

‘凯特’与‘新世纪’杏杂种后代风味物质遗传的初步研究

陈美霞^{1,2} 陈学森^{1*} 王新国² 慈志娟¹

(¹ 山东农业大学果树生物学实验室, 山东泰安 271018; ² 潍坊职业学院园林系, 山东潍坊 261041)

摘要: 利用气—质联用 (GC-MS) 及毛细管电泳技术, 对‘凯特’杏与‘新世纪’杏及其 F₁ 代 65 个株系的香味成分及糖酸组分的遗传特性进行了研究。结果表明, 所分析的 49 种香味成分中, 有 37 种为双亲所共有, 12 种双亲之一具有。在 37 种双亲共有成分中, 有 20 种在杂交后代中未出现分离, 呈连续性变异, 具有典型的数量性状遗传特征, 其中有 9 种为果实的特征香气成分, (E)-2-己烯醛、-癸内酯、己醛及-十二内酯等特征香气成分, 其子代平均值明显高于亲中值, 说明其遗传不仅存在加性效应, 还存在一定程度的非加性效应; 有 17 种在杂交后代中出现 1:1、1:3、1:7 或 1:15 分离, 可能是受一对或几对基因控制的质量性状遗传, 其中有 8 种为特征香气成分。糖酸总量及各组分在后代中虽然均表现为连续性变异, 但各组分的基因效应存在较大差异, 其中苹果酸、总酸、总糖及蔗糖的子代平均值都低于亲中值, 其遗传主要表现为基因的加性效应; 柠檬酸、果糖和葡萄糖的子代平均值高于亲中值, 其遗传不仅存在加性效应, 还存在一定程度的非加性效应, 通过杂交选育高柠檬酸、果糖及葡萄糖含量的株系或品种具有很大优势。

关键词: 杏; F₁ 群体; 风味物质; 遗传趋势

中图分类号: S 662.2 **文献标识码:** A **文章编号:** 0513-353X (2006) 05-0942-05

Inheritance of Flavor Constituents in F₁ Progenies of ‘Katy’ and ‘Xinshiji’ Apricot

Chen Meixia^{1,2}, Chen Xuesen^{1*}, Wang Xinguo², and Ci Zhijuan¹

(¹ *Plant Biology Laboratory, Shandong Agricultural University, Taian, Shandong 271018, China;* ² *Landscape Department, Weifang Vocational College, Weifang, Shandong 261041, China*)

Abstract: The inheritance of the constituents of aroma, sugar and acid were studied with ‘Katy’ and ‘Xinshiji’ apricot varieties and 65 seedlings of F₁ progenies by gas chromatography-mass spectrometry and capillary electrophoresis. The results indicated that among there were 37 compounds shared with parents and 12 compounds shared with single parent 49 aroma compounds analyzed. Twenty components shared with parents, being successional variance, were not segregated in F₁ generations and exhibited quantitative character inheritance, including 9 characteristic aroma compounds. The means of characteristic aroma compounds, such as (E)-2-hexenal, -decalactone, hexanal, -dodecalactone, were over mid-parent, which suggested the inheritance of these compounds exhibited not only additive genetic effect but also inadditive genetic effect. Seventeen compounds shared with parents segregated in ratio of 1:1, 1:3, 1:7 or 1:15 in F₁ generations and exhibited qualitative character inheritance, including 8 characteristic aroma compounds, which may be governed by one or several pairs of genes. Sugar, acid and their components showed successional variance in F₁ progenies, but their genetic effects were different, of which the means of malate, total acid, total sugar and sucrose were below mid-parent value and suggested that their inheritance showed mainly additive genetic effect. Meanwhile, the means of citrate, fructose and glucose were over mid-parent value, which indicated the inheritance of citrate, fructose and glucose exhibited not only additive genetic effect but also inadditive genetic effect and the progenies with these compounds had great potential to be chosen.

Key words: Apricot; F₁ progeny; Flavor component; Inheritance

收稿日期: 2005-10-28; 修回日期: 2006-02-08

基金项目: 国家自然科学基金项目 (30370992)

* 通讯作者 Author for correspondence (E-mail: chenxs@sdau.edu.cn)

果实的内在品质主要由风味物质(糖酸及香味物质等)、蛋白质、脂肪、维生素、矿物质等因素构成。因此,风味物质的组成及其遗传的研究是果品质量评价、调控及品质育种的重要基础^[1]。在果实糖酸及香味物质遗传研究方面,多集中在含糖量、含酸量及香型遗传(如葡萄的玫瑰香型与美洲种狐臭味等)^[2],而对果实糖酸组分和香味成分的遗传研究较少^[3,4]。在杏方面,有关欧洲与华北杏品种群间杂种一代香味成分及糖酸组分的遗传研究,国内外未见报道。

选育自花结实、丰产性强、糖酸适度、风味浓郁的新品种,是杏育种的重要目标之一^[5]。近几年从美国引进的'凯特'杏等品种,自交坐果率高,早果性、丰产性极强,但香味较淡,有待改良;采用有性杂交与胚培技术育成的'新世纪'杏品种^[6],成熟早,香气浓郁,但其早果性、丰产性与凯特杏比较,仍有一定差距。为此,课题组1999年进一步以凯特与新世纪杏等品种为亲本进行有性杂交,构建了分离群体,不仅育成了自交亲和的'山农凯新1号'杏新品种^[7],同时对 F_1 群体产量形成因素的遗传变异进行了研究^[8,9]。作者利用气-质联用(GC-MS)及毛细管电泳技术,对凯特杏与新世纪杏及其 F_1 代的香味与糖酸组分的遗传特性进行了研究,旨在为杏品质育种及进一步的代谢研究提供依据和参考,并为丰富果树遗传理论提供基本资料。

1 材料与方法

1.1 材料

试验于2003~2004年在山东农业大学果树生物学实验室、泰安横岭育种基地及江南大学分析测试中心进行。试材为欧洲生态品种群的'凯特'杏与华北生态品种群的'新世纪'杏及其 F_1 代65个株系。立地条件为丘陵沙壤土,常规管理,树势健壮,生长结果正常。采集果实底色变黄,2/3果面着色(红色株系),果实还未开始变软,成熟度一致的果实样品1~2 kg,其中部分样品立即进行香气成分的提取,部分样品采集后立即放入-30℃冰箱中贮存,用于糖酸组分分析。

1.2 方法

香气成分和糖酸组分的提取与定性定量分析方法参照文献[1]。香气及糖酸组分的遗传分析:取2年试验的结果进行有关统计分析,分两种情况,一种是数量性状,即未出现分离的成分,指该成分在全部杂交后代(65株)中都能检测出;另一种是质量性状,即出现分离的成分,指该成分在部分杂交后代中检测出。对于数量性状,计算亲本亲中值、子代平均值及变异系数;对于质量性状,分别统计分离比例,并利用 χ^2 进行适合性测验($\chi^2 = (O - C)^2 / O$, $\chi^2_{1,0.05} = 3.84$)。

2 结果与分析

2.1 香味成分的遗传

对凯特杏和新世纪杏及65株 F_1 代果实中49种主要香味成分进行遗传分析,其中37种为双亲所共有,12种为双亲之一所具有。

2.1.1 双亲共有、后代中未出现分离的香味成分的遗传 在37种双亲所共有的成分中,有20种在杂种后代中未出现分离,其中绝大多数成分的子代平均值低于亲中值,呈连续性变异,具有典型的数量性状遗传特征(表1)。其中有9种为果实特征香气成分,其子代平均值明显高于亲中值,具有较明显的超亲遗传的趋势。另外,-萜品醇、-癸内酯、-十二内酯等特征香气成分的变异系数超过100,特别是-十二内酯的高达198.75,说明含有这些成分的株系在后代中被选择的机会大。

2.1.2 双亲共有、后代中出现分离的香味成分的遗传 在37种双亲所共有的成分中,有17种在杂种后代中出现分离,其中己酸己酯、丁酸己酯、乙酸丁酯、苯乙醛、苯甲醛、紫罗烯、-癸内酯、(Z)-乙酸-3-己烯酯是否的特征香气成分,其分离比例及子代分布范围等参数见表2,经 χ^2 检验这些成分符合1/1、1/3、1/7或1/15的理论分离比例,可能是受一对或几对基因控制的质量性状遗传。

表 1 杏杂种后代中双亲共有、未出现分离的香味成分的遗传

Table 1 Inheritance of aroma constituents shared with parents and not segregated in apricot F₁ generations

香味成分 Aroma constituent	含量 Content(μg · g ⁻¹)					变异系数 CV (%)
	母本 Female	父本 Male	亲中值 Mid-parent	子代平均值 Average	子代分布 Distribution	
(E)-2-己烯醛 (E)-2-hexenal	0.49	2.44	1.465	4.254	0.023 ~ 21.723	82.53
1,2-二甲苯 Benzene, 1,2-dimethyl-	0.11	0.66	0.385	0.203	0.011 ~ 1.577	135.14
乙烯基四氢-2,6,6-三甲基吡喃 2-h-pyran, 2-ethenyltetrahydro-2,6,6-trimethyl-2-	1.13	0.38	0.755	0.671	0.096 ~ 4.862	99.39
芳樟醇 Linalool	5.69	7.11	6.398	4.092	0.692 ~ 18.613	78.84
1-甲基-4-(1-甲基叉)-环己烷 Cyclohexene, 1-methyl-4-(1-methylethylidene)-	0.81	0.35	0.581	0.447	0.073 ~ 2.859	97.38
氧化芳樟醇 Linalool oxide	0.55	0.21	0.381	0.314	0.051 ~ 1.707	97.51
月桂烯醇 Myrcenol	0.40	0.14	0.270	0.195	0.025 ~ 1.051	88.09
罗勒烯醇 Ocimenol	1.01	0.39	0.703	0.472	0.093 ~ 2.873	99.16
-萜品醇 -terpineol	5.46	3.52	4.490	2.943	0.408 ~ 18.484	104.66
(1,4-二甲基-2-戊烯)苯 (1,4-dimethylpent-2-enyl) benzene	0.36	0.13	0.243	0.204	0.041 ~ 1.712	109.24
,4-二甲基-3-环己烯-1-乙醛 3-cyclohexene-1-acetaldehyde, a,4-dimethyl-	1.88	0.65	1.267	1.064	0.220 ~ 10.080	118.95
-癸内酯 -decalactone	1.62	2.89	2.253	3.412	0.064 ~ 35.36	143.88
E,E-2,8-癸二烯 e,e-2,8-decadiene	0.12	0.23	0.172	0.116	0.023 ~ 0.596	84.83
8-羟基芳樟醇 8-hydroxylinalool	0.18	0.24	0.211	0.192	0.050 ~ 0.924	77.54
3,4,4a,5,6,7-六氢-1,1,4a-三甲基-2(1h)-萘酮 2(1h)-naphthalenone, 3,4,4a,5,6,7-hexahydro-1,1,4a-trimethyl-	0.40	0.41	0.406	0.254	0.077 ~ 1.101	70.62
十六酸 N-hexadecanoic acid	5.13	1.20	3.164	3.902	0.202 ~ 27.614	123.51
己醛 Hexanal	0.22	0.33	0.273	1.479	0.057 ~ 6.818	95.44
乙酸己酯 Acetic acid, hexyl ester	0.79	1.63	1.208	1.173	0.035 ~ 5.025	88.53
柠檬烯 Limonene	0.22	0.14	0.182	0.128	0.020 ~ 0.863	99.38
-十二内酯 -dodecalactone	0.31	2.30	1.308	2.434	0.060 ~ 36.067	198.75

表 2 杏杂种后代中双亲共有、出现分离的香味成分的遗传

Table 2 Inheritance of aroma constituents shared with parents and segregated in apricot F₁ generations

香味成分 Aroma constituent	含量 Content(μg · g ⁻¹)					分离 Segregated		X ² -test
	母本 Female	父本 Male	亲中值 Mid-parent	子代平均值 Average	子代分布 Distribution	有 Yes	无 No	
己酸己酯 Hexanoic acid, hexyl ester	0.09	0.01	0.050	0.174	0.013 ~ 1.122	26	39	1 1
丁酸己酯 Butanoic acid, hexyl ester	0.22	0.06	0.139	0.132	0.004 ~ 1.036	47	18	3 1
9,12-十八二烯酸 9,12-octadecadienoic acid, (Z,Z)-(Z,Z)-	0.32	0.19	0.259	1.925	0.076 ~ 23.735	49	16	3 1
甲苯 Toluene	0.04	0.02	0.030	0.094	0.015 ~ 0.394	50	15	3 1
(E)-2-己烯-1-醇 (E)-2-hexen-1-ol, (E)-	0.29	0.15	0.216	0.260	0.012 ~ 2.290	50	15	3 1
月桂烯 Myrcene	0.09	0.06	0.075	0.069	0.011 ~ 0.307	55	10	3 1
1-己醇 1-hexanol	0.35	0.34	0.345	0.540	0.061 ~ 3.257	57	8	7 1
(Z)-乙酸-3-己烯酯 3-hexen-1-ol, acetate, (Z)-	0.02	0.29	0.155	0.092	0.010 ~ 0.376	57	8	7 1
罗勒烯 Ocimene	0.18	0.13	0.157	0.122	0.030 ~ 0.760	57	8	7 1
-癸内酯 -decalactone	0.11	0.25	0.176	0.464	0.030 ~ 7.315	59	6	7 1
乙酸丁酯 Acetic acid, butyl ester	0.19	1.15	0.668	0.605	0.014 ~ 3.680	60	5	15 1
苯乙醛 Benzeneacetaldehyde	0.13	0.07	0.102	0.134	0.024 ~ 0.888	60	5	15 1
紫罗烯 Bnene	0.21	0.12	0.165	0.168	0.030 ~ 1.466	61	4	15 1
糠醛 Furfural	0.09	0.04	0.067	0.085	0.014 ~ 0.727	61	4	15 1
苯甲醛 Benzaldehyde	0.05	0.09	0.074	0.085	0.012 ~ 1.294	61	4	15 1
1,2-二氢-1,1,6-三甲基萘 1,2-dihydro-1,1,6-trimethyl-naphthalene	0.17	0.04	0.104	0.115	0.029 ~ 0.495	61	4	15 1
4-萜品醇 4-terpinenol	0.10	0.09	0.093	0.073	0.020 ~ 0.403	61	4	15 1

2.1.3 双亲之一具有的香味成分的遗传 这类物质共有 12 种, 包括酮、酯、内酯、烷烃、吡喃、醛和酸。在后代中出现了分离和未分离两种情况 (表 3)。由表 3 可以看出, 法呢基丙酮、菲两种成分在后代中未出现分离, 呈连续性变异, 具有典型的数量性状遗传特征; 而紫罗酮、辛内酯和香叶基丙酮等 10 种成分则出现了分离, 经 χ^2 检验符合 1:1、1:3 或 1:7 的理论分离比例, 可能是受 1 对或几对基因控制的质量性状遗传。

表 3 杏杂种后代中双亲之一具有的香味成分的遗传

Table 3 Inheritance of aroma constituents shared with single parent in F_1 generations

成分 Constituent	含量 Content($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)				分离 Segregated		χ^2 -test
	母本 Female	父本 Male	子代平均值 Average	子代分布 Distribution	有 Yes	无 No	
法呢基丙酮 Farnesyl acetone	-	0.483	0.310	0.026 ~ 4.839	65	0	-
菲 Phenanthrene	0.215	-	0.622	0.030 ~ 6.522	65	0	-
- 紫罗酮 -ionone	-	0.085	0.101	0.013 ~ 0.687	59	6	7:1
二苯并呋喃 Dibenzofuran	0.684	-	0.499	0.042 ~ 3.492	57	8	7:1
4-甲基-3-戊烯醛 3-pentenal, 4-methyl-	-	0.041	0.112	0.020 ~ 0.511	56	9	7:1
十四酸 Tetradecanoic acid	0.272	-	0.142	0.030 ~ 0.754	55	10	3:1
乙酸五酯 Acetic acid, pentyl ester	-	0.062	0.055	0.008 ~ 0.196	50	15	3:1
- 辛内酯 -octalactone	-	0.322	0.097	0.011 ~ 1.085	47	18	3:1
1-(2,3-二氢-1,1-二甲基-1H-4-茚)乙酮 Ethanone, 1-(2,3-dihydro-1,1-dimethyl-1H-inden-4-yl)-	0.289	-	0.159	0.013 ~ 1.550	36	29	1:1
顺-香叶基丙酮 Cis-geranylacetone	-	0.108	0.200	0.052 ~ 1.183	31	34	1:1
十二酸 Dodecanoic acid	0.082	-	0.292	0.028 ~ 1.066	19	46	1:3
(z,z,z)-9,12,15-十八三烯酸甲酯 (z,z,z)-9,12,15-octadecatrienoic acid, methyl ester,	-	5.860	2.334	0.250 ~ 23.051	19	46	1:3

2.2 有机酸及糖的遗传

凯特杏、新世纪杏及杂种后代果实有机酸及糖的遗传分析结果如表 4 所示: 总酸、总糖及各组份在后代中均出现了连续性变异, 变异系数普遍较低, 其总酸为 23.95%, 果糖为 62.81%; 柠檬酸、果糖和葡萄糖的子代平均值超过了亲中值, 说明这 3 种组分的遗传不仅存在加性效应, 还存在一定程度的非加性效应, 而苹果酸和蔗糖的子代平均值都低于亲中值, 其遗传主要表现为基因的加性效应。

表 4 杏杂种 F_1 代有机酸及糖的遗传变异Table 4 Heredity and variation of organic acid and sugar in F_1 progenies of apricot

性状 Character	含量 Content($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1}$)					变异系数 CV (%)
	母本 Female	父本 Male	亲中值 Mid-parent	子代平均值 Average	子代分布 Distribution	
苹果酸 Malate	3.89	17.09	10.49	6.86	1.29 ~ 15.30	46.58
柠檬酸 Citrate	16.24	0.45	8.35	9.27	1.02 ~ 17.80	41.80
总酸量 Total acid content	20.13	17.54	18.84	16.13	5.80 ~ 24.75	23.95
果糖 Fructose	15.39	8.13	9.93	10.21	3.54 ~ 35.40	62.81
葡萄糖 Glucose	13.68	13.63	13.64	15.52	6.69 ~ 46.43	54.92
蔗糖 Sucrose	36.18	45.3	38.43	34.74	8.11 ~ 77.61	42.38
总糖量 Total sugar content	70.02	67.84	68.93	60.45	29.32 ~ 156.10	44.52

3 讨论

3.1 关于香味成分的遗传

李继明等^[3]对葡萄香味成分的遗传研究表明, 玫瑰香型特征香味成分之一的沉香醇 (芳樟醇), 是受 1 对基因控制的质量性状; 另一些则表现为受 1 对至多对基因控制的质量性状, 且存在加性效应; 而其它成分表现为超亲和广泛变异, 证明是由微效多基因控制的数量性状。本试验结果表明, 作为双亲共有成分的 (E)-2-己烯醛及 -十二内酯等特征香气成分, 在后代中表现为广泛变异, 可能是由微效多基因控制的数量性状。其中, (E)-2-己烯醛、-癸内酯、己醛及 -十二内酯等成

分, 其子代平均值明显高于亲中值, 说明这些成分的遗传不仅存在加性效应, 还存在一定程度的非加性效应, 在后代中选育其高含量的品种或株系具有很大潜力; 而已酸己酯、辛内酯和香叶基丙酮等特征香气成分, 则在后代中出现了 1/1、1/3 或 1/7 的分离比例, 且在年份间基本稳定, 具有较好的重复性, 可能是受 1 对或几对基因控制的质量性状遗传。

前人的研究表明, 果实香味成分的遗传是非常复杂的, 不同自交或杂交组合所含有的香味成分不同, 同种成分在不同组合中的分离情况也不完全相同, 香味的产生可能由几种主要成分决定, 也可能是各种香味成分通过融合、叠加、掩盖等相互作用而表现出来的。因此需要进一步深入细致的研究^[3,5]。

3.2 关于糖酸成分的遗传

李宝江等^[2]通过对苹果糖酸遗传的研究认为, 苹果含糖量由 1 对不完全显性的主效基因和多基因两种遗传系统共同控制。本试验结果表明, 杏果实中的苹果酸和柠檬酸在杂种中虽然均表现为连续性变异, 但两种组分的基因效应可能存在较大差异, 苹果酸的遗传主要表现为基因的加性效应, 非加性效应所占比重较小。而柠檬酸的遗传不仅存在加性效应, 还存在一定程度的非加性效应。

苹果含糖量由多基因控制, 基因间除加性效应外还存在一定的非加性效应^[2]。本研究结果表明, 果糖、葡萄糖的遗传除存在加性效应外, 还存在一定程度的非加性效应; 而蔗糖的遗传主要是加性效应引起的, 非加性效应所占比重较小。通过杂交选育高柠檬酸、果糖及葡萄糖含量的株系或品种具有很大优势。

参考文献:

- 1 陈美霞. 杏果实风味物质的组成及遗传特性的研究: [博士论文] 泰安: 山东农业大学, 2005. 103页
Chen M X. Studies of the inheritance and constituents of flavor in apricot (*Amniaca vulgaris* L.): [Ph. D. Dissertation] Taian: Shandong Agricultural University, 2005. 103p (in Chinese)
- 2 李宝江, 景士西, 丁玉英, 张景娥. 苹果糖酸遗传和选择研究. 遗传学报, 1994, 21 (2): 147~154
Li B J, Jing S X, Ding Y Y, Zhang J E. Studies of the inheritance and selection of sweetness and acidity in apple. Acta Genetica Sinica, 1994, 21 (2): 147~154 (in Chinese)
- 3 李记明, 贺普超. 葡萄种间杂交香味成分的遗传研究. 园艺学报, 2002, 29 (1): 9~12
Li J M, He P C. Inheritance of aroma components in vitis interspecific crossings. Acta Horticulturae Sinica, 2002, 29 (1): 9~12 (in Chinese)
- 4 李 坤, 郭修武, 谢洪刚, 郭印山, 李铁辉, 李成祥. 葡萄自交与杂交后代香气成分的遗传研究. 园艺学报, 2005, 32 (2): 218~221
Li K, Guo X W, Xie H G, Guo Y S, Li Y H, Li C X. The analyses of inheritance of aroma components in progenies of selfing and crossing combination of grape. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (2): 218~221 (in Chinese)
- 5 陈学森, 李宪利, 张艳敏, 吴树敬, 沈洪波, 束怀瑞. 杏种质资源评价及遗传育种研究进展. 果树学报, 2001, 18 (3): 178~181
Chen X S, Li X L, Zhang Y M, Wu S J, Shen H B, Shu H R. Advances in apricot germplasm resources evaluation and genetic breeding. Journal of Fruit Science, 2001, 18 (3): 178~181 (in Chinese)
- 6 陈学森, 高东升, 李宪利, 张艳敏, 张连忠. 胚培早熟杏新品种——新世纪. 园艺学报, 2001, 28 (5): 475
Chen X S, Gao D S, Li X L, Zhang Y M, Zhang L Z. 'Xinshiji' — a new early ripening apricot variety obtained by embryo culture. Acta Horticulturae Sinica, 2001, 28 (5): 475 (in Chinese)
- 7 陈学森, 束怀瑞, 李宪利, 高东升, 张艳敏, 沈 向, 陈晓流, 何天明. 胚培杏新品种——山农凯新 1 号. 园艺学报, 2005, 32 (1): 176
Chen X S, Shu H R, Li X L, Gao D S, Zhang Y M, Shen X, Chen X L, He T M. 'Shannongkaixin 1' — a new apricot variety obtained by embryo culture. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (1): 176 (in Chinese)
- 8 吴 燕, 陈学森, 冯建荣, 陈晓流. 杏杂种一代群体 S 基因的遗传研究. 园艺学报, 2005, 32 (3): 397~402
Wu Y, Chen X S, Feng J R, Chen X L. Inheritance of self-compatibility in apricot among F_1 progenies. Acta Horticulturae Sinica, 2005, 32 (3): 397~402 (in Chinese)
- 9 陈学森, 吴 燕, 陈晓流, 孙永华, 何天明, 冯建荣. 杏杂种一代群体部分性状遗传趋势研究, 中国农业科学, 2005, 38 (9): 1863~1868
Chen X S, Wu Y, Chen X L, Sun Y H, He T M, Feng J R. Research on heredity of some characters in F_1 progenies of apricot. Scientia Agricultura Sinica, 2005, 38 (9): 1863~1868 (in Chinese)