

130份薄皮甜瓜种质材料果实性状的遗传多样性分析评价

解华云, 叶云峰, 李桂芬, 黄金艳, 覃斯华, 何毅,
柳唐镜, 李天艳, 韦正光, 洪日新

(广西壮族自治区农业科学院园艺研究所 南宁 530007)

摘要:为研究薄皮甜瓜种质资源果实性状的遗传多样性,对从全国各地搜集到的130份薄皮甜瓜种质资源的17个果实相关性状进行变异分析、相关性分析、主成分分析和聚类分析。变异分析结果表明,11个质量性状的多样性指数变化范围为0.14~2.03,6个数量性状的多样性指数变化范围为1.55~2.03,17个性状的平均遗传多样性指数为1.25;相关分析结果表明,薄皮甜瓜种质果实的多个数量性状之间呈极显著相关;主成分分析结果表明,17个性状可归纳为7个主成分,累积方差贡献率达80.21%;聚类分析结果表明,当欧式距离为51.34时,可以将供试材料分为两大类群。综上所述,130份薄皮甜瓜种质的果实性状遗传差异明显,具有新品种选育和改良的利用价值。

关键词:薄皮甜瓜;种质材料;果实性状;表型;遗传多样性

中图分类号:S652

文献标志码:A

文章编号:1673-2871(2024)05-028-13

Genetic diversity analysis of melon fruit characters of 130 oriental melon germplasm materials

XIE Huayun, YE Yunfeng, LI Guifen, HUANG Jinyan, QIN Sihua, HE Yi, LIU Tangjing, LI Tianyan, WEI Zhengguang, HONG Rixin

(Horticultural Research Institute, Guangxi Academy of Agricultural Sciences, Nanning 530007, Guangxi, China)

Abstract: In order to study the genetic diversity of fruit traits of oriental melon germplasm materials, the variation analysis, correlation analysis, principal component analysis and clustering analysis of 17 fruit related traits were investigated for 130 oriental melon germplasm materials. The results of variance analysis showed that the diversity index of fruit related 11 qualitative and 6 quantitative traits ranged from 0.14 to 2.03, 1.55 to 2.03, respectively. The average genetic diversity index of 17 fruit related traits was 1.25. The results of correlation analysis showed that there were significant correlations among several fruit related quantitative traits. Principal component analysis suggested that 17 fruit related traits were summarized into seven principal components, and the cumulative contribution rate was 80.21%. In addition, the 130 germplasm materials were divided into two groups in Euclidean distance 51.34. In conclusion, the fruit related traits in 130 germplasm materials have rich diversity, which will lay a basis for oriental melon new variety breeding and genetic improvement.

Key words: Oriental melon; Germplasm materials; Fruit traits; Phenotype; Genetic diversity

甜瓜又称香瓜、甘瓜、果瓜、白西瓜,隶属于葫芦科甜瓜属,为一年生草本植物,在世界各地均有栽培^[1]。我国通常将甜瓜分为薄皮甜瓜和厚皮甜瓜2个栽培类型。薄皮甜瓜包含越瓜变种(*var. conomon*)、香瓜变种(*var. makuwa*)、梨瓜变种(*var. chinensis*)、泡瓜变种(*var. momardica*)和酸瓜变种

(*var. acidulus*)5种类型^[2]。薄皮甜瓜主要分布在中东部,厚皮甜瓜主要分布在西北部^[3]。随着甜瓜新品种的不断选育和栽培技术水平的提高,甜瓜在原有产区的基础上形成了一些新的优势生产区域,华南优势区甜瓜种植面积持续增加^[4]。广西是华南甜瓜种植优势区的重要种植区域,对调剂全国甜瓜销

收稿日期:2023-12-04;修回日期:2024-01-10

基金项目:广西重点研发计划(桂科 AB21196045);国家现代农业产业技术体系(CARS-25);广西自然科学基金(2020GXNS-FBA297028)

作者简介:解华云,女,高级农艺师,研究方向为西瓜、甜瓜遗传育种与栽培技术。E-mail:47885241@qq.com

通信作者:洪日新,男,研究员,研究方向为西瓜、甜瓜遗传育种与栽培技术。E-mail:gxnyhrx@163.com

售市场具有举足轻重的作用。广西薄皮甜瓜年播种面积约 $1.7 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 在甜瓜总面积中占比大, 但品种较单一, 80%以上为当地主栽品种广蜜1号, 不利于甜瓜产业的可持续发展^[5]。薄皮甜瓜果实具有丰富的遗传变异类型, 开展薄皮甜瓜种质资源的果实相关性状遗传多样性分析, 明确薄皮甜瓜种质资源的遗传多样性, 对充分发掘利用薄皮甜瓜种质资源、选育新品种、拓宽遗传背景具有重要意义。甜瓜果实具有广泛的多样性, 综合分析果实形状和大小、果皮颜色、果肉颜色、种子大小和种子周围胶状鞘有无等性状可确定甜瓜的类群和子类群^[6]。目前, 基于甜瓜果实性状遗传多样性的研究已有较多报道。闫洪朗等^[7]对江浙沪地区种植的65个甜瓜品种的5个质量性状和10个数量性状进行测定, 并进行相关分析、主成分分析及遗传多样性评价。李清等^[8]以74份薄皮甜瓜种质为试材, 采用相关性分析、主成分分析和聚类分析等方法, 研究了12个质量性状的遗传多样性。李超等^[9]对51份新疆栽培甜瓜的17个质量性状和16个数量性状进行频率分布统计、多样性分析、变异统计、主成分分析和聚类分析。王伟勇等^[10]对浙江省沿海地区27份薄皮甜瓜地方品种的48个质量性状进行遗传多样性分析。文乐欣等^[11]对9个不同变种和370份甜瓜种质资源进行遗传多样性分析。张凯歌等^[12]对来源于国内外的219份甜瓜种质进行遗传多样性分析。王吉明等^[13]对从国外引进的100份野生甜瓜种质进行遗传多样性分析。王志强等^[14]以82份甜瓜亲本资源为试验材料, 对其27个果实性状进行了遗传多样性分析和主成分分析。广西是甜瓜华南产区的主要种植区域之一, 每年均开展大量甜瓜种质材料的搜集引种工作, 但目前未对搜集到的甜瓜种质材料进行遗传多样性评价。笔者以在国内搜集的130份薄皮甜瓜种质资源为试验材料, 测定其果实形状、果皮底色和单果质量等17个质量和数量性状, 并进行相关分析、主成分分析和聚类分析, 评价其遗传多样性, 为薄皮甜瓜种质资源的搜集、高效合理利用及新品种选育提供参考依据。

1 材料与方法

1.1 材料

供试130份薄皮甜瓜种质资源由广西农业科学院园艺研究所于2019年从全国各地搜集而来, 其编号、来源地及果实相关性状表型记录见表1。

1.2 方法

试验于2020—2022年春季在广西农业科学院园艺研究所里建西甜瓜试验基地进行, 试验地为砂壤土, 土壤肥力中等, 试验采用随机区组设计, 3年进行3次重复, 每年安排春茬种植, 每年每份材料定植10株, 株距0.8 m, 行距2.0 m, 幼苗生长至4~5片真叶时开始摘心打顶, 每株选留4条子蔓伸向四周, 子蔓生长至7~8片真叶摘心打顶, 孙蔓生长至4~5片真叶摘心打顶, 每株留8条孙蔓, 每蔓留1果, 常规栽培管理。每份材料随机选取5株甜瓜进行性状记载及调查。各个性状数据为3次重复的平均值。

1.3 果实性状调查

参照《甜瓜种质资源描述规范和数据标准》^[15]开展质量和数量性状调查, 在果实成熟期每小区随机取5个瓜, 调查其11个质量性状(果实形状、果皮底色、果皮覆纹颜色、果皮覆纹形状、果面沟、果肉颜色、瓜瓢颜色、瓜瓢水分、果肉质地、果肉香气、果肉酸味)和6个数量性状(单果质量、果实纵径、果实横径、种腔横径、果肉厚度、中心可溶性固形物含量)。果实形状、果皮底色、果皮覆纹颜色、果皮覆纹形状、果面沟、果肉颜色等6个质量性状采用直接观察法; 果肉质地、果肉香气、果肉酸味等3个质量性状通过品尝成熟果实进行综合评价, 果肉质地根据成熟果实在品尝过程中果肉的软硬、松实和含水量进行综合评价; 果肉香气根据品尝时果肉散发的香气有无进行判断, 果肉酸味根据品尝时果肉酸味的有无和轻重判断; 瓜瓢水分是成熟果实种腔内胎座组织的含水量, 剖瓜时通过人工判断瓜瓢水分的多少; 数量性状采用测量法, 长度用直尺测量, 质量用电子秤测量, 用手持测糖仪(型号PAL-1)测量可溶性固形物含量。

1.4 统计分析

所有性状均参照《甜瓜种质资源描述规范和数据标准》^[15]和Stepansky等^[16]的方法进行统计、分级和赋值。质量性状以1~10级进行分级和赋值(表2), 然后统计各性状的频率分布和多样性指数; 数量性状的测量值在Excel中计算出最大值、最小值、平均值、标准差、变异系数和多样性指数。多样性指数计算方法参照尚建立等^[17]的方法, 将数量性状根据平均值(X)和标准差(δ)分为10级, 1级 $<X-2\delta$, $X-2\delta \leq 2$ 级 $<X-1.5\delta$, $X-1.5\delta \leq 3$ 级 $<X-\delta$, ..., 10级 $\geq X+2\delta$, 中间每级相差 0.5δ 。以Shannon-Wiener信息指数(H')对薄皮甜瓜果实11个质量性状的遗传多样性进行评价, 计算公式为 $H' = -\sum P_i \ln P_i$ ($i=1, 2,$

表1 130份薄皮甜瓜种质材料信息
Table 1 Information of 130 oriental melon germplasm

编号 Code	来源地 Source	果实 形状 Fruit shape	果皮底色 Peel color	果皮覆纹 颜色 Vein color of fruit skin	果皮覆纹 形状 Vein shape of fruit skin	果肉颜色 Flesh color	瓜瓤 颜色 Melon pulp color	瓜瓤 水分 Melon pulp moisture content	果肉 质地 Flesh texture	果肉 香气 Flesh aroma	果肉 酸味 Flesh acidity	果面沟 Groove
20C11	吉林 Jilin	椭圆 Oval	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C55	湖北 Hubei	椭圆 Oval	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	白 White	中 Middle	软 Soft	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H11	陕西 Shaanxi	椭圆 Oval	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	绿 Green	白 White	中 Middle	软 Soft	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C22	河北 Hebei	椭圆 Oval	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C63	吉林 Jilin	椭圆 Oval	金黄 Golden yellow	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C6	河北 Hebei	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q26	河北 Hebei	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	多 Much	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C4	河北 Hebei	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q18	辽宁 Liaoning	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q22	陕西 Shaanxi	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C20	河北 Hebei	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C30	黑龙江 Heilongjiang	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C5	河北 Hebei	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C21	河北 Hebei	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C24	河北 Hebei	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C14	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q20	山东 Shandong	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C64	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q16	河北 Hebei	卵形 Ovoid	绿 Green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C19	河北 Hebei	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C7	河北 Hebei	卵形 Ovoid	灰白 Grey white	墨绿 Dark Green	斑条 Fleck streak	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C17	河北 Hebei	卵形 Ovoid	灰白 Grey white	墨绿 Dark Green	斑条 Fleck streak	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q11	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	黄绿 Yellow green	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	面 Powder	有 Present	无 Absent	深 Deep
20C28	陕西 Shaanxi	圆形 Round	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent

表 1(续)
Table 1(Continued)

编号 Code	来源地 Source	果实 形状 Fruit shape	果皮底色 Peel color	果皮覆纹 颜色 Vein color of fruit skin	果皮覆纹 形状 Vein shape of fruit skin	果肉颜色 Flesh color	瓜瓤 颜色 Melon pulp color	瓜瓤 水分 Melon pulp moisture content	果肉 质地 Flesh texture	果肉 香气 Flesh aroma	果肉 酸味 Flesh acidity	果面沟 Groove
20C62	不详 Unknown	卵形 Ovoid	黄 Yellow	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C23	河北 Hebei	圆形 Round	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H7	山东 Shandong	圆形 Round	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C3	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	绿 Green	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	轻 Light	无 Absent
20C20	河北 Hebei	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	轻 Light	无 Absent
H12	山东 Shandong	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C13	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	中 Middle	面 Powder	无 Absent	轻 Light	无 Absent
H15	不详 Unknown	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	深 Deep
20Q13	陕西 Shaanxi	卵形 Ovoid	黄绿 Yellow green	墨绿 Dark green	斑条 Fleck streak	橙 Orange	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
20C29	陕西 Shaanxi	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C47	江西 Jiangxi	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C33	广西 Guangxi	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	绿白 Green white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C26	不详 Unknown	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C50	北京 Beijing	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C38	贵州 Guizhou	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C35	广东 Guangdong	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C53	湖北 Hubei	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q24	不详 Unknown	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C54	湖北 Hubei	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H13	不详 Unknown	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	绿白 Green white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C37	贵州 Guizhou	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	绿白 Green white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C32	广西 Guangxi	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	绿白 Green white	白 White	多 Much	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C49	江西 Jiangxi	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C51	湖南 Hunan	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent

表 1(续)
Table 1(Continued)

编号 Code	来源地 Source	果实 形状 Fruit shape	果皮底色 Peel color	果皮覆纹 颜色 Vein color of fruit skin	果皮覆纹 形状 Vein shape of fruit skin	果肉颜色 Flesh color	瓜瓤 颜色 Melon pulp color	瓜瓤 水分 Melon pulp moisture content	果肉 质地 Flesh texture	果肉 香气 Flesh aroma	果肉 酸味 Flesh acidity	果面沟 Groove
H8	北京 Beijing	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C18	河北 Hebei	梨形 Pear-shaped	绿 Green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C39	湖北 Hubei	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C57	广西 Guangxi	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C21	北京 Beijing	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	绿 Green	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C27	湖南 Hunan	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	绿白 Green white	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C36	广东 Guangdong	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C48	江西 Jiangxi	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C44	福建 Fujian	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C5	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	黄 Yellow	绿 Green	斑点 Spot	绿 Green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C23	甘肃 Gansu	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	轻 Light	无 Absent
20C2	辽宁 Liaoning	梨形 Pear-shaped	黄 Yellow	绿 Green	斑块 Patch	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C17	河北 Hebei	梨形 Pear-shaped	黄 Yellow	绿 Green	斑块 Patch	绿 Green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	轻 Light	无 Absent
20C45	福建 Fujian	圆形 Round	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	多 Much	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C16	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	黄 Yellow	绿 Green	斑点 Spot	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	轻 Light	无 Absent
20C60	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	黄 Yellow	绿 Green	斑点 Spot	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	有 Present	无 Absent	无 Absent
20Q19	山西 Shanxi	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C18	河北 Hebei	卵形 Ovoid	黄 Yellow	绿 Green	斑块 Patch	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q10	黑龙江 Heilongjiang	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	无 Absent	深 Deep
20C22	甘肃 Gansu	卵形 Ovoid	黄 Yellow	绿 Green	斑条 Fleck streak	白 White	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	深 Deep
20C15	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	黄绿 Yellow green	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	深 Deep
20C69	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	深 Deep
20Q32	黑龙江 Heilongjiang	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	橙 Orange	白 White	中 Middle	面 Powder	有 Present	无 Absent	深 Deep
20C66	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow

表 1(续)
Table 1(Continued)

编号 Code	来源地 Source	果实 形状 Fruit shape	果皮底色 Peel color	果皮覆纹 颜色 Vein color of fruit skin	果皮覆纹 形状 Vein shape of fruit skin	果肉颜色 Flesh color	瓜瓤 颜色 Melon pulp color	瓜瓤 水分 Melon pulp moisture content	果肉 质地 Flesh texture	果肉 香气 Flesh aroma	果肉 酸味 Flesh acidity	果面沟 Groove
20Q12	陕西 Shaanxi	卵形 Ovoid	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
20Q6	北京 Beijing	圆形 Round	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q9	辽宁 Liaoning	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	多 Much	脆 Crisp	有 Present	无 Absent	深 Deep
20C10	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	黄 Yellow	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C52	海南 Hainan	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	多 Much	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C12	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	黄 Yellow	绿 Green	斑块 Patch	白 White	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C11	陕西 Shaanxi	卵形 Ovoid	绿 Green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
21C10	辽宁 Liaoning	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C4	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	白 White	橘 Orange	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q21	陕西 Shaanxi	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q7	北京 Beijing	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C8	河北 Hebei	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q27	河北 Hebei	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q5	北京 Beijing	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C1	辽宁 Liaoning	卵形 Ovoid	黄 Yellow	浅绿 Light green	斑条 Fleck streak	白 White	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
20C67	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	多 Much	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C65	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q8	辽宁 Liaoning	卵形 Ovoid	黄绿 Yellow green	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	少 Little	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
21C2	河北 Hebei	圆形 Round	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	绵 Uncrisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C24	安徽 Anhui	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
H9	辽宁 Liaoning	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	多 Much	面 Powder	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q15	辽宁 Liaoning	圆形 Round	黄 Yellow	墨绿 Dark green	斑块 Patch	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q17	山西 Shanxi	圆形 Round	黄绿 Yellow green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C43	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent

表1(续)
Table 1(Continued)

编号 Code	来源地 Source	果实 形状 Fruit shape	果皮底色 Peel color	果皮覆纹 颜色 Vein color of fruit skin	果皮覆纹 形状 Vein shape of fruit skin	果肉颜色 Flesh color	瓜瓤 颜色 Melon pulp color	瓜瓤 水分 Melon pulp moisture content	果肉 质地 Flesh texture	果肉 香气 Flesh aroma	果肉 酸味 Flesh acidity	果面沟 Groove
20Q14	辽宁 Liaoning	梨形 Pear-shaped	黄绿 Yellow green	墨绿 Dark green	斑点 Spot	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
20C6	江苏 Jiangsu	梨形 Pear-shaped	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	轻 Light	无 Absent
20C46	福建 Fujian	梨形 Pear-shaped	绿白 Green white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	少 Little	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H2	陕西 Shaanxi	棒形 Clavate	灰白 Grey white	墨绿 Dark green	斑点 Spot	橙 Orange	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H4	陕西 Shaanxi	棒形 Clavate	绿白 Green white	墨绿 Dark green	斑点 Spot	浅绿 Light green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q30	河北 Hebei	棒形 Clavate	灰白 Grey white	墨绿 Dark green	斑点 Spot	橙 Orange	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C58	吉林 Jilin	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
21C9	辽宁 Liaoning	梨形 Pear-shaped	黄绿 Yellow green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C68	吉林 Jilin	卵形 Ovoid	黄绿 Yellow green	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	少 Little	面 Powder	无 Absent	无 Absent	浅 Shallow
20Q25	河北 Hebei	梨形 Pear-shaped	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C56	湖北 Hubei	卵形 Ovoid	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C1	陕西 Shaanxi	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C31	安徽 Anhui	梨形 Pear-shaped	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C25	安徽 Anhui	棒形 Clavate	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H14	不详 Unknown	棒形 Clavate	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	黄绿 Yellow green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q1	北京 Beijing	棒形 Clavate	灰绿 Grey green	墨绿 Dark green	斑条 Fleck streak	橙 Orange	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q29	河北 Hebei	棒形 Clavate	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C59	吉林 Jilin	棒形 Clavate	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	多 Much	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C14	辽宁 Liaoning	棒形 Clavate	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q28	陕西 Shaanxi	棒形 Clavate	乳白 Milky white	无 Absent	无 Absent	乳白 Milky white	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C16	河北 Hebei	筒形 Cylindric	绿白 Green white	墨绿 Dark green	条带 Stripe	黄绿 Yellow green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C19	河北 Hebei	棒形 Clavate	绿 Green	墨绿 Dark green	斑条 Fleck streak	浅绿 Light green	白 White	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C13	辽宁 Liaoning	筒形 Cylindric	绿白 Green white	墨绿 Dark green	斑条 Fleck streak	黄绿 Yellow green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H5	陕西 Shaanxi	棒形 Clavate	绿白 Green white	墨绿 Dark green	条带 Stipe	黄绿 Yellow green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent

表 1(续)
Table 1 (Continued)

编号 Code	来源地 Source	果实 形状 Fruit shape	果皮底色 Peel color	果皮覆纹 颜色 Vein color of fruit skin	果皮覆纹 形状 Vein shape of fruit skin	果肉颜色 Flesh color	瓜瓤 颜色 Melon pulp color	瓜瓤 水分 Melon pulp moisture content	果肉 质地 Flesh texture	果肉 香气 Flesh aroma	果肉 酸味 Flesh acidity	果面沟 Groove
20Q4	北京 Beijing	棒形 Clavate	绿白 Green white	墨绿 Dark green	斑条 Fleck streak	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q31	河北 Hebei	棒形 Clavate	墨绿 Dark green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
21C15	辽宁 Liaoning	棒形 Clavate	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H6	山东 Shandong	棒形 Clavate	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q2	北京 Beijing	筒形 Cylindric	灰白 Grey white	无 Absent	无 Absent	绿 Green	橘 Orange	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
H3	陕西 Shaanxi	棒形 Clavate	墨绿 Dark green	无 Absent	无 Absent	黄绿 Yellow green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20Q3	北京 Beijing	筒形 Cylindric	墨绿 Dark green	无 Absent	无 Absent	绿 Green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C7	江苏 Jiangsu	棒形 Clavate	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C8	江苏 Jiangsu	棒形 Clavate	灰绿 Grey green	无 Absent	无 Absent	浅绿 Light green	黄 Yellow	中 Middle	脆 Crisp	无 Absent	无 Absent	无 Absent
20C9	江苏 Jiangsu	卵形 Ovoid	白 White	无 Absent	无 Absent	白 White	白 White	中 Middle	面 Powder	无 Absent	轻 Light	无 Absent

表 2 薄皮甜瓜种质材料的质量性状描述分级

Table 2 Description and grouping of qualitative characters of oriental melon germplasm

性状 Trait	分级 Group									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
果实形状 Fruit shape	梨形 Pear-shaped	圆形 Round	椭圆 Oval	卵形 Ovoid	棒形 Clavate	筒形 Cylindric				
果皮底色 Peel color	白 White	乳白 Milky white	灰白 Grey white	黄 Yellow	金黄 Golden yellow	黄绿 Yellow green	绿白 Green white	绿 Green	灰绿 Grey green	墨绿 Dark green
果皮覆纹颜色 Vein color of fruit skin	无 Absent	浅绿 Light green	绿 Green	墨绿 Dark green						
果皮覆纹形状 Vein shape of fruit skin	无 Absent	斑点 Spot	斑块 Patch	斑条 Fleck streak	条带 Stripe					
果面沟 Groove	无 Absent	浅 Shallow	深 Deep							
果肉颜色 Flesh color	白 White	乳白 Milky white	绿白 Green white	浅绿 Light green	绿 Green	黄绿 Yellow green	橙 Orange			
果肉质地 Flesh texture	软 Soft	面 Powder	脆 Crisp	绵 Uncrisp						
瓜瓤颜色 Melon pulp color	白 White	绿 Green	黄 Yellow	橘 Orange						
瓜瓤水分 Melon pulp moisture content	少 Little	中 Middle	多 Much							
果肉香气 Flesh aroma	无 Absent	香 Aroma	异香 Exotic aroma							
果肉酸味 Flesh acidity	无 Absent	轻 Light								

3...), P_i 为频率, \ln 为自然对数, 以DPS 9.01进行相关分析、主成分分析和聚类分析, 聚类分析种质间距离为Euclidean距离, 聚类方法为离差平方和。

2 结果与分析

2.1 薄皮甜瓜种质果实质量性状的遗传多样性

由表3可知, 130份薄皮甜瓜种质果实质量性状的多样性指数为0.14~2.03, 平均值为0.89。其

中, 果肉香气的多样性指数最低, 果实底色的多样性指数最高; 多样性指数大于1.00的有果实形状、果皮底色和果肉颜色, 说明薄皮甜瓜种质间这3个质量性状遗传变异较丰富。由表2~3可知, 在11个质量性状各分级所发生的频率中, 果实形状以梨形种质的频率(32.3%)最高, 果皮底色以绿白色种质的频率(22.3%)最高, 果皮覆纹颜色及形状以无覆纹种质的频率(82.3%)最高, 果面沟以无果面沟

表3 薄皮甜瓜种质果实质量性状的频率分布及多样性

Table 3 Frequency distribution and diversity index of qualitative characters of oriental melon germplasms

性状 Trait	频率分布 Frequency distribution/%										多样性指数 H'	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
果实形状 Fruit shape	32.3	20.7	3.8	25.3	14.6	3.0						1.55
果皮底色 Peel color	13.1	19.2	9.2	9.2	0.7	5.3	22.3	3.0	15.3	2.3		2.03
果皮覆纹颜色 Vein color of fruit skin	82.3	0.7	6.1	10.7								0.60
果皮覆纹形状 Vein shape of fruit skin	82.3	5.3	3.8	6.9	1.5							0.69
果面沟 Groove	86.1	7.6	6.1									0.50
果肉颜色 Pulp color	23.0	16.9	3.8	28.4	20.0	3.8	3.8					1.69
果肉质地 Flesh texture	1.5	21.5	70.0	6.9								0.83
瓜瓤水分 Melon pulp moisture content	10.0	73.0	16.9									0.76
瓜瓤颜色 Melon pulp color	71.5	1.5	12.3	14.6								0.84
果肉香气 Flesh aroma	96.9	3.1										0.14
果肉酸味 Flesh acidity	94.6	4.6										0.19

种质的频率(86.1%)最高, 果肉颜色以浅绿色种质的频率(28.4%)最高, 果肉质地以脆种质的频率(70.0%)最高, 瓜瓤水分以水分含量中等种质的频率(73.0%)最高, 瓜瓤颜色以白色种质的频率(71.5%)最高, 果肉香气以无香气、果肉酸味以无酸味种质的频率最高, 分别为96.9%和94.6%。

2.2 薄皮甜瓜种质果实数量性状的遗传多样性

由表4可知, 供试薄皮甜瓜种质果实数量性状的多样性指数为1.55~2.03, 平均为1.91, 多样性指数大于2.00的依次为果实横径、种腔横径和果实中心可溶性固形物含量; 6个数量性状的变异系数为

12.00%~42.00%, 其中, 果实纵径的变异系数最大, 为42.00%, 说明果实纵径存在丰富的变异, 其次为单果质量, 变异系数为28.00%, 果实横径、种腔横径、果肉厚度和中心可溶性固形物含量4个性状的变异系数均小于20.00%, 说明这4个性状具有比较稳定的遗传特性。

2.3 薄皮甜瓜种质果实数量性状的相关性分析

由表5可知, 单果质量与果实纵径、果肉厚度呈极显著正相关, 与果实横径呈显著正相关, 与中心可溶性固形物含量呈显著负相关; 果实纵径与果实横径、种腔直径和中心可溶性固形物含量呈极显

表4 薄皮甜瓜种质果实数量性状的变异情况

Table 4 Analysis of variation of qualitative characters for oriental melon germplasms

性状 Trait	均值 Mean	标准差 SD	最大值 Max	最小值 Min	极差 Range	变异系数 CV/%	多样性指数 H'
单果质量 Single fruit mass/kg	0.64	0.18	1.53	0.25	1.28	28.00	1.86
果实纵径 Fruit length/cm	12.91	5.45	33.75	7.10	26.65	42.00	1.55
果实横径 Fruit diameter/cm	10.00	1.25	13.80	6.50	7.30	12.00	2.00
种腔横径 Seed cavity diameter/cm	5.93	1.04	8.00	3.17	4.83	18.00	2.02
果肉厚度 Flesh thickness/cm	2.08	0.27	3.40	1.50	1.90	13.00	1.97
中心可溶性固形物含量 Centre TSS/%	11.02	1.73	14.70	5.70	9.00	16.00	2.03

表5 薄皮甜瓜种质果实数量性状间的相关分析结果

Table 5 Correlation coefficient between quantitative characters of oriental melon germplasms

性状 Trait	果实纵径 Fruit length	果实横径 Fruit diameter	果肉厚度 Flesh thickness	种腔直径 Cavity diameter	中心可溶性固形物含量 Centre TSS
单果质量 Single fruit mass	0.52**	0.22*	0.60**	-0.11	-0.21*
果实纵径 Fruit length		-0.60**	-0.01	-0.70**	-0.39**
果实横径 Fruit diameter			0.53**	0.82**	0.30**
果肉厚度 Flesh thickness				0.14	0.04
种腔直径 Seed cavity diameter					0.36**

注:*表示在 0.05 水平显著相关,**表示在 0.01 水平极显著相关。

Note:* represented significant correlation($p<0.05$),** represented extremely significant correlation($p<0.01$).

著负相关;果实横径与果肉厚度、种腔直径和中心可溶性固形物含量呈极显著正相关;种腔直径与中心可溶性固形物含量呈极显著正相关。

2.4 薄皮甜瓜种质果实性状的主成分分析

由表 6 可知,薄皮甜瓜种质材料果实性状前 7 个主成分的累积贡献率为 80.21%。第 1 主成分(PC1)特征值为 4.4,贡献率为 25.86%,主要与果实纵径、果实形状等性状相关;第 2 主成分(PC2)特征值为 2.25,贡献率为 13.25%,主要与单果质量、果肉厚度等性状相关;第 3 主成分(PC3)特征值为 1.76,贡献率为 10.34%,主要与果面沟、果皮覆纹颜色和果皮覆纹形状等性状相关;第 4 主成分(PC4)特征值为 1.68,贡献率为 9.88%,主要与果皮底色、果肉

颜色等性状相关;第 5 主成分(PC5)特征值为 1.31,贡献率为 7.70%,主要与果实香气相关;第 6 主成分(PC6)特征值为 1.16,贡献率为 6.85%,主要与果肉酸味等性状相关;第 7 主成分(PC7)特征值为 1.08,贡献率为 6.33%,主要与果肉质地、瓜瓢水分相关。

2.5 薄皮甜瓜种质果实相关性状的聚类分析

在 DPS 中,采用欧式距离法和离差平方和法,将 130 份薄皮甜瓜种质材料依据 17 个果实相关性状进行聚类分析。从图 1 可看出,当欧式距离为 51.34 时,130 份薄皮甜瓜种质可分为两大类。第 I 类以果实棒形或筒形的羊角蜜类型和菜瓜类型为主,包含 28 份材料,其中果皮有覆纹的卵形、棒形或筒形的聚为一类(12 份),其余 16 份聚为一类,大

表6 主成分分析的特征向量系数

Table 6 Eigenvector coefficients of principal component analysis

性状 Trait	PC1	PC2	PC3	PC4	PC5	PC6	PC7
单果质量 Single fruit mass	0.18	0.46	-0.05	-0.35	0.18	-0.02	-0.15
果实纵径 Fruit length	0.38	-0.03	-0.20	-0.25	0.11	0.01	-0.13
果实横径 Fruit diameter	-0.33	0.42	0.16	-0.02	0.12	-0.06	-0.03
果肉厚度 Flesh thickness	-0.06	0.49	-0.03	-0.28	0.23	0.15	-0.16
种腔直径 Seed cavity diameter	-0.37	0.22	0.16	0.15	0.09	-0.10	0.08
果实中心可溶性固形物含量 Centre TSS	-0.27	-0.02	-0.16	-0.05	0.07	-0.38	0.31
果实形状 Fruit shape	0.36	-0.16	0.01	-0.32	0.01	-0.11	0.03
果面沟 Groove	0.01	-0.27	0.45	-0.09	0.35	0.13	0.03
果皮底色 Peel color	0.16	0.02	-0.12	0.54	0.36	-0.09	-0.13
果皮覆纹颜色 Vein color of fruit skin	0.27	0.25	0.38	0.10	-0.29	-0.03	0.28
果皮覆纹形状 Vein shape of fruit skin	0.26	0.25	0.41	0.06	-0.27	-0.10	0.23
果肉颜色 Pulp color	0.26	0.20	-0.06	0.44	0.30	0.02	0.12
瓜瓢颜色 Melon pulp color	0.36	0.11	-0.10	0.16	0.14	-0.07	0.06
瓜瓢水分 Melon pulp moisture content	-0.05	0.09	-0.36	-0.03	0.12	0.43	0.42
果肉质地 Flesh texture	0.02	0.11	-0.33	-0.01	-0.27	0.16	0.47
果实香气 Flesh aroma	-0.02	-0.17	0.31	-0.14	0.40	0.41	0.35
果肉酸味 Flesh acidity	-0.03	0.06	0.05	0.22	-0.33	0.63	-0.38
特征值 Characteristic value	4.40	2.25	1.76	1.68	1.31	1.16	1.08
贡献率 Contribution rate/%	25.86	13.25	10.34	9.88	7.70	6.85	6.33
累积贡献率 Accumulative contribution rate/%	25.86	39.11	49.45	59.33	67.03	73.88	80.21

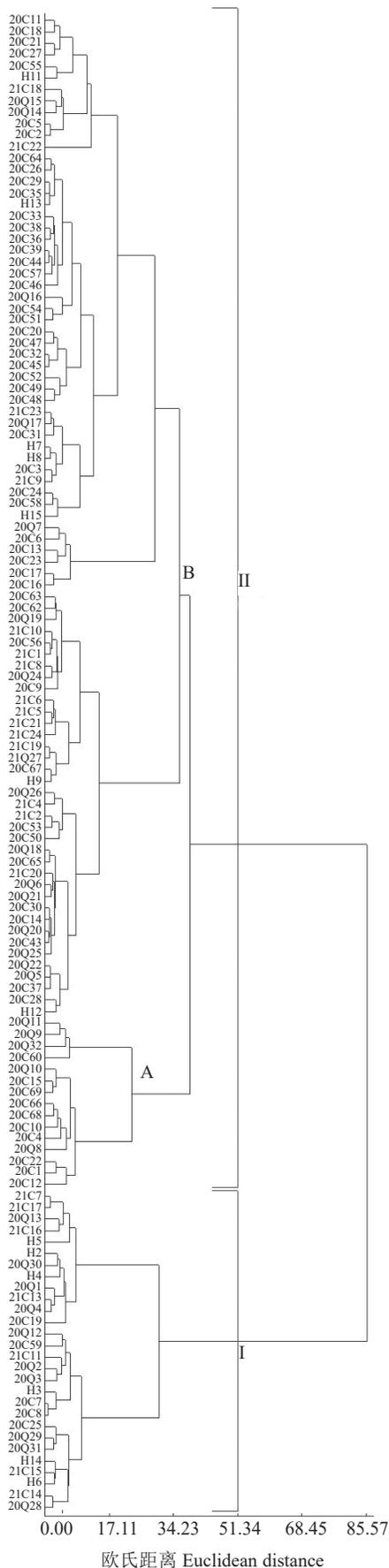


图1 130份薄皮甜瓜种质果实相关性状的聚类分析
Fig. 1 Clustering analysis based on fruit related traits of 130 oriental melon germplasm

多为棒形。第II类数量比较大,果实以梨形和卵形为主,该类又被分为2个亚群:其中果实形状多为卵形、果肉质地面、果肉白色且果肉厚度薄的15份材料(20C12、20C1、20C22、20Q8、20C4、20C10、20C68、20C66、20C69、20C15、20Q10、20C60、20Q32、20Q9、20Q11)为IIA亚群,其余87份材料为IIB亚群,该群材料多为梨形,但果皮颜色、覆纹、果肉等性状有差别,如包含有覆纹的材料(21C18、20Q15、20Q14)、白皮白肉的材料(20Q25、20C56、20C14)、绿白皮浅绿肉材料(20C50、20C49、20C28)等。

3 讨论与结论

我国是薄皮甜瓜的初级和次级起源中心,在全国各地均有薄皮甜瓜栽培。表型性状的变异是遗传多样性和环境共同作用的结果^[18],我国自然地理环境差异明显,甜瓜在不同地区的驯化过程中形成了丰富多样的种质资源与变异类型。果实性状的变异最明显,能体现表型变异的全部信息,在植物分类和遗传研究中具有重要价值^[14]。变异系数可以直接反映遗传多样性,它表明了某一性状的离散程度,变异系数越大,该性状的变异程度越大^[19]。胡建斌等^[20]研究发现,甜瓜果实性状的变异是甜瓜表型变异的主要来源。在笔者的研究中,130份薄皮甜瓜种质数量性状的变异系数为12.00%~42.00%,表明130份薄皮甜瓜种质果实性状的遗传变异较丰富;数量性状的多样性指数为1.55~2.03,平均为1.91,而质量性状多样性指数为0.14~2.03,平均为0.89,说明数量性状的平均多样性指数高于质量性状,与闫洪朗等^[7]、李超等^[9]、王志强等^[14]、周贤达等^[21]的研究结果一致;薄皮甜瓜种质的单果质量、果实横径、果肉厚度和中心可溶性固形物含量等与薄皮甜瓜产量和品质紧密相关的果实性状多样性指数较高,充分说明薄皮甜瓜果实数量性状的变异程度更高,在产量育种和品质育种过程中,其选择和改良的空间仍然十分广阔。

相关性分析是对2个或多个具备相关性的变量元素进行分析,从而衡量2个变量因素的密切程度。笔者的研究发现,单果质量与果实纵径和果肉厚度,果实横径与果肉厚度、种腔直径和中心可溶性固形物含量均呈极显著正相关,结果与闫洪朗等^[7]、栾非时等^[22]的研究结果相似。此外,单果质量、果实纵径与中心可溶性固形物含量呈显著或极显著负相关,种腔直径与中心可溶性固形物含量呈极显著正相关,果实纵径与果实横径、种腔直径呈极显著负相

关,果实横径与果肉厚度、种腔直径、中心可溶性固形物含量呈极显著正相关。了解掌握上述薄皮甜瓜种质材料果实主要性状间的遗传相关性,可使育种者在甜瓜品种选育过程中有效协调主要性状与次要性状间的关系,实现高产、优质、抗病的育种目标。

主成分分析是用少量的综合指标代替多个性状指标对种质资源进行评价分析,可以极大地简化程序^[23]。闫洪朗^[7]等将65个甜瓜品种的15个表型性状归纳为3个主成分,累积贡献率为66.17%。胡建斌等^[20]将不同来源的34份薄皮甜瓜品种的19个表型性状归纳为6个主成分,累积贡献率为80.83%。李清等^[8]将74份薄皮甜瓜材料的12个质量性状归纳为4个主成分,累积贡献率达55.35%。王志强等^[14]通过对甜瓜果实13个数量性状进行主成分分析,并以特征值累积贡献率达到80%以上时的主成分个数为标准提取主成分。依据各主成分的贡献率,将甜瓜果实的13个数量性状归结为种子长度、果形指数、中心可溶性固形物含量和种形指数4个性状指标。笔者通过主成分分析将130份薄皮甜瓜种质材料的17个果实性状归纳为7个主成分,累积贡献率为80.21%。第1主成分贡献率为25.86%,主要与果实纵径、果实形状等性状相关;第2主成分贡献率为13.25%,主要与单果质量、果肉厚度等性状相关;第3、第4主成分贡献率分别为10.34%、9.88%,主要与果面沟、果皮覆纹颜色、果皮覆纹和果皮底色等果实果面特征性状相关;第5、第6、第7主成分主要与果实香气、果肉酸味、果肉质地、中心可溶性固形物含量等果实品质性状相关。在今后对薄皮甜瓜种质资源创新利用及新品种选育时,应协调好第1主成分、第2主成分与第3、第4主成分间的关系,还应协调好与果实品质相关性状第5、第6、第7主成分间的关系,以期创造优异新材料和优良新品种。

聚类分析结果可反映不同品种间的遗传差异和亲缘关系,同一聚类类群中品种的农艺性状特征差异较小,而类群间品种的农艺性状特征差异较明显^[24]。李清等^[8]将74份薄皮甜瓜分为两大类群,类群I包括13份材料,该类甜瓜果实多为圆形,外果肉颜色为绿色,内果肉颜色为白色,有独特的香气,类群II包括61份材料,该类群在果肉颜色上差异较大,在果实形状、叶片等其他性状上差异不大。于翠香等^[25]对引进的44份甜瓜种质资源的15个表型性状并参考光合相关性状进行聚类分析,在欧氏距离为10时,将44份甜瓜种质资源区分为5个类

群。笔者利用离差平方和方法将130份薄皮甜瓜种质材料分为两大类。第I类以果实棒形或筒形的羊角蜜类型和菜瓜类型为主,该类型有28份材料,果肉大多为绿色,且中心可溶性固形物含量偏低;第II类数量比较大,果实以梨形和卵形为主,该类型果肉颜色及果实外观种类丰富,被分为IIA和IIB 2个亚群。第I类与第II类分开,说明菜瓜类型材料与梨形或卵形瓜材料遗传距离远,遗传差异大。对130份薄皮甜瓜种质资源多样性分析发现,虽然聚类分析和主成分分析的计算方法不同,但得到的结果较为一致。主成分分析中,第1主成分主要与果实形状紧密相关,而果实形状对甜瓜的分类起到重要作用。对于果实香气性状,材料中具有香气的4份材料(20Q9、20Q32、20Q11、20C60)聚到IIA亚群中,说明在兼顾其他主要分类性状的同时,果实香气也可作为甜瓜分类的标志性性状。在聚类分析中,由于选取的聚类方法差异和性状调查时的主客观因素影响,聚类结果可能会有差异。

根据多样性分析、变异性分析、相关性分析、主成分分析及聚类分析,了解到130份薄皮甜瓜种质在果实性状上具有丰富的遗传多样性,17个果实性状的平均遗传多样性指数为1.25,果实数量性状的遗传多样性高于质量性状;相关性分析表明,通过提高薄皮甜瓜果实的纵、横径及果肉厚度可以提高其产量,但同时需协调好中心可溶性固形物含量,以保持薄皮甜瓜品质;主成分分析将130份薄皮甜瓜种质材料的17个果实性状归纳为7个主成分,累积贡献率为80.21%;聚类分析表明,当欧式距离为51.34时,130份薄皮甜瓜种质依据17个果实相关性状可分为两大类。研究结果可以为今后薄皮甜瓜种质资源搜集、种质创新及种质的高效利用提供可靠依据。

参考文献

- [1] 孟令波,褚向明,秦智伟,等.关于甜瓜起源与分类的探讨[J].北方园艺,2001(4):20-21.
- [2] 黄松,高路银,杨森要,等.薄皮甜瓜糖酸含量及其与果实性状的灰色关联度分析[J].河南农业科学,2018,47(7):112-115.
- [3] 张永兵,李寐华,吴海波,等.新疆甜瓜地方品种资源的表型遗传多样性[J].园艺学报,2012,39(2):305-314.
- [4] 孙立新,王晓君,吴敬学,等.中国西瓜甜瓜生产区域布局变迁及驱动因素研究[J].中国农业资源与区划,2023,44(8):42-51.
- [5] 覃斯华,何毅,叶云峰,等.广西薄皮甜瓜嫁接育苗及栽培技术[J].福建农业科技,2019(1):26-29.
- [6] PITRAT M. Melon genetic resources: Phenotypic diversity and horticultural taxonomy[M]/REBECCA GRUMET, NURIT KATZIR, JORDI GARCIA-MAS. Genetics and Genomics of

- Cucurbitaceae. Cham, Schweiz: Springer, 2016.
- [7] 闫洪朗,王康,何林池,等.江浙沪地区甜瓜品种果实性状遗传多样性分析[J].南方农业学报,2018,49(10):2001-2006.
- [8] 李清,郭禄芹,康建成,等.薄皮甜瓜12个质量性状的遗传多样性分析[J].河南农业科学,2019,48(3):100-107.
- [9] 李超,杨英,郑贺云,等.新疆“老汉瓜”类甜瓜品种表型遗传多样性分析[J].新疆农业科学,2020,57(9):1650-1661.
- [10] 王炜勇,俞少华,李鲁峰,等.浙江省薄皮甜瓜地方品种的表型遗传多样性[J].植物遗传资源学报,2013,14(3):448-454.
- [11] 文乐欣,周莉,刘翔,等.甜瓜育种资源农艺性状的多变量分析[J].华北农学报,2011,26(S2):37-42.
- [12] 张凯歌,胡倩梅,靳志恒,等.219份甜瓜种质资源的遗传多样性分析[J].河南农业大学学报,2020,54(2):216-230.
- [13] 王吉明,尚建立,李娜,等.引进国外的野生甜瓜种质资源果实形态多样性分析[J].果树学报,2017,34(3):295-302.
- [14] 王志强,杜慧莹,李程,等.甜瓜亲本资源果实性状的遗传多样性分析[J].内蒙古农业大学学报(自然科学版),2022,43(6):7-13.
- [15] 马双武,刘君璞.甜瓜种质资源描述规范和数据标准[M].北京:中国农业出版社,2006.
- [16] STEPANSKY A, KOVALSKI I, PERL-TREVES R. Intraspecific classification of melons (*Cucumis melo* L.) in view of their phenotypic and molecular variation[J]. Plant Systematics and Evolution, 1999, 217(3/4):313-332.
- [17] 尚建立,王吉明,郭琳琳,等.西瓜种质资源主要植物学性状的遗传多样性及相关性分析[J].植物遗传资源学报,2012,13(1):11-15.
- [18] 孔繁玲.植物数量遗传学[M].北京:中国农业大学出版社,2006.
- [19] 王铭,刘江,王长彪,等.109份西瓜育种材料果实性状的遗传多样性分析[J].中国瓜菜,2020,33(10):23-28.
- [20] 胡建斌,马肖静,李琼.薄皮甜瓜表型性状的主成分分析[J].江西农业学报,2010,22(12):30-33.
- [21] 周贤达,周桂林,范家萌,等.69份薄皮甜瓜材料的多样性及亲缘关系[J].中国瓜菜,2020,33(1):7-12.
- [22] 栾非时,矫士琦,盛云燕,等.甜瓜果实相关性状 QTL 分析[J].哈尔滨:东北农业大学学报,2017,48(3):1-9.
- [23] 梁根云,青游,蔡鹏,等.四川省黄瓜地方品种种质资源农艺性状多样性分析[J].西南农业学报,2021,34(4):697-705.
- [24] 张忠武,孙信成,詹远华,等.豇豆种质资源农艺性状的相关性、主成分及聚类分析[J].中国农学通报,2017,33(36):63-71.
- [25] 于翠香,谭化,张海燕,等.吉林省引进甜瓜种质资源表型遗传多样性分析[J].江苏农业科学,2023,51(7):147-153.