



授粉品种对富士果实挥发性成分的影响

孙蕊¹, 慈琰雨¹, 赵玲玲^{1,2}, 宋来庆^{1,2}, 姜中武^{1,2}

(1. 烟台大学 农学院, 山东 烟台 264000; 2. 山东省烟台市农业科学研究院, 山东 烟台 265500)

摘要:为明确不同授粉品种授粉后对果实香气成分的影响,以不同果树的花粉对富士授粉后的果实为试验材料,通过对授粉后富士果实风味成分及含量的研究,结合相关果实品质指标,综合分析出适宜富士苹果的授粉品种。利用顶空固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术,测定分析了不同授粉品种的香气成分。结果表明:17个授粉品种对富士苹果果实中挥发性成分有明显的花粉直感效应,果实共检测出46种香气成分,其含量在不同品种间差异较大,分属于酯类、醇类、醛类,其中,以酯类含量最多。实生海棠品种与栽培品种相比,其香气物质酯类含量相差不大,但醇类的相对含量高于栽培品种。综合分析来看,17个品种对富士授粉后果实挥发性成分不同,其主要香气物质由2-甲基-1-丁醇乙酸酯、己酸己酯、 α -法尼烯、2-甲基丁醇丁酯、乙酸己酯、2-甲基丁酸己酯等组成,其中酯类物质对这些授粉品种果实风味贡献最大。

关键词:花粉直感;授粉品种;挥发性成分;气相色谱-质谱联用

富士(Fuji)苹果是全国苹果的主栽品种,富士果树的栽培面积约占全国栽培面积的70%以上,有的地区高达90%,且因其个大、味美、耐贮等优点深受消费者欢迎^[1],但苹果是部分自交不亲和树种^[2],其自交亲和率仅为2.2%^[3],因此需严格配置授粉树。

国内外许多研究者研究表明,在果个大小、色泽、可滴定酸、可溶性固形物等方面都存在花粉直感现象。近几年研究表明,许多科研人员只是从果实发育的角度对果实直感现象进行研究,很少涉及其研究机制。对果树中果实直感效应的研究基本存在于表观品质,缺乏对其机理的研究。

花粉果实直感是指使果实规格、形态、色泽、糖酸含量等发生改变的现象^[4]。而果实风味是果实品质的重要指标,果实香气是果实品质的重要组成部分,果实香气是在果实成熟过程中逐步形成的,是苹果品质的重要指标之一,是决定苹果的风味和典型性的重要因素。随着技术的进步和研究不断深入,果实外部特性越来越受到消费者的关注^[5]。开展授粉品种对富士的影响研究,对提高苹果的品质和质量,维持苹果健康可持续性发展意义重大。

以不同果树的花粉对富士授粉后的果实为试材,对富士果树进行授粉试验,研究不同品种对富士授粉后果实品质的影响,为富士的生产实践提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验于2017年4月-2017年11月在山东省烟台市农业科学院苹果南园试验田进行。试验材料采用20年生富士果树17株,树势基本一致,园区统一管理,肥水处理一致。

1.2 材料

授粉试验采用的苹果花粉主要是根据授粉品种的初花期、果实成熟期、果个大小、风味颜色进行选择,共选取3个产粉量大的实生海棠,分别为130号海棠、211号海棠和红肉海棠,14个栽培品种,分别为青香、乔纳金、红玉、红露、红露65号、皮诺娃、西施红、印度青、丰艳、华金、华硕、粉红女士、金都嘎啦、金铃。花粉常规采集,装于离心管低温保存。初花留中心花人工点授,授粉果套袋隔离。商业成熟度采收,室温贮藏待测。

1.3 方法

1.3.1 试验设计 采用徐臣善等^[6]的研究方法,略加改动。采用不同授粉组合进行授粉处理,对17株富士果树,每株分别在东南西北4个方位选长势相近的单枝,以单株为小区(授粉处理),随机设置17个授粉处理。在大铃铛花期,疏除过多、已开、弱小的花序,使保留下的花序间距大致为20 cm,去边花保留中心花,每枝选100个花序,每

收稿日期:2018-10-08

基金项目:山东省泰山学者种业计划(03507112)。

第一作者简介:孙蕊(1993-),女,在读硕士,从事花粉直感的生理研究。E-mail:778926838@qq.com。

通讯作者:姜中武(1960-),男,博士,研究员,从事分子标记遗传育种、果树病毒侵染机理、苹果品质提升机制、果园连作障碍机理研究。E-mail:jiangzhongwu@163.com。

个花絮留 2 朵即将开放的花并计数,于花开当天用笔头人工点授花粉,授粉后套袋并挂牌标记。

1.3.2 测定项目及方法 成熟后各随机采收 30 个果进行内外品质的测定。单果重由电子天平测得;果实横径、纵径采用游标卡尺测量;可溶性固形物采用手持糖度仪测定;硬度采用 GY-3 型果实硬度计测量;可溶性糖含量用斐林试剂测定;可滴定酸采用 NaOH 滴定测定,维生素 C 的含量采用 2,6-二氯酚酚溶液进行测定。

果实香气成分在山东农业大学园艺学院中心测定。果实挥发性成分的提取和测定参照王海波等^[7]的方法,略加改动。每份样品取 5 个果实的果肉,在 10 mL 样品瓶底部加入内标物 3-壬酮,准确称取 4 g 样品放入样品瓶中,密封处理,采用顶空进样器和气相色谱-质谱联用仪测定。

1.3.3 数据分析 对未知物质谱图与 NIST05 质谱库进行匹配检索,并结合人工图谱解析及资料分析^[8-10],确定其香气成分,采用峰面积归一法对各成分的相对百分含量进行精确计算。

2 结果与分析

2.1 实生海棠与栽培品种对富士授粉后果实挥发性成分的异同

由图 1 分析可得,实生海棠与栽培品种对富士授粉后果实中检测出的挥发性成分均有 5 大类化合物,分别为酯类、醇类、烃类、醛类、其他类。其授粉后检测到的香气物质总类中,130 号海棠

的总类最多,为 33 种;其次为西施红、华硕、丰艳,香气物质总类为 32 种;香气成分总类 30 种以上的还有红肉海棠、皮诺娃、金都嘎啦、金铃、粉红女士、红露、红露 65 号、211、青香和乔纳金。香气成分总类低于 30 种的品种有华金、印度青、红玉,分别为 29、28 和 25 种。而酯类的种类数经图 1 可知,红玉的酯类种类最少,为 17 种;其次为印度青和华金,酯类的种类数为 18 种;有 4 个品种酯类总类为 21 种,分别为 130 号海棠、红肉海棠、丰艳和红露 65 号。结果表明,实生海棠对富士授粉后果实中挥发性成分比栽培品种对富士授粉后挥发性成分的种类更为丰富,酯类的种类相差不大,但因花粉直感效应,红玉授粉的富士果实香气较为特殊,种类少含量高。

授粉后果实中醇类物质的相对含量如图 2 所示,不同品种对富士授粉后的果实中检测到的香气物质中醇类的相对含量最多的是 211 号海棠,为 18.5%;其次为 130 号海棠、红肉海棠和华硕,三者醇类相对含量基本相同,分别为 14.8%和 14.9%、14.8%;授粉后果实检测到的香气物质中醇类含量低于 10%的品种是青香、皮诺娃、金都嘎啦,其含量分别为 9.6%、8.7%和 8.9%。由图 2 醇类物质的相对含量可以看出,实生海棠授粉后富士果实中醇类物质相对含量高于栽培品种授粉后富士果实中的相对含量,花粉直感效应明显。

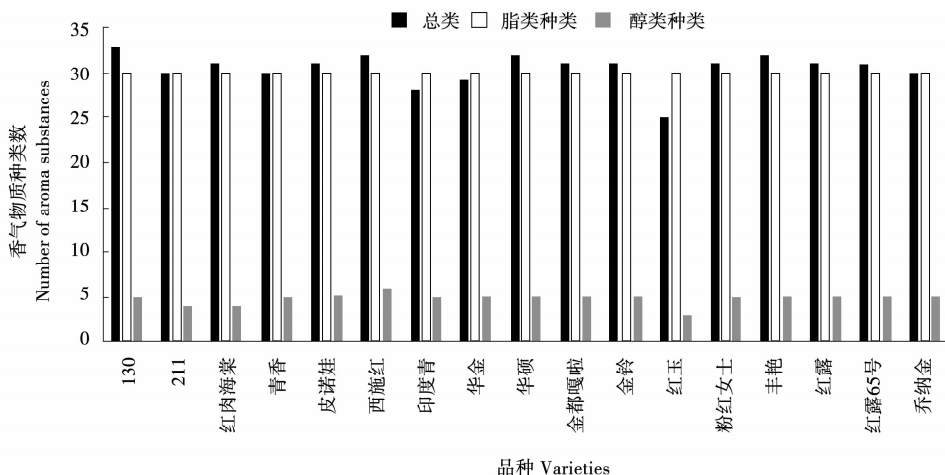


图 1 不同授粉品种授粉后果实挥发性成分种类

Fig. 1 Volatile constituents of fruit after pollination in different pollination varieties

如图 3 所示,3 个实生海棠对富士果树授粉果实挥发性物质中酯类占总量的 68.9%~

77.6%,醇类在 3 个品种的果实中挥发性成分占总量的 5.5%~13.2%;14 个栽培品种对富士授

粉果实挥发性物质中酯类占总量的 68.9%~75.4%,醇类在 14 个品种的果实中挥发性成分占

总量8.7%~14.8%;其中,酯类对果实中的挥发性成分起主要作用,其次是醇类。

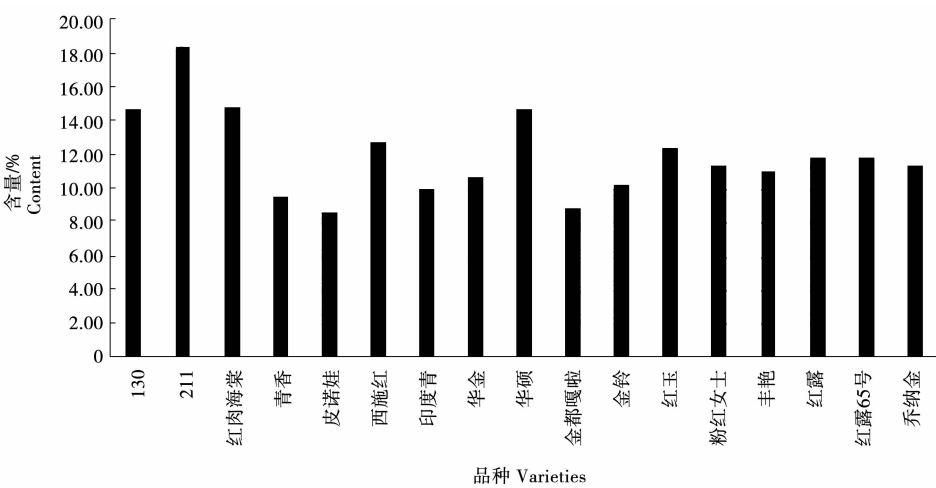


图 2 不同品种授粉后果实香气物质中醇类的相对含量

Fig. 2 Relative content of alcohols in aroma substances of different varieties after pollination

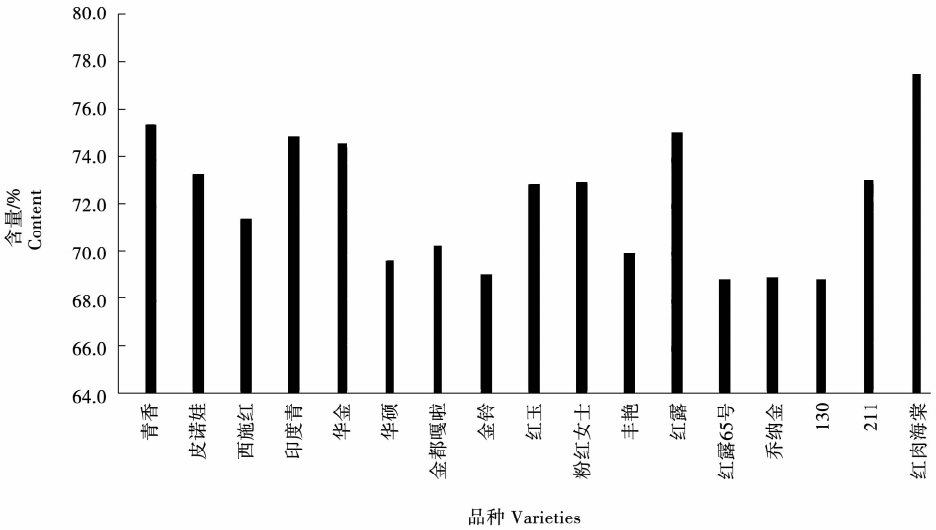


图 3 不同品种授粉后果实香气物质中酯类的相对含量百分比

Fig. 3 Percentage of relative content of esters in aroma substances of different varieties after pollination

参试的品种 17 个品种对富士授粉果实的香气成分属于酯香型,主要的香气成分相同,香气成分的差异表现为酯类香气种类和主要芳香化合物含量的不同。以 130 号海棠授粉的富士苹果果实酯类香气种类更丰富,以红肉海棠的主要芳香化合物含量最高(42.086 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),其酯类含量也最高;以西施红、华硕授粉的富士苹果果实酯类香气种类更丰富,以红玉的主要芳香化合物含量最高(69.693 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$),其酯类含量也最高,但其挥发性物质的种类较少。

2.2 实生海棠与栽培品种对富士授粉后果实中香气成分的差异

由表 1 和表 2 可知,130 海棠、211 海棠、红肉海棠共有的香气成分包括乙酸己酯、2-甲基-1-丁醇乙酸酯、2-甲基-丁酸己酯、己酸己酯、乙酸丁酯和 α -法尼烯等。在 14 个栽培品种对富士授粉后果实的香气成分中,检测到 17 种共有成分,分别为:乙酸丁酯、2-甲基-1-丁醇乙酸酯、2-甲基-丁酸丁酯、己酸乙酯、2-甲基-丁酸己酯、己酸己酯、丁酸丁酯和 α -法尼烯等。此外,2-甲基硅烷二醇和己酸

表 1 实生海棠品种对富士授粉后果实中心香气成分含量

Table 1 The content of aroma components in fruit after pollination in Fuji

挥发性成分 Volatile compounds	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Content		
	130	211	红肉海棠
2-甲基-1-丁醇乙酸酯	5.184	3.755	4.571
丁酸乙酯	0.391	-	-
己酸乙酯	0.718	0.856	0.978
乙酸丁酯	1.163	1.249	1.301
乙酸己酯	2.506	4.584	5.510
2-甲基-丁酸丁酯	0.893	1.786	2.661
乙酸戊酯	0.165	0.285	0.272
丁酸丁酯	0.843	1.195	1.637
2-甲基-丁酸己酯	1.747	2.757	4.726
丁酸丙酯	0.273	0.266	0.288
丙酸丁酯	0.271	0.453	0.553
己酸己酯	2.705	1.877	6.789
2-甲基丁酸丙酯	0.171	0.209	0.221
2-甲基-1-丁醇丙酸酯	0.159	0.119	0.200
戊酸环己酯	0.038	-	-
丁酸-2-甲基丁酯	0.165	-	0.244
己酸异戊酯	0.263	0.254	0.351
己酸戊酯	0.139	0.286	0.327
丁酸 2-甲基戊酯	0.095	0.177	0.273
丁酸-(Z)-3-己烯酯	0.112	-	-
苯- α -甲基丁酸酯	-	0.051	-
丙酸己酯	-	0.539	-
己酸丙酯	-	0.282	0.381
丁酸庚酯	-	-	0.250
2-甲基-丁酸-2-甲基丁酯	-	-	1.017
2-甲基-丙酸-4-甲基戊酯	-	0.066	-
辛酸 2-甲基丁酯	0.074	0.079	0.106
(Z)-乙酸盐-3-己烯-1-醇	0.817	0.350	0.621
(Z)-乙酸盐-2-己烯-1-醇	0.926	-	-
2-甲基-1-丁醇	0.216	0.081	0.158
1-己醇	1.138	0.901	1.191
2-甲基-硅烷二醇	0.363	0.248	0.410
(E)-2-己烯醛	0.569	0.608	0.708
己醛	-	0.224	-
α -法尼烯	3.097	5.082	6.009

续表 1

挥发性成分 Volatile compounds	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Content		
	130	211	红肉海棠
甲氧基苯基丙酮肟	0.153	-	0.08
十甲基环戊硅氧烷	0.123	0.082	0.081
十二甲基-环己硅氧烷	0.084	0.065	0.059
八甲基-环四硅氧烷	0.187	0.124	0.113

异戊酯在除红玉外的其他 13 种苹果中检测到, 2-甲基-丁酸丙酯在除青香、华硕、红露、红玉外的其他 10 种苹果中检测到, 除皮诺娃、乔纳金外, 其他 12 个授粉品种对富士授粉后果实香气成分中均含有丁酸-2-甲基-戊酯, 丁酸-2-甲基丁酯在除华金、金都嘎啦外的其他 12 种苹果中均检测到。实生海棠与栽培品种对富士授粉后果实中共有的香气成分包括: 乙酸丁酯、2-甲基-1-丁醇乙酸酯、己酸己酯、2-甲基-丁酸己酯和 α -法尼烯等, 说明实生海棠与栽培苹果品种对富士授粉后果实的主要香气成分基本一致, 但丁酸戊酯、己酸丁酯、己酸-2-甲基-丁酯、2-甲基丁酸戊酯、(E)-乙酸盐-3-己烯-1-醇等香气成分在实生海棠授粉的富士果实中没有检测到, 为栽培品种授粉的富士果实中特有的香气成分。

2.3 香气成分含量的比较

由表 1 和表 2 不同授粉品种对富士授粉后果实香气成分含量结果可知, 实生海棠对富士授粉后果实香气成分中, 香气值大于 $1\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的香气成分有 9 种, 分别为 2-甲基-丁酸己酯、乙酸己酯、乙酸丁酯、2-甲基-1-丁醇乙酸酯、2-甲基-丁酸丁酯、丁酸丁酯、己酸己酯、1-己醇和 α -法尼烯; 栽培品种对富士授粉后果实香气成分中, 香气值大于 $1\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 的香气成分有 2-甲基-1-丁醇乙酸酯、己酸乙酯、乙酸丁酯、乙酸己酯、丁酸丙酯、己酸乙酯、2-甲基-丁酸己酯、 α -法尼烯、(E)-乙酸盐-3-己烯-1-醇、(E)-乙酸盐-2-己烯-1-醇、丁酸丁酯、2-甲基-丁酸丁酯、丁酸丁酯、己酸丁酯共 16 种。

红玉授粉的富士苹果果实中典型的挥发性成分较为特殊, 种类少但含量高, 红玉的香气成分总类仅有 25 种, 其中, 酯类占 17 种。而红玉授粉后果实的香气成分含量最多的为 2-甲基-1-丁醇乙酸酯, 其含量高达 $10.989\ \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$, 其次, 己酸己酯、 α -法尼烯、2-甲基-丁酸丁酯、2-甲基-丁酸己酯的含量也较高, 含量分别为 10.316、8.176、5.982、5.360 $\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ 。

表 2 授粉品种对富士授粉后果实中香气成分含量

Table 2 Contents of aroma components in pollinated varieties after pollination in Fuji

挥发性成分 Volatile compounds	含量/($\mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$) Content														
	青香	皮诺娃	西施红	印度青	华金	华硕	金都 嘎啦	金铃	红玉	粉红 女士	丰艳	红露	红露 65 号	乔纳金	
2-甲基-1-丁醇乙酸酯	2.908	4.418	3.898	4.685	4.315	3.220	3.087	3.011	10.99	2.997	3.316	3.987	2.713	2.916	
丁酸乙酯	0.301	-	-	0.314	-	0.385	-	-	-	0.345	0.255	0.205	0.198	-	
己酸乙酯	1.708	0.966	1.240	1.059	1.024	1.585	0.922	1.102	4.116	1.809	1.509	1.237	0.988	1.262	
乙酸丁酯	1.143	1.237	1.035	1.006	1.563	1.190	0.872	0.896	0.209	1.070	1.097	1.283	0.850	0.852	
乙酸己酯	3.176	3.512	3.029	2.756	2.802	2.595	3.562	3.640	4.536	3.749	3.713	3.645	3.262	3.731	
2-甲基-丁酸丁酯	1.678	1.986	1.114	1.252	1.267	0.750	1.363	1.766	5.982	1.540	1.848	1.916	1.577	1.523	
乙酸戊酯	0.206	0.234	0.188	0.191	0.230	0.132	0.141	0.204	0.490	0.162	0.185	0.260	0.138	0.221	
丁酸丁酯	1.451	1.136	1.165	1.183	1.713	0.983	0.989	1.177	1.969	1.409	1.462	1.253	1.149	1.133	
2-甲基-丁酸己酯	3.115	3.429	2.126	2.291	1.506	1.266	2.636	3.012	5.360	2.771	3.574	3.506	2.934	3.007	
丁酸丙酯	0.273	0.289	0.167	0.231	0.249	0.172	0.165	0.210	1.005	0.174	0.268	0.379	0.163	0.192	
丙酸丁酯	0.311	0.398	0.277	0.303	0.369	0.129	0.231	0.271	0.545	0.236	0.331	0.530	0.228	0.338	
己酸己酯	6.137	2.114	3.947	3.778	4.345	3.713	3.099	6.168	10.316	6.836	3.196	5.266	2.653	5.768	
(E)-2-己烯醛	0.537	0.700	0.498	0.480	0.521	0.332	0.374	0.637	0.718	0.348	0.533	0.444	0.416	0.610	
α -法尼烯	3.949	5.101	3.632	3.510	3.328	2.929	6.317	5.911	8.176	4.855	6.653	3.758	5.821	5.785	
甲氧基苯基丙酮肟	0.335	0.114	0.092	0.081	0.090	0.307	0.089	0.114	-	0.099	0.135	0.139	-	0.073	
2-甲基-丁酸丙酯	-	0.318	0.068	0.134	0.060	-	0.127	0.144	-	0.079	0.121	-	0.090	0.098	
2-甲基-1-丁醇丙酸酯	0.096	0.172	0.101	0.188	0.096	0.044	0.108	0.104	0.497	0.092	0.114	0.199	0.100	0.093	
丁酸-2-甲基-丁酯	0.188	0.206	0.147	0.261	-	0.114	-	0.162	0.753	0.199	0.203	0.191	0.199	0.141	
己酸异戊酯	0.485	0.501	0.214	0.362	0.186	0.240	0.748	0.448	-	0.489	0.520	0.337	0.515	0.304	
己酸戊酯	0.452	0.376	0.188	0.196	0.190	0.171	0.643	0.468	1.072	0.459	0.558	0.309	0.436	0.356	
丁酸-2-甲基-戊酯	0.231	-	0.105	0.131	0.074	0.061	0.131	0.236	0.532	0.163	0.251	0.273	0.197	-	
苯- α -甲基-丁酸酯	-	-	-	-	-	0.036	0.044	0.059	-	-	-	0.873	-	-	
2-甲基-丁酸-1-甲基丁基酯	0.176	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
丙酸己酯	0.586	-	-	-	0.343	0.244	0.729	0.646	-	0.724	0.861	-	-	0.647	
己酸丙酯	0.418	0.377	-	-	-	-	-	-	0.758	-	-	0.438	-	-	
丙酸丙酯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.034	-	-	
正戊酸-(Z)-3-己烯酯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.070	-	-	
庚酸乙酯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.081	-	-	-	-	
丁酸庚酯	-	-	0.334	-	0.406	-	-	-	-	-	-	-	-	0.197	
丁酸戊酯	-	-	0.168	-	-	0.131	-	-	-	0.260	0.330	-	-	0.275	
2-甲基-丁酸-2-甲基丁基酯	-	0.752	0.391	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.709	-	
己酸丁酯	-	3.263	-	-	-	-	4.291	-	-	-	4.320	-	3.669	-	
己酸-2-甲基-丁酯	-	-	-	-	-	-	-	-	1.707	-	-	-	-	-	
辛酸-2-甲基-丁酯	-	-	-	-	-	-	0.295	-	-	-	-	-	0.193	-	
2-甲基-丁酸-1-甲基乙基酯	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.435	-	-	
2-甲基-丁酸戊酯	-	0.257	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0.197	
(E)-乙酸-3-己烯-1-醇	-	-	-	-	-	-	-	-	4.448	1.455	-	-	1.311	-	
(Z)-乙酸盐-3-己烯-1-醇	0.560	0.548	0.99	0.572	0.886	1.084	0.458	0.287	2.008	1.166	1.167	0.632	1.104	0.515	
(E)-乙酸盐-2-己烯-1-醇	1.480	1.119	1.049	0.826	0.785	1.138	1.240	1.302	-	-	1.550	1.841	-	1.809	
2-甲基-1-丁醇	0.068	0.154	0.108	0.171	0.103	-	0.099	0.094	-	0.085	0.082	0.118	0.090	0.067	
1-己醇	0.801	0.912	1.047	0.894	0.959	0.766	0.848	1.239	2.224	1.017	0.957	1.257	0.930	1.137	
2-甲基-硅烷二醇	0.269	0.332	0.312	0.256	0.244	0.501	0.408	0.612	-	0.291	0.700	0.367	0.548	0.310	
3-壬醇	-	-	0.067	-	-	0.156	-	-	-	-	-	-	-	-	
己醛	-	0.354	-	-	-	-	0.233	0.245	-	-	-	-	-	-	

3 结论与讨论

据报道,苹果中主要香气成分包括:乙酸乙酯、乙酸丁酯、乙酸异戊酯、2-甲基-丁酸乙酯、丁酸乙酯、己醛、2-甲基丁醇等14种,其中对苹果香气起主要作用的是酯类、醇类、醛类^[11]。乜兰春等^[12]在试验中发现,苹果中的挥发性成分以酯类和某些醇类物质为主,这与本试验研究结果一致。

苹果不同香气成分的组成不同,果实分为“醇香型”和“酯香型”^[11]。试验结果表明,3个实生海棠品种对富士授粉果实挥发性物质中酯类占总量的68.9%~77.6%,酯类对3个海棠对富士授粉的果实中挥发性成分起主要作用;14个栽培品种对富士授粉果实挥发性物质中酯类占总量的68.9%~75.4%,酯类对14个栽培品种对富士授粉的果实中挥发性成分起主要作用,说明17个授粉品种对富士苹果授粉后果实香气成分含量均属于“酯香型”。冯涛等^[13]对新疆野苹果与栽培苹果香气成分的比较中发现新疆野苹果与栽培苹果主要香气的种类和成分基本一致,但新疆野苹果香气比栽培品种果香浓郁。这与本试验结果一致。

不同品种对富士授粉后果实的香气成分不同,其酯类物质的相对含量相差不大,但实生海棠授粉后富士果实中醇类物质相对含量高于栽培品种对富士授粉后果实中的相对含量,具有花粉直感效应。测定结果表明,17个品种对富士授粉后果实挥发性成分不同,其主要香气物质由2-甲基-1-丁醇乙酸酯、己酸己酯、 α -法尼烯、2-甲基丁醇丁

酯、乙酸己酯、2-甲基丁酸己酯等组成,其中酯类物质对这些授粉品种果实风味贡献最大。

参考文献:

- [1] 张雪梅,李保国,赵志磊,等. 苹果自花授粉花粉管生长和花柱保护酶活性与内源激素含量的关系[J]. 林业科学,2009,45(11):20-25.
- [2] 陈瑞光. 富士苹果专用授粉品种筛选[D]. 杨凌:西北农林科技大学,2014.
- [3] 李天忠,浅田武典,韩振海,等. 苹果部分品种的授粉结实性研究[J]. 园艺学报,2004,31(6):794-796.
- [4] 周修涛,王滨蔚,车鹏燕,等. 植物花粉直感效应及其机理[J]. 山东林业科技,2011,194(3):113-117.
- [5] 张上隆,陈昆松. 果实品质形成于调控的分子生理[M]. 北京:中国农业出版社,2007.
- [6] 徐臣善. 授粉处理对红富士苹果果实品质影响的综合评价[J]. 广西植物,2013(33):685-690.
- [7] 王海波,陈学森,辛培刚,等. 几个早熟苹果品种香气成分的GC-MS分析[J]. 果树学报,2007(1):15-17.
- [8] Róth E, Berna A, Beullens K, et al. Postharvest quality of integrated and organically produced apple fruit[J]. Postharvest Biology and Technology,2007,45:11-19.
- [9] 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):2300-2456.
- [10] 王海波,陈学森,张春雨,等. 两个早熟苹果品种不同成熟阶段果实香气成分的变化[J]. 园艺学报,2008,35(10):1419-1424.
- [11] Drawert F, Kle R A, Berger R G. Biotechnological flavor production. 1. Optimization of (E)-2-hexen-1-al yields in plant tissue homogenates[J]. Lebensmittel-wissenschaft and Technologie,1986,19:426-431.
- [12] 乜兰春,孙建设,陈华君,等. 不同苹果品种果实香气的研究[J]. 中国农业科学,2006,39(3):641-646.
- [13] 冯涛,陈学森,张艳敏,等. 新疆野苹果与栽培苹果香气成分的比较[J]. 园艺学报,2006,33(6):1295-1298.

Effect of Pollination Varieties on Volatile Components of Fuji Fruit

SUN Rui¹, CI Yan-yu¹, ZHAO Ling-ling^{1,2}, SONG Lai-qing^{1,2}, JIANG Zhong-wu^{1,2}

(1. College of Agriculture, Yantai University, Yantai 264000, Shandong; 2. Yantai Academy of Agricultural Sciences, Yantai 265500, Shandong)

Abstract: In order to clarify the effect of different pollinated varieties on aroma components of fruits, the pollen of different fruit trees on fruits pollinated by Fuji was used as test materials. Through the study of flavor components and content of Fuji fruits after pollination, combined with relevant fruit quality indicators, the suitable pollinated varieties of Fuji apples were synthetically analyzed. Using headspace solid-phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry techniques, the aroma components of different pollination varieties were determined and analyzed. The results showed that 17 pollinated varieties had obvious pollen-sensing effects on the volatile components in Fuji apple fruit, and 46 aroma components were detected in the fruit. The contents of the pollen varieties varied greatly among different varieties, and were classified as esters, alcohols, and aldehydes, among which esters were the most abundant. Compared with the cultivars, the ratio of the aroma components in the real jellyfish cultivars was not much different, but the relative content of alcohols was higher than that of the cultivars. Comprehensive analysis showed that 17 varieties had different volatile components in Fuji fruit after pollination. The main volatile components of apple fruits were 2-methyl-1-butanol acetate, hexyl hexanoate, α -farnesene, 2-methyl butanol butyl ester, hexyl acetate and hexyl 2-methyl butyrate, among which esters contributed most to the fruit flavor of these pollinated varieties.

Keywords: pollen sensation; pollination variety; volatile component; gas chromatography-mass spectrometry