

花粉直感效应对“富士”苹果套袋果实挥发性成分的影响

王海波, 王传增, 程来亮, 常源升, 何平, 李林光

(山东省果树研究所, 山东 泰安 271000)

摘要:以“烟富3”富士苹果为试材, 研究比较了在2个试验地点, 采用5个品种授粉的花粉直感效应对“富士”苹果套袋果实挥发性成分的影响, 以期筛选适宜的授粉品种并为套袋“富士”风味品质提升技术提供参考。结果表明:5个授粉品种对“富士”套袋果实挥发性成分存在显著的花粉直感效应, 在2个试验点的“富士”果实挥发性成分和特征香气成分数量均以“金冠”授粉较多, 以“嘎拉”授粉较少, “新红星”“锦绣海棠”和“红宝石”授粉在2个试验地间存在差异, 主要由于有12种成分仅在部分样品中检测到, 这些差异成分含量均较低, 除2-甲基丁酸乙酯, 其它成分对果实香味没有影响; “新红星”“红宝石”对提高醇类含量有显著地促进作用, “金冠”“新红星”和“嘎拉”对提高醛类含量有显著地促进作用, 而“金冠”“新红星”和“红宝石”对于酯类和萜烯类成分含量的提高作用更显著, “锦绣海棠”授粉时, 果实4类挥发性成分含量均较低; 授粉品种在不同地点对套袋“富士”果实挥发性成分的花粉直感效应相对稳定。

关键词:花粉直感效应; “富士”苹果; 套袋果实; 挥发性成分

中图分类号:S 661.105⁺.9 **文献标识码:**A **文章编号:**1001-0009(2016)22-0025-05

花粉直感(metaxenia)是父本花粉直接影响其受精形成的种子或果实, 导致表型变异的现象^[1]。对不同果树的研究表明, 果实外观, 如大小、形状、着色程度、色相及内在糖、酸、维生素C含量、果肉硬度等均受父本花粉影响^[2-6]。在苹果上, 李保国等^[7]研究表明, “2001富士”苹果在果肉细胞间隙、果肉细胞大小、果肉硬度、糖酸含量、维生素C含量等内在品质方面表现出明显的花粉直感现象。王延秀等^[8]通过研究证明了11个海棠品种对“阿斯”苹果果实大小、果形指数、果肉硬度、维生素C和花青苷质量分数的花粉直感效应。这为授粉品种选择, 以及通过配置授粉组合调控果实品质提供了可能。

果实套袋是苹果生产中应用最为广泛的技术之一,

可有效提高果实外观品质, 但也存在导致果实内在品质下降的负面影响^[9]。前人已在果袋选择、套(摘)袋时期、配套技术等影响套袋苹果果实内在品质方面开展了较多研究^[10-12], 现拟通过研究“富士”苹果生产中常用的授粉品种对果实挥发性成分的花粉直感效应, 评价筛选适宜的授粉品种, 为提升套袋“富士”苹果风味品质提供参考。

1 材料与方法

1.1 试验材料

试验于2015年在山东省栖霞市观里镇博士达有机苹果示范园、胶州市铺集镇铺集村果园和山东农业大学作物生物学国家重点实验室进行。供试材料为“烟富3”成熟苹果果实。栖霞果园为丘陵区梯田果园, 砧木为八棱海棠(*Malus robusta* (Carr.) Rehder), 胶州果园为平原地果园, 砧木为“青砧1号”。授粉品种“嘎拉”“金冠”“新红星”“锦绣海棠”“红宝石”花粉取自山东省果树研究所天平湖试验基地, 于当年各品种大蕾期采集花蕾, 采后剥取花药, 自然阴干。

1.2 试验方法

于4月中旬, 在栖霞市和胶州市2个试验点的“烟富3”苹果大蕾期进行授粉, 方法为剥开花瓣, 人工点粉,

第一作者简介:王海波(1983-), 男, 山东曲阜人, 硕士, 助理研究员, 研究方向为果树新品种选育与高效栽培技术。E-mail: wangharboo@163.com

责任作者:李林光(1965-), 男, 山东寿光人, 博士, 研究员, 现主要从事果树遗传育种与高效栽培技术等研究工作。E-mail: llg6536@163.com

基金项目:山东省农业重大应用技术创新课题资助项目(2014); 泰山学者建设工程专项经费资助项目(鲁政办字[2013]123号); 国家现代农业产业技术体系建设专项资金资助项目(CARS-28)。

收稿日期:2016-08-04

结合进行疏花,每 15~20 cm 留 1 个花序,每花序留 1 朵花。每品种授粉 5 株树。套袋采用“小林”双层纸袋,于盛花后 40 d(晴天)套袋,采果前 14 d 摘袋。肥水管理、病虫害防治等均采用常规管理措施。于 10 月中旬采集在树冠方位一致的成熟果实,每授粉组合取样约 10 kg,用保温盒带回实验室,立即进行试验。

1.3 项目测定

参照王传增等^[13]方法,采用顶空固相微萃取方法收集果实挥发性成分。取新鲜果实洗净切碎,准确称取 40 g 果肉放入 100 mL 锥形瓶中,加入 5 μ L 3-壬酮($0.4 \text{ g} \cdot \text{L}^{-1}$)作为内标,封口后放在 50 $^{\circ}\text{C}$ 磁力搅拌加热板上平衡 10 min。将萃取头插入 GC 进样口(250 $^{\circ}\text{C}$)老化 20 min,然后插入已平衡好的样品瓶中萃取 35 min,再插入 GC 进样口,230 $^{\circ}\text{C}$ 解吸 2 min,进行 GC-MS 检测。

果实挥发性成分的测定参照王海波等^[14]的方法,利用 Shimadzu GCMS-QP2010 气相色谱-质谱联用仪进行。挥发性成分的定性方法:未知化合物质谱图经计算机检索同时与 NIST05 质谱库相匹配,并结合人工图谱解析及资料分析^[13-19],确认各种挥发性成分;定量方法:按峰面积归一化法求得各化合物相对质量百分含量,利用内标物(3-壬酮)进行精确定量。通过计算 1 g(香气值)确定特征香气成分,香气值=某种化合物含量/该化合物香气阈值^[15-19],1 g(香气值)>0 的成分为特征香气成分。

1.4 数据分析

数据统计采用 Excel 2007 软件进行,差异显著性和相关性分析采用 SPSS 17.0 软件进行。

2 结果与分析

2.1 不同授粉品种对“富士”果实挥发性成分的影响

在 2 个试验地点,分别采用 5 个授粉品种对“富士”苹果进行授粉,检测成熟果实挥发性成分种类和含量。由表 1 可以看出,2 个试验点不同品种授粉的“富士”果实中共检测到 38 种挥发性成分,其中在栖霞市,采用“嘎拉”“金冠”“红星”“锦绣海棠”“红宝石”授粉的果实分别检测到 28、34、32、34、35 种挥发性成分,根据已报道的嗅感阈值,这些成分中分别有 8、12、12、13、13 种特征香气,在胶州市采用上述品种授粉的果实中分别检测到 29、33、29、28、29 种挥发性成分,各含有 9、12、10、9、10 个特征香气成分。

在 38 种挥发性成分中有 26 种为全部样品共有。乙酸丙酯、乙酸-2-甲基丙酯、丙酸丙酯、2-甲基丙酸丁酯、2-甲基丙酸己酯、丁酸戊酯、丁酸-2-甲基丙酯、2-甲基丁酸乙酯、己酸丙酯、己酸-3-甲基丁酯、己酸戊酯、(Z,E)- α -法呢烯等 12 种成分仅在部分样品中被检测到,如 2-甲基丁酸乙酯仅在栖霞试验点的“金冠”“锦绣海棠”和“红宝

石”授粉果实中被检测到,这些成分在各自样品中含量均较低。

检测到的特征香气成分全部为醛类和酯类物质,其中己醛、(E)-2-己烯醛、乙酸丁酯、乙酸-2-甲基丁酯、乙酸己酯、丁酸乙酯、2-甲基丁酸丁酯、2-甲基丁酸己酯、己酸乙酯等为 10 个样品共有,但这些成分对不同样品的香味贡献存在差异。一些成分虽然在所有样品中均被检测到,但对部分样品的香味嗅感没有贡献,如在胶州试验点,“红宝石”授粉果实中的乙酸戊酯、丙酸丁酯、丁酸丙酯,“锦绣海棠”授粉果实中的丙酸丁酯以及“金冠”授粉果实中的丁酸丁酯含量均未超过其阈值,不是这些样品的特征香气。在栖霞试验点的“金冠”“锦绣海棠”和“红宝石”授粉果实中检测到 2-甲基丁酸乙酯,该成分在 3 个样品中具有较高的对数香气值(3.12、3.22、3.12),对这些处理的果实香味贡献较大。

试验表明,在 2 个试验点“金冠”授粉的“富士”苹果挥发性成分和特征香气成分数量均较多,而“嘎拉”授粉的果实挥发性成分和特征香气成分数量均较少,“新红星”“锦绣海棠”和“红宝石”授粉果实挥发性成分和特征香气成分数量在 2 个地区间存在差异。这些差异成分含量均较低,除 2-甲基丁酸乙酯,其它成分对果实香味没有影响。

2.2 不同授粉品种对“富士”果实挥发性成分类别的影响

图 1 为 2 个试验地点 5 个品种授粉“富士”果实醇类、醛类、酯类和萜烯类挥发性成分的含量。可以看出,栖霞试验点样品的酯类、醛类和萜烯类含量明显高于胶州样品。“富士”果实醇类含量在栖霞和胶州试验点均以“新红星”和“红宝石”授粉处理较高,以“锦绣海棠”“嘎拉”和“金冠”授粉处理较低。2 个试验点“新红星”授粉处理对“富士”果实的醛类含量影响表现出差异,其中在栖霞该品种授粉的醛类含量与“嘎拉”“金冠”相近,在胶州与“嘎拉”相近,但低于“金冠”,而其它品种在 2 个试验点对“富士”授粉表现出类似的效应,以“金冠”授粉时“富士”果实醛类含量较高,其次为“嘎拉”和“红宝石”,以“锦绣海棠”最低。酯类含量在栖霞试验点以“红宝石”“新红星”和“金冠”授粉处理最高,其次为“锦绣海棠”“嘎拉”最低,在胶州“新红星”和“金冠”也表现出类似的效应,但“嘎拉”授粉处理的酯类含量与“新红星”和“金冠”处理的未表现出显著差异,而“红宝石”与“金冠”授粉处理差异不显著,以“锦绣海棠”授粉的酯类含量最低。萜烯类成分含量在栖霞以“金冠”和“新红星”授粉处理较高,其次为“红宝石”和“嘎拉”,在胶州以“嘎拉”较高,其次为“金冠”“新红星”和“红宝石”,2 个试验点均以“锦绣海棠”授粉时含量最低。

表 1 2 个试验地点 5 个品种授粉“富士”果实挥发性成分类别的含量

Volatile compounds in fruits of ‘Fuji’ pollinated by five varieties in two experimental sites		Table 1									
挥发性成分 Volatile compounds	阈值 Odour thresholds /(ng · g ⁻¹)	栖霞 Qixia					胶州 Jiaozhou				
		“嘎拉” ‘Gala’	“金冠” ‘Golden Delicious’	“新红星” ‘Starkrimson’	“锦绣海棠” ‘Jinxiuhaitang’	“红宝石” ‘Ruby’	“嘎拉” ‘Gala’	“金冠” ‘Golden Delicious’	“新红星” ‘Starkrimson’	“锦绣海棠” ‘Jinxiuhaitang’	“红宝石” ‘Ruby’
1-丁醇 1-Butanol	500 ^[15]	0.012(-1.62)	0.018(-1.44)	0.022(-1.36)	0.022(-1.36)	0.025(-1.30)	0.018(-1.44)	0.015(-1.52)	0.020(-1.40)	0.019(-1.42)	0.017(-1.47)
2-甲基-1-丁醇 2-Methyl-1-butanol	250 ^[15]	0.032(-0.89)	0.048(-0.72)	0.066(-0.58)	0.061(-0.61)	0.084(-0.47)	0.053(-0.67)	0.063(-0.60)	0.053(-0.67)	0.037(-0.83)	0.069(-0.56)
1-己醇 1-Hexanol	500 ^[15]	0.146(-0.53)	0.131(-0.58)	0.179(-0.45)	0.128(-0.59)	0.158(-0.50)	0.161(-0.49)	0.158(-0.50)	0.180(-0.44)	0.138(-0.56)	0.137(-0.55)
(E)-2-己烯醇 (E)-2-Hexenol	6 700 ^[15]	0.033(-2.31)	0.021(-2.50)	0.027(-2.39)	0.020(-2.53)	0.025(-2.41)	0.023(-2.46)	0.029(-2.36)	0.033(-2.31)	0.023(-2.46)	0.025(-2.43)
己醛 Hexanal	10.5 ^[16]	0.079(0.88)	0.069(0.82)	0.072(0.84)	0.038(0.56)	0.054(0.71)	0.054(0.71)	0.072(0.84)	0.051(0.69)	0.040(0.58)	0.069(0.82)
(E)-2-己烯醛 (E)-2-Hexenal	17 ^[17]	0.131(0.88)	0.171(1.00)	0.157(0.97)	0.087(0.71)	0.115(0.83)	0.115(0.83)	0.121(0.85)	0.096(0.75)	0.072(0.63)	0.088(0.71)
乙酸丙酯 Propyl acetate	2 000 ^[16]				0.009(-2.35)	0.006(-2.52)					
乙酸-2-甲基丙酯 2-Methylpropyl acetate	65 ^[15]				0.005(-1.11)			0.007(-0.97)			0.004(-1.21)
乙酸丁酯 Butyl acetate	66 ^[15]	0.279(0.63)	0.275(0.62)	0.275(0.62)	0.275(0.62)	0.298(0.65)	0.238(0.56)	0.167(0.40)	0.244(0.57)	0.232(0.55)	0.204(0.49)
乙酸-2-甲基丁酯 2-Methylbutyl acetate	11 ^[15]	0.745(1.83)	0.798(1.86)	0.888(1.91)	0.780(1.85)	0.911(1.92)	0.749(1.83)	0.769(1.84)	0.809(1.87)	0.607(1.74)	0.728(1.82)
乙酸戊酯 Pentyl acetate	43 ^[15]	0.093(0.34)	0.098(0.36)	0.082(0.28)	0.086(0.30)	0.092(0.33)	0.061(0.15)	0.058(0.13)	0.068(0.20)	0.054(0.10)	0.034(-0.10)
乙酸己酯 Hexyl acetate	2 ^[17]	0.626(2.50)	0.511(2.41)	0.572(2.46)	0.465(2.37)	0.597(2.47)	0.399(2.30)	0.361(2.26)	0.471(2.37)	0.371(2.27)	0.378(2.28)
乙酸-(Z)-3-己烯酯 (Z)-3-Hexenyl acetate		0.030	0.016	0.013	0.010	0.013	0.006	0.007	0.015	0.010	0.007
丙酸丙酯 Propyl propanoate			0.006		0.010	0.007		0.002			
丙酸丁酯 Butyl propanoate	25 ^[15]	0.035(0.15)	0.069(0.44)	0.069(0.44)	0.060(0.38)	0.077(0.49)	0.027(0.03)	0.044(0.25)	0.033(0.12)	0.022(-0.06)	0.013(-0.28)
丙酸-1-甲基丁酯 1-Methylbutyl propanoate		0.014	0.023	0.025	0.023	0.027	0.009	0.017	0.010	0.006	0.009
2-甲基丙酸丁酯 Butyl 2-methylpropanoate			0.003	0.005	0.006	0.007		0.003			
2-甲基丙酸己酯 Hexyl 2-methylpropanoate				0.011		0.013		0.005			
丁酸乙酯 Ethyl butyrate	1 ^[16]	0.009(0.95)	0.012(1.08)	0.008(0.90)	0.013(1.11)	0.011(1.04)	0.005(0.7)	0.005(0.70)	0.006(0.78)	0.005(0.70)	0.004(0.60)
丁酸丙酯 Propyl butyrate	18 ^[19]	0.022(0.09)	0.098(0.74)	0.070(0.59)	0.107(0.77)	0.097(0.73)	0.037(0.31)	0.041(0.36)	0.041(0.36)	0.023(0.11)	0.013(-0.14)
丁酸丁酯 Butyl butyrate	100 ^[17]	0.122(0.09)	0.195(0.29)	0.190(0.28)	0.149(0.17)	0.18(0.26)	0.125(0.10)	0.09(-0.05)	0.135(0.13)	0.122(0.09)	0.102(0.01)
丁酸戊酯 Pentyl butyrate		0.017					0.015	0.012	0.016	0.011	0.007
丁酸-2-甲基丙酯 2-Methylpropyl butyrate			0.008	0.006	0.006	0.006	0.004	0.005	0.003	0.002	0.005
丁酸-2-甲基丁酯 2-Methylbutyl butyrate		0.008	0.025	0.026	0.023	0.028	0.012	0.013	0.014	0.009	0.010
丁酸己酯 Hexyl butyrate	250 ^[15]	0.159(-0.20)	0.244(-0.01)	0.250(0.00)	0.150(-0.22)	0.209(-0.08)	0.134(-0.27)	0.094(-0.42)	0.149(-0.22)	0.114(-0.34)	0.139(-0.25)
2-甲基丁酸乙酯 Ethyl 2-methylbutyrate	0.006 ^[15]		0.008(3.12)		0.01(3.22)	0.008(3.12)					
2-甲基丁酸丙酯 Propyl 2-methyl butyrate		0.008	0.070	0.054	0.132	0.098	0.019	0.027	0.019	0.008	0.009
2-甲基丁酸丁酯 Butyl 2-methyl butyrate	17 ^[15]	0.129(0.88)	0.242(1.15)	0.273(1.21)	0.280(1.22)	0.298(1.24)	0.136(0.90)	0.126(0.87)	0.138(0.91)	0.120(0.85)	0.140(0.92)
2-甲基丁酸-2-甲基丁酯 2-Methylbutyl 2-methylbutyrate		0.009	0.032	0.034	0.042	0.046	0.012	0.017	0.012	0.007	0.009
2-甲基丁酸戊酯 Pentyl 2-methylbutyrate		0.007	0.014	0.018	0.011	0.015	0.006	0.009	0.007	0.005	0.004
2-甲基丁酸己酯 Hexyl 2-methylbutyrate	6 ^[15]	0.099(1.22)	0.213(1.55)	0.230(1.58)	0.126(1.32)	0.204(1.53)	0.096(1.20)	0.107(1.25)	0.113(1.27)	0.060(1.00)	0.103(1.23)
己酸乙酯 Ethyl hexanoate	1 ^[16]	0.042(1.62)	0.035(1.54)	0.030(1.48)	0.021(1.32)	0.024(1.38)	0.011(1.04)	0.010(1.00)	0.018(1.26)	0.012(1.08)	0.007(0.85)
己酸丙酯 Propyl hexanoate			0.051	0.036	0.047	0.039					
己酸-3-甲基丁酯 3-Methylbutyl hexanoate			0.006	0.005	0.004	0.004					
己酸戊酯 Pentyl hexanoate			0.004								
己酸己酯 Hexyl hexanoate	64 000 ^[15]	0.014(-3.66)	0.034(-3.27)	0.023(-3.44)	0.010(-3.81)	0.014(-3.66)	0.017(-3.58)	0.007(-3.96)	0.012(-3.73)	0.007(-3.96)	0.005(-4.11)
(Z,E)-α-法呢烯 (Z,E)-α-Farnesene		0.003	0.009	0.028		0.002	0.003	0.002			
α-法呢烯 α-Farnesene		0.060	0.213	0.163	0.052	0.085	0.085	0.068	0.068	0.023	0.035

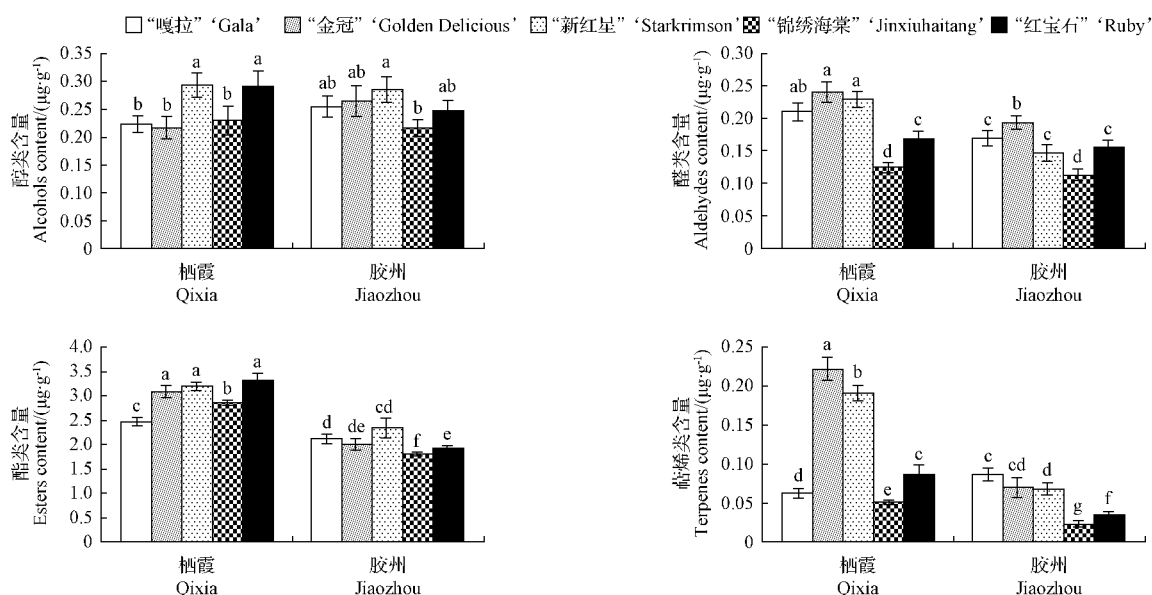


图 1 2 个试验地点 5 个品种授粉“富士”果实挥发性成分类别的含量

Fig. 1 Contents of volatile compound categories in fruits of 'Fuji' pollinated by five varieties in two experimental sites

综上所述,5 个授粉品种对“富士”果实挥发性成分类别的花粉直感效应存在显著差异,其中“新红星”“红宝石”对提高醇类含量有显著地促进作用,“金冠”“新红星”和“嘎拉”对提高醛类含量有显著地促进作用,而对于酯类和萜烯类成分含量,“金冠”“新红星”和“红宝石”的提高作用更明显,“锦绣海棠”授粉时,果实 4 类挥发性成分含量均较低。

2.3 不同授粉品种对“富士”果实挥发性成分影响效应在 2 个试验地点的相关性分析

分析同一授粉品种授粉“富士”的果实挥发性成分在 2 个试验地点的相关性,结果表明,5 个授粉品种在 2 个试验点的相关性均达到差异极显著水平($P < 0.01$),说明不同授粉品种对“富士”果实挥发性成分影响的差异主要由品种因素造成,地理环境因素影响较小,即授粉品种对套袋“富士”果实挥发性成分的花粉直感效应在不同区域间是相对稳定的。

表 2 5 个授粉品种对“富士”果实挥发性成分的影响效应在 2 个试验地点的相关性分析

Table 2 Correlation coefficients between the influential effects of five pollination varieties on volatile compounds in 'Fuji' fruits in two experimental sites

	“嘎拉” 'Gala'	“金冠” 'Golden Delicious'	“新红星” 'Starkrimson'	“锦绣海棠” 'Jinxiuhaitang'	“红宝石” 'Ruby'
栖霞与胶州					
Qixia versus Jiaozhou	0.957 **	0.868 **	0.894 **	0.851 **	0.888 **

注: ** 表示相关性达到极显著水平($P < 0.01$)。

Note: ** shows significant difference at $P < 0.01$.

3 讨论与结论

风味品质是果实品质的重要组成,研究表明套袋导

致苹果等果实中的酯类和可溶性固形物显著降低,果实风味下降^[20]。但套袋是提高苹果果实外观品质,提升果品商品价值的重要措施,在优质苹果生产中仍具有不可替代的地位^[12]。不同品种对果实品质具有明显的花粉直感作用,为通过配置适宜授粉品种提高套袋果实风味提供了可能。该研究表明,采用不同品种授粉,套袋“富士”的果实挥发性成分种类和含量均存在差异,“金冠”“新红星”和“嘎拉”对提高醛类含量有显著地促进作用,“金冠”“新红星”和“红宝石”对酯类和萜烯类成分含量的提高作用更明显,“锦绣海棠”对各类挥发性成分含量的提高作用均较小。该研究中醛类和酯类物质是试验品种果实的主要特征香气成分,与前人研究结果相同^[14,18],因此,采用“金冠”和“新红星”对提高套袋“富士”果实的整体香味更加有利。

已有研究表明,光照、水分、肥料、化学药剂、栽培手段等均可影响果树生长,最终影响果实的品质和风味^[20],该研究也发现栖霞试验点样品的酯类、醛类和萜烯类含量明显高于胶州样品,这种含量高低差异表现为一个试验地的果实香气整体高于另一试验地的规律性,可能与 2 个试验地果树砧木或栽培管理措施存在差异有关,而不是花粉直感效应的结果。该研究中,5 个品种授粉条件下,在 2 个试验点同一品种授粉“富士”果实的挥发性成分相关性均达到极显著水平,说明不同授粉品种对“富士”果实挥发性成分的花粉直感效应是稳定的,受地理环境因素影响较小,与冉辛拓等^[21]研究结果相似,他们通过分析蜜梨授粉品种的亲缘关系和不同品种花粉直感的通径系数,证明遗传因子在花粉直感现象中起着决定作用。

综上,在利用适宜品种的花粉直感效应促进果实香气品质提高的同时,应注重增施有机肥、改善光照等技术措施,促进对“富士”套袋果实香气成分总量的增加,使套袋果实不仅具有良好的外观品质,也具有较高的风味品质。

参考文献

- [1] DENNY J O. Xenia includes metaxenia[J]. HortScience, 1992, 27(7): 722-728.
- [2] 黄少华. 果树花粉直感研究[J]. 西南园艺, 1996(2): 28-29.
- [3] 秦立者, 李保国, 齐国辉. 花粉直感研究进展[J]. 河北林果研究, 2002, 17(4): 371-375.
- [4] 李学强, 李作轩, 吕德国, 等. 不同授粉品种对南国梨果实品质的影响[J]. 中国果树, 2003(2): 16-19.
- [5] KUMAR K, DAS B. Studies on xenia in almond[J]. Journal of Horticultural Science, 1996, 71(4): 545-549.
- [6] 沙海峰, 朱元娣, 高琪洁, 等. 花粉直感对京白梨品质的影响[J]. 果树学报, 2006, 23(2): 287-289.
- [7] 李保国, 顾玉红, 郭素平, 等. 2001 苹果果实若干性状的花粉直感规律研究[J]. 河北农业大学学报, 2004, 27(6): 34-37.
- [8] 王延秀, 陈佰鸿, 党兆霞, 等. 11 个海棠品种对“阿斯”苹果花粉直感效应的综合评价[J]. 西北农业学报, 2015, 24(3): 121-128.
- [9] 高文胜, 李林光, 李芳东, 等. 外源 GA_3 处理对套袋苹果内在品质的影响[J]. 北方园艺, 2010(3): 4-9.
- [10] 李丙智, 刘建海, 张林森, 等. 不同时间套袋对渭北旱源红富士苹果品质的影响[J]. 西北林学院学报, 2005, 20(2): 118-120.
- [11] 王孝娣, 史大川, 宋焱, 等. 有机栽培红富士苹果芳香成分的 GC-MS 分析[J]. 园艺学报, 2005, 32(6): 998-1002.
- [12] 李俊芬, 姜本琴. 苹果套袋栽培中的气象条件与管理措施[J]. 气象与环境科学, 2008, 31(z1): 178-180.
- [13] 王传增, 张艳敏, 徐玉亭, 等. 苹果红色芽变香气组分及脂肪酸代谢相关酶活性分析[J]. 园艺学报, 2012, 39(12): 2447-2456.
- [14] 王海波, 李林光, 陈学森, 等. 中早熟苹果品种果实的风味物质和风味品质[J]. 中国农业科学, 2010, 43(11): 2300-2306.
- [15] ECHEVERRÍA G, GRAELL J, LARA I, et al. Physicochemical measurements in ‘Mondial Gala®’ apples stored at different atmospheres; Influence on consumer acceptability[J]. Postharvest Biology and Technology, 2008, 50: 135-144.
- [16] LÓPEZ M L, VILLATORO C, FUENTES T, et al. Volatile compounds, quality parameters and consumer acceptance of ‘Pink Lady’ apples stored in different conditions[J]. Postharvest Biology and Technology, 2007, 43: 55-66.
- [17] MEHINAGIC E, ROYER G, SYMONEAUX R, et al. Characterization of odor-active volatiles in apples: Influence of cultivar and maturity stage[J]. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 2006, 54: 2678-2687.
- [18] ECHEVERRÍA G, FUENTES T, GRAELL J, et al. Aroma volatile compounds of ‘Fuji’ apples in relation to harvest date and cold storage technology: A comparison of two seasons[J]. Postharvest Biology and Technology, 2004, 32: 29-44.
- [19] AABY K, HAFFNER K, SKREDE G. Aroma quality of Gravenstein apples influenced by regular and controlled atmosphere storage[J]. Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie, 2002, 35: 254-259.
- [20] 张海英, 韩涛, 许丽, 等. 果实的风味构成及其调控[J]. 食品科学, 2008, 29(4): 464-469.
- [21] 冉辛拓, 贺丽敏, 田少强, 等. 蜜梨与授粉品种亲缘关系及其花粉直感的通径分析[J]. 河北农业科学, 2006, 10(2): 7-10.

Effect of Metaxenia on Volatile Compounds in Bagged Fruits of ‘Fuji’ Apple

WANG Haibo, WANG Chuanzeng, CHENG Lailiang, CHANG Yuansheng, HE Ping, LI Linguang
(Shandong Institute of Pomology, Tai'an, Shandong 271000)

Abstract: In order to provide the reference for the selection of appropriate pollination varieties and putting forward bagged fruit flavor quality promoting technologies of ‘Fuji’ apple, with ‘Yanfu No. 3 Fuji’ apple as test materials, the effect of metaxenia on volatile compounds in bagged fruits of ‘Fuji’ was studied using five varieties in two experiment site. The results showed significant metaxenia effect of five pollination varieties on volatiles of ‘Fuji’ fruit. The numbers of volatile and characteristic compounds in bagged fruits of ‘Fuji’ was higher using ‘Golden Delicious’ pollination and lower using ‘Gala’ in two sites. However, there were differences in the numbers of volatile and characteristic compounds of ‘Fuji’ pollinated by ‘Starkrimson’, ‘Jinxiuhaitang’ and ‘Ruby’. The differences were caused by 12 compounds only existing in some samples. The contents of these differentially existing compounds were low. All of them were not the aroma contributors except ethyl 2-methylbutyrate. ‘Starkrimson’ and ‘Ruby’ pollination could increase alcohols contents in bagged fruits of ‘Fuji’ largely. ‘Golden Delicious’, ‘Starkrimson’ and ‘Gala’ pollination could obviously promote aldehydes contents. Esters and terpenes could increase significantly after ‘Golden Delicious’, ‘Starkrimson’ and ‘Ruby’ pollination. Non-significant promoting effect of ‘Jinxiuhaitang’ pollination on four volatile categories was detected. Metaxenia of different pollination varieties on volatile compounds of bagged ‘Fuji’ fruits was relatively stable in different sites.

Keywords: metaxenia; ‘Fuji’ apple; bagged fruits; volatile compounds