

# 甜瓜育种资源农艺性状的多变量分析

文乐欣<sup>1</sup>,周莉<sup>1</sup>,刘翔<sup>1</sup>,刘莉<sup>1</sup>,余建华<sup>2</sup>

(1. 天津大学 农业与生物工程学院 天津 300072; 2. 新疆农科院 园艺所 新疆 乌鲁木齐 830001)

**摘要:** 对9个不同变种及类型的370份甜瓜种质资源24个性状进行多变量分析,结果表明:反映果实大小、种子大小、植株生长期和果实发育期的性状呈高度极显著正相关,表现果实成熟特性的脱落和黄化性状呈极显著正相关。370份甜瓜育种材料在果实发育期、果实性状及种子性状上存在丰富的变异性,主成分分析结果表明:三个主成分PC1、PC2和PC3对甜瓜变异性的累计贡献率达50.2%,通过PC1和PC2分别能将生态学上的薄皮甜瓜和厚皮甜瓜类型以及具有显著脱落和黄化现象的类型区分开来;另外,未定类型的分布以及不同变种的广泛交叉重叠,表明现代育种资源多为不同变种或类型间相互杂交经多代选育而来。多变量分析结果为甜瓜育种提供了参考。

**关键词:** 甜瓜; 育种资源; 多样性; 多变量分析

中图分类号: S652 文献标识码: A 文章编号: 1000-7091(2011)增刊-0037-06

## Multivariate Analysis on Bioagronomical Traits of *Cucumis melo* L. Germplasm

WEN Le-xin<sup>1</sup>, ZHOU Li<sup>1</sup>, LIU Xiang<sup>1</sup>, LIU Li<sup>1</sup>, SHE Jian-hua<sup>2</sup>

(1. College of Agriculture and Bioengineering, Tianjin University, Tianjin 300072, China;

2. Horticultural Research Institute, Xinjiang Academy of Agriculture Sciences, Urumqi 830001, China)

**Abstract:** Multivariate analysis was performed on 24 traits of 370 accessions covering 9 varieties of *Cucumis melo* in the present study. results showed that the traits on fruit size, seed size and development period of plant and fruit were rather positively connected; similarly, rapid yellowing of epidermis and abscission of peduncle at maturity used for evaluating ripeness were positively related. There was rich variability on the development period of fruit and characters about fruit and seed within 370 accessions. Factor analysis revealed that the contribution of the first 3 principal components (PC1, PC2 and PC3) for the variation in melon was accumulated to 50.2%, PC1 and PC2 distinguished different groups by fruit size and rapid yellowing of epidermis or abscission of peduncle at maturity respectively. The scattered distribution of the undefined genotypes and overlaps or intersections within some varieties in the scatter diagram illustrated that breeding materials of melon nowadays were hybrids after continuous crossing with different varieties. Multivariate analysis of *Cucumis melo* L is helpful in breeding.

**Key words:** Melon; Breeding resources; Diversity; Multivariate analysis

甜瓜(*Cucumis melo* L.)是葫芦科中具有高度形态多样性的物种,在生育期、果实外观性状、品质、风味、营养特性和抗性等方面存在很大的变异性<sup>[1-4]</sup>,这种多态性产生了许多不同的变种或类型<sup>[5-6]</sup>。最早对甜瓜进行系统分类的是1895年法国的Naudin,根据相互杂交的亲合性将甜瓜分为10个类型(相当于现在植物分类学的变种)<sup>[7]</sup>,但目前使用较多的分类可能是2000年Pitrat提出来的,将*C. melo*分为2个亚种16类型<sup>[6]</sup>。我国栽培甜瓜主要分为薄

皮甜瓜和厚皮甜瓜2大类。有学者认为,厚皮与薄皮两类甜瓜同源性极强,其差异为不同生态型变种间的差异,分为2个亚种是不合理的<sup>[3]</sup>。甜瓜生产栽培品种多属于变种*cantalupensis*、*reticulatus*、*in-odorus*和*makuwa*或*chinensis*。在过去的几十年里,一方面是甜瓜各种类型之间的杂交育种及新品种推广等因素,使新的品种不断增加,也越来越难以对栽培品种及育种材料进行明确分类;另一方面,和许多

收稿日期:2011-10-20

作者简介:文乐欣(1987-),女,湖南湘潭人,在读硕士,主要从事甜瓜种质资源及其芳香物研究。

通讯作者:刘莉(1963-),女,重庆人,硕士生导师,主要从事甜瓜种质资源及育种研究。

果蔬作物一样,由于地方生态类型和传统地方品种不断被杂种一代所代替,以及重要基因资源保护的缺失,种内遗传多样性减少,使种质资源遗传背景愈加狭窄<sup>[8-9]</sup>。对育种材料多样性的评价和鉴定是开展育种研究的重要步骤。虽然分子标记是一种有效的研究植物资源特征性的方法<sup>[4,10]</sup>,但是通过农艺学性状的多变量分析方法,可以使育种家能够更直接地鉴定和选择有价值的育种资源。本研究将该方法用于 370 份现代甜瓜育种资源的研究中,鉴定不同变种或类型甜瓜的特征及主要农艺性状的变异性。

1 材料和方法

1.1 试验材料

本试验所用材料系课题组多年从国内外收集和选育所得,包括 5 个变种,共 370 份育种材料,其中部分材料属于不同亚种间杂交选育的高代品系,难以进行明确的分类(表 1)。调查了包括植株、花性状的果实等方面的 24 个生物学性状,其中数量性状 13 个,质量性状 11 个(表 2)。

试验于 2009 年 3-7 月在天津市西青区辛口实

验基地温室大棚中进行。3 月 6 日播种,4 月 14 日移栽至大棚,每个品系种植 10 株。单蔓整枝,高畦吊蔓栽培,采用人工授粉,厚皮甜瓜每株留 1 个瓜,薄皮甜瓜每株留瓜 2~4 个,整个生育期内的栽培管理同常规生产。果实达到生理成熟期进行采收,测定并记录数量性状,质量性状的记录和转化参照 UPOV (The International Union for the Protection of New Varieties of Plants)<sup>[11-14]</sup>。

表 1 试验材料及分类

Tab.1 Classification and introduction of the materials		
分类 Classification	变种 Variety	材料数 Amount
菜瓜类型 <i>conomon</i>	var. <i>conomon</i>	8
香瓜类型 <i>chinensis</i>	var. <i>chinensis</i>	112
野生类型 <i>agrestis</i>	var. <i>conomon</i>	1
哈密瓜类型 Hami melon	var. <i>inodorus</i>	10
卡沙巴类型 Casaba	var. <i>inodorus</i>	24
冬甜瓜类型 Honey Dew	var. <i>inodorus</i>	63
日本网纹甜瓜类型 Muskmelon	var. <i>reticulatus</i>	24
American cantaloupe	var. <i>reticulatus</i>	63
European cantaloupe	var. <i>cantalupensis</i>	17
未定类型 Others		48
合计 Total		370

表 2 24 个形态学性状说明

Tab.2 Discription and introduction of 24 morphological characters in the present study		
编号 No.	性状 Character	性状分级 Character and descriptive value
1	植株生长期/d	从播种到果实成熟的天数
2	果实发育期/d	从开花到果实成熟的天数
3	单果质量/g	果实的平均质量
4	果实纵径/cm	果实纵截面长度
5	果实横径/cm	果实纵截面宽度
6	果形指数	果实纵径/果实横径
7	果皮颜色	1: 白; 2: 浅黄; 3: 黄; 4: 土黄; 5: 绿; 6: 灰绿; 7: 深绿
8	果皮花纹	0: 果皮单色无花纹; 2: 果皮有花斑或条斑
9	果实皱皮	0: 无; 1: 有
10	果实网纹	0: 无; 1: 稀少; 2: 细密; 3: 中密; 4: 粗密
11	果实棱沟	0: 无; 1: 有
12	果实脱落	1: 无脱落现象; 5: 有脱落现象
13	果实黄化	0: 成熟过程中无黄化现象; 1: 果实成熟期果皮迅速变黄
14	果肉厚度/cm	果实纵截面果肉厚度
15	果肉颜色	1: 白; 2: 浅黄; 3: 浅绿; 4: 浅橘; 5: 橘黄
16	果肉质地	1: 面; 2: 多汁; 3: 软; 4: 酥; 5: 脆; 6: 硬
17	可溶性固形物含量	中果皮果肉可溶性固形物含量
18	千粒质量/g	1 000 粒种子质量
19	种子长度/mm	种子长度
20	种子宽度/mm	种子宽度
21	种形指数	种长/种宽
22	种子厚度/mm	种子中心位置厚度
23	种子颜色	1: 浅黄; 2: 黄; 3: 深黄; 4: 褐; 5: 深褐
24	花性型	1: 雌雄异花同株; 2: 雄全同株

## 1.2 统计分析

分别计算 9 个类型甜瓜材料数量性状的平均值, 所有原始数据通过 Z scores 方法, 转化为均值为 0、方差为 1 的标准化数值, 用 SPSS17.0 软件对 370 份育种资源的 24 个性状进行聚类分析和主成分分析<sup>[15,16]</sup>。

## 2 结果与分析

### 2.1 生物学性状的聚类分析结果

通过 370 份育种资源材料的聚类分析, 根据性状相关性紧密程度可将 24 个性状分成 5 个聚类——聚类 I ~ V, 如图 1 所示。聚类 I 主要包括表现果实大小、种子大小、植株生长期和果实发育期的性状。聚类 I 中千粒质量、种子长度和种子宽度三者呈高度极显著正相关( $r=0.863^{**} \sim 0.936^{**}$ ); 果实横径、果肉厚度和单果质量三者相关性亦达到极显著水平( $r=0.811^{**} \sim 0.853^{**}$ ); 反映种子大小和果实大小的性状同属于聚类 I, 说明果实大小与种子大小变化趋势

一致, 二者间  $r=0.577^{**} \sim 0.759^{**}$ 。果实发育期、植株生长期与单果质量及千粒质量呈极显著正相关( $r=0.517^{**} \sim 0.825^{**}$ ), 可以解释为薄皮甜瓜比厚皮甜瓜早熟。聚类 II 主要包括控制果实表皮性状的网纹、棱沟和果皮色以及控制成熟的果肉颜色、脱落和黄化性状。其中, 果实的脱落与黄化性状呈极显著相关, 相关系数  $r=0.672^{**}$ , 它们是判断 American cantaloupe 和 European cantaloupe 类型甜瓜成熟与否的重要指标<sup>[17]</sup>。聚类 III 包括种皮颜色、花性型和可溶性固形物含量 3 个性状, 但三者间相关性很小( $r=0.187 \sim 0.242$ )。由于遗传基础的不同, 进化与选择的结果, 甜瓜具有丰富的性型表现, 值得一提的是本研究中的雌雄异花同株植株可以省略杂交时的去雄工序, 提高杂交率, 而且避免了人工去雄损伤雌蕊, 造成授粉不良及坐果率下降的问题。聚类 IV 包括果肉质性性状, 甜瓜果肉质性有硬、脆、酥、软、多汁和面(粉质)等多种表现型。而聚类 V 主要指果形指数。

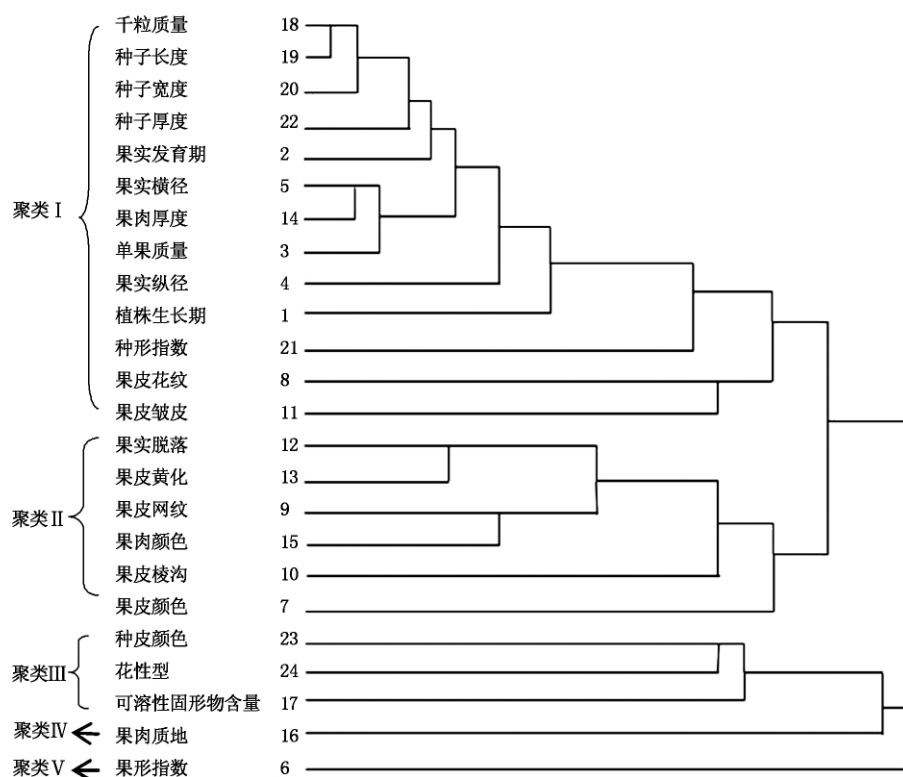


图 1 24 个性状聚类分析结果

Fig. 1 Dendrogram of 24 characters result from cluster analysis

### 2.2 甜瓜不同变种或类型主要农艺性状的变异性

所调查的农艺性状在 9 个类型 370 份甜瓜材料中表现出很大的变异性(表 3)。在 9 个类型中, Casaba 和 Hami melon 的植株生长期(分别为 128 d 和 126 d)和果实发育期(分别为 47 d 和 45 d)最长; Honey Dew、Muskmelon、European cantaloupe 和 A-

merican cantaloupe 这 4 个类型的植株生长期和果实发育期非常相近, 分别为 122 ~ 123 d 和 39 ~ 42 d; 薄皮甜瓜类型的 3 个变种 *conomon*、*chinensis* 和 *agrestis* 的植株生长期及果实发育期明显短于厚皮甜瓜类型, 分别为 114 ~ 116 d 和 28 ~ 30 d。果实发育期性状变异很大, 从 *chinensis* 的最短 22 d 到 Ca-

saba 中的最长 53 d 相差 31 d ,为不同熟性的育种提供了丰富的资源。

在性状聚类分析结果中 ,同在聚类 I 的种子大小( 种子长度、种子宽度、种子厚度和千粒质量) 和果实大小( 果实纵径、果实横径、果肉厚度和单果质量) 性状表现出与植株生长期和果实发育期相同的趋势 ,Hami melon 和 Casaba 类型的平均单果质量分别为 1 969 g 和 1 531 g ,平均千粒质量分别为 43.2 g 和 50.6 g ,远高于其他类型; Honey Dew、Muskmelon、European cantaloupe 和 American cantaloupe 这 4 个类型表现相近 ,平均单果质量为 1 059 ~ 1 347 g ,千粒质量为 28.6 ~ 35.6 g; 而薄皮甜瓜 3 个亚种表现出较大的差异 ,平均单果质量为 185 ~ 711 g ,千粒质量为 12.6 ~ 16.4 g。值得注意的是 ,在 370 份育种资源中 ,种子千粒质量表现出极大的变异性 ,从最小

的 6.5 g 到最大的 62.7 g。

可溶性固形物含量是评价甜瓜品质的重要指标之一 ,在本研究所用的材料中 ,除了 *conomon* 和 *agrestis* 变种的可溶性固形物含量显著较低外( 分别为 6.9% 和 5.8% ) ,其他类型的可溶性固形物平均含量均在 10% 以上 ,最高的为 Honey Dew ( 13.1% ) *chinensis*、Hami melon、Casaba 和 Muskmelon 类型中也有不少高可溶性固形物含量的材料 ,都可以作为甜瓜品质育种的重要来源。

甜瓜种质资源遗传多样性表现最为丰富的器官甜瓜果实<sup>[18,19]</sup> ,370 份甜瓜材料不仅在果皮颜色、果皮斑纹、皱皮与否、有无棱沟和网纹等外观性状上表现出很大的变异性 ,而且在果肉色、口感、质地、香气及成熟类型等方面差异也很大。

表 3 不同变种或类型材料数量性状比较

Tab.3 Comparison of the quantitative traits in different melon types

数量性状 Quantitative character	变种或类型 Group or variety									
	<i>chinensis</i>	<i>conomon</i>	<i>agrestis</i>	Hami	Casaba	Honey Dew	Muskmelon	American cantaloupe	European Cantaloupe	Others
植株生长期/d	114	116	116	126	128	122	123	122	122	118
果实发育期/d	28	29	30	45	47	41	42	39	39	38
单果质量/g	422	711	185	1 969	1 531	1 347	1 117	1 253	1 059	1 169
果实纵径/mm	11.1	14.3	9.0	22.4	17.7	15.8	12.8	14.2	13.2	14.2
果实横径/mm	8.7	9.9	6.2	13.7	13.1	13.0	12.7	13.1	12.3	12.4
果形指数	1.3	1.5	1.5	1.6	1.2	1.2	1.0	1.1	1.1	1.1
果肉厚度/mm	1.8	2.3	1.4	3.7	3.6	3.5	3.5	3.6	3.5	3.2
可溶性固形物含量( Brix % )	11.4	6.9	5.8	12.1	12.1	13.1	12.8	10.1	10.7	10.7
千粒质量/g	12.6	15.3	16.4	43.2	50.6	35.6	29.9	28.6	31.8	32.2
种子长度/mm	6.65	7.10	7.57	11.89	12.55	10.85	9.38	9.7	9.78	10.07
种子宽度/mm	3.24	3.50	3.18	4.79	5.34	4.64	4.25	4.42	4.52	4.52
种形指数	2.07	2.02	2.38	2.48	2.35	2.34	2.34	2.20	2.16	2.24
种子厚度/mm	1.31	1.34	1.32	1.81	2.20	1.83	1.63	1.71	1.76	1.83

## 2.3 甜瓜种质资源因子分析结果

通过主成分分析法作因子提取 ,方差极大值法旋转 ,得到 6 个特征值大于 1 的综合性状 ,选前 3 个主成分——PC1、PC2 和 PC3 作主成分散点图 ,其累计贡献率为 50.2%。

根据因子载荷判断( 表 4) ,PC1 的贡献率最高 ,达 33% ,主要与反映果实大小( 单果质量、果实横径和果肉厚度) 、种子大小( 种子长度、种子宽度和种子厚度) 及果实发育期的性状相关 ,因此可以将 PC1 概括为果实大小因子 ,通过 PC1 将生态学上的 2 个类型——薄皮甜瓜和厚皮甜瓜明显区分开来。果实较小的类型 ,如薄皮甜瓜变种 *chinensis*、*conomon* 和 *agrestis* 的材料位于 X 轴左侧( 图 2-A ,I ) ,它们亲缘关系较近 ,混合分布在一起 ,其共同特点是果实发

育期短 ,成熟早 ,果小 ,果肉薄 ,种子小 ,不耐贮运 ,单株可以坐多个果实等。在本研究中 ,雌雄异花同株多来自 *chinensis* 变种 ,位于 X 轴右侧。厚皮甜瓜类型如 Hami melon、Casaba、Honey Dew、European cantaloupe、American Cantaloupe 和 Muskmelon Cantaloupe 位于 X 轴右侧( 图 2-A ,II ) ,它们果实较大 ,果肉厚度均在 3.5 cm 以上 ,可溶性固形物含量较高 ,果实发育期长 ,尤其是 Casaba 和 Hami melon ,属于晚熟甜瓜类型 ,果皮硬 ,肉质较硬或脆酥 ,非常耐贮运 ,这类材料多适用于选育长货架期的品种。

PC2 主要与成熟时的果实脱落和果皮黄化性状有关 ,其因子载荷远大于其他性状 ,分别为 0.449 和 0.441 ,另外 PC2 也和果皮性状( 网纹和棱沟) 、种皮色及花性型有关 ,因此可以将 PC2 概括为成熟因

子,用于判断是否具有呼吸跃变现象。不具备脱落、黄化等性状,货架期较长的类型如 Muskmelon、Casaba 和 Hami melon 位于 Y 轴下方(图 2-A);而大部分 American Cantaloupe 类型及部分 European Cantaloupe 类型的材料,在成熟时果实脱落,果皮迅速黄化,香气浓郁,货架期较短,分布于 Y 轴上方(图 2-A, III),其果肉普遍为橘色,果肉较软,表现出典型的呼吸跃变现象<sup>[20 21]</sup>。

表 4 主成分分析结果

Tab. 4 Contribution percentages and characters associated with the first three principal components

主成分	PC1	PC2	PC3
特征值	7.69	2.43	1.70
方差贡献率/%	33	10.1	7.1
性状	因子载荷		
植株生长期	0.046	-0.012	0.185
果实发育期	0.102	-0.017	0.046
单果质量	0.105	-0.036	0.096
果实纵径	0.074	-0.023	0.084
果实横径	0.115	-0.021	0.081
果形指数	-0.025	0.023	0.003
果皮颜色	-0.030	-0.094	0.477
果皮花纹	-0.023	0.013	0.104
果皮网纹	0.006	0.123	0.254
果皮棱沟	-0.002	0.166	-0.148
果皮皱皮	0.039	0.054	-0.195
果实脱落	-0.033	0.449	-0.161
果皮黄化	-0.042	0.441	-0.083
果肉厚度	0.115	-0.033	0.095
果肉颜色	0.015	0.108	0.226
果肉质度	-0.058	-0.091	0.228
可溶性固形物含量	0.048	-0.097	-0.134
千粒质量	0.139	-0.028	-0.110
种子长度	0.137	-0.009	-0.115
种子宽度	0.130	0.014	-0.120
种型指数	0.063	-0.040	-0.038
种子厚度	0.128	0.006	-0.170
种皮颜色	0.019	0.163	-0.187
花性型	-0.069	0.120	0.080

与 PC1 和 PC2 相比,PC3 的贡献率仅有 7.1%,它与多个性状相关,特别是果实质地、果肉颜色、果皮颜色、果实网纹和果皮花纹等性状。表皮具有花斑、口感酥脆的 Hami melon 位于 Y 轴上方(图 2-B, IV),表面皱皮、果肉较硬的 Casaba 位于 Y 轴下方(图 2-B, V)。其他类型均匀分布于 Y 轴两侧,说明果肉质度、果肉颜色、果皮颜色和果皮网纹等性状在不同类型中变异较大,是具有高度多样性的性状,这种多样性为不同类型的品种选育提供了丰富的来源,同时也说明随着现代甜瓜育种的不断发展,各地

种质资源相互杂交,培育的新品种同时具备了不同变种或类型的复合性状,对新品种的分类更加模糊。

对未定类型的分布观察发现,它们大部分分布于厚皮甜瓜区域,与栽培类型 Honey Dew、American cantaloupe、European Cantaloupe 和 Muskmelon 等类型存在广泛交叉重叠,说明未定类型多来源于这几个类型间的杂交后代,具备了不同变种多个优良性状,难于对其进行准确分类。

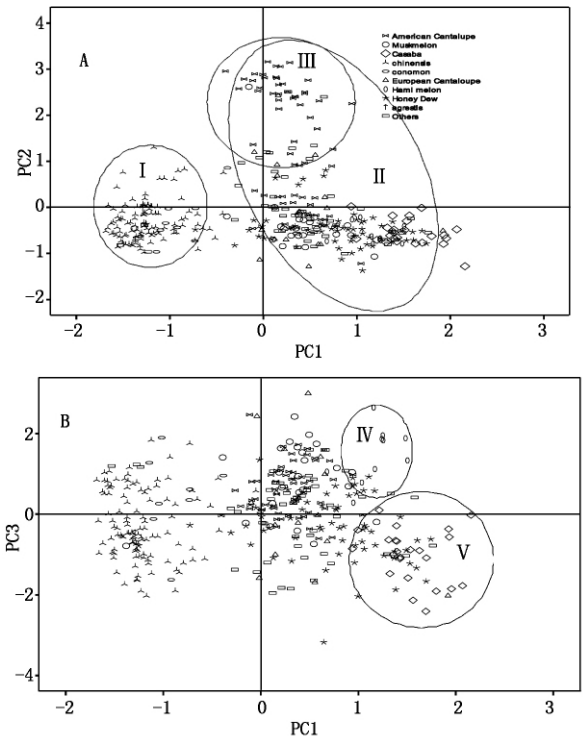


图 2 370 份种质材料主成分散点图

Fig. 2 Scatter diagram of 370 melon accessions associated with the first three principal components

### 3 讨论

本研究对 370 份甜瓜种质资源进行多变量分析发现,虽然聚类分析和因子分析所用的计算方法不同(前者根据 Pearson 系数,后者采用主成分分析方法),但得到的聚类与主成分比较一致。聚类分析中的相关系数大小用于说明各性状相关性程度,从而提取少数具有代表性的性状,达到减少调查量的目的<sup>[22]</sup>。

本研究中第一主成分(PC1)主要与果实发育期、果实大小及种子大小性状紧密相关,这些性状对甜瓜的分类起了重要作用,与前人的研究结果一致<sup>[11, 13, 16]</sup>。尤其是种子性状表现出与果实性状(尤其是果实大小)的极显著相关水平,且在不同甜瓜类型间存在高度多样性,对区分不同变种或类型具有指导意义<sup>[23]</sup>。

世界范围内生产上的栽培甜瓜多为 *cantalupensis*、*reticulatus*、*inodorus* 和 *makuwa* ( 或 *chinensis* ) 类型,长期的甜瓜育种也多在这些类型间进行杂交选育,导致了现有育种资源中 *cantalupensis*、*reticulatus* 和 *inodorus* 这几个变种在散点图上的分布部分交叉重叠,许多未能明确分类的育种资源材料也分散在其中。本研究中 Honey Dew 类型育种材料在主成分散点图中的分布广泛,与多种类型甜瓜交叉重叠,其果形、表皮性状、果肉颜色、果肉质度均呈现出多样性,可能与部分育种材料来自于 Honey Dew 与薄皮类型甜瓜的杂交后代,经多代选择获得有关<sup>[19]</sup>。日本的网纹甜瓜( Muskmelon) 多引种自欧美国家,选于 *reticulatus* 及其与 *cantalupensis* 或 Honey Dew 类型的杂交后代<sup>[24]</sup>,果形圆整,中等大小,网纹均匀美观,果肉多为绿色或橘黄色,可溶性固形物含量很高,所以它与 Cantaloupe 和 Honey Dew 具有广泛重叠区域。通过对甜瓜育种资源的多变量分析,可以看出,由于不同变种间的多代杂交选育,一方面产生了许多新的、综合了不同变种特性的育种材料,在分类学上很难确定其所属变种或类型;另一方面由于人们大多注重经济性状的选育,容易忽略对原始种质的保存和收集,导致整体种质资源遗传背景变狭窄等问题,应引起育种学家的重视。

#### 参考文献:

- [1] Li Z G, Yao L H, Yang Y W *et al.* Transgenic approach to improve quality traits of melon fruit [J]. *Scientia Horticulturae* 2006, 108: 268 – 277.
- [2] Zhang M F, Li Z L. A comparison of sugar-accumulating patterns and relative compositions in developing fruits of two oriental melon varieties as determined by HPLC [J]. *Food Chemistry* 2005, 90: 785 – 790.
- [3] 刘珊珊, 秦智伟. 甜瓜种质资源分类方法发展状况 [J]. *北方园艺* 2000, 133( 4) : 14 – 19.
- [4] Leah S, Irina K, Huang R G, *et al.* Molecular variation in melon( *Cucumis melo* L. ) as revealed by RFLP and RAPD markers [J]. *Scientia Horticulturae* 1999, 79: 101 – 111.
- [5] 孟令波, 褚向明, 秦智伟, 等. 关于甜瓜起源于分类的探讨 [J]. *北方园艺* 2001( 4) : 20 – 21.
- [6] Pitrat M, Hanelt P, Hammer K. Some comments on infra-specific classification of cultivars of melon [J]. *Proc Cucurbitaceae* 2000, 510: 29 – 36.
- [7] Munger H M, Robinson R W. Nomenclature of *Cucumis melo* L [J]. *Cucurbit Genet* 1991, 14: 43 – 44.
- [8] 马双武, 王吉明, 邱江涛. 我国西瓜甜瓜种质资源收集保存现状及建议 [J]. *中国西瓜甜瓜* 2003( 5) : 17 – 19.
- [9] 于喜艳, 何启伟, 孔庆国. 甜瓜育种研究进展及展望 [J]. *长江蔬菜* 2002( Z1) : 6 – 8.
- [10] 徐志红, 徐永阳, 刘君璞, 等. 甜瓜种质资源遗传多样性及亲缘关系研究 [J]. *果树学报* 2008, 25( 4) : 552 – 558.
- [11] Liu L, Fumika K, Masahiro K. Characterization of six varieties of *Cucumis melo* L. based on morphological and physiological characters, including shelf-life of fruit [J]. *Euphytica* 2004, 135: 305 – 313.
- [12] 严国荣, 王威, 马艳明, 等. 甜瓜种质资源若干果实数量性状差异研究及分级探讨 [J]. *新疆农业科学*, 2006, 43( 4) : 328 – 331.
- [13] Csaba S, Ilknur S, Nebahat S *et al.* Morphological evaluation and comparison of Hungarian and Turkish melon ( *Cucumis melo* L. ) germplasm [J]. *Scientia Horticulturae* 2010, 124: 170 – 182.
- [14] 蒋有条, 吴明珠. 西瓜、甜瓜调查项目和方法 [M]. 北京: 华夏出版社 2001: 8 – 22.
- [15] 姚庆群, 白昌军, 王文强, 等. 不同统计方法对豆科牧草种质资源适应性评价的比较 [J]. *亚热带植物科学* 2009, 38( 1) : 26 – 30.
- [16] Lotti C, Marcotrigiano A R, De Giovanni C *et al.* Univariate and multivariate analysis performed on bio-agronomical trait of *Cucumis melo* L. germplasm [J]. *Genet Resour Crop Evol* 2008, 55: 511 – 522.
- [17] Hiroshi E, Willis O O. Melon, an alternative model plant for elucidating fruit ripening [J]. *Plant Science* 2008, 175: 121 – 129.
- [18] 金基石. 薄皮甜瓜主要种质资源遗传多样性的研究 [D]. 哈尔滨: 东北农业大学 2001.
- [19] Szamosi C, Solmaz I, Sari N *et al.* Morphological evaluation and comparison of Hungarian and Turkish melon ( *Cucumis melo* L. ) germplasm [J]. *Scientia Horticulturae* 2010, 124: 170 – 182.
- [20] John C B, Casey C G. Identification of volatile compounds in cantaloupe at various developmental stages using solid phase microextraction [J]. *Agric Food Chem*, 2001, 49: 1345 – 1352.
- [21] Javier M, Obando U, Eduard M. Climacteric or non-climacteric behavior in melon fruit 1. Aroma volatiles [J]. *Postharvest Biology and Technology* 2008, 49: 27 – 37.
- [22] 张晓明, 惠长敏, 曲振环. 甜瓜种质资源亲缘关系的聚类分析 [J]. *中国蔬菜* 2006( 增刊) : 67 – 69.
- [23] Akashi Y, Fukuda N, Wako T, *et al.* Genetic variation and phylogenetic relationships in East and South Asian melons *Cucumis melo* L. based on the analyses of five isozymes [J]. *Euphytica* 2002, 125: 385 – 396.
- [24] 怀燕. 日本网纹甜瓜产业发展概况 [J]. *中国瓜菜*, 2006( 5) : 31 – 32.