

韩兰兰,刘 燕,郑于莉,等. 130 份番茄种质资源表型性状的综合评价[J]. 江苏农业科学,2023,51(18):148-156.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.022

130 份番茄种质资源表型性状的综合评价

韩兰兰¹, 刘 燕¹, 郑于莉¹, 王亮明¹, 李 凯¹, 郭 凯¹, 袁 鹤¹, 包九月²

(1. 包头市农牧科学技术研究所, 内蒙古包头 014013; 2. 内蒙古自治区科尔沁右翼中旗农牧技术推广中心, 内蒙古兴安盟 029400)

摘要:通过对 130 份番茄种质资源表型性状的综合评价,发现并挖掘优良的番茄种质材料,创制骨干亲本,为下一步选育番茄新品种奠定基础。运用方差分析、主成分分析、聚类分析、计算综合评价得分等方法进行番茄供试材料的 22 个形态学性状的遗传多样性分析。12 个数量性状的遗传变异性分析结果表明,供试材料的变异程度较高,且变异丰富。变异范围为 18.16%~72.64%,总酸、糖酸比、单果质量、果形等性状都表现出较高的遗传变异。主成分分析结果表明,22 个表型性状可划归为 8 个因子,特征值均在 1.0 以上,累计贡献率达 73.356%,基本能够反映全部指标的大部分信息。聚类分析结果将 130 个种质资源分为 5 个大类 10 个亚类,小果型、中果型与大果型番茄种质划分明显,其中第 4 类、第 5 类种质资源进行亲本组合,定向选育综合性状优良的中、大果型新品种,第 3 类可作为选育小果型番茄的重要种质资源。综合评价结果表明,综合得分(F)的变化范围为 -1.46~1.86,其中得分较高的种质资源 BT036、BT039 和 BT067 等为笔者所在单位保存的自交系材料,可优先做优良种质利用。

关键词:番茄;遗传多样性;种质资源;形态学性状;综合评价

中图分类号:S641.202 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)18-0148-08

番茄(*Solanum lycopersicum*)起源于南美洲的热带或亚热带,是全球最重要的园艺经济作物之一。它具有丰富的营养价值、绚丽的色彩和酸甜的口感,深受广大消费者的喜爱。内蒙古自治区日照充足,昼夜温差大,独特的地理气候条件使该地区生产的番茄品质好、产量高,目前已成为我国夏秋番茄的主要供给基地^[1]。但目前国内种植的品种大多来源于国外,种子价格昂贵且货源得不到保障,不利于产业的稳定发展,由于长时间驯化与定向选育造成番茄遗传背景相对狭窄,因此亟需收集丰富多样的番茄种质资源,并进行种质遗传多样性分析,加快品质优良番茄新品种的选育^[2-3]。

表型性状多样性分析是研究蔬菜遗传多样性及评价的常用方法之一。基于表型性状的多样性分析、聚类分析、主成分分析、相关性分析及综合评价等研究方法在番茄、马铃薯、茄子等许多物种的研究中被广泛应用^[4-7]。李丽梅等对 7 个优质樱桃番茄资源/品种和新粉太郎 6 号、光辉 101 号 2 个中

型果品种的可溶性固形物(total soluble solid,简称 TSS)、总酸、固酸比、 L^* 值、 a^* 值、 b^* 值、番茄红素、果肉厚、硬度等性状进行主成分分析、综合评价等研究,最终筛选出综合性状较优的 4 个樱桃番茄种质,为丰富番茄种质资源提供了理论依据和材料基础^[3]。刘珮君等对 166 份番茄种质资源材料进行遗传多样性分析,发现质量性状中熟性的遗传多样性指数最高;单果质量的变异系数最大;在欧氏距离为 17.5 处番茄种质聚为 6 个群组;根据综合评价,最终选出 1 份综合性状最优的材料^[8]。芮文婧等研究了番茄供试材料的遗传多样性及亲缘关系^[9-13]。

虽然目前关于番茄种质资源遗传多样性的研究很多,但针对特定地区,如类似内蒙古中温带气候地区番茄表型性状的遗传多样性的研究还鲜有报道。本研究以本单位保存及从各地区收集的 130 份番茄种质资源为试材,运用聚类分析、主成分分析及综合评价等方法基于表型性状进行遗传多样性研究,最终筛选综合性状优良的番茄材料,为下一步选育适宜类似内蒙古中温带气候地区种植的番茄新品种奠定基础。

1 材料与方法

1.1 试验材料

供试番茄种质资源材料有 130 份(表 1),其中

收稿日期:2022-12-14

基金项目:内蒙古自治区“科技兴蒙”行动重点专项(编号:211)。

作者简介:韩兰兰(1991—),女,河南清丰人,硕士,农艺师,主要研究方向为番茄新品种选育。E-mail:18522446626@163.com。

通信作者:刘 燕,硕士,高级农艺师,主要研究方向为茄果类蔬菜新品种选育。E-mail:liuyanww@126.com。

表 1 130 份番茄供试材料编号及来源

| 材料编号 | 材料名称 | 来源 | 材料编号 | 材料名称 | 来源 | 材料编号 | 材料名称 | 来源 |
|-------|---------|------|-------|---------|------|-------|---------|------|
| BT001 | 粉桩费林 | 河南 | BT045 | 天赍 99 | 黑龙江 | BT089 | 金 YP | 自有材料 |
| BT002 | 小圣黄 | 自有材料 | BT046 | 桃 144 | 日本 | BT090 | Plus09 | 陕西 |
| BT003 | 粉串红 | 北京 | BT047 | 碧娇 | 台湾 | BT091 | 金 Y17 | 内蒙古 |
| BT004 | 绿洋梨 | 自有材料 | BT048 | 爱丽 | 台湾 | BT092 | 金 Y05 | 内蒙古 |
| BT005 | 粉桃 | 自有材料 | BT049 | 小番茄 519 | 内蒙古 | BT093 | 金 Y15 | 内蒙古 |
| BT006 | 黄黄香 | 北京 | BT050 | YL-3 | 天津 | BT094 | 金 01 | 自有材料 |
| BT007 | 曼西纳 | 山东 | BT051 | 绿番 | 北京 | BT095 | 金 11 | 自有材料 |
| BT008 | 绿桃 | 自有材料 | BT052 | 黄金 10 | 自有材料 | BT096 | 金 S3 | 自有材料 |
| BT009 | LY2018 | 内蒙古 | BT053 | 鸽子 | 北京 | BT097 | CLX001 | 陕西 |
| BT010 | 大圣甘 | 自有材料 | BT054 | 京番 104 | 北京 | BT098 | 绿紫 06 | 内蒙古 |
| BT011 | 南院 01 | 自有材料 | BT055 | 黄金 32 | 内蒙古 | BT099 | 金 Y03 | 自有材料 |
| BT012 | 120 特优 | 河南 | BT056 | 中圣黄 | 自有材料 | BT100 | 大红 20 | 自有材料 |
| BT013 | 128NUMW | 河南 | BT057 | 绿星 1 号 | 北京 | BT101 | 新 1128 | 河南 |
| BT014 | 东 1SP | 内蒙古 | BT058 | 光辉 101 | 山东 | BT102 | 超 7845 | 山东 |
| BT015 | 园中果 | 自有材料 | BT059 | 中果 2021 | 河南 | BT103 | 红 7 号 | 山东 |
| BT016 | 718 | 天津 | BT060 | 农友 301 | 台湾 | BT104 | 厚肉红 01 | 自有材料 |
| BT017 | PWS906 | 自有材料 | BT061 | 千禧 | 台湾 | BT105 | 红 9 号 | 山东 |
| BT018 | LX23 | 内蒙古 | BT062 | 黄洋梨 | 自有材料 | BT106 | 红 4224 | 山东 |
| BT019 | TSL133 | 陕西 | BT063 | 瑞白 | 山东 | BT107 | 南院 02 | 自有材料 |
| BT020 | 金黄 | 内蒙古 | BT064 | 黄金 33 | 陕西 | BT108 | Y121 | 陕西 |
| BT021 | 金川 | 自有材料 | BT065 | 亚蔬 12 | 北京 | BT109 | 绿紫 02 | 内蒙古 |
| BT022 | 金大 | 自有材料 | BT066 | 五原新大黄 | 内蒙古 | BT110 | 小朱 106 | 台湾 |
| BT023 | 晶黄 | 内蒙古 | BT067 | YL-2 | 自有材料 | BT111 | LY2017 | 内蒙古 |
| BT024 | 黄 35 | 自有材料 | BT068 | 太空绿钻 | 陕西 | BT112 | 金 Y10 | 内蒙古 |
| BT025 | 牛 06 | 山东 | BT069 | 奥蓝姬 | 山东 | BT113 | 绿紫 07 | 内蒙古 |
| BT026 | 2093 | 自有材料 | BT070 | 春桃 | 台湾 | BT114 | 小朱 107 | 台湾 |
| BT027 | 金 35 | 自有材料 | BT071 | 蜜宝 | 北京 | BT115 | 金 S1 | 自有材料 |
| BT028 | 吴欧 | 山东 | BT072 | 鸡心 | 北京 | BT116 | LY10 | 内蒙古 |
| BT029 | 金 111 | 内蒙古 | BT073 | 金串 | 台湾 | BT117 | 耐寒大果 01 | 自有材料 |
| BT030 | 夏金米 | 北京南 | BT074 | 金妃 | 台湾 | BT118 | 201 | 自有材料 |
| BT031 | 金 01 | 自有材料 | BT075 | 绿洋梨 | 自有材料 | BT119 | 黑钻 | 陕西 |
| BT032 | 东黄鸡心 | 内蒙古 | BT076 | 金光 | 台湾 | BT120 | 大洋白黄 | 山东 |
| BT033 | 700 白 | 北京 | BT077 | 紫玉 886 | 山东 | BT121 | 台 17 | 台湾 |
| BT034 | 牛紫短辞香 | 山东 | BT078 | CM1401 | 内蒙古 | BT122 | 东胜 S | 内蒙古 |
| BT035 | 绿紫 11 | 内蒙古 | BT079 | 普罗旺斯 | 山东 | BT123 | 大果甜优 01 | 自有材料 |
| BT036 | S6 | 自有材料 | BT080 | 桃太煌 | 日本 | BT124 | 金 2509 | 自有材料 |
| BT037 | 荷串 | 山东 | BT081 | 凤珠 | 台湾 | BT125 | 14SP | 内蒙古 |
| BT038 | LY 绿紫 | 河南 | BT082 | 橘黄柿 | 内蒙古 | BT126 | 东胜 P | 内蒙古 |
| BT039 | 牛 SL | 自有材料 | BT083 | 出彩 | 湖北 | BT127 | D1208 台 | 台湾 |
| BT040 | 金 17 | 山东 | BT084 | 绿杏桃 | 自有材料 | BT128 | 南金 03 | 自有材料 |
| BT041 | 200 绿 | 河南 | BT085 | 111-06 | 陕西 | BT129 | 绿紫 10 | 内蒙古 |
| BT042 | Hog 白 | 河南 | BT086 | Y10 | 自有材料 | BT130 | 白柿 2009 | 内蒙古 |
| BT043 | 黄金 02 | 内蒙古 | BT087 | Y22 | 自有材料 | | | |
| BT044 | 京番 303 | 北京 | BT088 | 绿紫 01 | 山东 | | | |

38 份材料为包头市农牧科学技术研究所自有材料, 剩余 92 份材料为从各地区收集的品质优良、具有地方特色的番茄材料。

1.2 试验方法

试验于 2021 年 2—9 月在包头市农牧科学技术研究所麻池基地进行, 采用完全随机区组设计。调查首花节位、单果质量、风味等 22 个性状指标。

首花节位、叶片类型、成熟前果色、成熟果色、果肩有无、果形、首花节位、果实横切面形状、心室

数、果顶形状、果面棱沟和果肉色采用直接观察法, 参考《番茄种质资源描述规范和数据标准》记录和赋值。使用卷尺测株高, 电子天平称单果质量, 游标卡尺测果肉厚、果实横径和纵径, 测量 5 个生长均匀的植株和成熟果, 取平均值。可溶性固形物含量用手持折射仪 Brix 测量仪 (MASTER- α , 日本爱拓) 测定, 糖度、酸度、糖酸比用番茄糖酸度计 (PAL/BXACID3, 日本爱拓) 测定。调查标准见表 2。

表 2 番茄主要形态学性状描述和赋值

| 序号 | 观察性状 | 特征及赋值 |
|----|----------|---|
| 1 | 叶片类型 | 普通叶型 = 1, 薯叶型 = 2, 复宽叶型 = 3, 复细叶型 = 4 |
| 2 | 成熟前果色 | 绿白 = 1, 浅绿 = 2, 绿 = 3, 深绿 = 4 |
| 3 | 成熟果色 | 黄白 = 1, 浅黄 = 2, 黄 = 3, 橘黄 = 4, 绿 = 5, 粉红 = 6, 红 = 7, 深红 = 8, 黄底绿条 = 9 |
| 4 | 果面棱沟 | 无 = 1, 轻 = 2, 中 = 3, 重 = 4 |
| 5 | 果顶形状 | 深凹 = 1, 微凹 = 2, 圆平 = 3, 微凸 = 4, 凸尖 = 5 |
| 6 | 果肩有无 | 有 = 1, 无 = 2 |
| 7 | 果形 | 扁平 = 1, 扁圆 = 2, 圆形 = 3, 高圆 = 4, 长圆 = 5, 卵圆 = 6, 桃形 = 7, 梨形 = 8, 长梨形 = 9 |
| 8 | 果实横切面形状 | 圆形 = 1, 等边多边形 = 2, 不规则形状 = 3 |
| 9 | 果肉色 | 黄白 = 1, 浅黄 = 2, 黄 = 3, 粉红 = 4, 红 = 5, 绿 = 6 |
| 10 | 风味 | 甜 = 1, 酸甜 = 2, 甜酸 = 3, 酸 = 4 |
| 11 | 株高 | cm |
| 12 | 首花节位 | |
| 13 | 单果质量 | g |
| 14 | 果实纵径 | mm |
| 15 | 果实横径 | mm |
| 16 | 果形指数 | |
| 17 | 肉厚 | mm |
| 18 | 心室数 | 个 |
| 19 | 可溶性固形物含量 | % |
| 20 | 糖度 | % |
| 21 | 酸度 | % |
| 22 | 糖酸比 | |

1.3 数据处理

使用 Excel 统计并整理数据, 利用 SPSS 26.0 进行标准差、变异系数、聚类分析及相关性分析等在内的描述性分析。遗传多样性指数参考易腾飞等的 Shannon-Weinerindex (H') 计算方法^[14], 综合评价分析参考杨乐琦等的计算方法^[15]。

2 结果与分析

2.1 数量性状遗传变异性分析

分析 130 份种质资源的 12 个数量性状的遗传变异性, 结果(表 3)表明, 试材的各个性状存在着不

同程度的变异, 平均变异系数为 37.37%。其中酸度在各表型性状中变异系数最大, 为 72.64%, 糖酸比和单果质量次之, 分别为 69.81% 和 57.84%, 可溶性固形物含量和果实纵径的变异系数小, 分别为 23.10% 和 18.16%。酸度和糖酸比等果实品质性状在不同材料间变异丰富, 改良潜力较大。

2.2 质量性状频率分布

计算 130 份材料的 10 个质量性状的遗传多样性指数, 结果(表 4)表明, 叶片类型以普通型叶片为主, 占 79.2%; 果实成熟前果色以绿白色为主, 占 35.4%; 成熟果色以红色为主, 占 67.7%, 黄色次之,

表 3 130 份种质数量性状遗传变异性统计

| 性状 | 遗传多样性指数 | 最大值 | 最小值 | 极差 | 平均数 | 标准差 | 变异系数 (%) |
|--------------|---------|-------|-------|-------|--------|-------|----------|
| 株高 (cm) | 2.07 | 296.2 | 71.6 | 224.6 | 182.19 | 46.90 | 25.74 |
| 首花节位 | 2.00 | 15.00 | 3.00 | 12.00 | 9.20 | 2.50 | 27.17 |
| 果实纵径 (mm) | 1.97 | 77.86 | 27.74 | 50.12 | 50.00 | 9.08 | 18.16 |
| 果实横径 (mm) | 1.87 | 83.40 | 22.02 | 61.38 | 52.92 | 14.49 | 27.38 |
| 果形指数 | 1.50 | 2.19 | 0.69 | 1.50 | 1.00 | 0.29 | 29.00 |
| 单果质量 (g) | 1.92 | 290 | 10 | 280 | 92.51 | 53.51 | 57.84 |
| 肉厚 (mm) | 2.06 | 10.49 | 1.28 | 9.21 | 5.56 | 1.73 | 31.18 |
| 心室数 (个) | 1.75 | 9 | 2 | 7 | 3.95 | 1.65 | 41.77 |
| 可溶性固形物含量 (%) | 2.01 | 9.1 | 0.4 | 8.7 | 5.54 | 1.28 | 23.10 |
| 糖度 (%) | 1.96 | 9.2 | 0.4 | 8.8 | 5.39 | 1.33 | 24.68 |
| 酸度 (%) | 1.62 | 6.96 | 0.09 | 6.87 | 1.06 | 0.77 | 72.64 |
| 糖酸比 | 1.42 | 31.40 | 2.28 | 29.12 | 6.79 | 4.74 | 69.81 |

表 4 130 份种质质量性状频率分布

| 性状 | 特征 | 遗传多样性指数 | 比例 (%) |
|---------|-----------------------------|---------|---------------------------------------|
| 叶片类型 | 普通叶型：复细叶型 | 0.51 | 79.2：20.8 |
| 成熟前果色 | 绿白：浅绿：绿：深绿 | 1.32 | 35.4：20.8：30.8：13.1 |
| 成熟果色 | 黄白：浅黄：黄：橘黄：绿：粉红：红：深红：黄底绿条 | 1.11 | 1.5：0：13.8：9.2：3.1：0.8：67.7：0.8：3.1 |
| 果面棱沟 | 无：轻：中：重 | 1.11 | 16.9：58.5：17.7：6.9 |
| 果顶形状 | 深凹：微凹：圆平：微凸：凸尖 | 1.37 | 5.4：26.2：43.8：16.9：7.7 |
| 果肩有无 | 有：无 | 0.68 | 59.2：40.8 |
| 果形 | 扁平：扁圆：圆形：高圆：长圆：卵圆：桃形：梨形：长梨形 | 1.48 | 0.8：47.7：21.5：10.8：0：11.5：4.6：0.8：2.3 |
| 果实横切面形状 | 圆形：等边多边形：不规则形状 | 0.36 | 88.5：11.5：0 |
| 果肉色 | 黄白：浅黄：黄：粉红：红：绿 | 1.38 | 4.6：0：19.2：36.9：32.3：6.9 |
| 风味 | 甜：酸甜：甜酸：酸 | 1.35 | 15.4：31.5：22.3：30.8 |

占 13.8%；果面棱沟多为轻,占 58.5%；果顶形状以圆平为主,占 43.8%；果实有果肩占 59.2%，无果肩占 40.8%；果形以扁圆形为主,占 47.7%；果实横切面形状以圆形为主,占 88.5%；果肉色以粉红色为主,占 36.9%；风味以酸甜为主,占 31.5%。本研究供试材料中包含了多种果形、果色、风味的鲜食型番茄,覆盖面较广,代表性强。

2.3 相关性分析

相关性分析结果(表 5)表明,株高与成熟前果色、果面棱沟、果形、果实横切面形状呈极显著负相关。首花节位与成熟前果色呈极显著正相关,与心室数呈显著正相关。果面棱沟与果实纵径、横径、单果质量、心室数极显著正相关,与株高和果顶形状呈极显著负相关。成熟果色与果肉色呈极显著

正相关。果形指数与果形和果顶形状呈极显著正相关,与风味、肉厚、单果质量和心室数呈极显著负相关。叶片类型与成熟前果色、肉厚呈极显著负相关,与果顶形状、果形、果形指数、糖酸比呈显著正相关。单果质量与风味、商品果纵径、商品果横径、果肉厚、心室数呈极显著正相关,与果形和果顶形状呈极显著负相关。可溶性固形物含量与果形指数、果形和糖度为极显著正相关,与商品果纵径、商品果横径、单果质量、果肉厚、心室数等果实质量相关的性状呈极显著负相关。

2.4 主成分分析

对 130 份番茄种质的 22 个性状进行主成分分析,从而进一步筛选在各性状中起主导作用的因子。由表 6 可知,8 个主成分的累计贡献率达 73.356%，

表 5 番茄主要形态学性状相关性分析

| 性状 | 相关系数 | | | | | | | | | | | | | |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|--------|----------|----------|--------|----------|---------|--------|----------|----------|
| | 叶片类型 | 成熟前果色 | 成熟果色 | 果面棱沟 | 果顶形状 | 果肩有无 | 果形 | 果实横切面形状 | 果肉色 | 风味 | 株高 | 首花节位 | 商品果纵径 | 商品果横径 |
| 叶片类型 | 1.000 | | | | | | | | | | | | | |
| 成熟前果色 | -0.263** | 1.000 | | | | | | | | | | | | |
| 成熟果色 | -0.165 | 0.087 | 1.000 | | | | | | | | | | | |
| 果面棱沟 | 0.075 | 0.194* | -0.014 | 1.000 | | | | | | | | | | |
| 果顶形状 | 0.180* | -0.020 | 0.029 | -0.276** | 1.000 | | | | | | | | | |
| 果肩有无 | -0.193* | 0.258** | 0.081 | -0.176* | -0.169 | 1.000 | | | | | | | | |
| 果形 | 0.222* | 0.115 | -0.227** | -0.050 | 0.442** | -0.044 | 1.000 | | | | | | | |
| 果实横切面形状 | 0.171 | 0.130 | -0.196* | 0.180* | 0.017 | -0.104 | 0.267** | 1.000 | | | | | | |
| 果肉色 | 0.130 | -0.077 | 0.572** | -0.086 | 0.056 | -0.042 | -0.010 | -0.065 | 1.000 | | | | | |
| 风味 | -0.169 | 0.134 | 0.026 | 0.214* | -0.324** | 0.054 | -0.189* | -0.119 | 0.016 | 1.000 | | | | |
| 株高 | -0.112 | -0.333** | 0.175* | -0.256** | 0.165 | -0.006 | -0.271** | -0.246** | 0.186* | -0.056 | 1.000 | | | |
| 首花节位 | -0.183* | 0.251** | 0.033 | -0.041 | -0.015 | 0.022 | -0.016 | -0.045 | -0.066 | 0.011 | -0.062 | 1.000 | | |
| 商品果纵径 | -0.024 | -0.038 | 0.071 | 0.294** | -0.108 | 0.084 | -0.146 | 0.147 | -0.088 | 0.263** | 0.091 | -0.05 | 1.000 | |
| 商品果横径 | -0.157 | -0.094 | 0.135 | 0.321** | -0.461** | 0.041 | -0.674** | -0.055 | -0.088 | 0.385** | 0.165 | -0.002 | 0.666** | 1.000 |
| 果形指数 | 0.216* | 0.053 | -0.161 | -0.153 | 0.518** | 0.011 | 0.782** | 0.195* | -0.017 | -0.284** | -0.106 | -0.047 | -0.002 | -0.722** |
| 单果质量 | -0.103 | -0.113 | 0.087 | 0.314** | -0.401** | 0.054 | -0.538** | -0.035 | -0.112 | 0.400** | 0.169 | -0.001 | 0.680** | 0.929** |
| 肉厚 | -0.235** | 0.041 | 0.192* | 0.056 | -0.153 | 0.155 | -0.359** | -0.120 | 0.071 | 0.134 | 0.276** | -0.008 | 0.431** | 0.533** |
| 心室数 | -0.121 | 0.077 | 0.096 | 0.337** | -0.368** | 0.094 | -0.415** | -0.032 | -0.146 | 0.257** | 0.012 | 0.197* | 0.382** | 0.641** |
| 可溶性固形物含量 | -0.080 | 0.205* | 0.020 | -0.054 | 0.186* | 0.042 | 0.245** | -0.158 | 0.031 | -0.225* | -0.102 | 0.123 | -0.456** | -0.507** |
| 糖度 | -0.075 | 0.240** | 0.018 | 0.030 | 0.150 | 0.009 | 0.279** | -0.013 | 0.014 | -0.242** | -0.129 | 0.110 | -0.398** | -0.488** |
| 酸度 | -0.072 | -0.080 | 0.034 | -0.132 | 0.097 | -0.070 | 0.141 | -0.021 | -0.025 | -0.143 | -0.009 | 0.135 | -0.078 | -0.153 |
| 糖酸比 | 0.216* | -0.048 | 0.102 | -0.022 | 0.061 | 0.032 | -0.039 | 0.120 | 0.095 | -0.227** | 0.130 | 0.018 | -0.046 | -0.023 |

注：* 表示相关性达显著水平($\alpha=0.05$)，** 表示相关性达极显著水平($\alpha=0.01$)。表 8 同。

表 6 主成分载荷矩阵

| 性状 | 主成分载荷 | | | | | | | |
|----------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| | PC1 | PC2 | PC3 | PC4 | PC5 | PC6 | PC7 | PC8 |
| 叶片类型 | -0.208 | 0.070 | -0.590 | 0.245 | -0.377 | 0.001 | -0.107 | -0.072 |
| 成熟前果色 | -0.079 | 0.420 | 0.551 | 0.307 | 0.331 | -0.028 | -0.102 | -0.101 |
| 成熟果色 | 0.163 | -0.525 | 0.288 | 0.578 | 0.090 | -0.160 | 0.202 | -0.105 |
| 果面棱沟 | 0.305 | 0.546 | 0.035 | 0.389 | -0.284 | -0.095 | 0.192 | 0.291 |
| 果顶形状 | -0.535 | -0.229 | -0.293 | 0.114 | 0.313 | 0.162 | 0.164 | 0.272 |
| 果肩有无 | 0.092 | -0.014 | 0.342 | 0.015 | 0.466 | 0.066 | -0.578 | -0.163 |
| 果形 | -0.707 | 0.309 | -0.254 | 0.152 | 0.312 | -0.064 | 0.090 | 0.041 |
| 果实横切面形状 | -0.103 | 0.488 | -0.351 | 0.326 | 0.016 | 0.166 | -0.064 | -0.271 |
| 果肉色 | -0.054 | -0.544 | 0.015 | 0.583 | -0.061 | -0.370 | 0.126 | -0.214 |
| 风味 | 0.468 | 0.215 | 0.155 | -0.041 | 0.102 | -0.486 | 0.127 | 0.011 |
| 株高 | 0.189 | -0.684 | -0.129 | -0.087 | 0.113 | 0.217 | -0.001 | 0.340 |
| 首花节位 | 0.004 | 0.114 | 0.423 | -0.033 | 0.148 | 0.421 | 0.357 | -0.268 |
| 果实纵径 | 0.610 | 0.205 | -0.325 | 0.252 | 0.404 | 0.120 | 0.125 | 0.252 |
| 果实横径 | 0.959 | 0.035 | -0.020 | 0.031 | -0.051 | 0.094 | 0.054 | 0.081 |
| 果形指数 | -0.725 | 0.158 | -0.298 | 0.148 | 0.415 | 0.022 | 0.047 | 0.165 |
| 单果质量 | 0.906 | 0.086 | -0.097 | 0.027 | 0.023 | 0.093 | 0.090 | 0.120 |
| 肉厚 | 0.602 | -0.225 | -0.001 | 0.115 | 0.367 | 0.083 | -0.119 | 0.113 |
| 心室数 | 0.669 | 0.208 | 0.198 | 0.128 | -0.120 | 0.299 | 0.064 | 0.066 |
| 可溶性固形物含量 | -0.607 | -0.013 | 0.550 | 0.055 | -0.199 | 0.069 | 0.024 | 0.339 |
| 糖度 | -0.589 | 0.085 | 0.508 | 0.174 | -0.203 | 0.132 | 0.003 | 0.358 |
| 酸度 | -0.206 | -0.090 | 0.022 | -0.176 | 0.105 | 0.283 | 0.607 | -0.307 |
| 糖酸比 | -0.058 | -0.184 | -0.085 | 0.408 | -0.284 | 0.583 | -0.306 | -0.134 |
| 特征值 | 5.441 | 2.185 | 2.159 | 1.480 | 1.462 | 1.266 | 1.142 | 1.005 |
| 贡献率(%) | 24.730 | 9.930 | 9.813 | 6.728 | 6.646 | 5.752 | 5.191 | 4.566 |
| 累积贡献率(%) | 24.730 | 34.660 | 44.473 | 51.201 | 57.847 | 63.599 | 68.790 | 73.356 |

可以反映全部指标的大部分信息。

第 1 主成分特征值为 5.441,贡献率为 24.73%,载荷较高的包括果实纵径、横径、单果质量、果肉厚和心室数等与果实大小相关的性状,特征向量分别为 0.610、0.959、0.906、0.602、0.669;负向较高的包括果顶性状、果形指数、果形、可溶性固形物含量和糖度等与品质相关的性状,特征向量分别为 -0.535、-0.725、-0.707、-0.607、-0.589,说明第 1 主成分中果实大小与品质负相关。第 2 主成分特征值为 2.185,载荷较高的包括成熟前果色、果实横切面形状、果面棱沟,特征向量为 0.420、0.488、0.546;负向较高的是株高、成熟果色、果肉色,特征向量为 -0.684、-0.525、-0.544。第 3 主成分特征值为 2.159,载荷较高的有成熟前果色、可溶性固形物含量、糖度;负向较高的是叶片类型。第 6 主成分累积贡献率为 63.6%,载荷较高

的为反映果实风味特性的糖酸比及植株生长特性的首花节位等性状。

2.5 聚类分析

将 22 个表型性状进行聚类分析,结果(图 1)表明,在欧氏距离为 5 处,130 份试材聚为 5 个组群。

第 1 组包括 14 份材料,分为 2 个亚类,大多为各地优良番茄种质资源,其主要特征是叶片类型为普通型或复细叶型,成熟果色为红色或橘黄色,果形为扁圆或者圆形,单果质量为 150~200 g,可溶性固形物含量为 4%~5%,果实风味特性为酸甜或酸。这组材料可进一步筛选改良,为下一步创制新的种质资源奠定基础。

第 2 组包括 44 份材料,分为 2 个亚类,其主要特征是叶片类型为普通型,成熟果色多为红色,少数为黄色,果形为扁圆或圆形,果实相对较大,单果质量为 120~190 g。

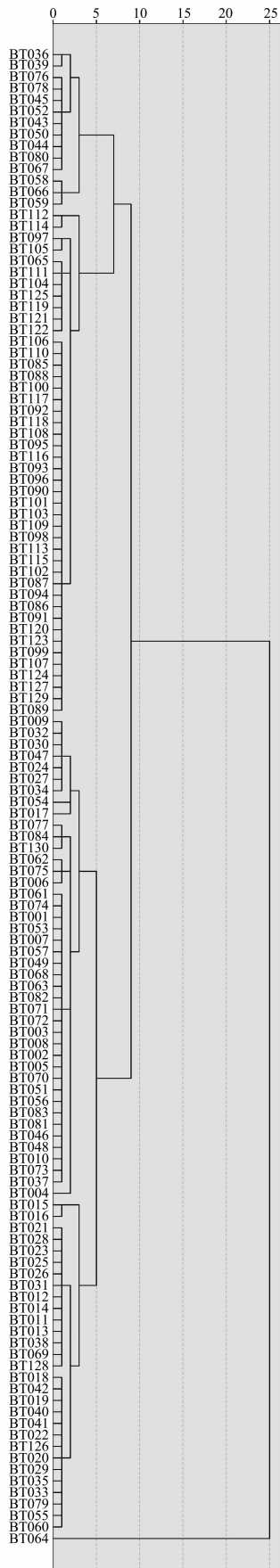


图1 基于形态学性状的系统聚类图

第3组包括42份材料,分为3个亚类,均为小果型番茄,包括自有材料和新引进材料。其主要特征是叶片类型多为普通型,少数为复细叶型,果形多为卵圆或高圆形,少数桃形或长梨形,果形指数相对较大,单果质量为40~60 g,心室数多为2个,可溶性固形物含量较高,果实风味特性为甜酸或甜。这组番茄果实较小、食用性较强,可作为培育口感型、高品质樱桃番茄品种的重要材料。

第4组包括29份材料,分为2个亚类,多为中型果,其主要特征是果形为扁圆或高圆,果顶性状为微凹或圆平,单果质量为70~130 g,可溶性固形物含量在5%左右。

第5组包括1份材料,其主要特征是大红果番茄,单果质量在240 g左右,可溶性固形物含量6%左右,糖酸比适中。该材料的综合表现较好,可用于下一步选育口感型优良番茄种质。

2.6 形态学性状综合评价

利用主成分分析的方法计算130份试材的综合得分(*F*),并进行种质资源的综合评价。结果(表7)表明,*F*值的变化范围为-1.46~1.86。综合得分排名前5的种质资源分别为BT064、BT036、BT039、BT066和BT067,其*F*值依次为1.86、1.20、0.92、0.80和0.78,上述材料中BT036、BT039和BT067为笔者所在单位保存的自交系材料。

进一步分析*F*值与22个表型性状数据的相关性,结果(表8)表明,*F*值与13个性状数据达极显著相关水平。其中与果面棱沟、果实纵径、横径、单果质量和肉厚等反映果实大小的性状呈极显著正相关,而与叶片类型、果顶形状、果形、可溶性固形物含量等性状呈极显著负相关。

3 讨论与结论

130份试材的数量性状变异性分析结果显示,酸度在各表型性状中变异系数最大,糖酸比和单果质量次之,可溶性固形物含量和果实纵径的变异系数比较小。这一结果与芮文婧等^[9]、赵云霞等^[10]研究结果较为一致。

主成分和相关性分析结果均显示,果实大小与可溶性固形物、总糖含量等番茄的品质性状负相关,这一结果与前人研究结果^[9-10]相似。另外,株高与果面棱沟、果实横切面形状呈负相关,即植株越高,果面棱沟越轻,果实横切面形状更趋于圆形,这一结果鲜有报道。可能是在番茄种质在长期种

表 7 综合得分

| 材料 编号 | 综合 得分 | 排名 | 材料 编号 | 综合 得分 | 排名 | 材料 编号 | 综合 得分 | 排名 |
|----------|----------|-----|----------|----------|-----|----------|----------|----|
| BT001 | -0.69 | 105 | BT045 | 0.15 | 69 | BT089 | 0.06 | 82 |
| BT002 | -1.08 | 120 | BT046 | -1.19 | 125 | BT090 | 0.58 | 18 |
| BT003 | -0.78 | 109 | BT047 | -1.03 | 116 | BT091 | 0.15 | 70 |
| BT004 | -0.39 | 94 | BT048 | -1.30 | 127 | BT092 | 0.45 | 32 |
| BT005 | -0.61 | 100 | BT049 | -1.07 | 118 | BT093 | 0.38 | 36 |
| BT006 | 0.05 | 83 | BT050 | 0.18 | 64 | BT094 | 0.56 | 22 |
| BT007 | -0.46 | 97 | BT051 | -0.67 | 104 | BT095 | 0.26 | 52 |
| BT008 | -0.90 | 114 | BT052 | 0.67 | 10 | BT096 | 0.59 | 17 |
| BT009 | -0.64 | 101 | BT053 | -1.11 | 121 | BT097 | 0.61 | 16 |
| BT010 | -0.72 | 107 | BT054 | -0.55 | 99 | BT098 | 0.55 | 23 |
| BT011 | 0.50 | 26 | BT055 | 0.67 | 9 | BT099 | 0.34 | 44 |
| BT012 | 0.09 | 79 | BT056 | -1.46 | 130 | BT100 | 0.46 | 30 |
| BT013 | 0.20 | 61 | BT057 | -0.66 | 102 | BT101 | 0.38 | 37 |
| BT014 | 0.09 | 78 | BT058 | 0.65 | 14 | BT102 | 0.46 | 28 |
| BT015 | 0.30 | 47 | BT059 | 0.74 | 7 | BT103 | 0.16 | 68 |
| BT016 | 0.36 | 42 | BT060 | 0.30 | 48 | BT104 | 0.46 | 29 |
| BT017 | 0.73 | 8 | BT061 | -1.04 | 117 | BT105 | 0.67 | 12 |
| BT018 | 0.25 | 54 | BT062 | -0.74 | 108 | BT106 | 0.61 | 15 |
| BT019 | 0.66 | 13 | BT063 | -1.16 | 124 | BT107 | 0.19 | 62 |
| BT020 | 0.57 | 20 | BT064 | 1.86 | 1 | BT108 | 0.24 | 57 |
| BT021 | 0.37 | 39 | BT065 | 0.26 | 53 | BT109 | 0.07 | 81 |
| BT022 | 0.27 | 51 | BT066 | 0.80 | 4 | BT110 | 0.43 | 34 |
| BT023 | 0.01 | 86 | BT067 | 0.78 | 5 | BT111 | 0.47 | 27 |
| BT024 | 0.08 | 80 | BT068 | -0.81 | 111 | BT112 | 0.19 | 63 |
| BT025 | 0.52 | 24 | BT069 | -0.46 | 96 | BT113 | 0.10 | 77 |
| BT026 | 0.22 | 59 | BT070 | -0.83 | 112 | BT114 | -0.15 | 92 |
| BT027 | 0.12 | 76 | BT071 | -1.24 | 126 | BT115 | 0.14 | 71 |
| BT028 | 0.37 | 40 | BT072 | -1.32 | 129 | BT116 | 0.67 | 11 |
| BT029 | 0.33 | 46 | BT073 | -1.14 | 123 | BT117 | 0.37 | 38 |
| BT030 | -0.70 | 106 | BT074 | -1.07 | 119 | BT118 | 0.03 | 84 |
| BT031 | 0.24 | 58 | BT075 | -0.53 | 98 | BT119 | 0.34 | 45 |
| BT032 | -0.96 | 115 | BT076 | 0.57 | 21 | BT120 | 0.25 | 55 |
| BT033 | 0.27 | 50 | BT077 | 0.13 | 74 | BT121 | 0.51 | 25 |
| BT034 | -0.02 | 88 | BT078 | 0.36 | 43 | BT122 | 0.39 | 35 |
| BT035 | 0.27 | 49 | BT079 | 0.00 | 87 | BT123 | -0.12 | 91 |
| BT036 | 1.20 | 2 | BT080 | 0.43 | 33 | BT124 | 0.18 | 65 |
| BT037 | -0.66 | 103 | BT081 | -1.31 | 128 | BT125 | 0.01 | 85 |
| BT038 | 0.45 | 31 | BT082 | -1.13 | 122 | BT126 | 0.13 | 75 |
| BT039 | 0.92 | 3 | BT083 | -0.89 | 113 | BT127 | 0.22 | 60 |
| BT040 | 0.75 | 6 | BT084 | -0.79 | 110 | BT128 | -0.11 | 90 |
| BT041 | 0.58 | 19 | BT085 | 0.24 | 56 | BT129 | -0.24 | 93 |
| BT042 | 0.17 | 66 | BT086 | -0.04 | 89 | BT130 | -0.46 | 95 |
| BT043 | 0.14 | 73 | BT087 | 0.36 | 41 | | | |
| BT044 | 0.17 | 67 | BT088 | 0.14 | 72 | | | |

表 8 综合得分与表型性状的相关系数

| 性状 | 相关系数 | 性状 | 相关系数 |
|---------|-----------|----------|-----------|
| 叶片类型 | -0.340 ** | 首花节位 | 0.197 * |
| 成熟前果色 | 0.216 * | 果实纵径 | 0.658 ** |
| 成熟果色 | 0.174 * | 果实横径 | 0.897 ** |
| 果面棱沟 | 0.455 ** | 果形指数 | -0.602 ** |
| 果顶形状 | -0.504 ** | 单果质量 | 0.858 ** |
| 果肩有无 | 0.175 * | 肉厚 | 0.567 ** |
| 果形 | -0.568 ** | 心室数 | 0.748 ** |
| 果实横切面形状 | -0.026 | 可溶性固形物含量 | -0.416 ** |
| 果肉色 | -0.148 | 糖度 | -0.366 ** |
| 风味 | 0.484 ** | 酸度 | -0.031 |
| 株高 | 0.035 | 糖酸比 | 0.074 |

植驯化过程中,株高、与果形相关的果面棱沟、横切面形状等性状经过了定向选育。

各种质的综合得分值结果显示,得分较高的 BT036、BT039 和 BT067 等为笔者所在单位保存的自交系材料,得分较低的 BT056、BT072 和 BT081 等引进的番茄新品种,需要进一步改良、纯化才能加以利用。

本研究使用的 130 份番茄供试材料聚类结果未严格按照来源地进行聚类,来源于同一地区的番茄种质聚到了不同的组群,来源不同的种质,因遗传背景相似而聚到一组,这一结果可能与番茄种质资源存在交叉利用现象有关,前人的研究中也存在类似的研究结果^[16]。聚类分析结果的研究有利于育种者挖掘亲本组合的潜力,进而用于指导亲本选择,例如选择第 4 类、第 5 类种质资源进行亲本组合,定向选育综合性状优良的中、大果型新品种;第 3 类可做为选育小果型番茄的重要种质资源;而第 1、2 类种质资源可进一步筛选、纯化,为下一步选育番茄新品种奠定基础。

参考文献:

[1]陈 宇,徐广祥,高 强,等. 内蒙古巴彦淖尔市番茄产业现状、问题与发展建议[J]. 农业工程技术,2020,40(32):17-18.

[2]许向阳,赵 爽,何梦曦,等. 128 份番茄种质资源主要农艺性状鉴定及抗病性评价[J]. 东北农业大学学报,2022,53(5):32-41.

[3]李丽梅,杨超沙,张立永,等. 优质番茄种质资源品质分析及综合评价[J]. 华北农学报,2020,35(增刊1):85-92.

[4]李艳红,聂 俊,郑锦荣,等. 华南地区樱桃番茄表型性状遗传多样性分析及综合评价[J]. 园艺学报,2021,48(9):1717-1730.

[5]袁东升,王晓敏,赵宇飞,等. 100 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性分析[J]. 西北农业学报,2019,28(4):594-601.

张学青,胡蒙爱,王晓卓,等.壳寡糖、芽孢杆菌、香菇多糖复合对黄瓜幼苗生长和低温抗性的影响[J].江苏农业科学,2023,51(18):156-162.
doi:10.15889/j.issn.1002-1302.2023.18.023

壳寡糖、芽孢杆菌、香菇多糖复合对黄瓜幼苗生长和低温抗性的影响

张学青¹,胡蒙爱^{1,2},王晓卓¹,张雪艳¹

(1.宁夏大学农学院,宁夏银川 750021; 2.宁夏盛旭昊春农业科技有限公司,宁夏银川 750021)

摘要:北方地区冬季气候寒冷,黄瓜幼苗无法安全越冬,直接影响后期黄瓜产量。以清水灌根为对照(CK),用香菇多糖 700 倍液、500 mg/L 壳寡糖 + 10^7 CFU/mL 解淀粉芽孢杆菌(F1)、500 mg/L 壳寡糖 + 10^7 CFU/mL 解淀粉芽孢杆菌 + 香菇 700 倍液多糖组合(F1-X700)进行灌根处理,分析其对黄瓜幼苗促生效应的影响。结果表明,相比 CK 处理,香菇多糖灌根显著增加基质 EC 值、有机质、速效氮、速效磷、全氮含量;F1-X700 处理的有机质、速效氮、速效磷含量均为最高。F1-X700 处理的黄瓜幼苗茎粗相对增长率、壮苗指数比 CK 处理显著高 61.4%、20.8%;株高相对增长率、叶绿素含量最高,比 CK 处理显著高 39.1%、69.1%。低温胁迫处理试验结果表明,T2 处理的 POD、SOD 活性显著比 CK2 处理高 38.3%、77.2%。试验结果表明,500 mg/L 壳寡糖 + 10^7 CFU/mL 解淀粉芽孢杆菌 + 香菇多糖 700 倍液复配灌根处理可显著促进黄瓜幼苗生长,抵御亚低温不良环境。

关键词:壳寡糖;解淀粉芽孢杆菌 XY-13;香菇多糖;基质养分;黄瓜幼苗

中图分类号:S642.201 **文献标志码:**A **文章编号:**1002-1302(2023)18-0156-07

我国为蔬菜种植大国,蔬菜产业在我国农业经济发展中具有独特的地位和优势,种植面积逐年增

加。2021 年我国蔬菜播种面积约为 2 187.221 万 hm^2 ,同比增长 1.8%;蔬菜产量约为 76 710.8 万 t,同比增长 2.4%^[1]。根据国家统计局最新数据显示,中国以 109.8 kg 的人均蔬菜消耗量一直高居全球第一。从人均蔬菜产量来看,即便是在对外出口的情况下,我国的蔬菜不仅可以自给自足,甚至依旧有盈余。由此可见,发展绿色蔬菜对改善城乡居民生活、稳定发展农村经济、增加农民收入、扩大农产品出口都有极其重要的意义^[2]。

香菇多糖是从优质香菇子实体中提取的有效活性成分。研究表明,香菇多糖处理植株可使植株产生抗性,且提高其过氧化物酶和多酚氧化酶活

收稿日期:2022-12-13

基金项目:宁夏回族自治区重点研发计划(编号:2021BBF02026);宁夏园艺学国家一流建设学科项目(编号:2021-2025);宁夏回族自治区科技创新领军人才项目(编号:KJT2017001);宁夏大学贺兰山学者项目(编号:2020)。

作者简介:张学青(1998—),女,宁夏固原人,硕士研究生,主要研究方向为蔬菜生理与生态。E-mail:1181715842@qq.com。

通信作者:王晓卓,博士研究生,主要研究方向为蔬菜生理与生态, E-mail:catreewp@outlook.com;张雪艳,教授,硕士生导师,主要从事设施蔬菜栽培与生理等研究, E-mail:zhangxueyan123@sina.com。

[6]余斌.引进马铃薯种质资源表型多样性分析及块茎品质的综合评价[D].兰州:甘肃农业大学,2018.

[7]黄月琴,方荣,陈学军,等.茄子种质资源表型性状分析与遗传多样性评价[J].热带作物学报,2021,42(7):1896-1904.

[8]刘珮君,王晓敏,李国花,等.166 份番茄种质资源的综合评价[J].云南大学学报(自然科学版),2020,42(4):792-803.

[9]芮文婧,王晓敏,张倩男,等.番茄 353 份种质资源表型性状遗传多样性分析[J].园艺学报,2018,45(3):561-570.

[10]赵霞霞,颜秀娟,王学梅,等.246 份番茄种质资源表型性状的遗传多样性[J].江苏农业科学,2021,49(17):134-140.

[11]龚亚菊,吴丽艳,黎志彬,等.大果番茄种质资源的遗传多样性和聚类分析[J].西南农业学报,2013,26(6):2447-2450.

[12]史建磊,宰文珊,陈依凯,等.基于表型的樱桃番茄种质遗传多样性分析[J].热带作物学报,2019,40(6):1095-1101.

[13]何润铭,黎振兴,郭汉权,等.基于表型性状的番茄品种遗传多样性分析[J].湖北农业科学,2021,60(18):115-120.

[14]易腾飞,李珊珊,李嘉豪,等.261 份小麦品种基于农艺性状的遗传多样性分析[J].河北农业大学学报,2018,41(2):7-13.

[15]杨乐琦,仇淑芳,唐菲,等.基于主成分分析的观赏生菜品质综合评价[J].上海交通大学学报(农业科学版),2015,33(3):53-60.

[16]冯晶晶,刘磊,郑峥,等.醋栗番茄 *Solanum pimpinellifolium* 遗传多样性分析[J].植物遗传资源学报,2017,18(4):611-619,628.