

DOI: 10.16861/j.cnki.zggc.2024.0560

基于多种分析方法对朝天椒农艺性状的综合评价

王虹, 郑明燕, 贾毛毛, 李金玲, 马瑜, 杨玉华, 高小峰, 源朝政, 周晓静

(南阳市科学院 河南南阳 473000)

摘要: 探明不同朝天椒品种主要农艺性状与产量的内在联系, 为选育高产优质朝天椒品种提供支撑。以 34 个朝天椒品种为材料, 对 10 个农艺性状, 采用相关性分析、多元回归分析、通径分析及主成分分析进行综合评价。结果表明, 单株果数变异系数最大, 为 30.00%。株高、株幅与单株干果总质量呈极显著正相关; 单果干质量、有效分枝数与单株干果总质量呈显著正相关。通径分析和回归分析结果表明, 单株果数、单果干质量、果实横径、果实纵径、有效分枝数是影响单株干果总质量的主要因素。主成分分析将朝天椒的主要性状综合成产量性状、果形、株高 3 个主成分因子, 其贡献率分别为 39.979%、26.783%、13.439%, 3 个主成分累计贡献率为 80.201%。综上, 在选育高产朝天椒品种时, 应重点提高株高、单株果数、单果干质量、果实横径、果实纵径和有效分枝数。

关键词: 朝天椒; 农艺性状; 综合评价

中图分类号: S641.3

文献标志码: A

文章编号: 1673-2871(2025)06-061-07

Comprehensive evaluation of agronomic traits of pod pepper based on various analysis methods

WANG Hong, ZHENG Mingyan, JIA Maomao, LI Jinling, MA Yu, YANG Yuhua, GAO Xiaofeng, YUAN Chaozheng, ZHOU Xiaojing

(Nanyang Academy of Sciences, Nanyang 473000, Henan, China)

Abstract: In order to support for breeding high-yield and high-quality pepper varieties, the inner relationship between main agronomic traits and the yield of different pepper varieties was explored. Taking 34 pepper varieties as materials, 10 agronomic characters were comprehensively evaluated by correlation analysis, multiple regression analysis, path analysis and principal component analysis. The results showed that the maximum coefficient of variation of fruit number per plant was 30.00%. Plant height and plant spread were positively correlated with the total mass of dried fruit per plant. The dry mass of single fruit and the number of effective branches were positively correlated with the total mass of dried fruit per plant. Path analysis and regression analysis indicated that the number of fruits per plant, the dry mass of single fruit, the transverse diameter of fruit, the longitudinal diameter of fruit and the number of effective branches were the main factors affecting the total quality of dried fruit per plant. The main agronomic characters of pod pepper could be shortened to three principal components by principal component analysis and factor analysis, including yield character factor, fruit shape factor and plant height factor, and their contribution rate was 39.979%, 26.783% and 13.439%, respectively. The cumulative contribution rate of the three principal components was 80.201%. In summary, for breeding pepper varieties, we should focus on improving plant height, the number of fruits per plant, the dry mass of single fruit, the transverse diameter of fruit, the longitudinal diameter of fruit and the number of effective branches.

Key words: Pod pepper; Agronomic trait; Comprehensive evaluation

朝天椒 (*Capsicum annuum* var. *frutescens* L.) 属茄科辣椒属, 是辣椒的 1 个变种^[1], 具有干鲜两用、营养价值高、经济效益好等特点^[2-3]。近年来全国辣椒种植面积稳定在 210 万 hm^2 以上, 是种植面

积最大的蔬菜, 河南省种植辣椒面积超过 24 万 hm^2 ^[4], 其中 1/4 为朝天椒, 朝天椒的种植面积逐年增加, 且对高产优质的朝天椒新品种需求量大增。由于我国选育朝天椒的工作起步较晚, 目前以

收稿日期: 2024-09-05; 修回日期: 2024-12-19

基金项目: 河南省大宗蔬菜产业技术体系(HARS-22-07-Z4)

作者简介: 王虹, 女, 助理研究员, 主要从事蔬菜育种研究。E-mail: wanghong316@163.com

通信作者: 郑明燕, 女, 副研究员, 主要从事蔬菜育种研究。E-mail: zmy123335@sina.com

常规种或由韩国、日本等国引入为主^[5]。现阶段,要培育出高产优质的朝天椒新品种,必须要有丰富的种质材料做基础,此外,对有关性状的综合评价也必不可少。因此深入研究朝天椒不同品种各性状之间的相互关系,对朝天椒种质资源的筛选与利用及创制出性状优良的朝天椒品种具有重要意义。

近年来,利用相关性分析、通径分析对朝天椒农艺性状的综合评价有一些报道。任朝辉等^[6]对30份朝天椒材料进行相关性分析,发现单果鲜质量、果实横径、单株果数均与单株产量呈显著正相关,通径分析结果表明,单果鲜质量、单株果数、果实横径对朝天椒鲜果产量有直接正向效应。桂敏等^[7]对50份朝天椒资源的9个农艺性状进行研究,发现仅首花节位和株高与单株产量呈极显著或显著负相关,而果肉厚度、果实横径、果实纵径、单果质量、心室数、单株果数与单株产量呈极显著正相关,说明这6个性状是决定朝天椒单株产量的主要因素;通径分析表明,果肉厚度、单株果数、果实纵径、果实横径、株幅对朝天椒单株产量有直接正向效应,单果质量对朝天椒单株产量主要是间接影响。常晓

轲等^[8]以40个朝天椒品种为材料,对14个农艺性状进行关联分析,发现涉及的14个性状中,91对性状均形成相关关系,其中有35对性状的相关系数达到显著水平,并将14个性状缩减为果实性状因子、株幅和品质因子、高度和辣度因子、果实长度因子及干椒性状因子5个主成分,从品种上将其划分为既适合做干椒亦可做鲜椒、普通朝天椒、辣椒素专用以及大果4个类型。这些性状遗传特性的研究推动了朝天椒育种工作的发展^[9-13]。目前,对朝天椒高产优质新品种需求迫切,因此,丰富种质资源、开展新品种选育势在必行。笔者以河南省2022年朝天椒区域试验的34个品种为材料,对与产量有关的10个性状指标进行了变异分析、相关性分析、回归分析、通径分析及主成分分析,旨在揭示朝天椒各农艺性状之间的关联性,以期为朝天椒品种选育提供参考和依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试材料为河南省2022年朝天椒区域试验的34个品种,材料基本信息见表1。

表1 供试朝天椒名称及来源
Table 1 Name and source of pod pepper

| 序号 No. | 品种名称 Variety name | 来源 Source | 类型 Type |
|-----------|-----------------------------------|---|---------------------|
| 1 | 安椒早辣二号 Anjiaozola No. 2 | 安阳市农业科学院 Anyang Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 2 | 宛椒 209 Wanjiao 209 | 南阳市农业科学院 Nanyang Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 3 | 天椒 2 号 Tianjiao No. 2 | 驻马店市农业科学院 Zhumadian Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 4 | 宛椒 211 Wanjiao 211 | 南阳市农业科学院 Nanyang Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 5 | 洛研早 11 号 Luoyanzao No. 11 | 洛阳农林科学院 Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 6 | 天椒 3 号 Tianjiao No. 3 | 驻马店市农业科学院 Zhumadian Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 7 | 安椒高辣三号 Anjiaogaola No. 3 | 安阳市农业科学院 Anyang Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 8 | 洛研 12 号 Luoyan No. 12 | 洛阳农林科学院 Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 9 | 周樱红 3 号 Zhouyinghong No. 3 | 周口市农业科学院 Zhoukou Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 10 | 洛研香辣 13 号 Luoyanxiangla No. 13 | 洛阳农林科学院 Luoyang Academy of Agriculture and Forestry Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 11 | 周樱红 6 号 Zhouyinghong No. 3 | 周口市农业科学院 Zhoukou Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 12 | 红焰新贵 Hongyanxingui | 郑州市蔬菜研究所、郑州郑研种苗科技有限公司 Zhengzhou Vegetable Research Institute, Zhengzhou Zhengyan Seedling Technology Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 13 | 濮椒 201 Pujiao 201 | 濮阳市农业科学院 Puyang Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |

表1 (续)
Table 1 (Continued)

| 序号 No. | 品种名称 Variety name | 来源 Source | 类型 Type |
|-----------|---------------------------------|--|----------------------|
| 14 | 周园早椒 Zhouyuanzaojiao | 河南周园种业有限公司 Henan Zhouyuan Seed Industry Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 15 | 濮椒 202 Pujiao 202 | 濮阳市农业科学院 Puyang Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 16 | 周园早丰 Zhouyuanzaofeng | 河南周园种业有限公司 Henan Zhouyuan Seed Industry Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 17 | 豫园三樱 9 号 Yuyuansanying No. 9 | 河南省农业科学院园艺研究所 Institute of Horticulture, Henan Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 18 | 鼎优 6 号 Dingyou No. 6 | 河南鼎优农业科技有限公司 Henan Dingyou Agriculture Technology Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 19 | 豫樱 2 号 Yuying No. 2 | 河南省农业科学院园艺研究所 Institute of Horticulture, Henan Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 20 | 鼎优 8 号 Dingyou No. 8 | 河南鼎优农业科技有限公司 Henan Dingyou Agriculture Technology Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 21 | 包黑子神鹰 Baoheizi Shenyng | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 22 | 金子弹 Jinzidan | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 23 | 神鹰 1 号 Shenyng No. 1 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 24 | 神鹰 2 号 Shenyng No. 2 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 25 | 永盈 1 号 Yongying No. 1 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 26 | 永盈 2 号 Yongying No. 2 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 27 | 红太阳九号 Hongtaiyang No. 9 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 28 | 奥峰新一代 Aofeng Xinyidai | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 29 | 神鹰 3 号 Shenyng No. 3 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 30 | 神鹰 6 号 Shenyng No. 6 | 河南省农得丰农业有限公司 Henan Province Nongdefeng Agriculture Co., LTD. | 簇生型 Cluster type |
| 31 | 三樱 8 号 Sanying No. 8 | 河南省农业科学院园艺研究所 Institute of Horticulture, Henan Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 32 | 新一代 Xinyidai | 河南省农业科学院园艺研究所 Institute of Horticulture, Henan Academy of Agricultural Sciences | 簇生型 Cluster type |
| 33 | 禧艳 Xiyán | 郑州市蔬菜研究所郑州郑研种苗科技有限公司 Zhengzhou Zhengyan Seedling Technology Co., LTD., Zhengzhou Vegetable Research Institute | 单生型 Solitary type |
| 34 | 艳椒 465 Yanjiao 465 | 重庆市农业科学院 Chongqing Academy of Agricultural Sciences | 单生型 Solitary type |

1.2 方法

试验于 2022 年在南阳市科学院溱河试验基地进行。2022 年 3 月 1 日播种育苗,4 月 30 日移栽定植,10 月 1 日采收。试验采用起垄栽培,双行种植,株行距 18 cm×50 cm,小区面积 8 m²,随机区组排列,3 次重复,田间管理同当地大田。

1.3 项目测定及方法

收获时,各小区随机选取 10 株,按照《辣椒种质资源描述规范和数据标准》^[14]进行主要农艺性状调查。农艺性状包括株高 X1、株幅 X2、果实纵径 X3、果实

横径 X4、果形指数 X5、有效分枝数 X6、单株果数 X7、单果鲜质量 X8、单果干质量 X9、单株干果总质量 X10。

1.4 数据分析

采用 Microsoft Excel 2003 软件整理数据,采用 SPSS 24.0 数据处理系统进行相关性分析、通径分析、多元逐步回归和主成分分析。

2 结果与分析

2.1 朝天椒主要农艺性状及变异性分析

由表 2 可以看出,各农艺性状变异系数在

表2 34个朝天椒品种主要农艺性状及变异性

Table 2 Main agronomic traits and variability of thirty-four pod pepper varieties

| 品种编号 Variety number | 株高 Plant height/ cm | 株幅 Plant spread/ cm | 果实纵径 Fruit longitudinal diameter/cm | 果实横径 Fruit transverse diameter/cm | 果形 指数 Fruit shape index | 有效分 枝数 Number of effective branch | 单株果数 Fruits number of single plant | 单果鲜 质量 Single fruit fresh mass/g | 单果干 质量 Single fruit dry mass/g | 单株干果 总质量 Total dry fruit mass of single plant/g |
|------------------------------------|------------------------------|------------------------------|--|--|-------------------------------------|---|--|--|--|---|
| 1 | 71.5 | 46.5 | 4.80 | 0.97 | 4.98 | 9.00 | 120.50 | 0.53 | 0.34 | 40.97 |
| 2 | 77.5 | 51.0 | 6.77 | 1.22 | 5.55 | 9.50 | 66.67 | 0.72 | 0.64 | 42.67 |
| 3 | 84.0 | 46.5 | 4.74 | 0.98 | 4.86 | 7.00 | 102.17 | 0.47 | 0.33 | 33.72 |
| 4 | 56.0 | 43.5 | 5.09 | 1.15 | 4.45 | 9.00 | 77.50 | 0.73 | 0.39 | 30.23 |
| 5 | 79.5 | 54.0 | 4.49 | 0.89 | 5.16 | 5.50 | 103.83 | 0.43 | 0.22 | 22.84 |
| 6 | 83.0 | 51.5 | 5.69 | 1.06 | 5.36 | 11.50 | 81.00 | 0.73 | 0.52 | 42.12 |
| 7 | 79.0 | 57.5 | 4.40 | 1.06 | 4.15 | 10.50 | 100.67 | 0.53 | 0.36 | 36.24 |
| 8 | 92.0 | 51.0 | 4.46 | 1.10 | 4.09 | 8.00 | 97.33 | 0.49 | 0.39 | 37.96 |
| 9 | 83.5 | 53.5 | 5.35 | 1.38 | 3.90 | 6.50 | 57.67 | 0.83 | 0.69 | 39.79 |
| 10 | 96.0 | 57.0 | 4.81 | 1.06 | 4.54 | 9.00 | 104.67 | 0.63 | 0.40 | 41.87 |
| 11 | 75.0 | 52.5 | 5.52 | 1.22 | 4.54 | 8.00 | 71.00 | 0.68 | 0.61 | 43.31 |
| 12 | 84.0 | 44.0 | 6.69 | 1.06 | 6.47 | 8.50 | 75.67 | 0.60 | 0.56 | 42.38 |
| 13 | 79.0 | 50.0 | 5.33 | 1.14 | 4.71 | 7.50 | 54.00 | 0.72 | 0.43 | 23.22 |
| 14 | 90.0 | 51.5 | 5.16 | 1.26 | 4.09 | 7.00 | 79.83 | 0.78 | 0.51 | 40.71 |
| 15 | 84.5 | 52.5 | 4.16 | 0.99 | 4.20 | 7.50 | 125.50 | 0.46 | 0.28 | 35.14 |
| 16 | 70.5 | 42.5 | 5.20 | 1.16 | 4.48 | 6.50 | 64.50 | 0.59 | 0.39 | 25.16 |
| 17 | 69.5 | 43.5 | 5.55 | 1.35 | 4.10 | 9.00 | 52.67 | 0.87 | 0.76 | 40.03 |
| 18 | 83.0 | 38.5 | 5.62 | 1.21 | 4.64 | 7.00 | 43.50 | 0.74 | 0.51 | 22.19 |
| 19 | 70.0 | 42.0 | 4.85 | 1.14 | 4.27 | 7.00 | 90.50 | 0.51 | 0.39 | 35.30 |
| 20 | 75.0 | 47.0 | 5.55 | 0.96 | 5.84 | 8.50 | 109.17 | 0.45 | 0.35 | 38.21 |
| 21 | 55.0 | 37.0 | 4.89 | 1.42 | 3.43 | 7.00 | 42.67 | 0.72 | 0.51 | 21.76 |
| 22 | 64.5 | 41.5 | 4.17 | 1.37 | 3.03 | 5.50 | 41.50 | 0.81 | 0.60 | 24.90 |
| 23 | 73.5 | 52.5 | 6.29 | 1.06 | 5.98 | 9.50 | 72.33 | 0.71 | 0.58 | 41.95 |
| 24 | 68.0 | 44.0 | 5.79 | 1.23 | 4.70 | 8.00 | 71.83 | 0.70 | 0.52 | 37.35 |
| 25 | 80.0 | 42.5 | 6.02 | 1.27 | 4.72 | 7.00 | 60.67 | 0.86 | 0.68 | 41.26 |
| 26 | 88.5 | 40.0 | 5.80 | 1.36 | 4.28 | 6.00 | 49.33 | 1.06 | 0.83 | 40.94 |
| 27 | 59.0 | 36.5 | 5.61 | 0.96 | 5.84 | 7.00 | 59.17 | 0.66 | 0.38 | 22.48 |
| 28 | 82.0 | 41.5 | 3.99 | 0.96 | 4.16 | 7.50 | 98.00 | 0.40 | 0.29 | 28.42 |
| 29 | 77.0 | 39.5 | 5.08 | 1.33 | 3.78 | 7.50 | 63.00 | 0.71 | 0.56 | 35.28 |
| 30 | 65.5 | 40.0 | 5.38 | 1.32 | 4.09 | 7.50 | 51.83 | 0.77 | 0.57 | 29.54 |
| 31 | 72.0 | 47.5 | 5.41 | 1.35 | 4.02 | 5.00 | 72.17 | 0.82 | 0.60 | 43.31 |
| 32 | 82.5 | 43.5 | 4.39 | 1.07 | 4.09 | 10.00 | 101.67 | 0.43 | 0.34 | 34.57 |
| 33 | 103.5 | 100.5 | 5.15 | 0.92 | 5.68 | 8.00 | 104.67 | 0.64 | 0.41 | 42.91 |
| 34 | 77.0 | 91.0 | 6.39 | 1.27 | 5.06 | 9.00 | 78.00 | 0.73 | 0.57 | 44.46 |
| 最小值 Minimum | 55.0 | 36.5 | 3.99 | 0.89 | 3.03 | 5.00 | 41.50 | 0.40 | 0.22 | 21.76 |
| 最大值 Maximum | 103.5 | 100.5 | 6.77 | 1.42 | 6.47 | 11.50 | 125.50 | 1.06 | 0.83 | 44.46 |
| 变异幅度 Range of variation | 48.5 | 64.0 | 2.78 | 0.53 | 3.44 | 6.50 | 84.00 | 0.66 | 0.61 | 22.70 |
| 平均值 Mean | 77.37 | 49.22 | 5.25 | 1.15 | 4.62 | 7.84 | 77.80 | 0.66 | 0.49 | 35.39 |
| 标准差 Standard deviation | 10.69 | 13.17 | 0.70 | 0.15 | 0.76 | 1.45 | 23.34 | 0.15 | 0.14 | 7.47 |
| 变异系数 Coefficient of variation/% | 13.82 | 26.75 | 13.40 | 13.36 | 16.54 | 18.56 | 30.00 | 23.15 | 29.84 | 21.11 |

13.36%~30.00%。其中,单株果数的变异系数最大,说明品种间单株果数差异明显;其次是单果干质量和株幅,变异系数分别为29.84%、26.75%;果实横径

的变异系数最小,说明各品种间的果实横径差异较小。

2.2 朝天椒主要农艺性状间相关性分析

由表3可以看出,株高与株幅、单株干果总质

表3 朝天椒主要农艺性状的相关性分析
Table 3 Correlation analysis of main agronomic traits of pod pepper

| 性状 Trait | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 | X10 |
|----------|---------|---------|---------|----------|--------|--------|----------|---------|--------|-----|
| X1 | 1 | | | | | | | | | |
| X2 | 0.508** | 1 | | | | | | | | |
| X3 | -0.063 | 0.113 | 1 | | | | | | | |
| X4 | -0.316 | -0.245 | 0.262 | 1 | | | | | | |
| X5 | 0.184 | 0.298 | 0.603** | -0.600** | 1 | | | | | |
| X6 | 0.108 | 0.241 | 0.200 | -0.305 | 0.363* | 1 | | | | |
| X7 | 0.427* | 0.362* | -0.429* | -0.779** | 0.260 | 0.325 | 1 | | | |
| X8 | -0.141 | -0.072 | 0.518** | 0.783** | -0.201 | -0.209 | -0.780** | 1 | | |
| X9 | -0.069 | -0.084 | 0.618** | 0.799** | -0.137 | -0.099 | -0.728** | 0.896** | 1 | |
| X10 | 0.450** | 0.442** | 0.422* | 0.054 | 0.274 | 0.404* | 0.294 | 0.193 | 0.397* | 1 |

注:*和**分别代表在0.05、0.01水平显著相关。

Note: * and ** mean significant correlation at 0.05 and 0.01 level, respectively.

量均呈极显著正相关,与单株果数呈显著正相关;株幅与单株干果总质量呈极显著正相关,与单株果数呈显著正相关;果实纵径与果形指数、单果鲜质量、单果干质量均呈极显著正相关,与单株干果总质量呈显著正相关,与单株果数呈显著负相关;果实横径与单果鲜质量、单果干质量呈极显著正相关,与果形指数、单株果数呈极显著负相关;有效分枝数与果形指数、单株干果总质量呈显著正相关;单株果数与单果鲜质量、单果干质量呈极显著负相关;单果鲜质量与单果干质量呈极显著正相关;单果干质量与单株干果总质量呈显著正相关。在10个性状中,株高、株幅是植物学性状,果实纵径、果实横径、有效分枝数、单株果数、单果鲜质量、单果干质量、单株干果总质量是经济性状。从相关分析结果看,植物学性状株高和株幅均与单株干果总质量呈极显著正相关,这种相关关系可以为朝天椒优良单株的筛选提供理论依据。在经济性状中,单果干质量、有效分枝数对单株干果总质量影响较大。因此,在高产性状选择时,应注重对有效分枝数及单果干质量的选择。

2.3 朝天椒主要农艺性状对单株干果总质量的多元回归分析

以X1~X9为自变量,单株辣椒干果总质量(Y)为因变量,采取多元逐步回归分析,发现株高、果实纵径、单株果数、单果干质量进入最终回归模型,得出多元逐步回归方程: $Y = -38.054 + 0.018X1 + 2.585X3 + 0.388X7 + 58.278X9$ 。(p<0.05, r²=0.909, F=83.729)。该回归方程表明,当试验中的其他因素处于平均水平时,株高、果实纵径、单株果数、单果干质量每增加一个单位(分别是1 cm、1 cm、1个、1 g),

单株辣椒干果总质量可以分别提高0.018、2.585、0.388、58.278 g。在上述筛选出的4个因素中,单果干质量对单株辣椒干果总质量的贡献最大,相关系数为0.397。

2.4 朝天椒主要农艺性状对单株干果总质量的通径分析

为了进一步了解株高、果实纵径、单株果数、单果干质量等主要农艺性状对单株干果总质量形成的直接效应和间接效应,在相关性分析的基础上,将单株干果总质量作为因变量(Y),其他相关性性状作为自变量(X),进行通径分析。

由表4可以看出,34个朝天椒品种的9个农艺性状对单株干果总质量的直接通径系数大小依次是:单株果数(X7)>单果干质量(X9)>果实横径(X4)>果实纵径(X3)>有效分枝数(X6)>果形指数(X5)>株幅(X2)>株高(X1)>单果鲜质量(X8)。单株果数对单株干果总质量起的直接影响最大,为1.191 0,其中通过果实纵径、果实横径、单果鲜质量、单果干质量对单株干果总质量产生负向间接影响,虽然总的直接影响小于间接影响(间接通径系数总和为-3.234 7),但单株果数与单株干果总质量呈正相关,差异不显著。单果干质量对单株干果总质量的直接作用仅次于单株果数,其直接通径系数为0.924 0,其中通过株高、株幅、果形指数、有效分枝数、单株果数产生间接负作用,但总的直接效应大于间接效应,且与单株干果总质量的相关系数为0.397,达到了显著水平。可见,单果干质量是影响单株干果总质量的一个重要性状。但是单果干质量与单株果数呈极显著负相关(r=-0.728**),单果干质量通过单株果数对单株干果总质量的间接通

表4 朝天椒主要农艺性状与单株干果总质量的通径分析

Table 4 Path analysis of main agronomic traits and total mass of dry fruit per plant of pod pepper

| 性状 Trait | 直接通径系数 Coefficient of direct path | 间接通径系数 Coefficient of indirect path | | | | | | | | |
|-------------|--------------------------------------|-------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| | | X1 | X2 | X3 | X4 | X5 | X6 | X7 | X8 | X9 |
| X1 | 0.057 0 | | 0.030 5 | -0.013 4 | -0.093 5 | 0.013 4 | 0.011 8 | 0.508 6 | -0.000 3 | -0.063 8 |
| X2 | 0.060 0 | 0.029 0 | | 0.024 1 | -0.072 5 | 0.021 8 | 0.026 3 | 0.431 1 | -0.000 1 | -0.077 6 |
| X3 | 0.213 0 | -0.003 6 | 0.006 8 | | 0.077 6 | 0.044 0 | 0.021 8 | -0.510 9 | 0.001 0 | 0.571 0 |
| X4 | 0.296 0 | -0.018 0 | -0.014 7 | 0.055 8 | | -0.043 8 | -0.033 2 | -0.927 8 | 0.001 6 | 0.738 3 |
| X5 | 0.073 0 | 0.010 5 | 0.017 9 | 0.128 4 | -0.177 6 | | 0.039 6 | 0.309 7 | -0.000 4 | -0.126 6 |
| X6 | 0.109 0 | 0.006 2 | 0.014 5 | 0.042 6 | -0.090 3 | 0.026 5 | | 0.387 1 | -0.000 4 | -0.091 5 |
| X7 | 1.191 0 | 0.024 3 | 0.021 7 | -0.091 4 | -0.230 6 | 0.019 0 | 0.035 4 | | -0.001 6 | -0.672 7 |
| X8 | 0.002 0 | -0.008 0 | -0.004 3 | 0.110 3 | 0.231 8 | -0.014 7 | -0.022 8 | -0.929 0 | | 0.827 9 |
| X9 | 0.924 0 | -0.003 9 | -0.005 0 | 0.131 6 | 0.236 5 | -0.010 0 | -0.010 8 | -0.867 0 | 0.001 8 | |

径系数是负值(-0.867 0),因此,在以提高朝天椒产量为育种目标时,既要考虑单果干质量,也要兼顾单株果数。

2.5 朝天椒主要农艺性状的主成分分析

由表5可知,对10个农艺性状进行主成分分析,基于特征值大于1,提取出3个主成分,贡献率分别为39.979%、26.783%、13.439%,累计贡献率达到80.201%,可以代表全部指标的大部分信息。因此,选择前3个主成分作为综合指标确定主成分因子。第1主成分特征值为3.998,其载荷绝对值较大的性状包括果实横径、单果鲜质量、单果干质量和单株果数,可以把主成分1看作朝天椒产量性状

因子。第2主成分特征值为2.678,其载荷绝对值较高的性状包括单株干果总质量、果实纵径、果形指数,可以把主成分2看作朝天椒果形因子。第3主成分特征值为1.344,其载荷绝对值较高的性状为株高,可以把主成分3看作朝天椒株高因子。

3 讨论与结论

笔者在本研究中通过变异分析表明,朝天椒10个主要农艺性状之间存在明显的遗传差异,变异系数在13.36%~30.00%之间,说明34个朝天椒品种的农艺性状变异丰富,为今后朝天椒高产、优质育种材料的选择提供了保障。

农艺性状是鉴定种质资源的重要指标,育种者可利用其来判定亲本材料的利用价值。相关性分析表明,朝天椒单株干果总质量与株高、株幅呈极显著正相关,与果实纵径、有效分枝数和单果干质量呈显著正相关,说明适当地增加株高、株幅、有效分枝数及单果干质量可以增加单株干果总质量。这与任朝辉等^[6]、李伟等^[15]的研究结果有相同之处。植物学性状株高和株幅有利于植物通风透光,是保证植株有充足光合产物的基础,为辣椒的高产、优质提供必要条件。相关性分析只能体现各性状对单株干果总质量的相对重要程度,不能显示贡献作用方向,而通径分析则能够解释各性状是如何通过自身直接或通过其他性状间接影响产量的^[16]。通径分析表明,单株果数对单株干果总质量的正向影响最大,但是相关性差异不显著,可能是由于通过果实纵径、果实横径、单果鲜质量、单果干质量对单株干果总质量产生负向间接影响,削弱了单株果数对单株干果总质量的影响。另外,单果干质量的直接通径系数也较大,因此,在选育高产的朝天椒品种时,可将单株果数作为首选考虑性状,同时也要兼

表5 朝天椒主要农艺性状主成分分析

Table 5 Principal component analysis of main agronomic traits of pod pepper

| 性状 Trait | 主成分1 Principal component 1 | 主成分2 Principal component 2 | 主成分3 Principal component 3 |
|---|-------------------------------|-------------------------------|-------------------------------|
| X1 | -0.200 6 | 0.280 5 | 0.501 2 |
| X2 | -0.177 5 | 0.354 4 | 0.325 2 |
| X3 | 0.218 1 | 0.446 1 | -0.400 2 |
| X4 | 0.462 1 | -0.026 3 | 0.221 7 |
| X5 | -0.191 0 | 0.377 6 | -0.520 1 |
| X6 | -0.175 0 | 0.303 7 | -0.211 3 |
| X7 | -0.460 1 | 0.055 6 | 0.164 8 |
| X8 | 0.445 6 | 0.176 6 | 0.098 3 |
| X9 | 0.435 1 | 0.264 0 | 0.100 1 |
| X10 | -0.017 0 | 0.507 2 | 0.268 3 |
| 特征值 Eigenvalue | 3.998 | 2.678 | 1.344 |
| 贡献率 Contribution rate/% | 39.979 | 26.783 | 13.439 |
| 累计贡献率 Cumulative contribution rate/% | 39.979 | 66.762 | 80.201 |

单果干质量。通过逐步回归,得到影响朝天椒产量的主要性状是单果干质量、单株果数、果实纵径及株高。主成分分析在大葱^[17]、黄瓜^[18]、番茄^[19]等蔬菜作物综合性状评价中已有广泛应用。研究朝天椒农艺性状的主成分分析对选育高产优质的种质材料有一定的帮助。笔者利用主成分分析法提取了产量、果形和株高3个主成分因子,可以代表10个性状指标的80.201%原始信息量。从产量上看,第一主成分值越大,果实横径、单果鲜质量、单果干质量和果实纵径越大,单株果数、单株辣椒干果总质量越小。从果形上看,第二主成分值越大,单株辣椒干果总质量、果实纵径、果形指数越大,果实横径越小。从株高上看,第三主成分值越大,株高、株幅越大,有效分枝数越少。综合第一、二、三主成分,单株辣椒干果总质量与单果干质量、株高、株幅、单株果数有正向相关性,与相关性分析的结果一致。根据贡献率大小,排序依次是产量、果形和株高,三者性状间相互制约,因此在朝天椒高产育种过程中应注意三者主成分之间的协调性,选育出综合性状优良的朝天椒新品种。

综上,笔者利用相关性分析、通径分析和回归分析等方法对朝天椒10个农艺性状进行研究,结果表明,单株果数、单果干质量、果实横径、果实纵径、有效分枝数是影响单株干果总质量的主要因素。利用主成分分析将朝天椒的主要农艺性状综合为产量因子、果形因子和株高因子3个主成分,累计贡献率为80.201%。在今后的研究工作中,可结合分子生物学、基因工程等现代育种技术对朝天椒种质资源进行创新,为新品种选育奠定基础。

参考文献

- [1] 魏家香. 辣椒种间杂种创制、种间遗传图谱的构建和主要农艺性状 QTL 定位[D]. 杭州: 浙江师范大学, 2018.
- [2] 甘春俊. 朝天椒种植产业推广现状及发展对策[J]. 世界热带农业信息, 2021(1): 55-56.
- [3] 贺洁, 苏亚蕊, 张大乐, 等. 朝天椒遗传多样性的 AFLP 标记分析[J]. 河南大学学报(自然科学版), 2010, 40(3): 278-282.
- [4] 邹学校, 马艳青, 戴雄泽, 等. 辣椒在中国的传播与产业发展[J]. 园艺学报, 2020, 47(9): 1715-1726.
- [5] 詹永发, 姜虹, 韩世玉, 等. 贵州辣椒产业发展的形势分析与展望[J]. 贵州农业科学, 2005, 33(4): 98-101.
- [6] 任朝辉, 刘华兵, 田欢, 等. 朝天椒主要农艺性状的相关性及通径分析[J]. 辣椒杂志, 2018, 16(4): 6-10.
- [7] 桂敏, 龙洪进, 钟秋月, 等. 朝天椒种质资源主要农艺性状的相关性和通径分析[J]. 西南农业学报, 2017, 30(1): 176-182.
- [8] 常晓轲, 董晓宇, 韩娅楠, 等. 基于主成分分析的不同朝天椒品种品质综合评价[J]. 中国瓜菜, 2023, 36(3): 42-47.
- [9] 桂敏, 龙洪进, 钟秋月, 等. 朝天椒种质资源主要农艺性状的相关性分析[J]. 安徽农业科学, 2013(34): 13162-13163.
- [10] 赫卫, 张慧, 董延龙, 等. 辣椒种质资源形态学性状相关性、主成分与聚类分析[J]. 北方园艺, 2018(4): 9-17.
- [11] 夏碧波, 李颖, 王恒明, 等. 国外引进辣椒资源形态学性状的聚类分析[J]. 分子植物育种, 2017, 15(8): 3318-3330.
- [12] 裴红霞, 高晶霞, 王学梅. 220 份辣椒种质形态学性状的遗传多样性分析[J]. 分子植物育种, 2022, 20(4): 1331-1347.
- [13] 任朝辉, 陈兴侣, 田浩, 等. 不同朝天椒种质资源品质和产量的综合评价[J]. 热带作物学报, 2021, 42(8): 2191-2198.
- [14] 李锡香, 张宝玺. 辣椒种质资源描述规范和数据标准[M]. 北京: 中国农业出版社, 2006.
- [15] 李伟, 曾朝芳, 张万萍, 等. 朝天椒种质主要农艺性状及产量差异性分析[J]. 上海农业学报, 2016, 32(2): 56-60.
- [16] 邓陈威, 雷亚柯, 展世杰, 等. 基于多种分析方法的花生农艺性状综合评价[J]. 山东农业大学学报(自然科学版), 2023, 54(2): 194-200.
- [17] 王玲燕, 刘贺娟, 任福森, 等. 98 份大葱种质资源农艺性状相关性分析及主成分分析[J]. 中国瓜菜, 2021, 34(8): 38-43.
- [18] 于娅, 李艳军, 王飞, 等. 北方地区黄瓜种质资源农艺性状的主成分和聚类分析[J]. 中国瓜菜, 2020, 33(12): 29-34.
- [19] 高艳娜, 牛华琳, 李营, 等. 基于主成分分析和聚类分析对不同番茄品种的综合评价[J]. 江苏农业科学, 2023, 51(12): 106-113.