

中华猕猴桃若干经济性状的统计相关研究

熊 治 廷

(中国科学院武汉植物研究所)

提要 本文运用相关系数及聚类分析方法对湖北中华猕猴桃四十二个株系或品系的十五个经济性状之间的相关性进行了统计分析。结果表明: 1)果实重量和大小与果实品质无显著相关; 2)果肉颜色, 果实风味及可溶性固形物含量之间显著相关; 3)果实形状与果实被毛状况及果顶凸起程度显著相关, 而与果重和果实品质无显著相关。文中讨论了这种统计学相关性在中华猕猴桃育种中的实践意义, 可为目前中华猕猴桃育种工作提供参考。

引 言

中华猕猴桃 (*Actinidia chinensis* Planch.) 维生素 C 含量特高, 以其营养丰富, 风味佳美而被誉为“水果之王”。自从新西兰1953年首次出口获得成功之后, 引起了广大消费者的极大兴趣, 各国先后开始了引种栽培工作^[2]。到目前为止, 新西兰已成功地选育出五个优良栽培品种^[9, 10]。在选育种工作中, 首先需要解决的问题是选择具有何种性状组合的优株。目前, 在中华猕猴桃育种中首要考虑的经济性状为果实大小和品质, 如果大, 维生素C含量高及风味好等。对这些性状之间的相关性的认识, 将有助于加速选育种速度并提高其预见性。

鉴于目前有关中华猕猴桃经济性状间的相关性研究还不多, 作者综合整理了湖北四十二个中华猕猴桃株系或品系的有关资料(其中本所培育的有十二个)。这些株系或品系分属于软毛变种 *A. chinensis* Planch. var. *chinensis* 和硬毛变种 *A. chinensis* Planch. var. *hispida* 或称美味猕猴桃 *A. deliciosa* (A. Chev.) C. F. Liang et A. R. Ferguson^[6]。选取了十五个经济性状, 计算这些性状之间的单相关系数, 并运用数量分类学中的R技术对这些性状进行聚类分析, 以研究这些性状的分组情况。本文的目的在于通过对这些性状间的相关性的统计分析研究它们之间的相关程度, 为育种工作提供一些有参考价值的统计学结论。

方法与结果

一、性状选取及原始数据处理 选取十五个经济性状进行分析, 它们是: 1)最大果重(克); 2)平均果重(克); 3)果实纵径(厘米); 4)果实横径(厘米); 5)果实侧径(厘米); 6)果实横径/纵径; 7)果实侧径/横径; 8)可溶性固形物含量(%); 9)果顶

武显维同志提供部分资料, 计算工作由黄德泗同志编写 Basic 程序并在本所IBM—PC/XT计算机上完成, 谨此一并致谢。

凸起状况：凸(0.00)，微凸(0.25)，平(0.50)，微凹(0.75)，凹(1.00)；10)果底状况：凸(0.00)，平(0.33)，微凹(0.67)，凹(1.00)；11)果表茸毛软硬：硬(0.00)，次硬(0.33)，较软(0.67)，软(1.00)；12)果表茸毛多少：多(0.00)，中等(0.50)，少(1.00)；13)果肉颜色：黄白或黄(0.00)，黄绿或绿黄(0.50)，绿(1.00)；14)果实风味：淡(0.00)，甜(0.25)，酸甜或甜酸(0.50)，酸(0.75)，极酸或酸涩(1.00)；15)维生素C含量(毫克/100克鲜重)。其中性状1至8及15为定量性状，其余为有序定性性状。将这些有序定性性状按序编码(上面括号内所列数字)，并以这些数码作为相应各个性状状态的观察值投入运算。

本文原始数据中有些观察值缺少，运算时按常规方法处理^[11]。

二、相关系数计算及其统计检验 计算相关系数之前以各性状的最大值除相应性状的各个观察值，将各性状的观察值压缩于0与1之间。计算相关系数公式如下，通过下式计算，得一相关系数矩阵如下表。

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}}$$

相 关 系 数 矩 阵 表

性状	1	2	3	4	5	6	7	8
1	1	0.8256***	0.4869**	0.6378***	0.6196***	0.1215	-0.0127	-0.072
2		1	0.5882***	0.8437***	0.8247***	0.0922	-0.0083	-0.47
3			1	0.3257*	0.3261*	-0.6801***	0.0168	-0.2226
4				1	0.8604***	0.4587**	-0.2334	-0.2488
5					1	0.3436*	0.2924	-0.1290
6						1	-0.2024	0.0355
7							1	0.1987
8								1
9								
10								
11								
12								
13								
14								
15								

续表

性状	9	10	11	12	13	14	15
1	-0.1157	0.1264	-0.1488	0.0571	0.0989	-0.0738	0.1070
2	-0.1455	0.3507*	-0.1858	-0.0826	0.2364	0.0002	0.2793
3	-0.3713*	0.0348	-0.4132**	-0.3135*	0.2417	-0.0268	0.2999
4	-0.0771	0.2512	-0.0754	0.0220	0.1421	-0.0147	0.1809
5	-0.0523	0.1866	0.0867	0.1528	0.1319	-0.1117	0.2306
6	0.3234*	0.1410	0.3015	0.3300*	-0.1363	0.0493	-0.1299
7	0.0503	-0.1076	0.3066	0.2507	-0.0649	-0.1620	0.0519
8	-0.2580	0.0822	0.2769	0.1073	-0.3290*	-0.4169**	-0.3274
9	1	0.1253	0.3850*	0.3499*	0.0287	0.1362	0.0951
10		1	0.0476	0.0910	0.0597	0.1569	0.0008
11			1	0.5468***	-0.1910	-0.1016	0.0918
12					-0.3218*	-0.2622	0.2230
13						0.3743**	0.4919
14						1	-0.0874
15							1

表中各相关系数经统计检验⁽¹⁾后, 其相关显著水平分为三级: *** 示0.001水平显著; ** 示0.01水平显著; * 示0.05水平显著, 无* 者为相关不显著。

三、聚类分析 对性状的聚类分析在数量分类学上称为在个体空间上做R分析。本文采用WPGMA法^[11] (Weighted pair-group method using arithmetic averages) 进行聚合运算。

由上述相关系数公式计算所得数值取值于-1与1之间。两性状间相关系数绝对值愈大, 则两者愈相关, 反之相关性愈小; 而正负号则表示这种相关性的方向。此处用聚类分析方法考察性状分组情况, 并不要求在树系图中反映出相关的方向, 故取表中的绝对值进行聚合运算, 其结果示于图中。

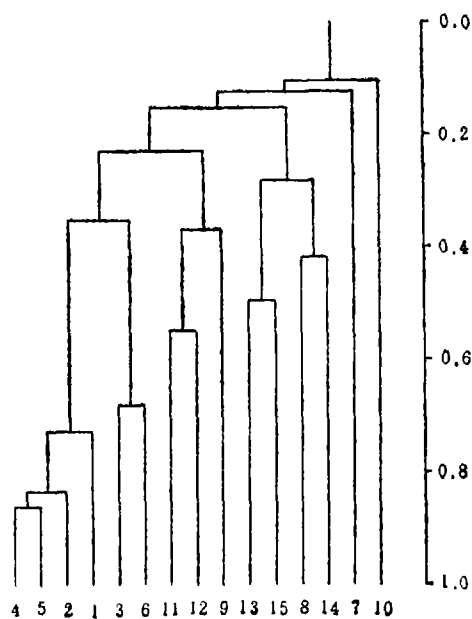
讨 论

如何对树系图进行客观地划分以使划分后组内各运算单位间有显著相关性而组间相关程度较低是一个尚待解决的一般性问题。不过本文并不要求对诸性状作出绝然的分组, 而是借助于分组方法探讨性状之间的相关性。下面结合表和图进行详细讨论。

1. 由表可见, 性状1至性状6除了性状6与性状1和2没有显著相关之外, 其余性状彼此间均有显著或极显著相关。反映在图中, 这6个性状聚合成一组。该组性状可分为三种类型: 即果实重量(性状1和性状2), 果实大小(性状3, 4和5)及果形(性状6)。首先, 就果实重量而论, 株系或品系的最大果重与平均果重具有极显著正相关, 表明最大果重的出现并非偶然, 而是以平均果重为基础的。其次, 果实的三个径向大小间均呈显著正相关, 其中横径和侧径是所有性状中最先聚合的两个性状。这种显著相关的生物学意义是明显的, 即可以使果实在一定面积的果皮包被之下贮存足够的营养物, 对其后代的繁衍具有重要意义。再次, 果实纵径、横径和侧径与最大果重和平均果重具有极显著正相关。这是显而

易见的经验事实,即果实的径向大小愈大,则株系或品系的最大果重和平均果重愈重;但比较起来平均果重与果实大小的关系更为密切。第四,果实横径与纵径之比(性状6)可视作果形的一个测度,其值愈大,果形愈短。果实的长短性状与最大果重和平均果重均无显著相关,表明无论长型果实或短型果实均能选育出大果型品种,因而在选育种过程中,便无需考虑果型长短对大果型品种选育工作的影响。

2. 果表茸毛软硬与多少之间有极显著正相关(见表和图),即茸毛愈硬,则毛愈多,反之则毛少。猕猴桃果实的被毛状况变化很大,从既硬又多到既软又少变化多样,且呈过渡式样^[4]。这种被毛状况除了受环境条件影响之外,可能主要与染色体倍性有关。已报道的中华猕猴桃有二倍^[3,7,12]、四倍^[8]和六倍^[3,12]。二倍体常被毛软且少,而六倍体则被毛既硬又多,四倍体的被毛状况可能变



中华猕猴桃十五个经济性状聚类分析树系图(WPGMA法)

化于其间。因此这种统计上的高度相关性反映了性状在遗传上的内在联系。其次,果顶状况与果实被毛多少及软硬程度显著相关,即果顶凸出则果实常被较硬较多的茸毛。从果实加工方面考虑,硬毛变种果表难于处理,且加工品质欠佳;另一方面,果实两端凸出则易于加工。因此这两个性状的显著相关不利于选育出果实易于加工的品种。

性状1, 2, 3, 4, 5和6与性状9, 11和12在相关系数0.2259处聚合。由表可见,这两组性状的聚合主要归因于果实纵径和纵向形状与果顶状况及被毛状况的显著相关。其中果实纵径与性状11和12均呈显著负相关,果实纵径越大,果表被毛越多越硬。这一点与新西兰五个栽培品种的情形类似^[9,10]。其中“布鲁诺”果实长大,果毛稠密且短硬直立;果实大小中等,长椭圆形的“艾博特”果毛密,但比前者果毛柔软;“海沃德”果形扁大椭圆,则其果毛细滑美丽。果顶状况与纵径及果型长短分别呈显著负相关和正相关,即果实纵径愈大,愈呈长形,则果顶可能愈凸出。在育种实践中,如果需要选育出具长型果实且果顶凸出的品种,应将选择重点放在四倍体或六倍体硬毛变种上。

3. 如果按观察样本数 $N = 42$ 检验,维生素C含量与可溶性固形物含量和果肉颜色均具有显著相关,但是维生素C含量的观察值仅有15个,故此处相关系数达不到显著水平(见表)而仅能作为参考。果肉颜色与果实风味具有极显著正相关,即果肉颜色呈黄白或黄色者,其风味较佳,反之则味酸。这与一般经验相符^[6];黄色果肉一般风味浓郁,品质好;白色果肉一般风味纯正清香;淡绿色果肉风味不及前两种;绿色果肉多数味酸,品质最差。因此育种工作中应选育果肉颜色为黄色或黄白色的类型为好。其次,可溶性固形物含量与果肉颜色和风味均显著相关,即可溶性固形物含量较高时,果肉颜色常呈黄白或黄色,风味佳美;反之则果肉呈绿色且味酸或酸涩。风味的形成可能取决于果肉中多种有机物含量的不同组合;果实的含糖量、有机酸含量及单宁含量的比例不同,就会产生甜、酸以及酸涩等风味

不同的型。可溶性固形物的主要成分是糖类, 其含量提高, 果实风味自然佳美。另外, 从表还可发现一个相当重要的事实, 即反映果实重量和大小的性状 1 至性状 5 与反映果实品质的性状 8 及性状 13 至 15 之间无一显著相关, 表明这两类性状是相互独立的。这意味着无论果型大小, 均有可能培育出品质优良的品种; 另一方面, 无论果实品质优劣, 均有可能获得大果型品种。这一事实加强了育种工作者的主动性, 使其有可能培育出品质优良的大果型品种。

4. 果实侧径/横径同其他性状之间无一显著相关, 其原因可能是该性状变化太微弱。果底状况与此类似; 除与平均果重显著相关外, 与其他性状的相关性不显著, 而且其相关系数绝对值均较低, 故与其他性状最迟聚合。在品种选育工作中, 这两个性状对于其他性状没有或很少有参考价值。

小 结

1. 最大果重和平均果重与果实径向大小呈极显著正相关。果重和大小与果实品质无显著相关, 因此, 选育大果型品种并不妨碍其果实具有优良品质。

2. 果肉颜色, 果实风味和可溶性固形物含量显著相关。可溶性固形物含量愈高, 果实风味愈佳, 果肉常呈黄白或黄色; 反之则风味不佳, 果肉常呈绿色。因此培育优良品种应优先考虑果肉为黄白或黄色的类型, 绿色类型少考虑或不考虑。

3. 果形与果实被毛状况及果顶凸起程度显著相关。长型果实常被毛密而硬, 且顶端常凸出; 非长型果实则被毛少而稀, 顶端平或凹。长型果实有利于加工, 但被毛是一个不利因素。果形与果重和品质无显著相关, 即果形的变化并不影响果重和品质优劣。若育种工作中需要选择特定果形, 对这两个性状并无不利影响。

参 考 文 献

- (1) 方开泰等, 1982: 聚类分析. 地质出版社.
- (2) 曲泽洲, 1979: 猕猴桃的栽培和利用. 农业出版社.
- (3) 张芝玉, 1983: 中华猕猴桃两变种染色体数目观察. 植物分类学报, 21(2): 161—163.
- (4) 梁畴芬, 1982: 中华猕猴桃种下分类群增订. 植物分类学报, 20(1): 101—104.
- (5) 梁畴芬等, 1984: 中华猕猴桃硬毛变种学名订正. 广西植物, 4(3): 181—182.
- (6) 郭厚良, 1979: 中华猕猴桃优良单株选育中的一些性状问题. 农业科技通讯, (10): 22—23.
- (7) 熊治廷等, 1985: 四种猕猴桃植物的染色体数目观察. 武汉植物学研究, 3(3): 119—224.
- (8) Darlington, C. D. and A. P. Wylie 1955: Chromosome atlas of flowering plants. London.
- (9) Fletcher, W. A., 1971: Growing Chinese gooseberries. New Zealand Ministry of Agriculture and Fisheries Bulletin. Gowerment Printer, Wellington, New Zealand.
- (10) Schroeder, C. A. and W. A. Fletcher, 1967: The Chinese gooseberry (*Actinidia chinensis*) in New Zealand. Economic Botany, 21(1): 81—92.
- (11) Sneath, P. and R. Sokal, 1973: Numerical Taxonomy, The Principles and practice of numerical classification. Freeman and Company.
- (12) Zhang Jie and E. J. Beuzenberg, 1983: Chromosome numbers in two varieties of *Actinidia chinensis* Planch., New Zealand Journal of Botany, 21: 353—355.

CORRELATION STUDIES ON SEVERAL ECONOMICAL CHARACTERS OF ACTINIDIA CHINENSIS PLANCH

Xiong Zhi-ting

(Wuhan Institute of Botany, Academia Sinica)

Abstract The correlations among fifteen economical characters of 42 cultivars or strains of Chinese gooseberry (belonging taxonomically to *Actinidia chinensis* var. *chinensis* and *A. chinensis* var. *hispida*) were analysed statistically using WPGMA. It is shown that there is significant positive correlation between fruit weight and fruit size, while the correlation between fruit weight and fruit quality is insignificant. The flavour of fruit becomes better when the flesh color turns from green through light green to yellow and light yellow. These changes are accompanied by the raising of the content of soluable solid-state substances in fruit. Long-typed fruits are often covered with thick and hard hairs. Neither fruit weight nor fruit quality is correlated to the shape of fruit. The conclusions reached here can be of some use for the breeding practice of Chinese gooseberry.