环境昆虫学报 2021，43（2）：379－386
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2021. 02. 12



桑丽琴，许升全. 基于蜂蜜孢粉学鉴定秦岭中华蜜蜂的蜜源木本植物[J]. 环境昆虫学报，2021，43（2）：379－386.

基于蜂蜜孢粉学鉴定秦岭中华蜜蜂的蜜源木本植物

桑丽琴，许升全*
（陕西师范大学生命科学学院，西安 710119）

摘要： 蜜源木本植物的鉴定能为中华蜜蜂 *Apis cerana cerana* 保护和利用提供依据。本研究从在秦岭地区收集的4份中华蜜蜂蜂蜜中分离出植物花粉，然后在扫描电镜下观察花粉形态，根据花粉大小、赤道面观、极面观、表面纹饰对花粉所属植物的种类进行鉴定。共鉴定出中华蜜蜂利用的蜜源木本植物13科，19属，20种。其中以壳斗科 Fagaceae、忍冬科 Caprifoliaceae 最多，卫矛科 Celastraceae、桦木科 Betulaceae、蔷薇科 Rosaceae 次之。这些蜜源木本植物中有13种是药用植物。秦岭地区丰富的蜜源木本植物为中华蜜蜂的生存提供了食物资源；同时中华蜜蜂作为传粉昆虫，对维持秦岭地区蜜源植物的生存和生态系统稳定起着重要的作用。

关键词： 中华蜜蜂；蜂蜜孢粉学；秦岭；蜜源木本植物
中图分类号： Q968. 1；Q969. 97；S89　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2021）02－0379－08

Melissopalynological identification of nectar woody plants from the honey of *Apis cerana ceraca* in Qinling Mountains

SANG Li-Qin，XU Sheng-Quan*（College of Life Sciences，Shaanxi Normal University，Xi′an 710119，China）

Abstract: The identification of nectar woody plants species can provide evidence for the protection and utilization of the *Apis cerana cerana*. We collected four honey samples of *A. cerana cerana* from Qinling Mountains，isolated the pollen，and studied the pollen morphology under the scanning electron microscope. We identify the species of the woody plant based on the pollen size，the equatorial view，the polar view，and the surface ornamentation. The honey-derived woody plants that Chinese honeybees could use include 13 families，19 genera and 20 species. Among them，the Fagaceae and Caprifoliaceae families were the most common，followed by the Celastraceae，Betulaceae and Rosaceae families. Among these honey source plants，thirteen species were medicinal plants. The abundant nectar woody plants in the Qinling Mountains，provided rich food resources for Chinese honeybee. On the other side，as important local pollinating insect，Chinese honeybee played an important role in maintaining the stability of nectar woody plant and the ecosystem of Qinling Mountains.

Key words: *Apis cerana cerana*；melissopalynology；Qinling Mountains；nectar woody plants

中华蜜蜂 *Apis cerana cerana* 简称中蜂，是我国特有的本土蜜蜂（祁文忠等，2016）。它非常适应我国大部分地区的季风型气候，耐热、抗寒、抗病能力均较强，并且能利用零星蜜源，采集力强，能为多种植物传粉（段成鼎，2003；秦明等，2017）。19世纪以来，随着产蜜量大、蜂群数量大

基金项目：国家自然科学基金（31760101，31872273）；陕西省重点研发计划（2018ZDXMSF－079）
作者简介：桑丽琴，女，硕士研究生，研究方向为动物资源的管理与分布，E－mail：sangliqin_367@ snnu. edu. cn
* 通讯作者 Author for correspondence：许升全，男，博士，教授，主要从事动物研究，E－mail：xushengquan@ snnu. edu. cn
收稿日期 Received：2020－03－03；接受日期 Accepted：2020－11－11

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

的西方蜜蜂引进我国，中华蜜蜂的蜜源受争夺、蜂群受到攻击，加之饲养数量下降等原因，导致中华蜜蜂种群数量迅速减少、分布范围越来越小。中华蜜蜂的保护已经成为目前我国生物资源保护的重要任务之一（刘宇佳等，2013）。

花粉和花蜜是蜜蜂的主要食物来源，也是蜂蜜的主要成分（Hepburn and Radloff，2011；Bonoan，2018；Dolezal and Toth，2018；Shelley and Lynae，2018）。蜜蜂采集蜜源植物的花粉和花蜜后，混入自身分泌的酶类物质，在归巢后经过扇风、排出水分等过程最终封存在蜂巢中（Semkiw，2008）。不同植物的花粉和花蜜不仅影响蜜蜂的访花行为，也与蜂蜜的质量和营养密切相关（Donkersley *et al.*，2017；Gemeda *et al.*，2017；Mas *et al.*，2018）。蜂蜜中花粉的种类是判断蜂蜜的产地、来源和质量的重要依据（Bruni *et al.*，2015；Hawkins *et al.*，2015；Soares *et al.*，2015；Pornon *et al.*，2016）。蜂蜜孢粉学是研究蜂蜜中花粉信息的传统方法，主要通过提取蜂蜜中的花粉粒并在扫描电镜下观察花粉的外部形态进而结合蜜源植物的花粉形态研究结果来鉴定蜂蜜的来源植物，常用于分析蜜蜂的营养生态位和传粉植物（刘宇佳等，2013；陈顺安等，2015）。秦岭是我国南北方气候的自然分界线，其生态系统中生物多样性丰富，分布有大熊猫等许多特有的动物种类，是我国生态环境保护的重点区域（刘诗峰等，2003；梁宗锁，2013；刘文哲，2015；王建林等，2016）。本文应用蜂蜜孢粉学方法对秦岭地区中华蜜蜂的蜜源和传粉植物进行分析，为保护秦岭地区的中华蜜蜂及其在生态系统中的作用提供科学依据。

1 材料和方法

1.1 样品信息

本研究的蜂蜜样本采自秦岭地区的汉中市佛坪县三官庙和宝鸡市太白县黄柏塬。两个地区的中华蜜蜂进行传统方法养殖，均使用原始蜂箱——横卧式树槽箱（祁文忠等，2016），即圆形树桶。中华蜜蜂林间自主采蜜，每年取一次蜂蜜。样品信息见表1。

表1 蜂蜜样品的采集信息

Table 1 Information of the honey samples

样品编号 Samples	地区 Region	位置 Position	地理坐标 Geographic coordinate	平均海拔（m） Mean altitude	采集时间（yy-mm） Collecting time
H1	三官庙 Sanguanmiao	汉中市佛坪县	33°30′N 108°04′ E	931	2016-08
H2	三官庙 Sanguanmiao	汉中市佛坪县	33°30′N 108°04′ E	931	2016-08
H3	黄柏塬 Huangbaiyuan	宝鸡市太白县	33°81′ N 107°52′ E	1 588	2017-08
H4	黄柏塬 Huangbaiyuan	宝鸡市太白县	33°81′ N 107°52′ E	1 588	2017-08

1.2 蜂蜜孢粉学分析

1.2.1 蜂蜜中花粉提取

参考 Soares 等（2017）的方法：将 50 g 蜂蜜样品分到 4 个 50 mL 的无菌离心管（每管 12.5 g 蜂蜜），然后每管加入 40 mL 蒸馏水，搅拌，在恒温水浴箱 65℃ 热水浴 30 min，每隔 5 min 搅拌一次。将样本置于离心机，5 000 g 离心 20 min，倒掉上清液。沉淀中加入 40 mL 蒸馏水，搅拌，重复上述步骤。4 个离心管中所得沉淀各加入蒸馏水 5 mL，一起转移至同一无菌 50 mL 离心管中，加入蒸馏水至体积约 45 mL，5 000 g 离心 20 min，弃去上清液，将沉淀取出，置于硫酸纸上，摊放于防尘处，自然干燥后放于 5 mL 离心管中，并放入少量硅胶保持干燥。

1.2.2 花粉的观察和测量

将少许干燥的花粉均匀地粘在黏有导电胶的样品台上，在离子溅射仪中喷金、镀膜 60 s 后，将处理好的样品移到日立台式 TM3030Plus 型扫描电子显微镜下观察。寻找有代表性的视野，选取完整饱满、外形和大小有代表性的花粉粒拍照，在 3 000 ~ 6 000 倍下观察花粉粒的极面观和赤面观，在 7 000 ~ 12 000 倍下观察花粉粒表面的纹饰和萌发孔，并分别拍摄照片、记录每种花粉的赤道轴和极轴大小。

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

1.2.3　花粉种类识别

将所拍花粉的电镜图片与植物花粉图片进行对照，根据花粉大小、赤道面观、极面观、表面纹饰对蜂蜜中的花粉种类进行鉴别（徐万林，1992；孙桂英，1993；中国养蜂协会，1993；王伏雄，1997；李天庆，2011；乔秉善，2014）。

2　结果与分析

两地的蜂蜜样品均为深琥珀色，具有芳香气味。蜂蜜孢粉学分析结果（图 1、表 2）表明：佛坪县三官庙和太白县黄柏塬两地中华蜜蜂能利用的蜜源木本植物较广泛，覆盖了 13 科，19 属，20 种。其中木本植物分属的 13 科中，以壳斗科、忍冬科最多，卫矛科、桦木科、蔷薇科次之，其余科仅检测到 1 种木本植物。两个地区中华蜜蜂的共同蜜源木本植物主要有山茱萸科、壳斗科、忍冬科、漆树科、桦木科、蔷薇科、卫矛科、石榴科、山矾科，共 9 科。这些植物花期基本在 4－7 月，正是春夏开花植物繁茂盛开之际，蜜源植物种类丰富，中华蜜蜂能充分利用。

佛坪县三官庙中华蜜蜂采集的木本花粉种类更多，共 19 种。样品 H1 和 H2 共有蜜源有：株木、猫儿刺、板栗、荚蒾、漆树、石榴，共 6 种。H1 和 H2 蜜样品中木本花粉种类差距较大。H2 样品中木本花粉种类最多，共有 15 种，其中含有的壳斗科的锐齿槲栎、五加科的五加、桦木科的榛、蝶形花科的绿叶胡枝子、猕猴桃科的软枣猕猴桃，共 5 种，为 H2 特有。H1 蜂蜜中木本植物种类较少，只有 10 种，但其含有其他蜂蜜中没有的忍冬科的接骨木。H1 和 H2 中均含有冬青科的猫儿刺，但在 H3 和 H4 中均未发现。

太白县黄柏塬地区采集的蜂蜜中花粉种类较少，共 12 种。H3 和 H4 蜂蜜样品中木本花粉种类基本一致。H3 和 H4 中共有蜜源有：株木、板栗、荚蒾、漆树、石灰花楸、南蛇藤、石榴、山矾属一个物种、忍冬属一个物种，共 9 种。H4 蜂蜜中含有的蔷薇科的中华绣线菊，在 H1、H2、H3 中并未检测出。

表 2　中华蜜蜂蜂蜜中的木本花粉种类

Table 2　Woody pollen types in the honey of *Apis cerana cerana*

编号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	花期（月） Flower season	蜂蜜 Honey			
					H1	H2	H3	H4
1	山茱萸科 Cornaceae	株木属 *Cornus*	株木 *Cornus macrophylla*	6-7	*	*	*	*
2	冬青科 Aquifoliaceae	冬青属 *Ilex*	猫儿刺 *Ilex pernyi*	4-5	*	*	–	–
3	壳斗科 Fagaceae	栗属 *Castanea*	板栗 *Castanea mollissima*	5-6	*	*	*	*
4	壳斗科 Fagaceae	栎属 *Quercus*	锐齿槲栎 *Quercus aliena* Bl. var. *acuteserrata*	3-4	–	*	–	–
5	壳斗科 Fagaceae	栎属 *Quercus*	栓皮栎 *Quercus variabilis*	4-5	*	–	*	–
6	忍冬科 Caprifoliaceae	荚蒾属 *Viburnum*	荚蒾 *Viburnum dilatatum*	4-5	*	*	*	*
7	忍冬科 Caprifoliaceae	接骨木属 *Sambucus*	接骨木 *Sambucus williamsii*	3-5	*	–	–	–
8	漆树科 Anacardiaceae	漆树属 *Toxicodendron*	漆树 *Toxicodendron vernicifluum*	5-6	*	*	*	*

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

续表 2 Continued table 2

编号 No.	科名 Family	属名 Genus	种名 Species	花期（月） Flower season	蜂蜜 Honey			
					H1	H2	H3	H4
9	五加科 Araliaceae	五加属 *Acanthopanax*	五加 *Acanthopanax gracilistylus*	4-7	–	*	–	–
10	桦木科 Betulaceae	桦木属 *Betula*	白桦 *Betula platyphylla*	4-6	*	–	*	–
11	桦木科 Betulaceae	榛属 *Corylus*	榛 *Corylus heterophylla*	3-4	–	*	–	–
12	蝶形花科 Papilionaceae	胡枝子属 *Lespedeza*	绿叶胡枝子 *Lespedeza buergeri*	6-8	–	*	–	–
13	蔷薇科 Rosaceae	花楸属 *Sorbus*	石灰花楸 *Sorbus folgneri*	5-6	–	*	*	*
14	蔷薇科 Rosaceae	绣线菊属 *Spiraea*	中华绣线菊 *Spiraea chinensis*	4-6	–	–	–	*
15	猕猴桃科 Actinidiaceae	猕猴桃属 *Actinidia*	软枣猕猴桃 *Actinidia arguta*	5-6	–	*	–	–
16	卫矛科 Celastraceae	南蛇藤属 *Celastrus*	南蛇藤 *Celastrus orbiculatus*	5-6	*	–	*	*
			短梗南蛇藤 *Celastrus rosthornianus*	4-5	–	*	–	–
17	石榴科 Punicaceae	石榴属 *Punica*	石榴 *Punica granatum*	5-7	*	*	*	*
18	山矾科 Symplocaceae	山矾属 *Symplocos*	物种未确定 *Symplocos* sp.	5-6	–	*	*	*
19	忍冬科 Caprifoliaceae	忍冬属 *Lonicera*	物种未确定 *Lonicera* sp.	5-6	–	*	*	*

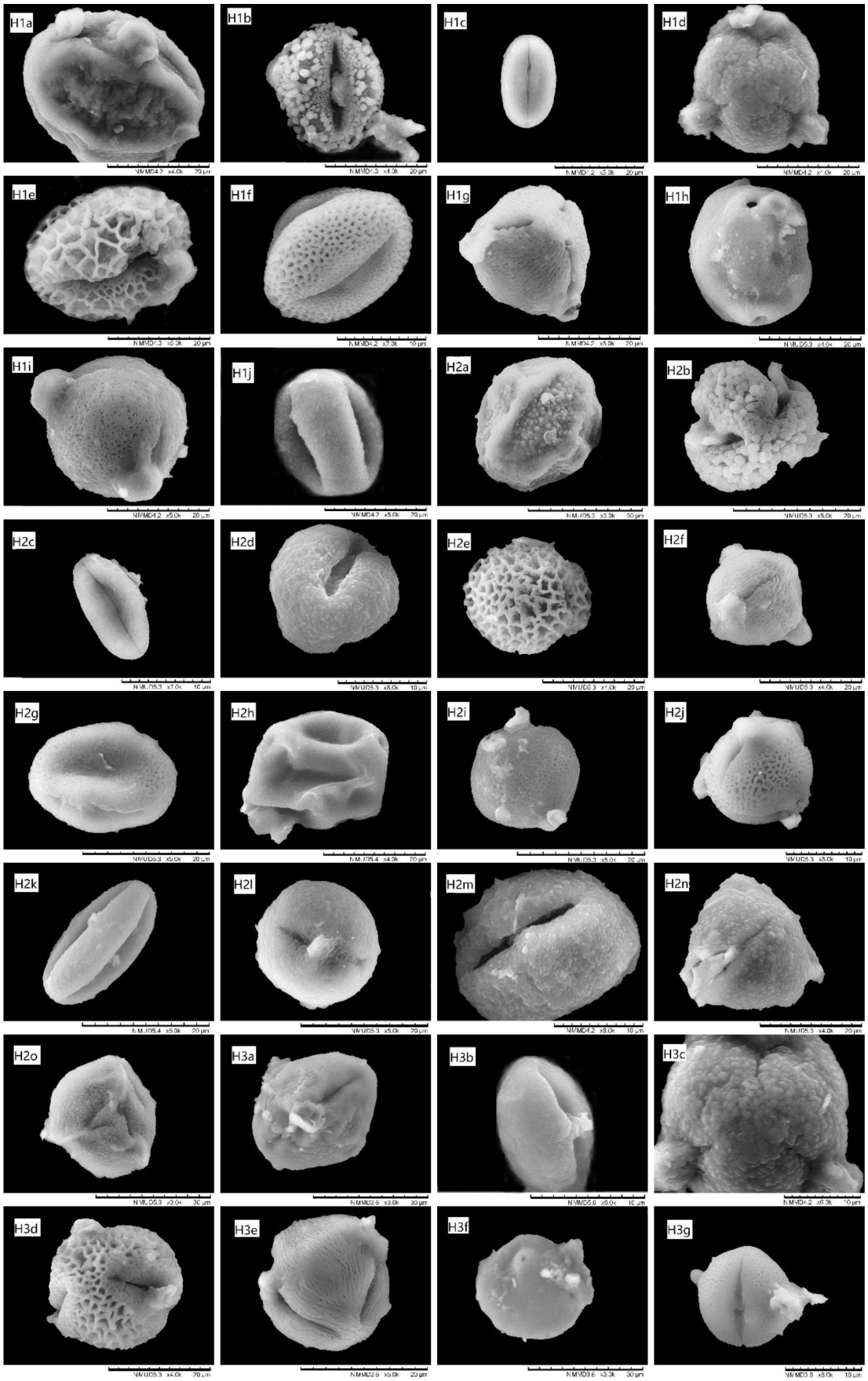
注：*，花粉数量丰富；–，未检测出。Note: *, Rich in quantity; –, No detected.

3 结论与讨论

3.1 秦岭地区中华蜜蜂可以为多种植物传粉，其蜂蜜来源于多种植物

本研究发现了秦岭地区中蜂蜂蜜的木本蜜源植物有 20 种，反映出秦岭地区中华蜜蜂对蜜源利用的多样性。这一特点明显区别于意大利蜜蜂趋向于利用单一蜜源植物的特点（段成鼎，2003；祁文忠等，2016；秦明等，2017）。因此推测其原因除了中蜂自身的生物学特性外，最主要的因素应该是秦岭地区气候温暖湿润，生物多样性极为丰富（刘诗峰等，2003；梁宗锁，2013；刘文哲，2015；王建林等，2016），在每年 3 – 8 月，木本开花植物较多，为中华蜜蜂的采集活动提供了丰富的蜜源，可满足中华蜜蜂对各种营养物质的需求（徐万林，1992；任再生，1997；刘珍珍等，2002）。中华蜜蜂作为传统的传粉者，且其授粉植物的宽度和广度都超过其他蜂类，应该加强对中华蜜蜂的保护（刘宇佳等，2013；祁文忠等，

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net



(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

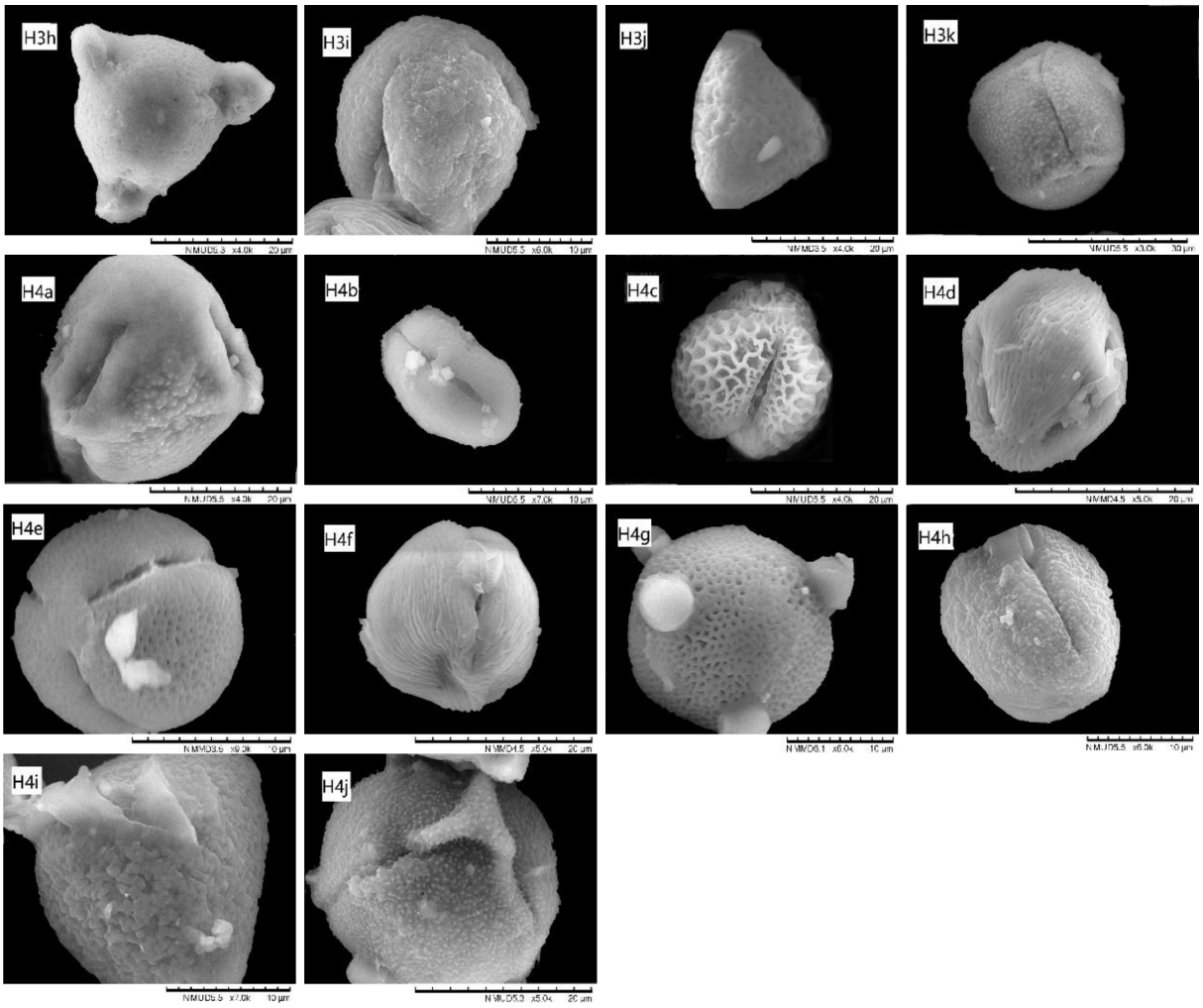


图 1 蜂蜜样品 H1 – H4 花粉形态电镜

Fig. 1 SEM observation of pollen morphology of honey sample H1 – H4

注： H1 a ~ j **为蜂蜜** H1 **中花粉类型**。a，**棵木**；b，**猫儿刺**；c，**板栗**；d，**栓皮栎**；e，**荚蒾**；f，**接骨木**；g，**漆树**；h，**白桦**；i，**南蛇藤**；j，**石榴**。H2 a ~ o **为蜂蜜** H2 **中花粉类型**。a，**棵木**；b，**猫儿刺**；c，**板栗**；d，**锐齿槲栎**；e，**荚蒾**；f，**漆树**；g，**五加**；h，**榛**；i，**绿叶胡枝子**；j，**石灰花楸**；k，**软枣猕猴桃**；l，**短梗南蛇藤**；m，**石榴**；n，**山矾属物种**；o，**忍冬属物种**。H3 a ~ k **为蜂蜜** H3 **中花粉类型**。a，**棵木**；b，**板栗**；c，**栓皮栎**；d，**荚蒾**；e，**漆树**；f，**白桦**；g，**石灰花楸**；h，**南蛇藤**；i，**石榴**；j，**山矾属物种**；k，**忍冬属物种**。H4 a ~ j **为蜂蜜** H4 **中花粉类型**。a，**棵木**；b，**板栗**；c，**荚蒾**；d，**漆树**；e，**石灰花楸**；f，**中华绣线菊**；g，**南蛇藤**；h，**石榴**；I，**山矾属物种**；j，**忍冬属物种**。

Note: H1 a ~ j were the pollen types in the sample H1. a, *Cornus macrophylla*; b, *Ilex pernyi*; c, *Castanea mollissima*; d, *Quercus variabilis*; e, *Viburnum dilatatum*; f, *Sambucus williamsii*; g, *Toxicodendron vernicifluum*; h, *Betula platyphylla*; i, *Celastrus orbiculatus*; j, *Punica granatum*. H2 a ~ o were the pollen types in the sample H2; a, *Cornus macrophylla*; b, *Ilex pernyi*; c, *Castanea mollissima*; d, *Quercus aliena* Bl. var. *acuteserrata*; e, *Viburnum dilatatum*; f, *Toxicodendron vernicifluum*; g, *Acanthopanax gracilistylus*; h, *Corylus heterophylla*; i, *Lespedeza buergeri*; j, *Sorbus folgneri*; k, *Actinidia arguta*; l, *Celastrus rosthornianus*; m, *Punica granatum*; n, *Symplocos* sp.; o, *Lonicera* sp. H3 a ~ k were the pollen types in the sample H3; a, *Cornus macrophylla*; b, *Castanea mollissima*; c, *Quercus variabilis*; d, *Viburnum dilatatum*; e, *Toxicodendron vernicifluum*; f, *Betula platyphylla*; g, *Sorbus folgneri*; h, *Celastrus orbiculatus*; i, *Punica granatum*; j, *Symplocos* sp.; k, *Lonicera* sp. H4 a ~ j were the pollen types in the sample H4; a, *Cornus macrophylla*; b, *Castanea mollissima*; c, *Viburnum dilatatum*; d, *Toxicodendron vernicifluum*; e, *Sorbus folgneri*; f, *Spiraea chinensis*; g, *Celastrus orbiculatus*; h, *Punica granatum*; i, *Symplocos* sp.; j, *Lonicera* sp.

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2016)。保护秦岭地区中华蜜蜂对维持整个秦岭生态系统的平衡具有重要意义。

3.2　秦岭的中华蜜蜂对药用植物有偏好性，其蜂蜜应该具有特殊的药用价值

根据研究结果，中华蜜蜂蜂蜜中的花粉种类丰富，覆盖了13科，19属，20种，蜂蜜中花粉种类包括板栗、栓皮栎、绿叶胡枝子、漆树、猫儿刺、南蛇藤、软枣猕猴桃、石榴、五加、棣木、接骨木、荚蒾等，这些植物不仅为优良的蜜源植物，且有13种为药用植物，其根、叶、花或者果皮均可入药（梁宗锁，2013；刘文哲，2015）。推测在蜜源植物丰富的情况下，中华蜜蜂对药用蜜源木本植物有一定的偏好性，善于采集并利用这些药用木本植物。这可能是由于这些药用木本植物的花粉和花蜜中含有中华蜜蜂生存和繁衍所需的蛋白质、脂质和碳水化合物以及可能影响免疫反应的各种化学物质和微量营养素（Dolezal *et al.*，2018）。推测含有这些药用植物花粉的蜂蜜，可能具有一定的药用价值，但其实际价值还需进一步研究。

3.3　本研究的局限性

本研究从佛坪县三官庙和太白县黄柏塬两个地点4个中华蜜蜂蜂蜜样品中分离鉴定出了蜜源木本植物20种。有大量草本植物花粉因为没有花粉资料而无法鉴定。在自然生态系统中草本植物的数量和种类远远大于木本植物，其对昆虫传粉的需要也远远大于木本植物。期待收集草本植物的花粉结果后，进一步完善秦岭地区中华蜜蜂蜜源植物的研究。本研究所确定的20种蜜源木本植物种类远远小于秦岭的木本植物种类，推测可能的原因是：本研究选取的蜂蜜样本只有4个样品，每个样品的中华蜜蜂只能利用蜂巢附近的蜜源植物，特别是由于中华蜜蜂个体小，飞行距离短，无法采集较远距离的蜜源植物。

综上所述，本研究认为在蜜源植物丰富的秦岭地区，中华蜜蜂的采集活动对药用蜜源木本植物有一定偏好性。秦岭地区适于中华蜜蜂种群的生存和发展，可为其提供丰富的蜜源和适宜的生存环境。中华蜜蜂耐热、抗寒、抗病能力均较强，并且能利用零星蜜源的特征为更大范围的植物授粉，作为重要的本地传粉昆虫，对维护秦岭地区的生态系统稳定性起至关重要的作用。

参考文献（References）

Apicultural Science Association of China. The Nectar and Pollen Plants of China and Application [M]. Beijing: Agricultural Press, 1993. [中国养蜂学会. 中国蜜粉源植物及其利用 [M]. 北京: 农业出版社, 1993]

Bonoan RE, O'connor LD, Stark PT. Seasonality of honey bee (*Apis mellifera*) micronutrient supplementation and environmental limitation [J]. *Journal of Insect Physiology*, 2018, 107: 23 – 28.

Bruni I, Galimberti A, Caridi L, *et al*. A DNA barcoding approach to identify plant species in multiflower honey [J]. *Food Chemistry*, 2015, 170: 308 – 315.

Chen SA, Zhang Q, Liu ZT, *et al*. Melissopalynology of natural toxic honey and trophic niche analysis of *Apis cerana cerana* in the Lancang River valley [J]. *Acta Ecologica Sinica*, 2015, 35 (20): 6734 – 6741. [陈顺安, 张强, 刘志涛, 等. 澜沧江流域北部中华蜜蜂有毒蜂蜜孢粉学和营养生态位分析 [J]. 生态学报, 2015, 35 (20): 6734 – 6741]

Dolezal AG, Toth AL. Feedbacks between nutrition and disease in honey bee health [J]. *Current Opinion in Insect Science*, 2018, 26: 114 – 119.

Donkersley P, Rhodes G, Pickup RW, *et al*. Nutritional composition of honey bee food stores vary with floral composition [J]. *Oecologia*, 2017, 185 (4): 749 – 761.

Duan CD. Studies on Comparative Biology of Chinese Bee and Italian Bee [D]. Fujian: Fujian Agriculture and Forestry University, 2003. [段成鼎. 中华蜜蜂与意大利蜜蜂比较生物学的研究 [D]. 福建: 福建农林大学生命科学学院, 2003]

Gemeda TK, Shao YQ, Wu WQ, *et al*. Native honey bees outperform adventivehoney bees in increasing *Pyrus bretschneideri* (Rosales: Rosaceae) pollination [J]. *Journal of Economic Entomology*, 2017, 110 (6): 2290 – 2294.

Hawkins J, Vere ND, Griffith A, *et al*. Using DNA metabarcoding to identify the floral composition of honey: A new tool for investigating honey bee foraging preferences [J]. *PLoS ONE*, 2015, 10 (8): e0134735.

Hepburn HR, Radloff SE. Honeybees of Asia [M]. Heidelberg: Springer – Verlag Berlin, 2011.

Li TQ. Pollen Flora of China Woody Plants by SEM [M]. Beijing: Science Press, 2011. [李天庆. 中国木本植物花粉电镜扫描图志 [M]. 北京: 科学出版社, 2011]

Liang ZS. Medicinal Plant Resources and Utilization in Qinling Mountains [M]. Yangling: Northwest A&F University Press, 2013. [梁宗锁. 秦岭药用植物资源及利用 [M]. 杨凌: 西北农林科技大学出版社, 2013]

Liu WZ. Herbal Plants in Qinling, China [M]. Xi'an: World Book Publishing Xi'an Co., Ltd, 2015. [刘文哲. 中国秦岭常见药用植物图鉴 [M]. 西安: 世界图书出版西安有限公司, 2015]

Liu SF, Zhang J. Biodiversity Research and Conservation in Foping Nature Reserve [M]. Xi'an: Shaanxi Science & Technology Press,

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

2003. [刘诗峰，张坚. 佛坪自然保护区生物多样性研究与保护 [M]. 西安：陕西科学技术出版社，2003]

Liu YJ，Zhao TR，Zhao FY. Melissopalynology and trophic niche of *Apis cerana ceraca* and *Apis mellifera ligustica* in Yunnan Province of Southwest China [J]. *Journal of Applied Ecology*，2013，24 (1)：205 – 210. [刘宇佳，赵天瑞，赵风云. 云南中华蜜蜂与意大利蜜蜂的蜂蜜孢粉学和营养生态位 [J]. 应用生态学报，2013，24 (1)：205 – 210]

Liu ZZ，Liu AM. Introduction of the major nectar plants of China [J]. *Apicultural Science and Technology*，2002，3：39 – 40. [刘珍珍，刘安民. 我国部分主要蜜源植物简介 [J]. 养蜂科技，2002，3：39 – 40.]

Mas F，Harper A，Horner R，*et al*. The importance of key floral bioactive compounds to honey bees for the detection and attraction of hybrid vegetable crops and increased seed yield [J]. *Journal of the Science of Food & Agriculture*，2018，98：4445 – 4453.

Pornon A，Escaravage N，Burrus M，*et al*. Using metabarcoding to reveal and quantify plant – pollinator interactions [J]. *Scientific Reports*，2016，6：27282.

Qi WZ，Mei X，Shi PZ，*et al*. The effects of different kinds of honeybee hives on honey production in *Apis cerana cerana* Fabricius [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*，2016，53 (2)：373 – 380. [邰文忠，梅绚，师鹏珍，等. 不同类型蜂箱对中华蜜蜂 *Apis cerana cerana* Fabricius 生产性能的影响 [J]. 应用昆虫学报，2016，53 (2)：373 – 380]

Qiao BS. Color Atlas of Airborne Pollens and Plants in China [M]. Beijing：Beijing Union Medical University Press，2014. [乔秉善. 中国气传花粉和植物彩色图谱 [M]. 北京：中国协和医科大学出版社，2014]

Qin M，Wang HF，Liu ZG，*et al*. Comparison of different dold resistance between *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica* [J]. *Scientia Agricultura Sinica*，2017，50 (12)：2380 – 2388. [秦明，王红芳，刘振国，等. 中华蜜蜂和意大利蜜蜂耐寒性能差异比较 [J]. 中国农业科学，2017，50 (12)：2380 – 2388]

Ren ZJ. Classification of nectar plants [J]. *Journal of Bee*，1997，6：26 – 27. [任再金. 关于蜜源植物的分类问题 [J]. 蜜蜂杂志，1997，6：26 – 27]

Semkiw P，Skowronek W，Teper D，*et al*. Changes occurring in honey during ripening under controlled conditions based on pollen analysis and electrical conductivity [J]. *Journal of Apicultural Science*，2008，52 (2)：45 – 53.

Shelley EH，Lynae PO. Pollen collection，honey production，and pollination services：Managing honey bees in an agricultural setting [J]. *Journal of Economic Entomology*，2018，111 (4)：1509 – 1516.

Soares S，Amaral JS，Oliveira MBPP，*et al*. Improving DNA isolation from honey for the botanical origin identification [J]. *Food Control*，2015，48：130 – 136.

Sun GY. Atlas of the Nectar and Pollen Plants in China [M]. Tianjin：Tianjin Science &Technology Translation & Publishing Co.，1993. [孙桂英. 中国蜜源植物花粉图谱 [M]. 天津：天津科技翻译出版公司，1993]

Wang FX. Pollen Flora of China [M]. Beijing：Science Press，1997. [王伏雄. 中国植物花粉形态 [M]. 北京：科学出版社，1997]

Wang JL，Gao CY. Tianbao Wuhua：Overview of Qinling Natural Geography [M]. Xi'an：Northwest University Press，2016. [王建林，高从宜. 天宝物华：秦岭自然地理概览 [M]. 西安：西北大学出版社，2016]

Xu WL. The Nectar and Pollen Plants of China [M]. Harbin：Heilongjiang Science and Technology Press，1992. [徐万林. 中国蜜粉源植物 [M]. 哈尔滨：黑龙江科学技术出版社，1992]

(C)1994-2021 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net