.58%,超凡果实蛋白质含量为 3.60%~3.77%,2 个品种均表现为整枝处理的果实蛋白质含量略高于不整枝处理。不同整枝处理对不同朝天椒品种果实可溶性糖含量的影响存在差异,对超凡果实可溶性糖含量无显著影响,但对泰红霸王果实可溶性糖含量存在极显著影响( $P <$

0.01,下同),其中高畦整枝处理的可溶性糖含量最高,为 4.12%,极显著高于其他处理,以普通畦不整枝处理最低,为 3.06%,极显著低于其他处理。2 个品种不同处理下的维生素 C 含量存在显著差异,相同畦高整枝处理下的朝天椒果实维生素 C 含量显著高于不整枝处理;不同起畦技术下整枝处理的维生素 C 含量间无显著差异,但高畦处理的维生素 C 含量较普畦处理高。

表 2 不同整枝、起畦技术处理对朝天椒果实品质的影响

品种	处理	蛋白质含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	天然辣椒素含量 (mg/kg)	维生素 C 含量 (μg/g)	二氢辣椒素含量 (mg/kg)	辣椒素总量 (mg/kg)
泰红霸王	普通畦不整枝	3.35±0.15aA	3.06±0.00cC	90.97±0.28cB	159.90±3.86bB	59.35±0.68bB	167.00
	普通畦整枝	3.58±0.02aA	3.91±0.02bB	113.30±1.13aA	176.30±2.83aAB	68.58±0.28aA	202.00
	高畦不整理枝	3.43±0.10aA	3.93±0.01bB	90.15±0.10cB	163.53±3.94bB	54.90±0.08dC	161.00
	高畦整枝	3.51±0.01aA	4.12±0.01aA	93.51±1.03bB	184.83±3.09aA	56.58±0.54cC	167.00
超凡	普通畦不整枝	3.60±0.11aA	3.20±0.06aA	328.05±3.89dD	180.72±2.60bB	158.90±1.84dD	541.00
	普通畦整枝	3.77±0.04aA	3.29±0.02aA	440.10±8.20cC	215.28±4.86aA	212.45±4.03cC	725.00
	高畦不整理枝	3.65±0.03aA	3.15±0.08aA	514.00±4.38bB	188.87±2.81bB	238.55±2.33bB	836.00
	高畦整枝	3.68±0.05aA	3.24±0.04aA	587.35±1.06aA	227.60±7.87aA	280.75±0.21aA	965.00

整枝处理对朝天椒果实辣椒素含量具有显著或极显著影响,均表现为整枝处理显著或极显著高于相同畦高不整枝处理。对于天然辣椒素含量,泰红霸王果实表现为普通畦整枝>高畦整枝>普通

畦不整枝>高畦不整理枝处理,相同畦高条件下,普通畦整枝处理比不整枝处理高 24.55%,二者间差异极显著,高畦整枝处理比不整枝处理高 3.73%,二者间差异显著;超凡果实表现为高畦整

枝 > 高畦不整枝 > 普通畦整枝 > 普通畦不整枝处理,且不同处理间差异极显著,相同畦高条件下,普通畦整枝处理比不整枝处理高 34.16%,高畦整枝处理比不整枝处理高 14.27%。对于二氢辣椒素含量,泰红霸王果实表现为普通畦整枝 > 普通畦不整枝 > 高畦整枝 > 高畦不整枝处理,相同畦高条件下,普通畦整枝处理比不整枝处理高 15.55%,二者间差异极显著,高畦整枝处理比不整枝处理高 3.06%,二者间差异显著;超凡果实表现为高畦整枝 > 高畦不整枝 > 普通畦整枝 > 普通畦不整枝处理,相同畦高条件下,普通畦整枝处理比不整枝处理高 33.70%,二者间差异极显著,高畦整枝处理比不整枝处理高 17.69%,二者间差异极显著。对于辣椒素总量,泰红霸王表现为普通畦整枝 > 高畦整枝 = 普通畦不整枝 > 高畦不整枝处理,相同畦高条件下,普通畦整枝处理比不整枝处理高

20.96%,高畦整枝处理比不整枝处理高 3.73%;超凡果实表现为高畦整枝 > 高畦不整枝 > 普通畦整枝 > 普通畦不整枝处理,相同畦高条件下,普通畦整枝处理比不整枝处理高 34.01%,高畦整枝处理比不整枝处理高 15.43%。

为明确整枝处理对朝天椒果实辣椒素含量的影响,进一步对 2 个品种辣椒素各成分进行定量分析。由图 1 可以看出,整枝对朝天椒果实辣椒素的影响主要是提高了天然辣椒素和二氢辣椒素含量,其中,泰红霸王果实天然辣椒素含量在普畦整枝和高畦整枝条件下对辣椒素总量提高的贡献率分别为 63.80%、56.00%,二氢辣椒素含量的贡献率分别为 26.37%、28.00%;超凡果实天然辣椒素含量在普畦整枝和高畦整枝条件下对辣椒素总量提高的贡献率分别为 60.90%、56.86%,二氢辣椒素含量的贡献率分别为 29.10%、32.71%。

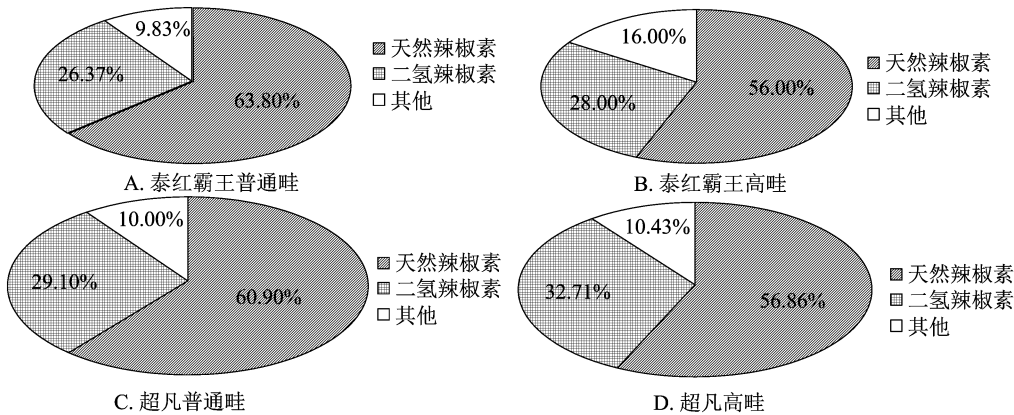


图1 整枝比不整枝处理朝天椒果实辣椒素增量中各成分的贡献率

2.1.5 不同整枝、起畦技术对朝天椒疫病发生及商品果外观性状的影响 由表 3 可知,不同整枝、起畦处理的朝天椒疫病发病率表现为高畦整枝 < 高畦不整枝 < 普畦整枝 < 普畦不整枝,以高畦整枝处理的疫病发病率最低,仅为 6.25%,比发病率最高的普畦不整枝处理低 71.87%,表明采用高畦栽培可降低朝天椒疫病的发病率。商品果成熟期观察发现,整枝处理的果实果皮饱满,光泽度好,果实硬度

高,明显优于不整枝处理。

2.2 避雨栽培对朝天椒果实外观性状及品质的影响

2.2.1 避雨栽培对朝天椒株高和株幅的影响 由表 4 可知,无论是否采用避雨栽培,2 个朝天椒品种的株高和株幅均表现为相同畦高处理条件下不整枝处理高于或大于整枝处理;避雨栽培下的株高和株幅均高于或大于整枝处理下露天栽培的植株。表明整枝能控制朝天椒株高,防止徒长,而避雨栽培会造成朝天椒植株徒长。

2.2.2 避雨栽培对朝天椒果实纵径、横径、主枝单果质量及产量的影响 由表 5、表 6 可知,相同畦高和整枝条件下,2 个朝天椒品种避雨栽培的主枝果实纵径比露天栽培长,而避雨栽培的主枝果实横径比露天栽培小;相同整枝处理条件下,2 个朝天椒品

表 3 不同整枝、起畦处理对朝天椒疫病发生的影响

处理	调查株数 (株)	发病株数 (株)	疫病发病率 (%)
普畦不整枝	144	32	22.22
普畦整枝	144	19	13.19
高畦不整枝	144	15	10.42
高畦整枝	144	9	6.25

表 4 避雨栽培对朝天椒株高和株幅的影响

是否避雨	处理	泰红霸王		超凡	
		株高 (cm)	株幅 (cm)	株高 (cm)	株幅 (cm)
露天	普畦不整枝	97.27 ± 1.23cdCDE	90.60 ± 1.59dD	78.66 ± 1.64bA	101.50 ± 1.48cBC
	普畦整枝	95.30 ± 2.05dDE	90.42 ± 1.92dD	77.32 ± 1.98bA	93.36 ± 1.76dD
	高畦不整枝	104.32 ± 1.38bcBCD	94.29 ± 0.77cdBCD	81.65 ± 1.21abA	101.35 ± 2.45cBC
	高畦整枝	87.49 ± 1.37eE	92.88 ± 1.26dCD	77.33 ± 3.03bA	96.68 ± 1.83cdCD
避雨	普畦不整枝	110.26 ± 4.20bAB	101.65 ± 2.60bAB	84.97 ± 2.68abA	115.00 ± 1.60aA
	普畦整枝	105.66 ± 2.95bBCD	98.71 ± 1.80bcBC	82.73 ± 5.27abA	109.60 ± 1.86bA
	高畦不整枝	118.30 ± 3.28aA	107.19 ± 1.20aA	88.69 ± 1.17aA	108.44 ± 1.60bAB
	高畦整枝	107.76 ± 1.66bABC	95.41 ± 2.10cdBCD	81.75 ± 2.02abA	107.91 ± 1.50bAB

注:同列数据后不同大、小写字母分别表示在 0.01、0.05 水平下差异显著。表 5、表 6、表 7 同。

表 5 避雨栽培对泰红霸王果实特征及产量的影响

是否避雨	处理	主枝果实纵径 (cm)	主枝果实横径 (cm)	主枝单果质量 (g)	主枝产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
露天	普畦不整枝	7.80 ± 0.53bB	1.01 ± 0.03abA	5.10 ± 0.53abAB	15 649.38 ± 453.15dDE
	普畦整枝	8.94 ± 0.16aAB	1.07 ± 0.03aA	6.00 ± 0.17aA	20 711.34 ± 454.14aA
	高畦不整枝	8.54 ± 0.28abAB	0.96 ± 0.04abA	5.12 ± 0.35abAB	18 434.97 ± 414.14bcBC
	高畦整枝	9.11 ± 0.15aAB	1.02 ± 0.03abA	5.63 ± 0.46aAB	19 688.17 ± 346.68abAB
避雨	普畦不整枝	8.42 ± 0.33abAB	0.97 ± 0.05abA	4.33 ± 0.43bB	14 093.86 ± 614.86eE
	普畦整枝	9.45 ± 0.16aA	1.02 ± 0.08abA	5.56 ± 0.16aAB	16 065.40 ± 629.29dDE
	高畦不整枝	8.93 ± 0.24aAB	0.92 ± 0.04bA	5.14 ± 0.33abAB	16 454.38 ± 645.85dCD
	高畦整枝	9.16 ± 0.20aAB	1.01 ± 0.05abA	6.00 ± 0.20aA	16 985.11 ± 417.83cdCD

表 6 避雨栽培对超凡果实特征及产量的影响

是否避雨	处理	主枝果纵径 (cm)	主枝果横径 (cm)	主枝单果质量 (g)	主枝产量 (kg/hm <sup>2</sup> )
露天	普畦不整枝	7.12 ± 0.21dC	0.93 ± 0.03aA	4.79 ± 0.23aABC	21 581.69 ± 749.86abAB
	普畦整枝	7.43 ± 0.22bcdBC	0.98 ± 0.05aA	4.95 ± 0.45aAB	22 434.10 ± 372.73aA
	高畦不整枝	7.36 ± 0.15cdBC	0.94 ± 0.03aA	3.81 ± 0.14bBC	20 315.63 ± 739.60bcABC
	高畦整枝	7.46 ± 0.26bcdBC	0.95 ± 0.03aA	3.86 ± 0.27bBC	20 548.89 ± 150.14abcAB
避雨	普畦不整枝	7.67 ± 0.15abcABC	0.88 ± 0.04aA	3.55 ± 0.21bC	19 960.20 ± 533.14bcABC
	普畦整枝	8.11 ± 0.13aA	0.93 ± 0.03aA	4.90 ± 0.33aAB	21 161.81 ± 707.02abAB
	高畦不整枝	7.86 ± 0.07abAB	0.80 ± 0.05aA	4.93 ± 0.31aAB	17 742.10 ± 762.44dC
	高畦整枝	8.09 ± 0.09aA	0.93 ± 0.05aA	5.39 ± 0.27aA	19 120.94 ± 611.98cdBC

种主枝单果质量在普畦条件下露天栽培比避雨栽培重,在高畦条件下露天栽培比避雨栽培轻。主要原因为普畦栽培条件下,露天与避雨栽培面对灌溉、土壤水分所形成的互作条件相当,并没有突出的因子来解决病害或制造更适合根系生长的环境,同时,露天与避雨栽培处理下的光照度和小环境温度不同,避雨条件下的小环境温度较高,光照度低,因此在不同的温度和光照影响下导致光合效率不同,从而在相同时间测得的单果质量露天栽培较避雨栽培重;而在高畦处理下,朝天椒植株根系微环

境受雨水及病害的影响较小,另一方面雨水对露天栽培冲刷淋溶所导致的养分流失比避雨栽培严重,相同的施肥量避雨栽培的利用率高,因此避雨栽培处理下果实比露天栽培重。数据显示露天栽培下的主枝产量高于避雨栽培,其中泰红霸王普畦整枝处理下露天栽培比避雨栽培高 4 645.94 kg/hm<sup>2</sup>,增幅为 28.92%,增幅极显著。

本试验关注了露天和避雨栽培朝天椒坐果盛期(8 月和 9 月)的田间温度变化。露天处理下,8 月和 9 月平均昼温分别为 27.39、22.06 ℃,夜温分

别为 20.39、18.34 ℃,同期避雨栽培平均昼温分别为 29.60、23.05 ℃,夜温分别为 20.31、18.54 ℃,2 种处理的平均夜温差别不明显,但昼温有明显差别,8 月和 9 月露天处理比避雨处理的田间温度分别低 2.21、0.99 ℃。辣椒的最适生长温度为白天 18~25 ℃,夜间 15~18 ℃,辣椒在 25 ℃ 时有最高净光合速率<sup>[8]</sup>。本试验中,8 月露天和避雨处理下

田间昼温高于 25 ℃ 的天数分别为 27、30 d,高于 30 ℃ 的天数分别为 1、14 d;9 月露天和避雨处理下田间昼温高于 25 ℃ 的天数分别为 6、10 d,高于 30 ℃ 的天数分别为 0、2 d,差异较大(图 2)。避雨处理下,棚内光照度低辣椒植株光合作用弱,温度高则呼吸作用强,有机物消耗大,导致避雨栽培条件下辣椒主枝果实产量低于露天栽培。

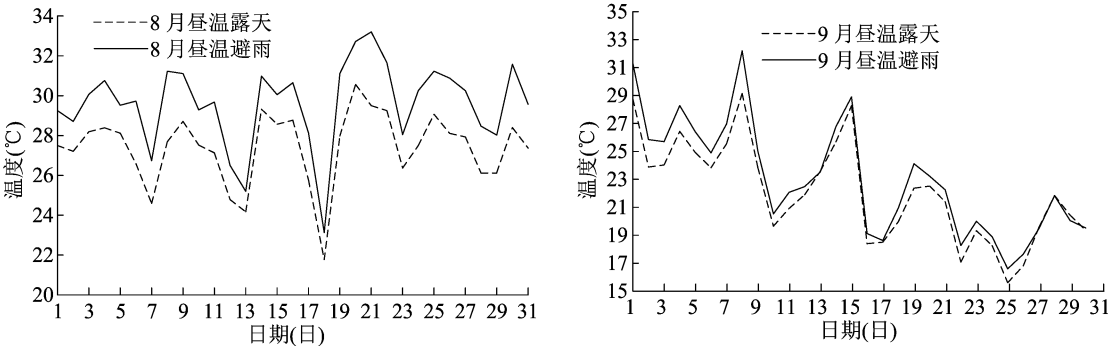


图2 桂林市资源县白洞村 2020 年 8—9 月露天和避雨棚下温度比较

2.2.3 避雨栽培对朝天椒果实品质的影响 由表 7 可知,2 个朝天椒品种的果实可溶性糖含量在不同处理间差异不显著,但总体表现为相同畦高下整枝高于不整枝处理,露天栽培高于避雨栽培。不同处理对朝天椒的果实蛋白质含量存在一定影响,露天栽培下朝天椒果实的蛋白质含量高于避雨栽培,其中泰红霸王露天高畦整枝处理最高,为 3.07%,极显著高于避雨高畦不整枝处理(2.17%),超凡露天普畦整枝处理含量最高,为 4.02%,极显著高于避雨高畦不整枝处理(3.33%)。由此可见,避雨栽培会导致

朝天椒果实可溶性糖和蛋白质含量下降,与前述高温影响光合作用及呼吸作用的生化规律相吻合。避雨栽培对朝天椒果实的辣椒素含量影响明显,相同整枝和起畦处理下 2 个品种果实辣椒素总量露天栽培极显著高于避雨栽培,其中,泰红霸王露天高畦整枝处理辣椒素总量最高,为 771.33 mg/kg,比避雨高畦整枝处理(585.00 mg/kg)高 31.85%,超凡露天普畦整枝处理总量最高,为 813.66 mg/kg,比避雨普畦整枝处理(417.66 mg/kg)高 94.81%。可见,避雨栽培会严重影响果实辣椒素的形成和积累。

表 7 避雨栽培对朝天椒果实品质的影响

是否避雨	处理	泰红霸王			超凡		
		蛋白质含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	辣椒素总量 (mg/kg)	蛋白质含量 (%)	可溶性糖含量 (%)	辣椒素总量 (mg/kg)
露天	普畦不整枝	2.77 ± 0.42abcAB	4.40 ± 0.12aA	531.00 ± 17.10cD	3.84 ± 0.08abAB	3.96 ± 0.15aA	662.66 ± 11.26bB
	普畦整枝	2.96 ± 0.19abAB	4.47 ± 0.30aA	623.66 ± 21.65bB	4.02 ± 0.16aA	4.18 ± 0.05aA	813.66 ± 10.17aA
	高畦不整枝	2.73 ± 0.09abcAB	3.58 ± 0.90aA	755.66 ± 15.34aA	3.51 ± 0.14bcAB	3.74 ± 0.11aA	592.00 ± 17.01cB
	高畦整枝	3.07 ± 0.12aA	4.61 ± 0.22aA	771.33 ± 10.68aA	3.66 ± 0.08abcAB	4.10 ± 0.12aA	673.33 ± 10.97bB
避雨	普畦不整枝	2.60 ± 0.11bcABC	3.47 ± 0.62aA	411.33 ± 30.87dE	3.42 ± 0.12cB	3.01 ± 0.46aA	270.33 ± 11.26fD
	普畦整枝	2.80 ± 0.17abcAB	3.57 ± 0.54aA	508.33 ± 4.67cD	3.59 ± 0.16bcAB	3.31 ± 0.54aA	417.66 ± 50.10deC
	高畦不整枝	2.17 ± 0.07dC	3.31 ± 0.42aA	488.66 ± 3.38cD	3.33 ± 0.10cB	2.99 ± 0.61aA	384.33 ± 10.68eC
	高畦整枝	2.54 ± 0.11cBC	3.41 ± 0.53aA	585.00 ± 9.60bBC	3.57 ± 0.10bcAB	3.32 ± 0.63aA	466.33 ± 10.65dC

3 讨论与结论

栽培措施对朝天椒植株外观形态、果实特征、品质和产量等均会产生不同程度的影响。植物在整个生长过程中都在发生光合作用,而光照度可影

响光合产物的形成,直接影响植物的营养生长和生殖生长。整枝处理去除了侧枝和无效枝,避免了徒长,从而使植株株高矮于不整枝处理。研究表明,在一定的光照度和温度条件下,高温能有效促进下胚轴的生长,且在弱光、高温条件下更显著<sup>[9]</sup>。辣

椒苗期若不及时整枝,植株受光量减少,加之在避雨栽培下温度升高,下胚轴即主茎部分生长速度快,从而导致避雨栽培比露天栽培的植株高。温度过高、光照较弱等也会影响辣椒的正常生长<sup>[9]</sup>。夜间温度高于 20 ℃ 会导致辣椒植株过分消耗营养,出现徒长;而光照较弱且又遭遇连续阴雨,植物的向光性使茎叶抢夺养分,植株出现徒长。本研究避雨栽培下,避雨棚内光照度小于露天栽培,植株与生俱来的向光性促使植株向上生长,大量的养分流向营养生长,形成徒长。

栽培方式对朝天椒果实的纵径和横径也会产生影响,从而改变果实的商品性。整枝处理后,光通透率增加、有效光合面积增加,主茎叶获得的光照增加,促进了主茎的花芽分化,使营养分配均匀,从而使主干果果实变大、均匀度提高。整枝也改变了植株的茎、枝、叶结构,促使植株的光能利用率提高,同时整枝改善了小区的通风情况,使得充足的 CO<sub>2</sub> 参与光合作用,促进果实变大、主干果数量增加,且使果实大小更加均匀,次品果减少,提高了有效产量。避雨栽培能提高果实的商品性,促进果实增长,其机制与细胞分裂、膨大和生理生化有着密切的关系。对于辣椒果实来说,果皮细胞径向分裂的结果是增加果实横径,横向分裂的结果是增加果实纵径,切向分裂的结果是增加果皮厚度。辣椒果实的生长主要是前期细胞的分裂和后期细胞的膨大,前期细胞横向分裂是果实纵径伸长的重要影响因素。细胞膨大主要发生在中果皮,并对果实横径、果皮厚度及后期的果实纵径伸长起决定作用。大多数植物在花粉和胚乳授粉受精后产生大量的生长素,生长素的基本作用是调控细胞的伸长和分裂<sup>[10]</sup>。在植物果实发育过程中,细胞分裂素具有多种作用,如可促进植物果实同化物的积累,影响胚乳的发育,还可促进细胞分裂,从而使果实体积不断增大<sup>[11]</sup>。

植物果实的产量取决于光合效率、光照、温度、通透性及养分供给。整枝处理后,植株光通透率、有效光合面积及 CO<sub>2</sub> 浓度增加,光合效率提高,同时,更多的光合产物向主枝及果实转运,使主枝果实碳水化合物增加,导致果实变大、均匀度提高,从而提高果实的产量<sup>[12]</sup>。避雨栽培比露天栽培植株高,因光照减弱导致其生殖生长变弱,光合效率低,而小环境温度的升高又导致呼吸作用加强,从而导致碳水化合物的积累减少,进而影响其产量,同时由于流向生殖生长的养分不足,花芽分化不良,果

实数量减少,最终造成避雨栽培下的朝天椒产量比露天处理低。

聂伟燕等的研究表明,缺水胁迫会促使线辣椒的根伸长、根表面积增大、侧根数增加,最终导致根与养分、水分的接触面增大,促使根系从更厚的土层中吸收所需的水分和养分;在一定范围内,水分胁迫程度越大,辣椒果实中可溶性糖含量越高<sup>[13-14]</sup>。高畦栽培可使土壤变得疏松多孔,透气性增强,降低土壤含水量,防止根系积水;同时,起高畦增加了对光照的接收面积,提高光合效率,促进辣椒根系的生长。本研究中,高畦栽培下朝天椒果实中的可溶性糖含量高于普畦处理,这与聂伟燕等的研究结果<sup>[14]</sup>一致。糖是光合作用的主要产物,与光照度有直接的关系,避雨栽培下光照度减弱,糖的形成速度变慢、量少,因此,避雨栽培下辣椒果实的可溶性糖含量低于露天栽培。郭晓冬的研究表明,在其他栽培条件相同的情况下,光照度不是辣椒果实可溶性糖含量的重要影响因素<sup>[15]</sup>。本研究中,辣椒果实可溶性糖含量不同处理间差异不显著,但总体表现为相同畦高下整枝高于不整枝处理,露天栽培高于避雨栽培。蛋白质是植物重要的同化产物之一,别之龙等的研究表明,弱光条件下植物体绿色部分光合速率的降低会导致光合产物减少,同时弱光也会导致光合产物转运速度减慢<sup>[16]</sup>。马国成等在黄瓜的弱光处理试验中发现,弱光减少了叶片中光合产物的对外输出,同时减少了产物对果实的运输比例<sup>[17]</sup>。本研究中,避雨处理下棚内的光照度比露天处理低,朝天椒叶片的光合速率下降,导致光合产物减少,对果实的分配比例下降,故避雨处理下的朝天椒果实蛋白质含量比露天处理低,与别之龙等的研究结果<sup>[16-17]</sup>一致。朝天椒果实中的维生素 C 来源于绿色叶片的转运及青果阶段的合成和积累<sup>[18]</sup>。本研究通过整枝处理,增加了植株的有效光合面积及小区的通透性,促进了叶片的光合作用,叶片合成更多的维生素 C 转运到果实;同时,更强烈的光合作用也促进了果实的增大,更大的表面积使青果能合成更多的维生素 C 并积累,这与徐毅等的研究结论<sup>[18-19]</sup>一致。

研究表明,高温、昼夜温差大、干旱和光照充足会促进辣椒素的积累,遮阴栽培和增施氮肥会降低辣椒素含量<sup>[20-26]</sup>。本研究中,通过整枝处理增加了主枝果实的受光面积和受光量,因而增加了辣椒素含量,这与繆武等的研究结果<sup>[20]</sup>一致。王宁等在不



同栽培条件下辣椒果实辣椒素含量的分析与数量性状基因座 (QTL) 定位研究中设置了露地和温室 2 个不同处理,结果表明露地处理的辣椒果实辣椒素类物质含量大多高于温室,表明温度高且昼夜温差大及低湿环境有利于辣椒素类物质的积累<sup>[23]</sup>。本研究中采用的透明薄膜避雨棚膜在一定程度上削弱了照射到辣椒果实上的光照度,同时,避雨棚下过高的温度及高湿环境使朝天椒果实的辣椒素含量下降,这与王宁等的研究结果<sup>[23]</sup>一致。生产实践中,相同品种植株株幅小的果实中辣椒素含量更高,因此可通过整枝处理来提高果实的辣椒素含量。已有的报道仅局限于栽培技术对辣椒素总量的研究,本研究进一步关注辣椒素总量中不同成分在不同处理中的变化情况。天然辣椒素由辣椒素、二氢辣椒素、降二氢辣椒素、高二氢辣椒素和高辣椒素等组成<sup>[26]</sup>。以泰红霸王为例,普通畦整枝处理的天然辣椒素含量比不整枝处理高 24.55%,高畦整枝处理的天然辣椒素含量比不整枝处理高 3.73%;普通畦整枝处理的二氢辣椒素含量比不整枝处理高 15.55%,高畦整枝处理的二氢辣椒素含量比不整枝处理高 3.06%。可见,整枝技术对辣椒素总量的改变,主要是改变天然辣椒素和二氢辣椒素的含量,而辣椒的辣度主要由二氢辣椒素决定,这对生产实际具有指导意义。本研究探讨了不同栽培措施下温度、光照和营养等外在因素对朝天椒果实中天然辣椒素和二氢辣椒素积累的影响,有关 2 种辣椒素在本研究优质栽培技术措施下所导致的合成效率提高及其机制有待进一步探究。

综上所述,整枝、高畦和避雨栽培能从不同角度影响朝天椒的形态特征和营养品质。在以鲜果为目标产品的种植区,可根据当地的实际情况,通过整枝、高畦和避雨栽培等技术措施来提高朝天椒果实商品性、辣度等内在品质。

致谢:感谢南宁桂研种业有限责任公司为本研究提供试验场地;感谢南宁桂研种业有限责任公司张桂文、黄克会,资源县众鑫生态种养专业合作社邹定友、邹定贵为本试验提供帮助!

#### 参考文献:

- [1] 刘菲菲,王 兵,曹建新. 辣椒碱应用研究进展[J]. 食品工业科技,2012,33(16):368-371.
- [2] 杨 群. 指天椒简易大棚避雨栽培技术要点[J]. 南方农业,2019,13(35):1-2.
- [3] 耿三省,陈 斌,张晓芬,等. 我国辣椒品种市场需求变化趋势及

- 育种对策[J]. 中国蔬菜,2015(3):1-5.
- [4] 王立浩,张正海,曹亚从,等. “十二五”我国辣椒遗传育种研究进展及其展望[J]. 中国蔬菜,2016(1):1-7.
- [5] 林桂玉,梁增文,胡永军,等. 不同整枝方式对设施辣椒产量和性状的影响[J]. 中国果菜,2020,40(2):48-50.
- [6] 景卫国. 北方地区日光温室辣椒高垄栽培优化设计与田间管理[J]. 农业科技与信息,2019(4):29-30.
- [7] 张可君. 辣椒地膜覆盖高垄栽培技术[J]. 农业技术与装备,2013(16):43-44.
- [8] 李 颖,谢河山,郑会龙,等. 华南地区辣椒避雨栽培技术[J]. 上海蔬菜,2019(6):25-27.
- [9] 王红飞. 光照强度、温度和水势协同调控白菜 (*Brassica rapa*) 下胚轴伸长的细胞学及蛋白质组学机制[D]. 北京:中国农业科学院,2019.
- [10] 曹亚从. 辣椒果实细胞学、转录组分析及赤霉素受体 CaGID1s 和 DELLA 蛋白 CaGAI 功能、互作研究[D]. 北京:中国农业大学,2015.
- [11] 周 蕾,魏琦超,高 峰. 细胞分裂素在果实及种子发育中的作用[J]. 植物生理学通讯,2006,42(3):549-553.
- [12] 刘 帅,吴 洁,孙巨龙,等. 缩节胺与整枝打顶互作对长江流域直播棉花冠层光能分布、产量和品质的影响[J]. 江苏农业科学,2022,50(4):58-62.
- [13] 聂伟燕. 水分胁迫下线辣椒生长发育及生理响应[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [14] 聂伟燕,赵尊练,夏云飞,等. 水分胁迫对线辣椒根系生长及产量的影响[J]. 干旱地区农业研究,2014,32(4):30-36.
- [15] 郭晓冬. 低温弱光对日光温室辣椒生长及其生理功能的影响[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2008.
- [16] 别之龙,刘佩瑛,李家标,等. 温度和光强对辣椒生殖器官脱落的影响[J]. 西南农业大学学报,1995,17(3):228-231.
- [17] 马国成,张福墁. 日光温室不同光温环境对黄瓜光合产物运输及分配的影响[J]. 北京农业大学学报,1995,21(1):34-38.
- [18] 徐 毅,陈建南,罗兆荣,等. 辣椒维生素 C 含量变化的初步研究[J]. 江西农业学报,1990,2(1):53-58.
- [19] 伍 翔. 辣椒果实与叶片 Vc、糖含量变化及相关酶活性的初步研究[D]. 长沙:湖南农业大学,2009.
- [20] 缪 武,刘志敏. 辣椒素类物质代谢生理研究进展[J]. 辣椒杂志,2005(1):1-4.
- [21] 常晓珂,张 强,韩娅楠,等. 不同类型辣椒中辣椒素含量测定及辣度分析[J]. 中国瓜菜,2019,32(9):30-33.
- [22] 吕长山,王金玲,李瑞兰,等. 光照强度对辣椒果实中辣椒素含量的影响[J]. 北方园艺,2005(4):69-70.
- [23] 王 宁,张正海,王立浩,等. 不同栽培条件下辣椒果实辣椒素含量的分析与 QTL 定位[J]. 中国蔬菜,2016(3):19-25.
- [24] 王金玲. 光照强度及氮肥对辣椒果实辣椒素代谢、品质和产量的影响[D]. 哈尔滨:东北农业大学,2004.
- [25] 狄 云. 光照强度对辣椒果实品质及辣椒素代谢生理影响的初步研究[D]. 北京:中国农业大学,1999.
- [26] 付 杨,黄雨婷,黄紫霖,等. 不同处理条件下干辣椒中辣椒素类物质含量的变化规律[J]. 食品科技,2016,41(8):55-58.