



张江超, 刘强, 黄家兴, 高飞, 陈敏, 马卫华, 姜玉锁. 梨花和油菜花朵特征对蜜蜂访花偏爱性的影响 [J]. 环境昆虫学报, 2022, 44 (4): 910–920.

梨花和油菜花朵特征对蜜蜂访花偏爱性的影响

张江超¹, 刘 强², 黄家兴³, 高 飞¹, 陈 敏¹, 马卫华^{4*}, 姜玉锁^{1*}

(1. 山西农业大学动物科学学院, 山西太谷 030801; 2. 延安市桥北国有林管理局, 陕西延安 716000;

3. 中国农业科学院蜜蜂研究所, 农业部传粉昆虫生物学重点实验室, 北京 100093; 4. 山西农业大学园艺学院, 太原 030031)

摘要: 为探究蜜蜂访花偏爱性与花朵特征之间的相互关系, 本研究进行了砭山酥梨 *Pyrus bretschneideri* Dangshan、巴梨 *Pyrus communis* Bartlett、黄梨 *Pyrus bretschneideri* Huang 和油菜 *Brassica campestris* L. 蜜蜂访花行为的观察, 及其花朵特征: 花蜜糖含量 (液相色谱示差折光检测法)、花粉中 18 种氨基酸含量 (氨基酸自动分析仪法) 及挥发性物质 (固相微萃取和气相色谱-质谱联用技术) 的检测和分析。结果表明: 9:00–17:00, 油菜的访花蜜蜂数量多于砭山酥梨; 7:00–17:00, 巴梨的访花蜜蜂数量均高于黄梨和砭山酥梨; 油菜的蜜蜂访花频率 (28.35 朵/min) 显著高于巴梨 (19.91 朵/min)、黄梨 (18.02 朵/min)、砭山酥梨 (11.72 朵/min), 且巴梨、黄梨的显著高于砭山酥梨 ($P < 0.05$)。巴梨花蜜蔗糖含量为 0.001 mg/mL, 显著低于砭山酥梨和黄梨 (0.194 mg/mL、0.112 mg/mL)。花粉氨基酸各组占比基本相同, 巴梨半胱氨酸 (Cys) 高于其它, 砭山酥梨精氨酸 (Arg) 高于油菜。黄梨、砭山酥梨、巴梨和油菜的花朵分别检测出 21、21、28 和 22 种挥发性物质。其中萜烯类 (40.23%)、柠檬烯 (6.58%) 在油菜中相对含量最高, 仅在油菜中检测到石竹烯 (8.67%)、 α -法呢烯 (2.42%), 只在巴梨中检测到芳樟醇 (4.43%)。由此可见, 蜜蜂可能偏爱访问花蜜蔗糖含量少、花粉中低含量的 Cys 和高含量的 Arg 的花朵, 而且蜜蜂的访花偏爱性可能与萜烯类、柠檬烯、芳樟醇、石竹烯等物质在挥发性物质中的相对含量有关。这为下一步诱导蜜蜂为梨树授粉提供理论参考。

关键词: 蜜蜂; 访花偏爱性; 梨; 油菜; 花朵特征

中图分类号: Q968.1; S89

文献标识码: A

文章编号: 1674-0858 (2022) 04-0910-11

Effects of flower characteristics of pear and rape on flower-visiting preference of honeybees

ZHANG Jiang-Chao¹, LIU Qiang², HUANG Jia-Xing³, GAO Fei¹, CHEN Min¹, MA Wei-Hua^{4*}, JIANG Yu-Suo^{1*} (1. College of Animal Science, Shanxi Agricultural University, Taigu 030801, Shanxi Province, China; 2. Qiaobei State-owned Forest Management Bureau of Yan'an, Yan'an 716000, Shaanxi Province, China; 3. Key Laboratory of Pollinating Insect Biology, Ministry of Agriculture, Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100093, China; 4. College of Horticulture, Shanxi Agricultural University, Taiyuan 030031, China)

Abstract: To explore the relationship between flower-visiting preference of honeybees and flower characteristics, the flower-visiting behavior of honeybees was observed on *Pyrus bretschneideri* Dangshan, *Pyrus communis* Bartlett, *Pyrus bretschneideri* Huang and *Brassica campestris* L., and its flower

基金项目: 国家现代农业产业技术体系资助 (CARS-44-KXJ22)

作者简介: 张江超, 女, 1996 年生, 河北保定人, 在读硕士生, 主要从事蜜蜂生物学研究, E-mail: 785624510@qq.com

* 共同通讯作者 Author for correspondence: 马卫华, 女, 博士, 研究员, 主要从事蜜蜂授粉学和蜜蜂生物学研究, E-mail: mawh1997@163.com; 姜玉锁, 男, 博士, 教授, 主要从事蜜蜂生物学研究, E-mail: jiangys-001@163.com

收稿日期 Received: 2021-04-23; 接受日期 Accepted: 2021-06-08

characteristics were determined and analyzed: Sugar content (reverse-phase high performance liquid chromatogram refractive index detector) , 18 kinds of amino acid content in pollen (automatic amino acid analyzer) and volatile compound (solid phase microextraction and gas chromatography-mass spectrometry technology) . The results showed that the number of flower-visiting honeybees in rape was more than that in Dangshan pear from 9:00 to 17:00. From 7:00 to 17:00 , the number of flower-visiting honeybees in Bartlett pear was higher than that in Huang pear and Dangshan pear. The flower-visiting frequency of honeybees in rape (28.35 flowers /min) was significantly higher than that in Bartlett pear (19.91 flowers /min) , Huang pear (18.02 flowers /min) and Dangshan pear (11.72 flowers /min) ($P < 0.05$) . The flower-visiting frequency of honeybees in Bartlett pear and Huang pear was significantly higher than that in Dangshan pear ($P < 0.05$) . The sucrose content of Bartlett pear was 0.001 mg/mL , which was significantly lower than that of Dangshan pear and Huangpear (0.194 mg/mL , 0.112 mg/mL) . The proportion of each amino acid component in 4 kinds of pollens was basically the same , but Cysteine (Cys) of Bartlett pear was higher than that of others , and Arginine (Arg) of Dangshan pear was higher than that of rape. 21 , 21 , 28 and 22 volatile compounds were detected in Huang pear , Dangshan pear , Bartlett pear and rape. Among them , the relative contents of terpenes (40.23%) and limonene (6.58%) were the highest in rape , only caryophyllene (8.67%) and α -farnesene (2.42%) were detected in rape , and only linalol (4.43%) was detected in Bartlett pear. In conclusion , honeybees might prefer to visit flowers with low sucrose content in nectar , and low Cys content and high Arg content in pollen , and the flower-visiting preference of honeybees might be related to the relative contents of terpenes , limonene , linalol , caryophyllene and other substances in flower volatile compounds. This provided a theoretical reference for inducing honeybees to pollinate pear.

Key words: Honeybee; flower-visiting preference; pear; rape; flower characteristics

蜜蜂是广泛高效的传粉者。研究表明蜜蜂授粉可提高番茄 *Lycopersicon esculentum* 的坐果率,降低畸形果率(尤春等,2020);可显著提高子莲 *Nelumbo nucifera* Gaertn. 的产量和品质(赵东绪等,2018);可极显著提高蓝莓 *Vaccinium* spp. 坐果率,提升果实的风味品质(赵东绪等,2019);在对蜜蜂为梨树授粉效果的研究时也发现蜜蜂可以提高产量(吴美根等,1984)。

当传粉昆虫访花时,出现连续采集某一种特定类型的花朵的反应,昆虫对此类型的花朵的选择行为,称为“访花偏爱性”(Gegear *et al.* , 2004)。研究表明,传粉昆虫对花朵的偏爱性与花朵特征:大小、颜色、形态、气味,花粉、花蜜质量及环境等因素有关(官昭瑛等,2005;施海燕等,2008;罗文华等,2015;罗文华等,2019)。蜜蜂喜欢采集饲料报酬更高的花,获得营养物质(Anna-Karin,1990)。影响访花偏爱性的因素可以作为花朵饲料报酬高低的信号影响蜜蜂的拜访(龙登隆,2019)。

梨树是异花虫媒植物,配子体型自交不亲和。

自花授粉时,不能结实,且存在异花授粉不亲和现象(Hiratsuka *et al.* ,2002)。到现在为止,梨产区仍主要依靠人工授粉、喷雾器喷花等方式(武文卿等,2017;曹慧莲等,2020)。这种方式虽然授粉效果较好,但耗时耗力,浪费人力,并且可能会错过最佳授粉时间。新疆出现无人机雾化喷洒的授粉方式,适用于大面积的果园(倪菁菁等,2020)。

蜜蜂对梨花 *Pyrus* spp. 访花偏爱性较差,这可能与梨花花朵的颜色、大小、气味以及梨花花粉粒的重量、湿度、粘性和花蜜的营养价值、质量有关(Abrol *et al.* , 1988; Orosz-Kovacs *et al.* , 2003; 武文卿等,2011)。除此之外,当梨树周围有同花期植物如油菜时,蜜蜂的访花积极性也会下降(付宝春等,2018)。

本研究通过开展蜜蜂访花偏爱性试验,对同花期植物花朵特征:花蜜的糖含量、花粉中18种氨基酸含量以及挥发性物质进行检测和分析,探讨蜜蜂不偏爱采集梨花的原因,为下一步诱导蜜蜂为梨树授粉提供理论支撑。

1 材料与方 法

1.1 材 料

植物材料: 试验在运城盐湖区生态梨园进行。试验用花蜜和花粉分别采自砀山酥梨 *Pyrus bretschneideri* Dangshan、巴梨 *Pyrus communis* Bartlett、黄梨 *Pyrus bretschneideri* Huang 和油菜 *Brassica campestris* L.。

供试蜂群: 意大利蜜蜂 *Apis mellifera ligustica*。

1.2 试验方法

1.2.1 访花偏爱性试验

以访花蜜蜂数量和蜜蜂访花频率作为研究蜜蜂访花偏爱性的指标。选取长势相当的砀山酥梨、巴梨、黄梨梨树各 1 棵, 并在油菜田中随机选取一块 1 m × 1 m 的试验区域进行标记; 盛花期分别在选定的梨树和油菜试验区域各选取 40 个梨花花序、30 个油菜花花序作为样方 (样方内折合花朵数均约 200 朵) (何承刚等, 2005; 邵长凯等, 2015)。

1.2.1.1 访花蜜蜂数量

访花蜜蜂数量是指在单位时间内探访样方内花朵的蜜蜂总数 (马卫华, 2014)。试验采用直接计数法, 记录 1 h 内探访样方内花朵的蜜蜂数量。

1.2.1.2 访花频率

访花频率是指每分钟蜜蜂访问的花朵数。访花频率的观测于盛花期 (花蕾完全开放、花药已散粉) 进行。采用样方法和追踪法, 从 7:00 - 17:00, 记录每小时前 5 min 蜜蜂在样方内的访花状况。以一头采集蜂为一个样本, 用计时器记下其访花过程所用时间。样本量至少 60 头。以计数器记下访花数量 (龚燕兵等, 2007)。

访花频率 = 访花数量 / 访花时间

1.2.2 花蜜糖含量的测定

毛细管法采集花蜜 (Corbet, 2003; 李左栋等, 2006), 液相色谱示差折光检测法检测花蜜中的葡萄糖、麦芽糖、果糖和蔗糖含量 (张书芬等, 2008)。

1.2.3 花粉氨基酸含量的测定

采集气球期的花朵, 待阴干散粉, 收集花粉 (何子顺, 2006); 参照国家标准 GB/T5009.124 - 2003 检测花粉中 18 种氨基酸含量 (中国国家标准化管理委员会, 2003; 张金振等, 2014; 牛德芳等, 2019)。

1.2.4 花朵挥发性物质的测定

按照马卫华等进行挥发性物质检测 (马卫华等, 2018)。

1.3 数据 分析

通过 SPSS (Statistical Product and Service Solutions) 软件中的 Duncan 氏多重比较进行方差分析, 结果以平均值 ± 标准差表示, 采用 GraphPad Prism 5、Microsoft Excel 2019 进行图形分析; 通过气相色谱 - 质谱 - 计算机联用仪、NIST 标准谱图库, 定性分析质谱数据 (张辉秀等, 2013); 采用峰面积归一化法, 求得各成分相对百分含量。

2 结果与 分析

2.1 访花偏爱性

2.1.1 访花蜜蜂数量

砀山酥梨、黄梨、巴梨和同花期竞争植物油菜的访花蜜蜂数量如图 1。7:00 - 8:00 时间段内, 砀山酥梨的蜜蜂访问数量多于油菜; 9:00 - 17:00, 油菜的蜜蜂访问数量多于砀山酥梨; 7:00 - 17:00, 巴梨的访花蜜蜂数量多于黄梨和砀山酥梨。

2.1.2 访花频率

油菜的访花频率为 (28.35 朵/min) 显著高于砀山酥梨 (11.72 朵/min) ($P < 0.05$); 不同种梨花中, 访花频率由高到低依次为: 巴梨 (19.91 朵/min)、黄梨 (18.02 朵/min)、砀山酥梨 (11.72 朵/min), 巴梨、黄梨显著高于砀山酥梨 ($P < 0.05$) (图 2)。

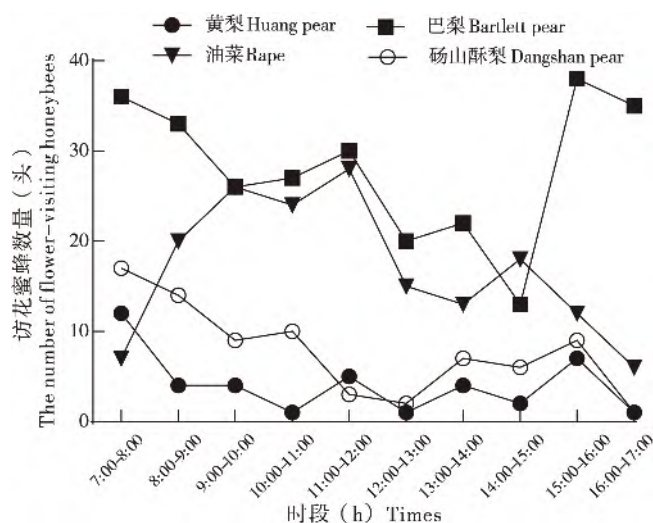


图 1 梨树和油菜的访花蜜蜂数量

Fig. 1 Number of flower-visiting honeybees in pears and rape

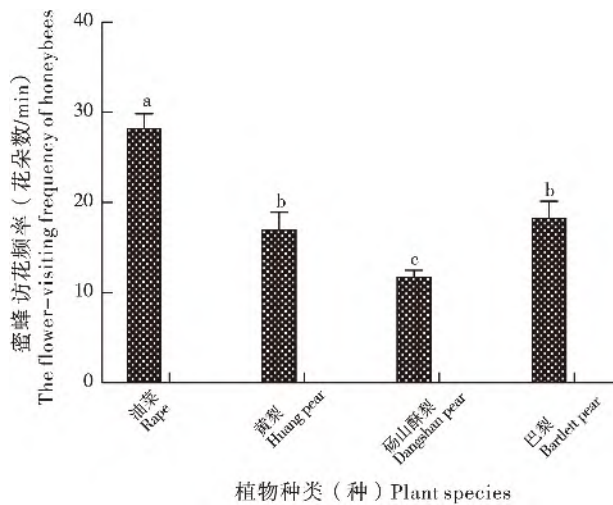


图2 梨树和油菜的蜜蜂访花频率

Fig. 2 Flower-visiting frequency of honeybees in pears and rape
注: 不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Note: Different letters indicated significant differences ($P < 0.05$).

表1 3种梨花花蜜糖含量

Table 1 Sugar composition and content of three kinds pear flower nectar

品种 Species	果糖含量 (mg/mL) Fructose content	葡萄糖含量 (mg/mL) Glucose content	蔗糖含量 (mg/mL) Sucrose content	总糖含量 (mg/mL) Total sugar content
砀山酥梨 Dangshan pear	3.459 ± 0.009 a	4.621 ± 0.027 a	0.194 ± 0.003 a	8.274 ± 0.038 a
黄梨 Huang pear	3.063 ± 0.004 b	4.055 ± 0.018 b	0.112 ± 0.001 b	7.229 ± 0.015 b
巴梨 Bartlett pear	2.005 ± 0.021 c	3.338 ± 0.021 c	0.001 ± 0 c	5.344 ± 0.042 c

注: 同一列数字后不同字母表示差异显著 ($P < 0.05$)。Note: Different letters after the same column of numbers indicated significant differences ($P < 0.05$).

表2 梨树和油菜花粉中总氨基酸含量

Table 2 Total amino acid content in pollens of pears and rape

植物材料 Plant material	总氨基酸 (g/100g) Total amino acids
砀山酥梨 Dangshan pear	33.420
巴梨 Bartlett pear	8.550
黄梨 Huang pear	32.640
油菜 Rape	26.820

量为 26.820 g/100g。3 种梨花花粉的各氨基酸比例基本相同, 巴梨 Cys 和 Lys 高于其他花粉的组分含量; 砀山酥梨的 Arg 含量高于油菜。

2.4 花朵挥发性物质

固相微萃取-气质联用技术对黄梨、砀山酥梨、巴梨和油菜花朵中挥发性物质分析, 采用峰面积归一化法对各组分进行定性和半定量分析,

2.2 花蜜糖含量

毛细管法采集花蜜, 液相色谱示差折光检测法检测花蜜中的葡萄糖、麦芽糖、果糖和蔗糖含量, 结果可知: 梨花花蜜中 3 种糖含量为: 葡萄糖含量均为最高, 其次是果糖、蔗糖, 麦芽糖未被检测到; 不同梨花花蜜中的 3 种糖含量及总糖含量由高到低依次为: 砀山酥梨、黄梨、巴梨。其中巴梨的蔗糖含量最少, 仅为 0.001 mg/mL, 显著低于砀山酥梨 (0.194 mg/mL) 和黄梨 (0.1115 mg/mL) ($P < 0.05$) (表 1)。

2.3 花粉氨基酸含量及组分

砀山酥梨、黄梨、巴梨和油菜花粉总氨基酸含量、氨基酸各组分所占的比例分别见表 2、图 3。

砀山酥梨花粉中的总氨基酸含量最高 (33.420 g/100g), 其次为黄梨 (32.640 g/100g), 巴梨最少 (8.550 g/100g); 油菜花粉总氨基酸含

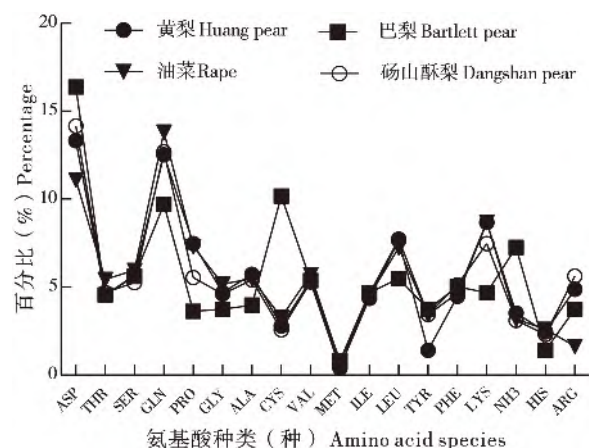


图3 梨树和油菜花粉中氨基酸各组分所占的比例

Fig. 3 Percentage of amino acids in pollens of pears and rape

结果见表 3; 挥发性物质及占比分析见图 4、图 5。

2.4.1 黄梨花朵挥发性物质

黄梨花朵共检测出 7 类 21 种挥发性物质: 3 种

萜烯类化合物(14.76%)、2种芳香类化合物(2.67%)、5种酯类化合物(9.49%)、7种烷烃类化合物(17.88%)、2种腈类化合物(25.99%)、1种酮类化合物(20.84%)、1种醇类化合物(14.76%)。其中,腈类化合物总相对含量最多为25.99%。黄梨花朵中挥发性物质的主体成分有6,10,14-三甲基-2-十五烷酮(28.36%)、4,8,12-三甲基-3-十三碳烯腈(20.24%)、3,7,11,15-四甲基-1,6,10,14-十六碳四烯-3-醇(8.37%)、二十一烷(8.27%)、罗勒烯(6.57%)、5-十八烯(5.77%)等;次要成分有D-柠檬烯(2.42%)、萘(2.03%)等;修饰成分有2-甲基-3-羟基-2,4,4-三甲基丙酸甲酯(0.72%)等(表3、图4)。

2.4.2 砭山酥梨花朵挥发性物质

砭山酥梨花朵共检测出7类21种挥发性物质:3种萜烯类化合物(19.02%)、2种芳香类化合物(6.19%)、5种酯类化合物(8.93%)、7种烷烃类化合物(34.45%)、2种腈类化合物(16.90%)、1种酮类化合物(6.40%)、1种醇类化合物(8.11%)。其中,烷烃化合物总相对含量最多为34.45%。砭山酥梨花朵中挥发性物质的主体成分有二十一烷(19.30%)其次为5-十八烯(12.14%)、4,8,12-三甲基-3-十三碳烯腈(8.76%)、3,7,11,15-四甲基-1,6,10,14-十六碳四烯-3-醇(8.11%)等;次要成分有十五烷(2.96%)、罗勒烯(2.28%)等;修饰成分有2-甲基萘(0.97%)、4-羟基丁基丙烯酸酯(0.57%)等(表3、图4)。

2.4.3 巴梨花朵挥发性物质

巴梨花朵共检测出9类28种挥发性物质:2种萜烯类化合物(40.86%)、2种醚类化合物(2.74%)、4种酯类化合物(9.02%)、1种酮类化合物(0.66%)、15种醇类化合物(40.04%)、1种酸类化合物(0.49%)、1种酰胺类化合物(0.71%)和其他类(5.48%)。其中,萜烯类化合物总相对含量最多为40.86%。巴梨花朵中挥发性物质的主体成分有(E,E,E)-3,7,11,15-四甲基己二酸-1,3,6,10,14-五烯(34.35%)、2-丁基辛醇(13.71%)、罗勒烯(6.51%)、3-甲基-1-丁醇(6.22%)等;次要成分有苯乙醇(2.98%)、2-羟基戊酸甲酯(2.96%)等;修饰成分有2-乙基-1-己醇(0.94%)、二乙二醇乙醚(0.90%)等(表3、图4)。

2.4.4 油菜花朵挥发性物质

油菜花朵共检测出6类22种挥发性物质:8种

萜烯类化合物(40.23%)、2种芳香类化合物(5.54%)、4种酯类化合物(15.98%)、6种烷烃类化合物(30.10%)、1种腈类化合物(7.41%)、1种酮类化合物(0.74%)。其中,萜烯类化合物总相对含量最多为40.23%。油菜花朵中挥发性物质的主体成分有8-氢化-4-甲基-1H-环丙烯(16.08%)、石竹烯(8.67%)、十四烷(7.49%)等;次要成分有三十一碳烷(2.59%)、 α -法尼烯(2.42%)等;修饰成分有5,9,13-三甲基-肉豆蔻酸甲酯(0.92%)、6,10,14-三甲基-2-十五烷酮(0.74%)等(表3、图4)。

2.4.5 不同植物花朵挥发性物质比较

挥发性物质检测结果显示,4种植物花朵中挥发性物质的种类、含量存在相似性和差异性。

黄梨和砭山酥梨花朵所含的挥发性物质种类完全相同(21种),但含量不同,如6,10,14-三甲基-2-十五烷酮在黄梨中相对含量为20.84%,在砭山酥梨中为6.4%(表3、图4、图5)。

黄梨、砭山酥梨、巴梨和油菜花朵中均被检测到的挥发性物质有一种:2-羟基-戊酸甲酯(0.61%、1.89%、2.96%、6.03%)。除2-羟基-戊酸甲酯外,黄梨、砭山酥梨和巴梨花朵共有的挥发性物质有2种:罗勒烯(6.57%、2.28%、6.51%)、4-羟基丁基丙烯酸酯(1.31%、0.57%、1.71%);黄梨、砭山酥梨和油菜花朵共有的挥发性物质有13种:D-柠檬烯、萘、2-甲基萘、2,4-二异氰酸基-1-甲基苯、2-甲基-3-羟基-2,4,4-三甲基丙酸甲酯、十四烷、2,6,10,14-四甲基-十六烷、十五烷、十六烷、三十一碳烷、2,6,10,14-四甲基-十五烷、6,10,1-三甲基-2-十五烷酮、5,9,13-三甲基-肉豆蔻酸甲酯;油菜和巴梨花朵的挥发性物质检测中未发现相同成分(表3、图4、图5)。

仅在黄梨和砭山酥梨花朵中检出的挥发性物质为5-十八烯、3,7,11,15-四甲基-1,6,10,14-十六碳四烯-3-醇、二十一烷、5-甲酰-2,4-二甲基-吡咯-3-腈、4,8,12-三甲基-3-十三碳烯腈;仅在油菜花朵中检出的挥发性物质为8-氢化-4-甲基-1H-环丙烯、石竹烯、1-甲基-5-甲酰-8(1-甲基乙基)-1,6-环丁二烯、 α -法尼烯、 γ -阿珠莫林、 α -阿珠莫林、 Δ -杜松烯;仅在巴梨花朵中检出的挥发性物质有(E,E,E)-3,7,11,15-四甲基己二酸-1,3,6,10,14-五烯(34.35%)、2-丁基辛醇(13.71%)、3-甲基-1-丁醇(6.22%)等(表3)。

表 3 梨花和油菜花朵挥发性物质及相对含量(%)
Table 3 Volatile compounds and relative content in flowers of pears and rape

种类 Species	挥发物名称 Names of volatiles	相对含量(%) Relative content			
		黄梨 Huang pear	砀山酥梨 Dangshan pear	巴梨 Bartlett pear	油菜 Rape
萜烯 Terpene	右旋萜二烯(D-柠檬烯) D-Limonene	2.42	4.60	-	6.58
	5-十八烯 5-Octadecene, (E)-	5.77	12.14	-	-
	罗勒烯 beta.-Ocimene	6.57	2.28	6.51	-
	(E,E,E)-3,7,11,15-四甲基己二酸-1,3,6,10,14-五烯	-	-	34.35	-
	8-氢化-四甲基-1H-环丙烯 1H-Cycloprop[e]azulene, 1a,2,3,4,4a,5,6,7b-octahydro-1,1,4,7-tetramethyl-	-	-	-	16.08
	石竹烯 Caryophyllene	-	-	-	8.67
	1-甲基-5-甲酰-8-(1-甲基乙基)-1,6-环丁二烯(古芸烯) 1,6-Cyclodecadiene, 1-methyl-5-methylene-8-(1-methylethyl)-, [S-(E,E)]-	-	-	-	1.07
	α -法尼烯 . alpha.-Farnesene	-	-	-	2.42
	γ -阿珠莫林 gamma.-Muurolene	-	-	-	4.33
	α -阿珠莫林 . alpha.-Muurolene	-	-	-	1.80
醇 Alcohol	Δ -杜松烯 Naphthalene, 1,2,3,5,6,8a-hexahydro-4,7-dimethyl-1-(1-methylethyl)-,	-	-	-	3.10
	3,7,11,15-四甲基-1,6,10,14-十六碳四烯-3-醇 1,6,10,14-Hexadecatetraen-3-ol, 3,7,11,15-tetramethyl	8.37	8.11	-	-
	3-甲基-1-丁醇 1-Butanol, 3-methyl	-	-	6.22	-
	2-乙基-1-己醇 1-Hexanol, 2-ethyl-	-	-	0.94	-
	紫丁香醇 DLilac alcohol D	-	-	3.39	-
	紫丁香醇 BLilac alcohol B	-	-	0.68	-
	烟醇 Nicotiny alcohol	-	-	0.26	-
	4-甲基-3-庚醇 3-Heptanol, 4-methyl-	-	-	0.74	-
	苯乙醇 Phenylethyl Alcohol	-	-	2.98	-
	2,6-二甲基-3,7-辛二烯-2,6-二醇 3,7-Octadiene-2,6-diol, 2,6-dimethyl-	-	-	0.31	-
	3,7-二甲基-1,6-辛二烯-3-醇(芳樟醇) 1,6-Octadien-3-ol, 3,7-dimethyl-	-	-	4.43	-
	2,6-二甲基-2,7-辛二烯-1,6-二醇 2,7-Octadiene-1,6-diol, 2,6-dimethyl-	-	-	1.59	-
	2-甲基-4-庚醇 4-Heptanol, 2-methyl-	-	-	1.61	-
	4-(己氧基)-1-丁醇 1-Butanol, 4-(hexyloxy)	-	-	1.41	-
	1-壬醇 1-Nonanol	-	-	0.87	-
2-丁基辛醇 1-Octanol, 2-butyl	-	-	13.71	-	
醚 Ether	癸醚 Decane, 1,1'-oxybis-	-	-	2.36	-
	二乙二醇乙醚 Ethanol, 2-(2-ethoxyethoxy)-	-	-	0.90	-

续表 1 Continued table 1

种类 Species	挥发物名称 Names of volatiles	相对含量(%) Relative content			
		黄梨 Huang pear	砀山酥梨 Dangshan pear	巴梨 Bartlett pear	油菜 Rape
	乙烯基十二烷基醚 Vinyl lauryl ether	-	-	0.38	-
芳香 Aromatic	萘 Naphthalene	2.03	5.22	-	4.54
	2-甲基萘 Naphthalene, 2-methyl-	0.64	0.97	-	1.00
酯类 Ester	2,4-二异酸甲苯酯(甲苯-2,4-二异氰酸酯) Benzene, 2,4-diisocyanato-1-methyl-	2.54	2.17	-	4.7
	5,9,13-三甲基-肉豆蔻酸甲酯 Tetradecanoic acid, 5,9,13-trimethyl-, methyl ester	4.31	2.00	-	0.92
	2-甲基-3-羟基-2,4,4-三甲基丙酸甲酯 Propanoic acid, 2-methyl-, 3-hydroxy-2,4,4-trimethylpentyl ester	0.72	2.30	-	0.51
	2-羟基-戊酸甲酯 Pentanoic acid, 2-hydroxy-, methyl ester	0.61	1.89	2.96	6.03
	4-羟基丁基丙烯酸酯 4-Hydroxybutyl acrylate	1.31	0.57	1.71	-
	甲酸己酯 Formic acid, hexyl ester	-	-	0.68	-
	2-羟基-3-甲基戊酸甲酯 Pentanoic acid, 2-hydroxy-3-methyl-, methyl ester	-	-	3.67	-
	烷烃 Alkane	十四烷 Tetradecane	2.87	3.64	-
	十五烷 Pentadecane	1.68	2.96	-	3.53
	十六烷 Hexadecane	1.00	1.68	-	4.51
	三十一烷 Hentriacontane	1.81	3.54	-	2.59
	二十一烷 Heneicosane	8.27	19.30	-	-
	2,6,10,14-四甲基-十五烷 Pentadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	1.21	1.81	-	5.38
	2,6,10,14-四甲基-十六烷 Hexadecane, 2,6,10,14-tetramethyl-	1.04	1.52	-	6.6
腈类 Nitrile	5-甲酰-2,4-二甲基-吡咯-3-腈 Pyrrole-3-carbonitrile, 5-formyl-2,4-dimethyl-	5.75	8.14	-	-
	4,8,12-三甲基-3-十三碳烯腈 3,7,11-Tridecatrienitrile, 4,8,12-trimethyl-	20.24	8.76	-	-
酮类 Ketone	6,10,14-三甲基-2-十五烷酮 2-Pentadecanone, 6,10,14-trimethyl-	20.84	6.40	-	0.74
	5-十三烷酮 5-Tridecanone	-	-	0.66	-
酸 Acid	2-乙基-2-羟基丁酸 2-Ethyl-2-hydroxybutyric acid	-	-	0.49	-
酰胺 Amide	N-正辛基甲酰胺 Formamide, N-octyl-	-	-	0.71	-
其他 Other	未知的 Unknown	-	-	4.77	-
	未知的 Unknown	-	-	0.71	-
合计 Total		100	100	100	100

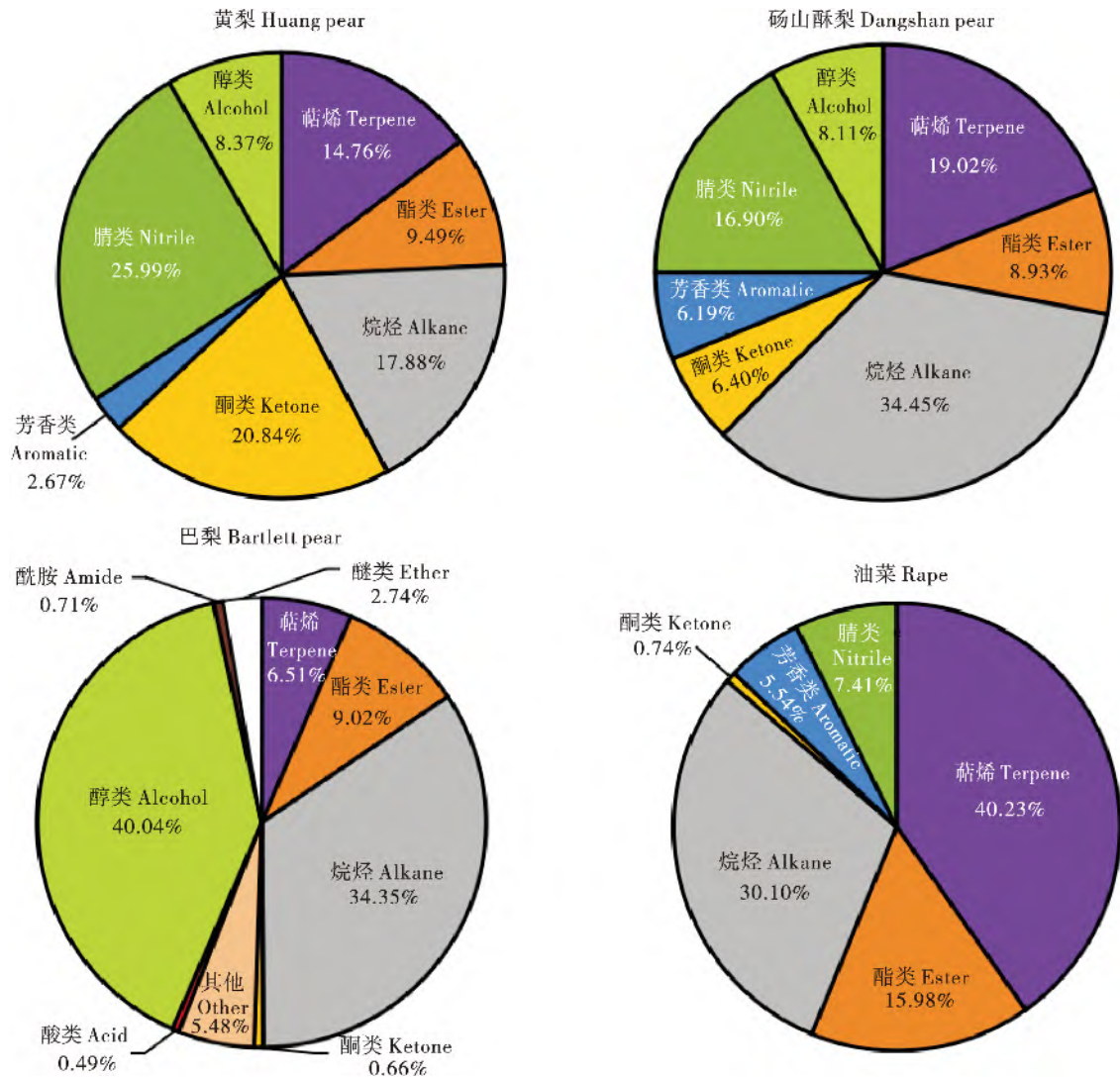


图4 梨树和油菜花朵挥发性物质占比分析

Fig. 4 Proportion analysis of volatile compounds in flowers of pears and rape

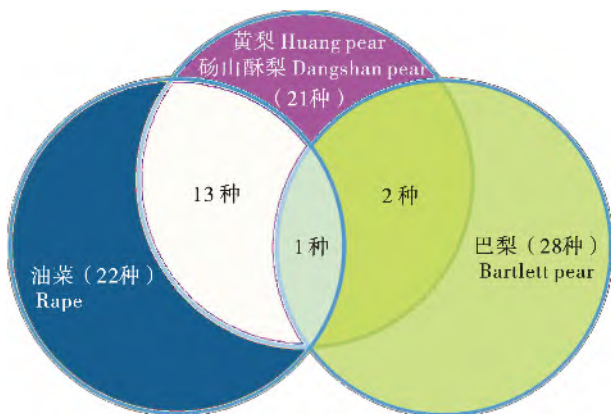


图5 梨树和油菜花朵的挥发性物质

Fig. 5 Volatile compounds in flowers of pears and rape

3 结论与讨论

3.1 影响访花偏爱性的因素

蜜蜂访花时, 出现偏爱某种花朵的现象, 称为“访花偏爱性”。蜜蜂较偏爱胜利油菜的气味, 花朵气味可显著影响蜜蜂访花行为 (官昭瑛等, 2005); 施海燕等发现小蜂熊蜂 *Bombus* spp. 偏爱访问大花瓣的、草莓味的紫色花朵 (施海燕等, 2008)。

蜜蜂对不同品种的梨树及同花期植物油菜的访花偏爱性试验, 结果显示油菜的访花蜜蜂数量和访花频率显著高于砀山酥梨; 3 种不同的梨花中, 巴梨的访花蜜蜂数量和访花频率高于黄梨和

砀山酥梨。这个结果验证了前人的看法: 蜜蜂有访花偏爱性; 当梨树周围存在同花期植物如油菜时, 蜜蜂对梨花的访花积极性会下降, 更偏爱采集竞争植物油菜 (付宝春等, 2018)。试验中, 7:00–8:00 时间段内出现砀山酥梨的蜜蜂探访数量多于油菜的现象, 导致这一现象的原因可能与蜜蜂喜欢先采集蜂箱周围植物, 后再采集报酬较高的植物 (Gegear *et al.*, 2001), 而油菜地距蜂箱较远。

3.2 花蜜糖含量

花蜜中主要是含葡萄糖、果糖和蔗糖。花蜜糖含量及组分是蜜蜂访花偏爱性的一个影响因素。液相色谱示差折光检测法检测花蜜糖含量时, 3 种梨中, 砀山酥梨花蜜的总糖含量及葡萄糖、果糖、蔗糖的含量均为最高, 3 种糖中, 蔗糖含量最少; 巴梨花蜜的蔗糖含量最少仅为 0.001 g/mL。巴梨花蜜的总糖含量、蔗糖含量显著少于砀山酥梨, 蜜蜂访花偏爱性试验中, 蜜蜂更偏爱采集巴梨, 可能蜜蜂偏爱采集蔗糖含量少的花朵有关。

迟韵阳等 (2020) 研究表明, 油菜花蜜的葡萄糖、果糖、蔗糖含量分别为 11.16 g/100 g、11.68 g/100 g、1.20 g/100 g, 总糖含量为 24.04 g/100 g; 而范新涛等 (2014) 的研究中, 油菜花蜜的葡萄糖、果糖、蔗糖含量分别为 180.9 mg/mL、160.9 mg/mL、0 mg/mL, 总糖含量 341.8 mg/mL; 韩月鑫等 (2019) 检测表明, 油菜花蜜的葡萄糖、果糖、蔗糖含量分别为 51.2 ± 0.4 mg/mL、 61.6 ± 0.4 mg/mL、 0.03 ± 0.02 mg/mL, 海藻糖含量 0.48 ± 0.03 mg/mL, 总糖含量 115.4 ± 0.6 mg/mL。上述研究均表明了油菜总糖含量高于 3 种梨花的总糖含量 (8.274 ± 0.038 mg/mL、 7.229 ± 0.015 mg/mL、 5.344 ± 0.042 mg/mL)。访花偏爱性试验中, 蜜蜂更喜欢访问油菜, 表明蜜蜂更爱采集花蜜含糖量高的花朵 (董霞, 2009)。

蜜蜂的访花偏爱性不仅受到花蜜糖类和浓度影响, 还受到花粉花香等其它因素的影响。

3.3 花粉氨基酸组分及含量

3 种梨花花粉及油菜花粉的氨基酸组分和含量显示, 巴梨花粉中的 Cys 高于砀山酥梨和黄梨、Lys 低于砀山酥梨和黄梨; 砀山酥梨 Arg 高于油菜。结合蜜蜂访花偏爱性试验, 蜜蜂的采集偏爱性可能与花粉中的高含量的 Cys 和低含量的 Lys、Arg 有关。

3.4 花朵挥发性物质

植物开花时, 花朵的挥发性物质可以对传粉昆虫的行为产生影响, 可以吸引或者趋避传粉昆虫。

萜烯类挥发性化合物具有很强的香味, 是最大的一类天然植物产物, 在调节生物间的有益作用和拮抗作用方面具有不同的功能, 萜烯类化合物是吸引传粉者 (动物、昆虫、哺乳动物、鸟类和蝙蝠) 的主要因素 (龙登隆, 2019)。黄梨、砀山酥梨、巴梨和油菜的花朵挥发物中萜烯类物质的含量分别为 14.76%、19.02%、40.86% 和 44.23%; 其中油菜花朵的挥发性物质总相对含量、相对含量最多均为萜烯类化合物。这可能是蜜蜂偏爱采集油菜的原因之一。有研究发现蜜蜂对 α -法呢烯、柠檬烯等化合物敏感 (Granero MA *et al.*, 2005; Theis, 2006; Doetterl *et al.*, 2010)。4 种植物花朵中, 只有油菜花朵挥发物中含有 α -法呢烯 (2.42%); 同时柠檬烯可在黄梨、酥梨和油菜的花朵挥发物中被检测到 (2.42%、4.60%、6.58%), 其中在油菜相对含量最高。 α -法呢烯、柠檬烯可能导致了蜜蜂的访花偏爱性。在对牧草盲蝽 *Lygus pratensis* 触角电位测试中发现, 对芳樟醇等成分反应明显 (Williams *et al.*, 2010)。茶树花 *Camellia sinensis*、茶树鲜叶的 α -法呢烯、芳樟醇、石竹烯对中华蜜蜂有显著引诱作用 (蒋世雄等, 2019)。3 种梨花中, 巴梨挥发性物质中含有芳樟醇 (4.43%), 猜测芳樟醇的存在可能是巴梨的访花蜜蜂数量、访花频率高于砀山酥梨的原因之一。石竹烯单独和加入性诱剂中均表现对黏虫的引诱作用 (吴国火等, 2020)。4 种植物的花朵挥发性物质检测, 只在油菜中检测到石竹烯相对含量为 8.67%, 可能对蜜蜂产生引诱作用。

本研究通过开展蜜蜂访花偏爱性试验, 表明蜜蜂对不同品种梨树和同花期竞争植物油菜的访花偏爱性有差异, 油菜的存在会导致蜜蜂对梨花的访花积极性下降; 通过检测不同品种梨树和同花期竞争植物的花蜜含糖量、花粉中氨基酸含量和组分、挥发性物质, 结合本研究的蜜蜂访花偏爱性试验, 蜜蜂偏爱采集巴梨, 表明蜜蜂可能更爱探访花蜜中蔗糖含量低或花粉中 Cys 含量高或 Lys 含量低的植物; 蜜蜂喜欢探访油菜, 可能与油

菜花粉中的 Arg 含量低有关; 蜜蜂不偏爱采集砀山酥梨可能与萜烯类、柠檬烯、芳樟醇、石竹烯等物质在挥发性物质中的相对含量影响到访花偏爱性, 当周围存在蜜蜂偏爱采集的植物时, 降低了对砀山酥梨的访花积极性。这将为下一步利用花朵特征诱导蜜蜂为梨树授粉提供理论参考。

参考文献 (References)

- Abrol DP. Ecology and behaviour of three bee species pollinating loquat (*Eriobotrya japonica* Lindley) [J]. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 1988, 54 (2): 161–163.
- Borg karlson AK. Chemical and ethological studies of pollination in the genus *Ophrys* (Orchidaceae) [J]. *Phytochemistry*, 1990, 29 (5): 1359–1387.
- Cao HL, Mao HY. Acquisition and pollination technology of autumn moon pear flower powder [J]. *Fruit Growers' Friend*, 2020, 3: 14–15. [曹慧莲, 毛海燕. 秋月梨花粉采集与授粉技术 [J]. 果农之友, 2020, 3: 14–15]
- Chi YY. Changes of Carbohydrates during the Ripening of Honey and Molecular Mechanism of Sucrose Secretion in *Brassica napus* Nectary [D]. Nanchang: Nanchang University Master Thesis, 2020. [迟韵阳. 蜂蜜成熟过程中糖的变化及油菜蜜腺分泌蔗糖的分子机制 [D]. 南昌: 南昌大学硕士论文, 2020]
- Corbet SA. Nectar sugar content: Estimating standing crop and secretion rate in the field [J]. *Apidologie*, 2003, 34 (1): 1–10.
- Dong X. The Botany of Honey Powder [M]. Beijing: China Agricultural Press, 2009: 108. [董霞. 蜜粉源植物学 [M]. 北京: 中国农业出版社, 2009: 108]
- Doetterl S, Vereecken NJ. The chemical ecology and evolution of bee – flower interactions: A review and perspectives [J]. *Canadian Journal of Zoology*, 2010, 88 (7): 668–697.
- Fan XT. The Preliminary Study on Effect of Nectar and Flower Shape on Feeding and Fecundity of Oriental Armyworm Moth *Mythimna separata* [D]. Zhengzhou: Henan Agricultural University Master Thesis, 2014. [范新涛. 花蜜与花形对黏虫补充营养和生殖影响的初步研究 [D]. 郑州: 河南农业大学硕士论文, 2014]
- Fu BC, Qin GJ, Zhang XF, et al. Pear planting structure and frequency of bee foraging: Effects on honeybee pollination [J]. *Journal of Agricultural*, 2018, 8 (10): 38–41. [付宝春, 秦国杰, 张旭凤, 等. 梨树种植结构及蜂群采集次数对蜜蜂授粉效果的影响 [J]. 农学学报, 2018, 8 (10): 38–41]
- Gegeer RJ, Laverty TM. The effect of variation among floral traits on the flower constancy of pollinators. In: Chittka L, Thomson JD, eds. *Cognitive Ecology of Pollination: Animal Behaviour and Floral Evolution* [C]. Cambridge: Cambridge University Press, 2001: 1–20.
- Gong YB, Huang SQ. On methodology of foraging behavior of pollinating insects [J]. *Biodiversity Science*, 2007, 6: 576–583. [龚燕兵, 黄双全. 传粉昆虫行为的研究方法探讨 [J]. 生物多样性, 2007, 15 (6): 576–583]
- Granero MA, Sanz JMG, Gonzalez FJE, et al. Chemical compounds of the foraging recruitment pheromone in Bumblebees [J]. *Naturwissenschaften*, 2005, 92 (8): 371–374.
- Guan ZY, Wu YG, Yuan HB, et al. Overview of research on the mechanism of insect flower visiting [J]. *Journal of Jilin Agricultural University*, 2005, 27 (6): 608–613. [官昭瑛, 吴艳光, 袁海滨, 等. 昆虫访花机制研究概述 [J]. 吉林农业大学学报, 2005, 27 (6): 608–613]
- Han YX, Sun C, Zhang CL, et al. Study on the chemical component and content of nectar from different rapeseed cultivars (*Brassica napus* L.) [J]. *Journal of Yunnan Agricultural University (Natural Science)*, 2019, 34 (4): 571–575. [韩月鑫, 孙超, 张传利, 等. 不同油菜品种花蜜化学成分及含量研究 [J]. 云南农业大学学报 (自然科学版), 2019, 34 (4): 571–575]
- He CG, Bi YF, Jiang H, et al. Effects of alfalfa nectar amount and visiting bees number on alfalfa seed yield [J]. *Chinese Journal of Ecology*, 2005, 12: 1388–1391. [何承刚, 毕玉芬, 姜华, 等. 紫花苜蓿的花蜜量和访花蜜蜂数量对种子产量的影响 [J]. 生态学杂志, 2005, 12: 1388–1391]
- He S. Application of artificial pollen and liquid powder spraying on pear tree [J]. *Agricultural Science and Technology & Information*, 2006, 3: 27. [何子顺. 人工制取花粉及液体喷粉在梨树上的应用 [J]. 农业科技与信息, 2006, 3: 27]
- Hiratsuka S, Zhang SL. Relationships between fruit set, pollentube growth and S – RNase concentration in the self – incompatible Japanese Dangshan pear [J]. *Scientia Horticulturae*, 2002, 95 (4): 309–318.
- Jiang SX, Zhang L, Cheng YX, et al. Effect of plant volatiles on attractive effect of sex attractant of *Mythimna separata* (Walker) [J]. *Plant Protection*, 2019, 45 (6): 138–144. [蒋世雄, 张蕾, 程云霞, 等. 植物挥发物对黏虫性诱剂引诱效果的影响 [J]. 植物保护, 2019, 45 (6): 138–144]
- Li ZD, Liu JX, Huang SQ. A comparison of several methods used in the field for nectar collection and concentration analysis [J]. *Journal of Systematics and Evolution*, 2006, 44 (3): 320–326. [李左栋, 刘静萱, 黄双全. 传粉生物学中几种花蜜采集和糖浓度测定方法的比较 [J]. 植物分类学报, 2006, 44 (3): 320–326]
- Long DL. Electrophysiological and Behavioral Responses of Honeybee to Volatiles from Pear Flower [D]. Taigu: Shanxi Agricultural University Master Thesis, 2019. [龙登隆. 蜜蜂对梨花挥发物的电生理及行为反应 [D]. 太谷: 山西农业大学硕士论文, 2019]
- Luo WH, Cheng S, Cao L, et al. Preference of *Apis mellifera ligustica* to flower odours of two rapes (*Brassica napus* cv. *Shengli* and *B. juncea* cv. *Mawe*) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2015, 58 (6): 665–672. [罗文华, 程尚, 曹兰, 等. 意大利蜜蜂对两种油菜花朵气味的偏爱性 [J]. 昆虫学报, 2015, 58 (6): 665–672]
- Ma WH. Study on Bees Visiting Behavior on Pear and Identification and Expression Characterization of Its Foraging – related Genes [D].

- Taigu: Shanxi Agricultural University, 2014. [马卫华. 蜜蜂梨树访花行为及采集相关基因的鉴定与表达特性的研究 [D]. 太谷: 山西农业大学, 2014]
- Ma WH, Li L, Wu WQ, *et al.* Flowers of Fuji apple: Aolatile components analysis [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34 (15): 60–65. [马卫华, 李磊, 武文卿, 等. 红富士苹果花挥发性成分分析 [J]. 中国农学通报, 2018, 34 (15): 60–65]
- Ni JJ, Yin L, Li J. Xinjiang drone pollination for pear deduce a new model of smart agriculture [J]. *Contemporary Farm Machinery*, 2020, 5: 20. [倪菁菁, 殷琳, 李洁. 新疆无人飞机为梨花授粉演绎智慧农业种植新模式 [J]. 当代农机, 2020, 5: 20]
- Niu DF, Wang B, Chen YY, *et al.* Analysis of the nutrient of rape bee pollen and rape bee bread [J]. *Science and Technology of Food Industry*, 2019, 40 (9): 218–223. [牛德芳, 王波, 陈玉勇, 等. 油菜蜂花粉及其蜂粮的营养成分 [J]. 食品工业科技, 2019, 40 (9): 218–223]
- Orosz – Kovacs Z, Farkas A. Nectar secretion dynamics of Hungarian local pear cultivars [J]. *Plant Systematics and Evolution*, 2003, 238 (1/4): 57–67.
- Shao CK, Liu LD, Zhang L. Flowering characteristics and insect visiting dynamics of two plants at the same flowering time in Zhenshan area [J]. *Journal of Ludong University (Natural Science Edition)*, 2015, 31 (3): 226–232. [邵长凯, 刘林德, 张莉. 泰山地区两种同花期植物的开花特性及昆虫访花动态 [J]. 鲁东大学学报 (自然科学版), 2015, 31 (3): 226–232]
- Shi HY, Wu J, Li JL, *et al.* Foraging preference of the bumblebee *Bombus hypocrita* (Hymenoptera: Apidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2008, 51 (9): 946–952. [施海燕, 吴杰, 李继莲, 等. 小峰熊蜂访花偏爱性 [J]. 昆虫学报, 2008, 51 (9): 946–952]
- Standardization Administration of China: GB/T5009.124–2003 [S]. Beijing: Standards Press of China, 2003. [中国国家标准化管理委员会: GB/T5009.124–2003 [S]. 北京: 中国标准出版社, 2003]
- Theis N. Fragrance of Canada thistle (*Cirsium arvense*) attracts both floral herbivores and pollinators [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2006, 32 (5): 917–927.
- Williams L, Blackmer JL, Saona CR, *et al.* Plant volatiles influence electrophysiological and behavioral responses of *Lygus hesperus* [J]. *Journal of Chemical Ecology*, 2010, 36 (5): 467–478.
- Wu GH, Cui L, Wang MX, *et al.* Attraction of aroma from tea flowers and leaves to the Chinese honeybees (*Apis cerana cerana*) [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2020, 40 (12): 4024–4031. [吴国火, 崔林, 王梦馨, 等. 茶树花香气及茶叶气味对中华蜜蜂的引诱效应 [J]. 生态学报, 2020, 40 (12): 4024–4031]
- Wu MG, Chen LL. Study on pollination and yield increase of Dangshansu pear by bees [J]. *Apiculture of China*, 1984, 6: 7–10. [吴美根, 陈莉莉. 蜜蜂为砀山酥梨授粉增产研究初报 [J]. 中国养蜂, 1984, 6: 7–10]
- Wu WQ, Li C, Wu ZC. Present situation investigation of bee pollination for Su Pear in Qixian, Shanxi Province [J]. *Science and Technology & Innovation*, 2017, 2: 47–48. [武文卿, 李川, 武正成. 山西祁县酥梨授粉现状调查报告 [J]. 科技与创新, 2017, 2: 47–48]
- Wu WQ, Guo Y, Ma WH, *et al.* Present situation investigation of bee pollination for pear [J]. *Apiculture of China*, 2011, 62: 40–44. [武文卿, 郭媛, 马卫华, 等. 梨树蜜蜂授粉现状调查 [J]. 中国蜂业, 2011, 62: 40–44]
- You C, Chen DJ, Wu WL. Effects of different pollination methods on yield and quality of greenhouse tomato [J]. *Journal of Changjiang Vegetables*, 2020, 24: 56–58. [尤春, 陈大军, 吴文丽. 不同授粉方式对设施番茄产量、品质及效益的影响 [J]. 长江蔬菜, 2020, 24: 56–58]
- Zhang HX, Hu ZH, Leng PS, *et al.* Qualitative and quantitative analysis of floral volatile components from different varieties of *Lilium* spp. [J]. *Scientia Agricultura Sinica*, 2013, 46 (4): 790–799. [张辉秀, 胡增辉, 冷平生, 等. 不同品种百合花挥发性成分定性定量分析 [J]. 中国农业科学, 2013, 46 (4): 790–799]
- Zhang JZ, Wu LM, Zhao J, *et al.* Nutritional evaluation of bee pollen proteins from 13 different plant species [J]. *Food Science*, 2014, 35 (1): 254–257. [张金振, 吴黎明, 赵静, 等. 13种植物源蜂花粉蛋白质的营养学评价 [J]. 食品科学, 2014, 35 (1): 254–257]
- Zhang SF, Shi PP, Wang QL, *et al.* Determination of fructose, glucose, sucrose and maltose in honey by liquid chromatography refractive index detector [J]. *Food Science*, 2008, 29 (6): 280–283. [张书芬, 史萍萍, 王全林, 等. 液相色谱示差折光法测定蜂蜜中的果糖、葡萄糖、蔗糖和麦芽糖 [J]. 食品科学, 2008, 29 (6): 280–283]
- Zhao DX, Hua QY, Su XL, *et al.* Effects of pollination methods on pollination of seed lotus [J]. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2018, 34 (29): 118–122. [赵东绪, 华启云, 苏晓玲, 等. 不同传粉方式对子莲授粉效果的影响 [J]. 中国农业通报, 2018, 34 (29): 118–122]
- Zhao DX, Hua QY, Su XL, *et al.* Effects of different pollination behaviors on improving quality of blueberry [J]. *Journal of Zhejiang Agricultural Sciences*, 2019, 60 (7): 1125–1128. [赵东绪, 华启云, 苏晓玲, 等. 不同传粉方式对蓝莓品质提升效果的影响 [J]. 浙江农业科学, 2019, 60 (7): 1125–1128]