环境昆虫学报 2022，44（2）：440－445
Journal of Environmental Entomology
http：//hjkcxb. alljournals. net
doi：10. 3969/j. issn. 1674－0858. 2022. 02. 21

秦加敏，丁桂玲，黄家兴，苏睿，杨爽，宋文菲，梁铖. 云南短头熊蜂的繁育特性研究[J]. 环境昆虫学报，2022，44（2）：440－445.

云南短头熊蜂的繁育特性研究

秦加敏[1]，丁桂玲[2]，黄家兴[2]，苏　睿[1]，杨　爽[1]，宋文菲[1]，梁　铖[1*]

（1. 云南省农业科学院蚕桑蜜蜂研究所，云南蒙自 661101；
2. 中国农业科学院蜜蜂研究所，农业农村部授粉昆虫生物学重点开放实验室，北京 100093）

摘要： 短头熊蜂 *Bombus breviceps* 是云南省优势蜂种，为更好地挖掘本土熊蜂资源，繁育农业授粉蜂群，本研究从云南 3 个地区（屏边、个旧和昆明）收集短头熊蜂蜂王后，在相同条件下饲养，统计分析其蜂王产卵前期、工蜂发育期、蜂群生长特性、群势、产卵蜂王率及蜂群可应用率等繁育特性指标。结果表明：3 个地区工蜂的发育期相同，屏边地区的蜂王产卵前期最长，蜂群始见工蜂时间及工蜂数量达到 6 头、30 头和 60 头的时间也最长，均显著高于个旧地区和昆明地区（$P<0.05$）。3 个地区短头熊蜂的群势差异不显著（$P>0.05$），但昆明地区的工蜂数量最少，显著低于屏边地区和个旧地区（$P<0.05$），而子代蜂王数量显著高于屏边地区和个旧地区（$P<0.05$），雄性蜂数量显著高于屏边地区（$P<0.05$）。昆明地区的产卵蜂王率和蜂群可应用率高于屏边地区和个旧地区。总体而言，云南的短头熊蜂群势强，产卵蜂王率 75% 以上，蜂群可应用率均在 63% 以上，易于人工繁育，具有重要的授粉利用价值。

关键词： 熊蜂；饲养；农业授粉；地理分布
中图分类号： Q965；S89　　**文献标识码：** A　　**文章编号：** 1674－0858（2022）02－0440－06

Colony reproductive characteristics of *Bombus breviceps* in Yunnan of China

QIN Jia-Min[1]，DING Gui-Ling[2]，HUANG Jia-Xing[2]，SU Rui[1]，YANG Shuang[1]，SONG Wen-Fei[1]，LIANG Cheng[1*]（1. Sericulture and Apiculture Research Institute，Yunnan Academy of Agricultural Sciences，Mengzi 661101，Yunnan Province，China；2. Key Laboratory for Insect-Pollinator Biology of the Ministry of Agriculture and Rural Affairs，Institute of Apiculture，Chinese Academy of Agricultural Sciences，Beijing 100093，China）

Abstract: *Bombus breviceps* is the dominant bumblebee species in Yunnan Province of China. To make better use of native bumblebees and provide commercial colonies for pollination，the queens of *B. breviceps* were collected from three different regions of Yunnan Province（Pingbian，Gejiu and Kunming）and reared under the same laboratory conditions. The colony development traits were recorded and compared，including the period for queen's first oviposition；the developmental time for the first batch of workers；the intervals from colony initiation to colony sizes of 6，30 and 60 workers；colony size；the egg laying rate of field-collected queens and the saleable colony production rate（rate of colonies with no less than 50～60 workers）. The development period of the first batch of workers showed no significant difference（$P>0.05$）. The period for first oviposition and intervals from colony initiation to colony sizes of 6，30 and

基金项目： 国家自然科学基金项目（31860685）；云南省农业科学院应用基础研究专项（YJM201807）；国家蜂产业技术体系建设专项（CARS－45－SYZI7）；云南省科技厅－云南大学联合基金我（2019FY003026）
作者简介： 秦加敏，男，云南宣威人，硕士，助理研究员，研究方向为熊蜂生物学及应用，E－mail：qjm20122@163. com
[*] **通讯作者** Author for correspondence：梁铖，硕士，副研究员，研究方向为蜂学，E－mail：lc@yaas. org. cn
收稿日期 Received：2020－12－01；**接受日期** Accepted：2021－01－18

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

60 workers were significantly longer in colonies initiated by queens collected from Pingbian than that from Gejiu and Kunming ($P<0.05$). There were no significant difference in colony sizes ($P>0.05$), while colonies initiated by queens collected from Kunming produced remarkably less number of workers and higher number of gynes than that from Pingbian and Gejiu ($P<0.05$). They also produced more males than that from Pingbian ($P<0.05$). The egg laying rate of queens and the saleable colony production rate from Kunming was higher than that from Pingbian and Gejiu. Overall, the colony sizes of *B. breviceps* were large in the three regions, with oviposition rate, and the availability colony rate were more than 75%, and 63%, respectively. This study indicated that *B. breviceps* had the potential for commercial rearing.

Key words: Bumblebee; rearing; agricultural pollination; geographical distribution

熊蜂是重要的传粉昆虫，繁育熊蜂为农作物授粉，是生产绿色农产品的配套技术，可以降低劳动成本，减少外源植物激素的应用。随着设施农业和熊蜂商品化的发展，熊蜂对温室作物的授粉服务变得越来越重要，需求量日益增加（Velthuis and van Doorn，2006；Yoon and Lee，2014）。全球约有 260 种熊蜂（Cameron and Sadd，2020），而被驯化推广应用的只是其中少数几种，包括欧洲的地熊蜂 *Bombus terrestris*，中国的兰州熊蜂 *B. lantschouensis* 和密林熊蜂 *B. patagiatus*，美国的 *B. impatiens*（黄家兴和安建东，2018；Campbell *et al.*，2019）。全球熊蜂资源丰富，可生产应用的物种较少，其原因主要与熊蜂的繁育特性有关。目前，欧洲的地熊蜂是全球范围内商业化应用最多的授粉熊蜂（Velthuis and van Doorn，2006）。研究表明，地熊蜂在日本、澳大利亚、新西兰、以色列、智利等多个国家已经造成了生物入侵，与本土熊蜂竞争食物和栖息场所，甚至同本土熊蜂杂交，导致不孕和子代退化（谢正华和唐亚，2009；Tsuchida *et al.*，2019）。中国研究发现，地熊蜂能够干扰本土熊蜂正常交尾，具有较高的生殖干扰风险（袁晓龙等，2018）。鉴于此，挖掘本土熊蜂资源，繁育农业授粉蜂群至关重要。

熊蜂属 *Bombus* 内除拟熊蜂亚属 *Psithyrus* 物种外均为初级社会性昆虫，大多数熊蜂一年发生一代。早春，蜂王出蛰采集食物，卵巢发育后选址筑巢，产第 1 批卵并独自哺育，第 1 批工蜂出房后协助蜂王培育后代，外出采集食物，蜂王留在巢内专职产卵。夏末，蜂群快速壮大，培育子代雄性蜂和蜂王，子代蜂王交尾后进入滞育状态，持续 6～9 个月，老蜂王、工蜂和雄性蜂陆续死亡，蜂群自然解体消亡（Alford，1969；Beekman and Stratum，2000）。熊蜂广泛分布于欧洲、亚洲和美洲大陆，甚至在北极圈以南 88 km 的地方也有分布（Williams，1998），不同的熊蜂种间繁育特性差异较大，中国本土红光熊蜂 *B. ignitus*、密林熊蜂、火红熊蜂 *B. pyrosoma*、重黄熊蜂 *B. picipes* 和兰州熊蜂在人工饲养条件下，产卵蜂王率高，工蜂数量都在 110 头以上，雄性蜂数量在 160 头以上，子代蜂王数量在 30 头以上，易于人工驯养；而朝鲜熊蜂 *B. koreanus*、斯熊蜂 *B. sichelii*、黑尾熊蜂 *B. melanurus* 及富丽熊蜂 *B. opulentus* 的产卵蜂王率和成群率低（安建东等，2010）。同一物种因地理分布的不同繁育特性也存在差异。安纳托利亚地区的地熊蜂在室内饲养，平均每群只产生蜂王 27.8 头，工蜂 131.5 头，雄性蜂 332 头（Yeninar and Kaftanoglu，1997）；而中国新疆西部地区捕获的地熊蜂室内饲养，每群平均产生蜂王 151 头，工蜂 296 头，雄蜂 450 头（Zhang *et al.*，2018）。因此，开展熊蜂的繁育特性研究对于挖掘本土熊蜂资源和开发新的农业授粉蜂种是极为重要的。

短头熊蜂 *B. breviceps* 隶属于阿熊蜂亚属 *Alpigenobombus*，主要分布在中国南方及东南亚地区（Williams *et al.*，2009；Naeem *et al.*，2019），通过体色模式变化分析表明中国西南山地是该物种的多样性中心（Williams，2007；Williams *et al.*，2009）。云南省自然地理环境复杂多样，气候独特，熊蜂物种资源丰富，在所记录的 35 种熊蜂中，短头熊蜂地理分布跨越多个气候带和生物地理区划，为众多野生植物和农作物的重要传粉者，是境内优势熊蜂种（梁铖等，2018）。近年来，短头熊蜂被成功繁育，其群势强，是一种新的具有较大农业授粉应用潜能的本土传粉蜂资源（Liang *et al.*，2020）。但不同地理分布的短头熊蜂的繁育特性是否存在差异，目前还不清楚。因此，本研究收集云南不同地区的短头熊蜂蜂王进行人工饲养，比较分析其繁育特性，旨在为本土熊蜂资源的繁育技术集成和推广提供参考，对我国熊蜂种质资源保护和开发应用具有重要意义。

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

1 材料与方法

1.1 实验材料

于 2019 年 3 – 4 月在云南屏边、个旧和昆明 3 个地区抓捕出蛰约 7 d 的野生短头熊蜂蜂王，用 GPS 记录地理位置信息，采集信息见表 1。

1.2 数据收集

将捕获的蜂王放入同一间饲养室，室内温度 29 ± 1℃，相对湿度 60% ±5%，每隔一天饲喂一次 50% 蔗糖溶液（w/w）和新鲜花粉团，每次饲喂时观察并记录蜂群以下几项发育指标。

表 1 云南省不同地区短头熊蜂蜂王的数量

Table 1 The number of *Bombus breviceps* queens from different regions of Yunnan

采集地 Collection regions	海拔（m） Elevation	经度 Longitude	纬度 Latitude	蜂王数量（头） Number of queens
屏边 Pingbian	1 015	E103. 6306°	N23. 0245°	52
个旧 Gejiu	2 096	E103. 1886°	N23. 3990°	29
昆明 Kunming	2 011	E102. 6337°	N25. 0620°	19

产卵前期：从开始饲养蜂王到见到第 1 个卵包的间隔天数；工蜂发育历期：主要记录第 1 批工蜂卵、幼虫、蛹的发育时间；卵期：从见卵包到卵包明显变大，蜡被内可见小幼虫时的间隔天数；幼虫期：小幼虫时到大幼虫吐丝做茧时的天数；蛹期：从吐丝做茧的次日到工蜂出房时的间隔天数；始见工蜂时间，从开始饲养到第 1 头工蜂出房的间隔天数；产卵蜂王率：产卵蜂王占试验蜂王的比例；蜂群可应用率：工蜂数量 50 ~ 60 头并且蜂王健康、产卵正常的蜂群占试验蜂王总数的比例（Gurel *et al.*，2012）。工蜂、雄性蜂和子代蜂王的数量：每个蜂群最终羽化出房的工蜂、雄性蜂和子代蜂王的数量。

1.3 数据分析

用 Excel 2010 软件整理数据，绘制图表；不同地区短头熊蜂繁育特性指标采用 SPSS 17. 0 软件中单因素方差分析及 LSD 显著性检验。试验数据以平均值 ± 标准误（$\bar{x} \pm SE$）表示。

2 结果与分析

2.1 蜂王产卵前期和工蜂发育期

熊蜂是完全变态昆虫，个体发育经历卵、幼虫、蛹和成虫四个阶段。数据分析显示，在相同的饲养条件下，3 个不同地区短头熊蜂第 1 批出房工蜂的卵期、幼虫期和蛹期差异不显著（$P > 0.05$）；屏边地区的蜂王产卵前期时间最长（15. 2 ± 13. 1 d），显著高于个旧地区（9. 6 ± 4. 9 d）和昆明地区（8. 9 ± 3. 7 d）（$P < 0.05$），个旧和昆明两地区短头熊蜂蜂王产卵前期差异不显著（$P > 0.05$）（表 2）。

表 2 云南省不同地区短头熊蜂第 1 批工蜂发育历期

Table 2 Developmental time of the first generation of worker brood of *Bombus breviceps* from different regions of Yunnan

采集地 Collection regions	蜂群数量 Number of colonies	产卵前期（d） Pre-oviposition	卵期（d） Eggs	幼虫期（d） Larvae	蛹期（d） Pupae
屏边 Pingbian	47	15. 2 ± 13. 1 a	4. 1 ± 1. 2 a	10. 6 ± 2. 4 a	12. 7 ± 2. 3 a
个旧 Gejiu	22	9. 6 ± 4. 9 b	3. 8 ± 1. 1 a	10. 5 ± 2. 3 a	12. 8 ± 2. 2 a
昆明 Kunming	18	8. 9 ± 3. 7 b	4. 0 ± 1. 1 a	10. 2 ± 1. 9 a	12. 8 ± 1. 7 a

注：同列比较，小写字母不同表示差异显著，$P < 0.05$，下表同。Note: Different case letters was significant difference ($P < 0.05$). Same below.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

2.2　蜂群生长特性

在相同饲养条件下，屏边地区的短头熊蜂蜂王组建的蜂群始见工蜂历时最长（43.7 ± 14.0 d），显著高于个旧地区（36.7 ± 5.9 d）和昆明地区（36.0 ± 5.9 d）（$P < 0.05$），蜂群工蜂数量达到6头、30头和60头的历时最长，显著高于个旧和昆明两个地区（$P < 0.05$）。个旧和昆明两个地区短头熊蜂蜂群始见工蜂时间及工蜂数量达到6头、30头和60头历时差异不显著（$P > 0.05$）（表3）。

表3　云南省不同地区短头熊蜂蜂群生长特性比较

Table 3　Comparison of colony development characteristics of *Bombus breviceps* colonies from different regions of Yunnan

采集地 Collection regions	始见工蜂（d） First worker emergence	蜂群数量 Number of colonies	6头工蜂（d） Colony size of 6 workers	30头工蜂（d） Colony size of 30 workers	60头工蜂（d） Colony size of 60 workers
屏边 Pingbian	43.7 ± 14.0 a	33	58.2 ± 15.2 a	82.3 ± 17.7 a	97.9 ± 19.2 a
个旧 Gejiu	36.7 ± 5.9 b	21	49.5 ± 9.4 b	72.2 ± 9.4 b	87.8 ± 11.3 b
昆明 Kunming	36.0 ± 5.9 b	16	48.7 ± 8.4 b	71.4 ± 9.7 b	86.8 ± 9.6 b

2.3　产卵蜂王率和蜂群可应用率

在相同的饲养条件下，昆明地区的短头熊蜂产卵蜂王率为94.7%，依次高于屏边地区（90.4%）和个旧地区（75.9%）。三地的短头熊蜂蜂群可应用率均超过60%，从高到低依次是昆明地区84.2%，个旧地区72.4%，屏边地区63.5%（图1）。

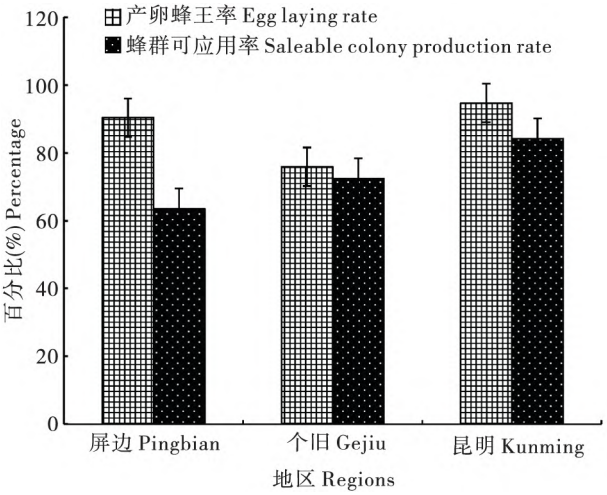

图1　云南省不同地区短头熊蜂产卵蜂王率和蜂群可应用率

Fig. 1　Egg laying rate and the saleable colony production rate of *Bombus breviceps* from different regions of Yunnan

2.4　群势

在相同的饲养条件下，昆明地区的短头熊蜂蜂群工蜂数量最少（313 ± 88 头），显著低于屏边地区（426 ± 185 头）和个旧地区（462 ± 137 头）（$P < 0.05$），但子代蜂王数量（50 ± 31 头）显著高于屏边地区（31 ± 23 头）和个旧地区（28 ± 22 头）（$P < 0.05$），雄性蜂数量（670 ± 185 头）也显著高于屏边地区（464 ± 245 头）（$P < 0.05$），但与个旧地区（564 ± 299 头）相比差异不显著（$P > 0.05$），3个地区短头熊蜂的群势（三型蜂数量之和）差异不显著（$P > 0.05$）（表4）。

表4　云南省不同地区短头熊蜂的群势

Table 4　Colony sizes of *Bombus breviceps* from different regions of Yunnan

采集地 Collection region	蜂群数量 Number of colonies	工蜂数量（头） Number of workers	子代蜂王数量（头） Number of queens	雄性蜂数量（头） Number of males	蜂群群势（头） Colony size
屏边 Pingbian	28	426 ± 185 a	31 ± 23 a	464 ± 245 a	920 ± 299 a
个旧 Gejiu	16	462 ± 137 a	28 ± 22 a	564 ± 299 ab	1 053 ± 310 a
昆明 Kunming	15	313 ± 88 b	50 ± 31 b	670 ± 185 b	1 033 ± 217 a

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

3 结论与讨论

短头熊蜂是云南境内的优势蜂种，其群势大，分布广，说明其有较强环境适应性（Liang *et al.*，2020）。本实验采集的蜂王均来自云南境内，但在相同的饲养条件下蜂王产卵前期、蜂群发育历期、三型蜂数量等方面存在显著性差异，可能与采样地点的生境差异有关。3 个采样地点，在自然地理、气候和生物区划方面是不同的。昆明位于云南北部，屏边和个旧位于南部，南北纬度相隔约 2 度，气候方面昆明属于北亚热带，个旧属于中亚热带，屏边属于南亚热带（段旭等，2011），云南熊蜂地理区划中个旧和屏边属于同一小区，与昆明不同，也就是说个旧、屏边与昆明熊蜂物种组成不相似（梁铖等，2018），其次在云南植物地理区划方面，也属于不同的小区（Li *et al.*，2015），存在不同的蜜粉源植物。昆明地区的工蜂数量最少，明显少于屏边和个旧地区，这可能是南、北两地不同的气候环境引起短头熊蜂的生物学特性的变化。

蜂王的产卵前期对人工饲养的效率产生影响，是评价饲养技术和蜂种特性重要的指标。屏边地区短头熊蜂蜂王产卵前期和始见工蜂时间均最长，其次是个旧，昆明地区最短，除了生物学特性的差异，也可能与当地熊蜂蜂王本身的健康状况有关。本研究短头熊蜂蜂王产卵前期和始见工蜂时间比欧洲地熊蜂 *Bombus terrestris* 蜂王产卵前期（6.9 ~ 11.2 d）和始见工蜂时间（27.3 ~ 34.2 d）略长（Imran *et al.*，2017），在繁育可应用蜂群上可能需要更长的时间。此外，无病虫害的蜂王产卵前期较短，蜂群的成群率高，有病虫害的蜂王往往推迟产卵，蜂群的成群率低（Imhoof and Schmid，1999）。泰国北部的短头熊蜂被熊蜂微孢子虫 *Nosema bombi* 和东方蜜蜂微孢子虫 *Nosema ceranae* 感染（Sinpoo *et al.*，2019），同属东南亚的云南短头熊蜂是否被感染而导致蜂王产卵前期不同，还有待进一步研究。尽管屏边地区的蜂王产卵前期时间显著高于昆明和个旧两个地区，但并不影响蜂群的整体群势。

熊蜂的进化程度比较低，对环境变化的调控能力差，其发育状况受环境因素的影响很大（Gurel and Gosterit，2008），相同的饲养条件下 3 个不同地区的短头熊蜂工蜂个体发育的卵期、幼虫期、蛹期均没有显著性差异。然而，在人工饲养条件下，开箱检查和饲喂食物可能影响蜂王对卵和幼虫的保温作用，进而影响卵的孵化和幼虫发育，工蜂的发育期与自然界是否相似，有待进一步研究。

在相同的饲养条件下，短头熊蜂产卵蜂王率从高到低依次为昆明、屏边和个旧，昆明和个旧两地的蜂群可应用率皆高于屏边，昆明地区所有成群的蜂群均能达到市场可应用要求（Gurel *et al.*，2012）。尽管昆明地区的工蜂数量明显少于个旧和屏边，蜂王数量明显高于个旧和屏边两个地区，但3 个地区蜂群的群势没有显著差异。与其它人工饲养的熊蜂相比，3 个地区短头熊蜂工蜂数量均高于欧洲地熊蜂及我国北方的密林熊蜂、红光熊蜂和兰州熊蜂（Zhang *et al.*，2018）。昆明地区短头熊蜂工蜂数量与美国的 *B. impatiens* 相近，但子代蜂王和雄性蜂数量较多（Cnaani *et al.*，2002）。云南 3 个地区的短头熊蜂在群势上都具有明显优势，在为花朵数量多的作物授粉可能更占优势。但产生子代蜂王的数量与欧洲地熊蜂及我国北方的本土熊蜂相比还有差距，在种群扩大方面还需加强优良蜂王培育技术研究。

总之，云南不同地区短头熊蜂的人工繁育特性存在差异，可能存在南、北两个类群，但这还需要进一步开展生物学特性和系统发育生物学研究。云南短头熊蜂群势强，易于人工繁育，具有重要的授粉利用价值，本研究结果可为云南短头熊蜂的繁育技术集成和推广提供参考，进而为云南设施花卉、水果、蔬菜、坚果及中药材等产业提供授粉服务，助力云南高原特色现代农业高质量发展。

参考文献（References）

Alford DV. A study of the hibernation of bumblebees (Hymenoptera: Bombidae) in Southern England [J]. *Journal of Animal Ecology*, 1969, 38: 149 – 170.

An JD, Huang JX, Williams PH, *et al.* Species diversity and colony characteristics of bumblebees in the Hebei region of North China [J]. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 2010, 21 (6): 1542 – 1550. [安建东，黄家兴，Paul H Williams，等. 河北地区熊蜂物种多样性与蜂群繁育特性 [J]. 应用生态学报，2010，21 (6): 1542 – 1550]

Beekman M, Van Stratum P. Does the diapause experience of bumblebee queens *Bombus terrestris* affect colony characteristics? [J] *Ecological Entomology*, 2000, 25: 1 – 6.

Cameron SA, Sadd BM. Global trends in bumble bee health [J].

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

Annual Review of Entomology, 2020, 65: 209 – 232.

Campbell JW, Bammer M, Bustamante TA, *et al.* The health of commercial *Bombus impatiens* (Hymenoptera: Apidae) colonies after foraging in florida watermelon and blueberry [J]. *Environmental Entomology*, 2019, 48 (5): 1197 – 1202.

Cnaani J, Schmid – Hempel R, Schmidt JO. Colony development, larval development and worker reproduction in *Bombus impatiens* Cresson [J]. *Insectes Sociaux*, 2002, 49: 164 – 170.

Duan X, Tao Y, Duan CC. A fine mesh climate division and the selection of representative climate stations in Yunan Province [J]. *Transactions of Atmospheric Sciences*, 2011, 34 (3): 336 – 342. [段旭，陶云，段长春. 云南省细网格气候区划及气候代表站选取 [J]. 大气科学学报，2011，34 (3)：336 – 342]

Gurel F, Gosterit A. Effects of temperature treatments on the bumblebee (*Bombus terrestris* L.) colony development [J]. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2008, 21 (1): 75 – 78.

Gurel F, Karsli BA, Gosterit A. Effects of three kinds of sugar syrups on colony development of bumblebee (*Bombus terrestris* L.) [J]. *Journal of Apicultural Science*, 2012, 56 (2): 13 – 18.

Huang JX, An JD. Species diversity, pollination application and strategy for conservation of the bumblebees of China [J]. *Biodiversity Science*, 2018, 26 (5): 486 – 497. [黄家兴，安建东. 中国熊蜂多样性、人工利用与保护策略 [J]. 生物多样性，2018，26 (5)：486 – 497]

Imhoof B, Schmid – Hempel P. Colony success of the bumble bee, *Bombus terrestris*, in relation to infections by two protozoan parasites, *Crithidia bombi* and *Nosema bombi* [J]. *Insectes Sociaux*, 1999, 46: 233 – 238.

Imran M, Ahmad M, Naeem M, *et al.* Effect of different types of boxes on rearing of bumble bee, *Bombus terrestris* [J]. *Pakistan Journal of Zoology*, 2017, 49 (1): 169 – 174.

Li R, Kraft NJB, Yang J, *et al.* A phylogenetically informed delineation of floristic regions within a biodiversity hotspot in Yunnan, China [J]. *Scientific Reports*, 2015, 5: 9396.

Liang C, Ding GL, Huang JX, *et al.* Characteristics of the two Asian bumblebee species *Bombus friseanus* and *Bombus breviceps* (Hymenoptera: Apidae) [J]. *Insects*, 2020, 11: 163.

Liang C, Zhang XW, Huang JX, *et al.* Biogeography and species diversity of bumblebees in Yunnan, Southwest China [J]. *Chinese Journal of Applied Entomology*, 2018, 55 (6): 1045 – 1053. [梁铖，张学文，黄家兴，等. 云南熊蜂地理区划及物种多样性分析 [J]. 应用昆虫学报，2018，55 (6)：1045 – 1053]

Naeem M, Liu MJ, Huang JX, *et al.* Vulnerability of East Asian bumblebee species to future climate and land cover changes [J]. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 2019, 277: 11 – 20.

Sinpoo C, Disayathanoowat T, Williams PH, *et al.* Prevalence of infection by the microsporidian *Nosema* spp. in native bumblebees (*Bombus* spp.) in northern Thailand [J]. *PLoS ONE*, 2019, 14 (3): e0213171.

Tsuchida K, Yamaguchi A, Kanbe Y, *et al.* Reproductive interference in an introduced bumblebee: Polyandry may mitigate negative reproductive impact [J]. *Insects*, 2019, 10: 59.

Velthuis H, van Doorn A. A century of advances in bumblebee domestication and the economic and environmental aspects of its commercialization for pollination [J]. *Apidologie*, 2006, 37: 421 – 451.

Williams PH, Cameron SA, Hines HM, *et al.* A simplified subgeneric classification of the bumblebees (genus *Bombus*) [J]. *Apidologie*, 2008, 39 (1): 46 – 74.

Williams PH, Tang Y, Yao J, *et al.* The bumblebees of Sichuan (Hymenoptera: Apidae, Bombini) [J]. *Systematics & Biodiversity*, 2009, 7 (2): 101 – 190.

Williams PH. An annotated checklist of bumble bees with an analysis of patterns of description (Hymenoptera: Apidae, Bombini) [J]. *Bulletin of the Natural History Museum Entomology*, 1998, 67 (1): 79 – 152.

Williams PH. The distribution of bumblebee colour patterns worldwide: Possible significance for thermoregulation, crypsis, and warning mimicry [J]. *Biological Journal of the Linnean Society*, 2007, 92: 97 – 118.

Xie ZH, Tang Y. The progress in the study of *Bombus terretris* invasion [J]. *Journal of Environmental Entomology*, 2009, 31 (4): 374 – 380. [谢正华，唐亚. 欧洲熊蜂 *Bombus terretris* 入侵研究进展 [J]. 环境昆虫学报，2009，31 (4)：374 – 380]

Yeninar H, Kaftanoglu Q. Colony development of anatolian bumblebees (*Bombus terrestris*) under laboratory conditions [J]. *Acta Horticulturae*, 1997, 437 (437): 277 – 282.

Yoon HJ, Lee KY. A combination method of CO_2 – narcosis and cold treatment for breaking diapause of *Bombus ignitus* and *Bombus terrestris* bumblebee queens [J]. *International Journal of Industrial Entomology*, 2014, 28 (2): 58 – 65.

Yuan XL, Naeem M, Zhang H, *et al.* Evaluation of reproductive disturbance to Chinese bumblebees by the European bumblebee, *Bombus terrestris* (Hymenoptera: Apidae) [J]. *Acta Entomologica Sinica*, 2018, 61 (3): 348 – 359. [袁晓龙，Muhammad Naeem，张红，等. 欧洲地熊蜂对我国本土熊蜂的生殖干扰评估 [J]. 昆虫学报，2018，61 (3)：88 – 99]

Zhang H, Zhou ZY, Huang JX, *et al.* Queen traits and colony size of four bumblebee species of China [J]. *Insectes Sociaux*, 2018, 65: 537 – 547.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net