

应用蜜蜂营养杂交技术培育抗螨蜂种

谢宪兵^{1,3}, 彭文君², 曾志将¹

(¹江西农业大学蜜蜂研究所, 南昌 330045; ²中国农业科学院蜜蜂研究所, 北京 100093; ³泉州师范学院, 福建泉州 362000)

摘要:【目的】大蜂螨是中国饲养的西方蜜蜂最重要病虫害之一, 多年来药物防治蜂螨, 一方面蜜蜂对药物产生了很强的抗药性, 另一方面治螨药物在一定程度上会污染蜂产品。本研究通过蜜蜂营养杂交, 探讨培育抗螨蜂种的可行性。【方法】采用中华蜜蜂的蜂王浆饲喂意大利蜜蜂工蜂小幼虫, 然后测定营养杂交后代工蜂形态指标、苹果酸脱氢酶 II 的基因型频率和基因频率、蜂群遗传相似系数以及抗螨力。【结果】营养杂交子后代工蜂的吻长、右前翅面积、腹部第 3+4 背板总长、第 4 背板突间距、第 6 腹节面积、蜡镜面积 6 个指标与亲本工蜂之间存在显著差异, 但肘脉指数、跗节指数和翅钩数与亲本差异不显著; 营养杂交子后代工蜂的苹果酸脱氢酶 II 基因型频率和基因频率存在一定的变异; 营养杂交子后代之间遗传相似系数明显高于亲本意大利蜜蜂; 营养杂交子后代的工蜂抗螨力显著高于亲本意大利蜜蜂。【结论】通过蜜蜂营养杂交, 可以改变营养杂交后代工蜂形态、生理生化、分子遗传相似性及抗螨力等特性。蜜蜂营养杂交可成为蜜蜂育种一条新途径。

关键词: 蜜蜂; 大蜂螨; 营养杂交

Breeding of Mite-Resistant Honeybee by Using Nutritional Crossbreed Technology

XIE Xian-bing^{1,3}, PENG Wen-jun², ZENG Zhi-jiang¹

(¹Honeybee Research Institute, Jiangxi Agricultural University, Nanchang 330045; ²Institute of Apicultural Research, Chinese Academy of Agricultural Science, Beijing 100093; ³College of Quanzhou Normal, Quanzhou 362000, Fujian)

Abstract: 【Objective】Mite (*Varroa destructor*) is one of the most serious parasite threatening the honey bee (*Apis mellifera*) reared in China. As drugs are used to control and kill the mite for many years, so the honey products may be contaminated and the mite is becoming drug-resistant. The main objective of this study is to explore the possibility to rear the mite-resistant honeybee by the nutritional crossbreed. 【Method】Breed the larvae (*Apis mellifera ligustica*) with the royal jelly of *Apis carana carana*, and then measure the morphological index of the worker generation, genotypic frequency and gene frequency of the MDH II, genetic resemblance and mite resistance. 【Result】Compared with the parent workers, the proboscis length, anterior wing area, the total length of 3rd and 4th dorsal plate of abdominal, the length of 4th dorsal plate tuberculum, the area of 6th abdominal segment, the area of wax mirrors are significantly different, but the differences of the brachium index, dactylus index and wing claw were not significant. And there are some mutation in the genotypic frequency and gene frequency of the MDH II. The mite resistance of the nutritional crossbreed worker is significantly higher. 【Conclusion】The morphological, physical and biochemical character, genetic resemblance and the mite resistant ability of the worker generation can be changed by nutritional crossbreed. The nutritional crossbreed can be a new way to breed the honeybee.

Key words: Honey bee; *Varroa destructor*; Nutritional crossbreed

0 引言

【研究意义】狄斯瓦螨 (*Varroa destructor*) 俗称

大蜂螨。受大蜂螨危害的蜂群, 轻者蜂群群势迅速削弱, 生产力迅速下降, 重者蜂群全群覆灭。自从 1958 年在中国饲养的蜂群中发现大蜂螨后, 由于蜂群转地

收稿日期: 2007-07-09; 接受日期: 2007-10-15

基金项目: 国家“948”项目(2006-G19-2)以及江西省农业科技攻关资助项目(20060125)

作者简介: 谢宪兵(1980-), 男, 江西吉安人, 博士研究生, 研究方向为蜜蜂生物学。Tel: 0791-3848342; E-mail: xbxbees@163.com。通讯作者曾志将(1965-), 男, 江西吉水人, 博士, 教授, 研究方向为蜜蜂生物学。Tel: 0791-3813044。E-mail: bees1965@sina.com

饲养的特性, 大蜂螨在短短几年内蔓延全国。为了及时控制和治理蜂群, 几十年来, 中国主要是用药物来防治大蜂螨。不可否认用药物治螨起了一定的积极作用, 但也存在以下不足之处: 蜂螨对治螨药物易产生抗性, 使药效逐渐降低。特别是近些年来, 养蜂者发现蜂群抗药性特别明显; 药物治螨只能把蜂螨控制在低水平, 而不能根治蜂螨, 因此养蜂者必须每年用药物治螨 2~3 次; 有些治螨药物对蜂产品有污染作用。显然单靠药物治螨是不够的, 还必须寻找其它途径来防治蜂螨, 其中抗螨育种是最有希望的途径之一。目前中国饲养的主要有 2 个蜂种, 即中华蜜蜂 (*Apis cerana cerana*, 简称中蜂) 和意大利蜜蜂 (*Apis mellifera ligustica*, 简称意蜂), 中蜂对大蜂螨有很强的抗性, 但大蜂螨是中国饲养的西方蜜蜂最重要病虫害之一。由于中蜂和意蜂是两个独立种, 显然不可能利用常规杂交育种方法, 来培育抗大蜂螨的意蜂新品种。然而在蜜蜂中, 有一种特殊的杂交方式—蜜蜂营养杂交(又称为蜜蜂无性杂交)。利用蜜蜂营养杂交方法来探索蜜蜂抗螨育种新途径, 对蜜蜂育种具有重要意义。【前人研究进展】蜜蜂营养杂交是指当把甲蜂种(或品种)的幼虫放入乙蜂种(或品种)群饲喂后, 由甲蜂种(或品种)幼虫发育的蜜蜂具有乙蜂种(或品种)遗传特性。人们对同一蜂种不同蜜蜂品种之间的营养杂交研究较早, 如 Smaragdova^[1]、Ruttner^[2]、Rinderer 等^[3]系统研究了西方蜜蜂不同品种之间营养杂交特性, 并发现当甲蜜蜂品种的工蜂哺育乙蜜蜂品种的幼虫后, 这些幼虫发育成的工蜂则不同程度具有甲蜜蜂品种的形态和体色特性。国内许多养蜂工作者利用中国同时大量饲养中蜂和意蜂的优势, 先后进行过中蜂与意蜂之间的营养杂交试验, 并且也发现: 当把中蜂幼虫放入意蜂群中饲喂后, 中蜂腹部出现了意蜂特有的 2~3 条浅黄环; 同理当把意蜂幼虫放入中蜂群中饲喂后, 结果意蜂也具有中蜂某些体色特性^[4-7]。本研究尝试利用蜜蜂营养杂交原理, 以中蜂的蜂王浆饲喂意蜂工蜂小幼虫, 来培育意蜂抗大蜂螨的新品种。【本研究切入点】前人对蜜蜂营养杂交研究工作主要集中在工蜂形态和体色方面, 本研究从形态、生化、分子水平上研究中蜂和意蜂营养杂交特性。【拟解决的关键问题】以中蜂的蜂王浆饲喂意蜂工蜂小幼虫, 研究中蜂和意蜂营养杂交的生物学特性, 同时探索培育意蜂抗螨蜂种的可行性。

1 材料与方 法

1.1 材 料

试验蜂群为江西农业大学蜜蜂研究所饲养的中蜂与意蜂。蜂螨危害较严重的意蜂购于江西靖安蜂场, 用来提供试验所需的蜂螨。

1.2 方 法

1.2.1 蜜蜂营养杂交 在中蜂群中加入育王框, 等工蜂清理 12 h 后, 往王台中移入中蜂的小幼虫。24 h 后, 将育王框取出, 轻轻取出王台中小幼虫, 保留王台中的蜂王浆, 马上移入亲本意蜂蜂群中的 1 日龄的小幼虫, 把育王框插入中蜂群中哺育约 12 h, 抽出育王框, 轻轻抖落育王框上的中蜂, 并将育王框插入亲本意蜂群中继续哺育。然后定期人工饲喂中蜂新鲜王浆。王台封盖后第 4 天, 选择外形大的王台安装在框式贮王笼中, 并把框式贮王笼放入亲本意蜂群中。待处女蜂王成熟时, 取意蜂雄蜂的精液, 对营养杂交意蜂处女蜂王进行人工受精。处女蜂王人工受精后, 放入已经组织好的小群中。蜂群巢门口安上隔王栅, 防止蜂王出巢自然交尾, 蜂王产卵培育的后代即为营养杂交子 1 代。用同样的方法, 可培育营养杂交 2 代。

1.2.2 工蜂外部形态测定 取刚出房的亲本意蜂、营养杂交 1 代和营养杂交 2 代工蜂样品, 测定工蜂的吻长、右前翅面积、肘脉指数、腹部第 3+4 背板总长、第 4 背板突间距、第 6 腹节面积、蜡镜面积、跗节指数和右前翅的翅钩数等指标。

1.2.3 工蜂苹果酸脱氢酶 II (malate dehydrogenase II, MDH II) 测定 参照文献[8]中的方法, 应用聚丙烯酰胺凝胶等电聚焦电泳技术检测亲本意蜂、营养杂交 1 代和营养杂交 2 代工蜂苹果酸脱氢酶 II 图谱, 根据 MDH II 的 6 种基因型图谱(图)确定样品的基因型, 并按以下公式计算基因型频率、等位基因频率、杂合度和纯合度。

$$\text{基因型频率} = (\text{某基因型数目} / \text{测定的样本总数}) \times 100\%$$

$$\text{基因频率 } a\% = aa\% + ab\% / 2 + ac\% / 2; \quad b\% = bb\% + ab\% / 2 + bc\% / 2; \quad c\% = cc\% + bc\% / 2 + ac\% / 2$$

$$\text{杂合度} = ab\% + bc\% / +ac\%; \quad \text{纯合度} = 1 - \text{杂合度} = aa\% + bb\% + cc\%$$

1.2.4 遗传相似系数测定 参照文献[9]的方法, 应用上海生物工程有限公司合成的 AW20424: GAAACGGGTG; AW20425: ACGGATCCTG; AW20426: TGAGCCTCAC; AW20427: CACCCGGATG; AW20428: GGTCCGAGAA; AW20429: TGGTCGCAGA; AW20430: TGTTCCACGG; AW20431: CCCTACCGAC; AW20432:

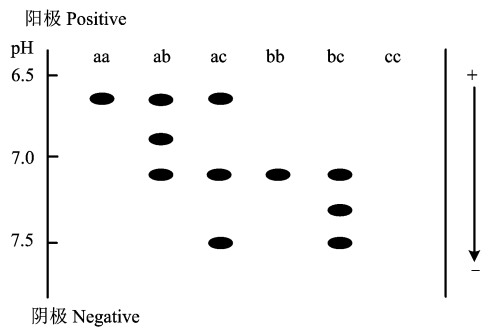


图 意大利蜜蜂 MDH II 6 种基因型电泳图谱

Fig. The electrophoretic band of six genotypes of MDH II in *Apis mellifera ligustica*

TTTGCCCGGT; W16754: CGGCCCGGGT 10 个随机引物进行随机扩增多态 DNA (random amplified polymorphic DNA, RAPD) 分析。根据蜜蜂 DNA 的 RAPD 电泳结果, 把有带的记为 1, 无带的记为 0, 建立数据库。利用 Excel, 计算亲本意蜂、营养杂交 1 代和营养杂交 2 代之间的遗传相似系数 $GS = 2a / (2a + b + c)$, 其中 a 为 X 和 Y 两个个体都有的多态条带数目, b 为 X 个体特有条带数, c 为 Y 个体特有条带数。

1.2.5 利用人工转螨方法检测蜂群抗螨力

1.2.5.1 接螨巢房的选择 分别从亲本意蜂、营养杂交 1 代和营养杂交 2 代蜂群中寻找即将封盖的工蜂幼虫和雄蜂幼虫各 50 个, 用幻灯片薄膜记好标记并立即放回蜂群令其自然封盖。6 h 后将新封盖子脾取出, 轻轻抖落脾上蜜蜂, 再用刚标记过的幻灯片薄膜贴于巢脾上, 查找出刚封盖不久的巢房 30 个, 用于人工转螨。

表 1 营养杂交对工蜂形态指标的影响

Table 1 Effects of morphological indexes of worker bees on nutritional crossbreed

形态指标 Morphological indexes	亲本群 Parent of <i>Apis mellifera</i> <i>ligustica</i>	营养杂交子 1 代 The first offspring of crossbreed	营养杂交子 2 代 The second offspring of crossbreed
吻长 Proboscis length (mm)	6.59±0.16 a	6.40±0.18 b	6.40±0.16 b
右前翅面积 Anterior wing area (mm ²)	15.50±0.47 a	15.20±0.53 b	15.13±0.40 b
肘脉指数 The brachium index	2.25±0.25 a	2.26±0.22 a	2.25±0.30 a
3+4 背板总长 Total length of 3rd and 4th dorsal plate of abdominal (mm)	4.71±0.14 a	4.37±0.10 b	4.39±0.11 b
第 4 背板突间距 The length of 4th dorsal plate tuberculum (mm)	4.79±0.13 a	4.55±0.16 b	4.57±0.13 b
第 6 腹节面积 The area of 6th abdominal segment (mm ²)	4.52±0.15 a	4.27±0.26 b	4.23±0.20 b
蜡镜面积 The area of wax mirrors (mm ²)	3.21±0.22 a	2.74±0.20 b	2.68±0.10 b
跗节指数 Dactylus index	0.59±0.24 a	0.58±0.15 a	0.58±0.03 a
翅钩数(个) Wing claw (No.)	20.93±1.44 a	20.87±0.92 a	20.80±1.27 a

同一行中字母相同表示差异不显著 ($P > 0.05$), 不同字母表示显著 ($P < 0.05$)。下同

The same letter in the same row indicated no significant differences ($P > 0.05$), the different letter indicated significant differences ($P < 0.05$). The same as below

1.2.5.2 人工转螨 先将昆虫针和细毛笔用 75% 的酒精消毒并令其自然干燥, 把蜂蜡放入蒸发皿中溶解。待接蜂螨巢脾平铺于桌面上, 用消过毒的昆虫针经酒精灯火尖焚烧并冷却后, 轻轻地将待接蜂螨巢房的顶盖翻起一个小孔, 孔径大小以能放入蜂螨为准。然后用细毛笔将蜂螨放入巢房内, 再将孔盖铺平, 并用另外一支细毛笔粘上液态蜂蜡把孔口刷平封口。将蜂螨转接好的巢脾放回到原蜂群, 让蜂螨和幼虫同步发育。

1.2.5.3 蜂螨繁殖情况的检查 人工转螨 12 d 后, 将转接蜂螨的巢脾去蜜蜂取出, 按前面标记找到转螨的巢房, 记录未接受的巢房数。对已接受巢房, 用昆虫针和镊子把巢房打开, 检查记录巢房中蜂螨数, 计算人工转螨繁殖率。

$$\text{人工转螨繁殖率}(\%) = (\text{巢房中蜂螨数} / \text{巢房数}) \times 100\%$$

1.2.6 蜂群自然寄生蜂螨的检测 随机分别从亲本意蜂、营养杂交 1 代和营养杂交 2 代蜂群中随即抽取 50 只工蜂和 50 只雄蜂个体, 仔细检查其腹部环节间、胸部绒毛上、翅基下有无寄生蜂螨, 并统计有寄生蜂螨的工蜂数量, 计算蜂群蜂螨自然寄生率。

$$\text{蜂螨自然寄生率}(\%) = (\text{有蜂螨寄生的蜜蜂数} / \text{检查的蜜蜂总数}) \times 100\%$$

1.2.7 数据处理 用 SPSS 统计软件统计分析, 采用 One-Way ANOVA 和 Pared-Sample *t* Test 进行相关分析。

2 结果与分析

2.1 营养杂交对工蜂形态指标的影响

由表 1 可知, 营养杂交子 1 代和营养杂交子 2 代

工蜂的吻长、右前翅面积、腹部第 3+4 背板总长、第 4 背板突间距、第 6 腹节面积、蜡镜面积 6 个指标与亲本工蜂之间存在显著的差异 ($P < 0.05$)；营养杂交子 1 代和营养杂交子 2 代工蜂的肘脉指数、跗节指数和翅钩数与亲本工蜂之间差异不显著 ($P > 0.05$)；营养杂交子 1 代和营养杂交子 2 代工蜂形态指标之间差异不显著 ($P > 0.05$)。

表 2 营养杂交对工蜂 MDH II 的影响

Table 2 Effects of MDH II of worker bees on nutritional crossbreed

试验蜂群 Test colony	基因型频率						基因频率			杂合度 Heterozygosity (%)	纯合度 Homozygous (%)
	Genotype frequency (%)						Allele frequency (%)				
	aa	ab	ac	bb	bc	cc	a	b	c		
亲本意蜂 Parent of <i>Apis mellifera ligustica</i>	0	9.4	15.6	0	25.0	50.0	12.5	17.5	70.3	50	50
营养杂交子 1 代 The first offspring of crossbreed	0	12.5	12.5	0	21.9	53.1	12.5	17.2	70.3	46.9	53.1
营养杂交子 2 代 The second offspring of crossbreed	0	18.8	18.8	0	9.4	53.1	18.8	14.1	67.2	46.9	53.1

2.3 营养杂交对遗传相似系数的影响

从表 3 可知，亲本意蜂与营养杂交子 1 代、营养杂交子 2 代遗传相似系数分别为 0.53 和 0.54，但营养杂交子 1 代与营养杂交子 2 代遗传相似系数为 0.96。这表明营养杂交对蜂群遗传相似系数有较大影响。

2.4 营养杂交对工蜂抗螨力的影响

从表 4 可知，当人工转螨后，亲本意蜂工蜂幼虫

2.2 营养杂交对工蜂 MDH II 的影响

从表 2 可知，亲本意蜂、营养杂交子 1 代和子 2 代的苹果酸脱氢酶 II 的基因型频率都是以 cc 为主，分别为 50.0%、53.1% 和 53.1%；基因频率都以 c 为主，分别是 70.3%、70.3% 和 67.2%；亲本意蜂杂合度为 50%，而营养杂交子 1 代和子 2 代分别为 46.9% 和 46.9%。

和雄蜂幼虫巢房中蜂螨繁殖率都显著高于营养杂交子 1 代和营养杂交子 2 代，但营养杂交子 1 代和 2 代之间差异不显著 ($P < 0.05$)；亲本意蜂成年工蜂和雄蜂体上蜂螨自然寄生率也都显著高于营养杂交子 1 代和营养杂交子 2 代 ($P < 0.05$)，并且营养杂交子 2 代显著高于营养杂交子 1 代 ($P < 0.05$)。

这提示蜜蜂营养杂交可以提高意蜂后代的抗螨力。

表 3 营养杂交对遗传相似系数的影响

Table 3 Effects of genetic similarity coefficient on nutritional crossbreed

遗传相似系数 Genetic similarity coefficient	亲本意蜂 Parent of <i>Apis mellifera ligustica</i>	营养杂交子 1 代 The first offspring of crossbreed	营养杂交子 2 代 The second offspring of crossbreed
亲本意蜂 Parent of <i>Apis mellifera ligustica</i>	1.00		
营养杂交子 1 代 The first offspring of crossbreed	0.53	1.00	
营养杂交子 2 代 The second offspring of crossbreed	0.54	0.96	1.00

表 4 营养杂交对工蜂抗螨力的影响

Table 4 Effects of resistibility on mite of worker bees on nutritional crossbreed

蜂螨检测方法 Way to inspect mites	组别 Groups	亲本意蜂 Parent of <i>Apis mellifera ligustica</i>	营养杂交子 1 代 The first offspring of crossbreed	营养杂交子 2 代 The second offspring of crossbreed
人工转螨繁殖率 Progenitive ratio of mite by artificial transfer (%)	工蜂幼虫 Larva of worker	76.44±1.03a	45.40±1.01b	40.50±1.40b
	雄蜂幼虫 Larva of drone	99.23±3.01a	70.60±2.60b	70.17±1.8b
蜂螨自然寄生率 Parasitival ratio of mite in colony (%)	成年工蜂 Worker	5.33±2.00a	4.00±1.08b	1.00±1.30c
	成年雄蜂 Drone	45.34±3.13a	20.00±3.50b	7.33±1.22c

3 讨论

中华蜜蜂是中国宝贵的蜂种资源^[10,11], 具有丰富的遗传多样性^[12,13]。西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 是中国养蜂生产中饲养最多的蜂种, 而蜂螨是寄生于西方蜜蜂最主要的敌害, 给中国养蜂业带来了巨大的损失, 严重影响了蜜蜂为农作物授粉和蜂产品的产量和质量^[14,15]。抗螨蜂种的选育已成为世界各国蜜蜂研究的主要目标之一^[16]。

1961 年周崧等^[17]用中蜂蜂王浆培育意蜂小幼虫, 发现羽化后的意蜂工蜂翅脉带有中蜂特征, 并推论王浆中可能有遗传信息的携带者—核酸存在。最近研究证实了蜂王浆中含有丰富的 DNA 和 RNA, 并且中蜂与意蜂蜂王浆中 DNA 呈不同多态性^[18-20]。笔者推测可能是通过蜜蜂营养杂交, 有些遗传物质已经发生了转移或得到表达, 但蜜蜂营养杂交具体机理还有待于进一步深入探讨。

4 结论

通过蜜蜂营养杂交, 营养杂交后代工蜂部分形态指标、苹果酸脱氢酶 II 的基因型频率和基因频率、蜂群遗传相似系数以及抗螨力都有不同程度的变化。蜜蜂营养杂交可成为蜜蜂育种一条新途径。

致谢: 在蜂王的人工授精过程中, 得到了吉林省养蜂科学研究所薛运波研究员的支持和帮助, 在此表示衷心感谢!

References

- [1] Smaragdova N I. Study on the brood food of worker of the bees *Apis mellifera* L., *Apis mellifera caucasica* Gorb., and of their crossbreds. Proc Inter. Beekeeping Congress 19, USSR, 1963: 109-110.
- [2] Ruttner F. *Biogeography and Taxonomy of Honeybees*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1988: 50-51.
- [3] Rinderer T E, Hellmich R L, Danka R G, Collins A M. Male reproductive parasitism: a factor in the africanization of European honey-bee populations. *Science*, 1985, 228: 1119-1121.
- [4] 李森生. 中意蜂营养杂交育种的探讨. 养蜂科技, 1982, (1): 42-44.
Li M S. Discuss on breeding of cross-feeding between *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica*. *Apicultural Science and Technology*, 1982, (1): 42-44. (in Chinese)
- [5] 吴文光. 中意蜂无性杂交试探. 养蜂科技, 1985, (1): 13-14.
Wu W G. Study on asexuality crossbreed between *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica*. *Apicultural Science and Technology*, 1985, (1): 13-14. (in Chinese)
- [6] 庄明. 中意蜂的营养杂交初试报告. 蜜蜂杂志, 1985, (3): 14.
Zhuang M. Study on cross-feeding between *Apis cerana cerana* and *Apis mellifera ligustica*. *Journal of Bee*, 1985, (3): 14. (in Chinese)
- [7] 张全华, 孙白云. 华西养蜂大全. 成都: 四川科学技术出版社, 1991.
Zhang Q H, Sun B Y. *Apiculture in Huaxi*. Chengdu: Sichuan Science and Technology Publishing House, 1991. (in Chinese)
- [8] 陈盛禄, 鲍秀良, 苏松坤, 刘艳荷. 不同类型意大利蜜蜂 MDH II 同工酶的研究. 中国工程科学, 2000, 2(1): 57-61.
Chen S L, Bao X L, Su S K, Liu Y H. Studies on malate dehydrogenase II (MDH II) Isozymes in different races of *Apis mellifera ligustica*. *Engineering Science in China*, 2000, 2(1): 57-61. (in Chinese)
- [9] 曾志将, 颜伟玉, 薛运波, 丁能水. 应用 RAPD 分析测定蜂王与雄蜂交配的数量. 经济动物学报, 2003, 7(4): 42-45.
Zeng Z J, Yan W Y, Xue Y B, Ding N S. Number of drones mated with queen determined using RAPD analysis. *Journal of Economic Animal*, 2003, 7(4): 42-45. (in Chinese)
- [10] 龚一飞, 张其康. 蜜蜂分类与进化. 福州: 福建科学技术出版社, 2000.
Gong Y F, Zhang Q K. *Taxonomy and Evolution of Honeybees*. Fuzhou: Fujian Science and Technology Press, 2000. (in Chinese)
- [11] 杨冠煌. 中华蜜蜂. 北京: 中国农业科技出版社, 2001.
Yang G H. *Chinese Honeybee*. Beijing: China Agriculture Science and Technology Press, 2001. (in Chinese)
- [12] 薛运波, 李兴安, 葛凤晨, 蒋滢, 历延芳, 李志勇, 王志. 长白山中华蜜蜂基因组 DNA 多态性的研究. 中国农业科学, 2007, 40(2): 426-432.
Xue Y B, Li X A, Ge F C, Jiang Y, Li Y F, Li Z Y, Wang Z. The study on genomic polymorphism among different groups of local Changbaishan *Apis cerana ceranas*. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(2): 426-432. (in Chinese)
- [13] 姜玉锁, 赵慧婷, 姜俊兵, 曹果清, 张桂贤, 朱文进, 郭传甲. 中国境内不同地理型东方蜜蜂线粒体 DNA tRNA^{leu}~CO II 基因多态性研究. 中国农业科学, 2007, 40(7): 1535-1542.
Jiang Y S, Zhao H T, Jiang J B, Cao G Q, Zhang G X, Zhu W J, Guo C J. Studies on mtDNA tRNA^{leu}~CO II gene holymorphisms of *Apis cerana* distributed in different geographic areas in China. *Scientia Agricultura Sinica*, 2007, 40(7): 1535-1542. (in Chinese)
- [14] 陈盛禄. 中国蜜蜂学. 北京: 中国农业出版社, 2001: 615-618.
Chen S L. *The Apicultural Science in China*. Beijing: China Agriculture Press, 2001: 615-618. (in Chinese)

- [15] 曾志将. 养蜂学. 北京: 中国农业出版社, 2003: 135-137.
Zeng Z J. *Apiculture*. Beijing: China Agriculture Press, 2003: 135-137.
(in Chinese)
- [16] Graham J M. *The Hive and The Honeybee*. Illinois: Dadant and Sons
Publication, 1993.
- [17] 牛春艳, 申春玲, 李玉海, 苏艳林. 王浆核算含量的测定和核糖核
酸的提取. 中国养蜂, 1979, (6): 17-19.
Niu C Y, Shen C L, Li Y H, Su Y L. The determination of the nucleic
acids content and the extraction of RNA in royal jelly. *Apiculture of
China*, 1979, (6): 17-19. (in Chinese)
- [18] Zeng Z J, Zou Y, Guo D S, Yan W Y. Comparison studies of DNA and
RNA in royal jelly from *Apis mellifera* and *Apis cerana*. *Indian Bee
Journal*, 2006, 68(1-4): 18-21.
- [19] 邹 阳, 黄 康, 颜伟玉, 曾志将. 中华蜜蜂王浆中 DNA 的提取
方法研究. 江西农业大学学报, 2007, 29(2): 279-281.
Zou Y, Huang K, Yan W Y, Zeng Z J. Study on method for extraction
of DNA from fresh royal jelly of *Apis cerana*. *Acta Agriculturae
Universitatis Jiangxiensis*, 2007, 29(2): 279-281. (in Chinese)
- [20] 邹 阳, 黄 康, 颜伟玉, 曾志将. 中蜂与意蜂王浆中 DNA 的
RAPD 分析. 江西农业大学学报, 2007, 29(4): 631-633.
Zou Y, Huang K, Yan W Y, Zeng Z J. The assessed by RAPD markers
of DNA in royal jelly from *Apis mellifera* and *Apis cerana*. *Acta
Agriculturae Universitatis Jiangxiensis*, 2007, 29(4): 631-633. (in
Chinese)

(责任编辑 赵利辉, 毕京翠)