



Genetic Diversity of MDH II in Different Honeybee Species 【Research report】

不同蜜蜂種的蘋果酸脫氫酶 II (MDH II) 分析【研究報告】

Xue-Feng Zhang1*, Xiao-Bo Wu2, Yue-Xiong Luo1, Hong-Xia Zhao1, Qi Lin1, Han Zhang2, and Zhi-Jiang Zeng2
張學鋒1*、吳小波2、羅嶽雄1、趙紅霞1、林琦1、張含2、曾志將2

*通訊作者E-mail: zxf3802@126.com

Received: 2009/09/01 Accepted: 2009/10/12 Available online: 2009/10/01

Abstract

This paper investigated the genetic diversity of MDH II in 5 different honeybee species by means of IEF-PAGE technology. The genotype, genotype frequency, allele frequency, as well as the homozygous and heterozygous degree of MDH II were analyzed in this study, leading us to discover the polymorphism of MDH II in these western honeybees. Allele a was found to be the dominant loci in *Apis mellifera carnica* (79.7%), and the allele b frequency was predominant in *Apis mellifera ligustica* from Jiangshan (53.8%), while allele c showed to have a higher frequency in *Apis mellifera ligustica* of high royal jelly bee (64.2%) than the other. Genetic heterosis of the high royal jelly bee is the highest at 67.3%, but it was low in *Apis mellifera carnica*. These results showed to be significantly different among the different honeybees regarding genotype, genotype frequency, gene frequency, gene heterosis, and gene homogeneity of MDH II.

摘要

為研究不同蜜蜂種的蘋果酸脫氫酶 II (MDH II) 的遺傳差異，採用聚丙烯醯胺等電點聚焦技術 (IEF-PAGE)，對大陸飼養的漿蜂 ("high royal jelly" *Apis mellifera* L.)、江山意蜂 ("Jiangshan" *Apis mellifera* L.)、卡尼鄂拉蜂 (*Apis mellifera carnica*)、東北黑蜂 (*Apis mellifera* ssp.)、江西靖安意蜂 ("Jingan" *Apis mellifera* L.) 和 5 個不同蜂種的蘋果酸脫氫酶 II 的基因型、基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度的進行了分析。結果表明：不同西方蜜蜂 MDH II 存在豐富的遺傳多樣性，卡尼鄂拉蜂基因頻率 a 最高，達 79.7%。江山本意基因頻率 b 最高，為 53.8%，漿蜂基因頻率 c 最高為 64.2%。漿蜂雜合度最高為 67.3%，最低為卡尼鄂拉蜂 30.5%；不同西方蜂種之間的基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度存在極顯著差異。

Key words: honeybee, malate dehydrogenase, genetic diversity

關鍵詞: 蜜蜂、蘋果酸脫氫酶 II、遺傳多樣性。

Full Text:  [PDF\(0.44 MB\)](#)

下載其它卷期全文 Browse all articles in archive: <http://entsocjournal.yabee.com.tw>

不同蜜蜂種的蘋果酸脫氫酶 II (MDH II) 分析

張學鋒^{1*}、吳小波²、羅嶽雄¹、趙紅霞¹、林琦¹、張含²、曾志將²

¹ 廣東省昆蟲研究所 510260 中國廣東廣州新港西路 105 號

² 江西農業大學 340001 中國江西南昌 昌北

摘 要

為研究不同蜜蜂種的蘋果酸脫氫酶 II (MDH II) 的遺傳差異，採用聚丙烯醯胺等電點聚焦技術 (IEF-PAGE)，對大陸飼養的漿蜂 (“high royal jelly” *Apis mellifera* L.)，江山意蜂 (“Jiangshan” *Apis mellifera* L.)，卡尼鄂拉蜂 (*Apis mellifera carnica*)，東北黑蜂 (*Apis mellifera* ssp.)，江西靖安意蜂 (“Jingan” *Apis mellifera* L.) 和 5 個不同蜂種的蘋果酸脫氫酶 II 的基因型、基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度的進行了分析。結果表明：不同西方蜜蜂 MDH II 存在豐富的遺傳多樣性，卡尼鄂拉蜂基因頻率 a 最高，達 79.7%。江山本意基因頻率 b 最高，為 53.8%，漿蜂基因頻率 c 最高為 64.2%。漿蜂雜合度最高為 67.3%，最低為卡尼鄂拉蜂 30.5%；不同西方蜂種之間的基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度存在極顯著差異。

關鍵詞：蜜蜂、蘋果酸脫氫酶 II、遺傳多樣性。

前 言

同工酶是一組功能相同，結構各異的酶，它是由染色體上不同基因位點或同一位點的等位基因編碼。迄今已報道了蜜蜂的 6 個具有多態性，即：蛋白質-3 (P-3，它們是只出現在蜜蜂蛹期的多態性蛋白質) (Mestriner *et al.*, 1972)、蘋果酸脫氫酶 (Malate Dehydrogenase, MDH) (Sylvester *et al.*,

1976)、乙醇脫氫酶 (Alcohol Dehydrogenase, ADH) (Gartside, 1980)、肽酶 (PEP) (Lhuma 等, 1984)、蘋果酸酶 (Malate Enzyme, ME) (Sheppard and Berlocher, 1984) 和酯酶 (Esterase, ET) (李紹文, 1985)。其中，蘋果酸脫氫酶 (MDH) 是糖代謝途徑中的一個關鍵酶。在線粒體中，MDH 催化蘋果酸氧化成草醯乙酸；在細胞質中，MDH 也能將草醯乙酸還原成蘋果酸。MDH 在有氧呼吸和蘋果酸

*論文聯繫人

Corresponding email: zxf3802@126.com

一天門冬氨酸穿梭過程中，起著關鍵作用。

在西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 中，MDH 在 pH 2~10 區間內存在 3 類同工酶 (MDH I、MDH II 和 MDH III)；MDH I 在 pH 5.1~5.6 範圍內，MDH II 在 pH 6.7~7.5 範圍內，MDH III 在 pH 9.6 左右。其中，僅 MDH II 具有多態性，由 3 個等位基因 (a, b, c) 編碼，相對應的酶帶分別位於 pH 6.7、pH 7.2 和 pH 7.5 (李舉懷，1990)。就工蜂而言，MDH II 共有 6 基因型：aa, bb, cc, ab, bc, ac。在酶譜上，MDH II 是二聚體酶，純合子為一條帶，雜合子為 3 條帶 (Roalski *et al.*, 1996)。而蘋果酸脫氫酶 II (MDH II) 由於遺傳穩定且沒有組織和發育特異性而成為蜜蜂群體遺傳學研究首選的生化遺傳標記 (Chen, 2001)。

在西方蜜蜂 (*Apis mellifera*) 自然飼養過程中，蜂王絕大部分是自然交尾，使其後代常常混雜有其他本地蜂種的基因，造成一定程度的退化，而與親代基因型和基因頻率產生差異 (Guan *et al.*, 1994; Sun *et al.*, 2004)。本研究在前人研究的基礎之上以大陸飼養的 5 種蜂種為實驗材料，分析 5 種蜂種的蘋果酸脫氫酶 II 的基因型、基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度，為大陸飼養的蜂種遺傳多樣性研究提供了基礎數據並初步探討中國內陸所飼養的蜂種遺傳多樣性。

材料與方法

一、材料

漿蜂 (A) 和江山本意 (C) 由浙江江山種蜂場提供；卡尼鄂拉蜂 (K) 採自江西養蜂研究所；東北黑蜂 (D) 由黑龍江農業經濟職業學院提供；江西靖安意蜂 (J) 由江西農業大學蜜蜂研究所提供。

取樣時間為 2005 年 3 月蜜蜂春繁後。實驗蜜蜂都為出房 3 日齡以內的工蜂，剪下頭部置於 -20℃ 下冰凍保存備用。

二、主要儀器和試劑

LG16-W 型離心機，DYY-4C 型電泳儀，DYCZ-24D 型垂直板型電泳槽；輔酶 I (nicotinamide adenine dinucleotide, NAD)，氯化硝基四氮唑藍 (nitroblue tetrazolium, NBT)，硫酸酚嗪二甲酯 (phenazine methosulfate, PMS)，蘋果酸 (malic acid)。

三、實驗方法

根據分離組分的分子量大小，主要集中在 14,400~24,000 u 左右，所以本實驗選擇分離膠濃度為 12.5%，濃縮膠濃度為 3%。

1. 分離膠配置

試劑 A：Tris-HCl 緩沖液：1 N HCl 48 ml，三羥甲基氨基甲烷 (Tris) 36.3 g 加 ddH₂O 至 100 ml，pH 值為 8.8。

試劑 B：丙烯醯胺 (acrylamide) 30 g，N，N-亞甲基雙丙稀醯胺 (bis-acrylamide) 0.8 g 加 ddH₂O 至 100 ml。

按比例混合：試劑 A，12.5%；試劑 B，25%；TEMED (N,N,N',N'-四甲基乙二胺)，0.5%；H₂O，62.45%；10% APS (ammonium persulfate，過硫酸銨)，0.05%。

2. 濃縮膠配置

試劑 C：Tris-HCl 緩沖液 (1 N HCl 48 ml，Tris 5.98 g 加 ddH₂O 至 100 ml；pH 6.7)

按比例混合：試劑 C，12.5%；試劑 B，10%；TEMED，0.05%；ddH₂O，76.4%；10% APS (ammonium persulfate)，1%。

3. 配製 10 x 電極緩沖液和提取液

緩沖液：Tris 6 g，氨基酸 28.8 g，加

ddH₂O 至於 1 L, pH 8.3

提取液: 0.5 M Tris-HCl 緩沖液, ddH₂O 86 mL, 濃 HCl 調 pH 至 6.5~7.5, Triton X-100 1.25 mL, 定容至 100 mL。

4. 染色液配製

NAD⁺ 50 mg, NBT 30 mg, PMS 2 mg, 1 M 蘋果酸鈉 (pH 7.0) 10 mL, 0.5 M Tris-HCl 緩沖液 (pH 7.1) 15 mL, ddH₂O 70 mL。

5. 樣品制備

取冷凍的工蜂樣本, 剪其頭部置於 0.5 mL Eppendorf 管中, 加入 40 μ L 提取液, 用玻璃棒研磨 1 min。然後在 4~10°C, 12,000 r/min 的條件下冷凍離心 2~3 min, 取上清液用於點樣。每泳道加 15 μ L 上清液。APS (ammonium persulfate, 過硫酸氨) 和 TEMED 增加會使聚合的時間大為縮短, 但過量會引起電泳時的燒膠和蛋白質泳帶的畸變。

6. 試驗主要操作步驟

(1) 模具的準備; (2) 凝膠的配製; (3) 灌膠; (4) 鋪膠片; (5) 加電極條和加樣紙; (6) 加樣: 在電泳槽中倒入電極緩沖液, 淹沒電極及短玻璃板, 然後用微量進樣器在樣品槽內分別加入標準蛋白質與泳道加 15 μ L 樣品上清液; (7) 電泳: 採用垂直板電泳, 電壓 52 V, 電泳時間 5~6 h (Liu *et al.*, 2006); (8) 取膠; (9) 染色; (10) 烘乾保存。

停止電泳後, 測定 pH 梯度: (1) 將凝膠條邊緣從正極到負極每隔 1 cm 切開一小口, 切成 0.5 cm 或 1 cm 的小片; (2) 將每小片凝膠在 1 ml 10 mM KCl 中浸泡 30 min; (3) 將精密 pH 試紙插入, 測讀此 KCl 溶液的 pH 值。

7. 數據的統計與分析

根據所得出的每種工蜂頭部的 MDH II

電泳圖譜, 參照 MDH II 的六種基因型圖譜, 記錄試驗結果。統計 MDH II 同工酶等位基因的基因型頻率、基因頻率及雜合純合度並以 c x r 聯列表在 Excel 中進行 X² 分析獨立性檢驗。

結果與分析

一、不同蜜蜂種 MDH II 的基因型

從表一可知, 本研究測定了 5 種不同西方蜜蜂共 283 只工蜂個體, 其中只有 C 中全部出現六種基因型, 並且以 bb 和 bc 最多, ab 型所占比例最少; K、J 都未發現 cc 型, 並且他們都是以 aa 型最多, 起總 K 的 bb 型最少; A 中 cc 和 ac 占多數; D 以 ac 較多, 其次是 aa 和 ac, ab 型所占比例最少, 無 bb 型。

二、不同蜜蜂種 MDH II 的基因型頻率和雜合純合度

從表二可知: K 的 aa 基因型頻率最高, 達 64.4%, 最低值 A 為 2.0%; bb 型最高是 C 38.4%, D 為 0; A 的 cc 基因型頻率為 30.6%, K 和 J 的 cc 基因型頻率為 0。K 基因頻率 a 最高, 達 79.7%。C 基因頻率 b 最高為 53.8%; A 基因頻率 c 最高為 64.2%。A 雜合度最高為 67.3%, 最低的 K 為 30.5%, 相反 K 的純合度最高, 達 69.5%。

獨立性檢驗結果表明: 5 個不同西方蜜蜂種漿蜂 (A) 和江山本意 (C); 卡尼鄂拉蜂 (K), 東北黑蜂 (D), 江西靖安意蜂 (J) 的 MDH II 同工酶基因型頻率、基因頻率, 雜合度和純合度存在極顯著差異 (X² > X²0.01); 兩兩配對檢驗, 基因型頻率和基因頻率差異極顯著 (X² > X²0.01); 純合度和雜合度均達到極顯著水準 (X² > X²0.01)。(表三)。

表一 各蜂種工蜂 MDH II 基因型數目表

Table 1. List of the MDH II genotype numbers in 5 species of *Apis mellifera*

Species	Number of measured	Genotype					
		Aa	bb	cc	Ab	ac	Bc
A	78	1	2	15	0	26	7
C	26	3	10	1	2	4	6
K	59	38	3	0	4	14	0
J	62	23	13	0	6	11	9
D	58	11	0	10	3	26	8
Total	283	76	28	26	15	81	30

表二 各蜂種 MDH II 基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度

Table 2. Genotype frequency, allele frequency, heterozygosity, and homozygosity of MDH II in the different species honeybees

Species	Genotype frequency (%)						Allele frequency (%)			Heterozygosity degree (%)	Homozygosity degree (%)
	Aa	Bb	cc	ab	ac	bc	A	b	C		
A	2.0	4.1	30.6	0	14.2	14.2	28.5	11.2	64.2	67.3	32.6
C	11.5	38.4	3.8	7.7	15.3	23.1	23.1	53.8	23.1	46.2	53.8
K	64.4	5.1	0	6.8	23.7	0	79.7	8.5	11.9	30.5	69.5
J	37.1	21.0	0	9.7	17.7	14.5	50.8	33.1	16.1	58.1	41.9
D	19.0	0	17.2	5.2	44.8	13.8	44.0	9.5	46.6	63.8	36.2
Average	26.8	13.7	10.3	5.9	23.1	13.1					

表三 MDH II 同工酶基因型頻率、基因頻率、雜合度和純合度顯著性檢驗表

Table 3. Significance difference of genotype frequency, allele frequency and heterozygous and homozygous degrees of MDH II in different species of honeybees

Species	Genotype frequency			Allele frequency			Heterozygosity and homozygosity degree		
	Completable	X ²	Df	Completable	X ²	df	Completable	X ²	df
A×C×K×J×D	5 × 6	245.6 ^A	20	5 × 3	138 ^A	8	5 × 2	46.24 ^A	4

注：數位右上角有大寫字母 A 表示差異極顯著 ($X^2 > X^2_{0.01}$)，小寫字母 a 表示差異顯著 ($X^2 > X^2_{0.05}$)。

討 論

根據哈代·溫伯格的定律，在一個完全隨機交配的自然種群中，種群的大小、個體間能否隨機交配、基因的突變、遷移及人工選擇、自然選擇都將引起種群的基因頻率發生改變。而在實際的養蜂生產過程中，為了選擇更

優良生產性能的個體，人們在相對閉鎖的環境不斷的選育，以及自然環境的改變從而使蜜蜂的基因頻率有所改變。本實驗研究結果表明，在所檢驗的 5 個西方蜜蜂中，a 基因頻率占優勢，最高的卡尼鄂拉蜂達 79.7%。而眾多研究表明，非洲蜜蜂和非洲化蜜蜂中 a 的基因頻率最高，歐洲黑蜂中 b 的基因頻率最高，

義大利蜜蜂中 *c* 的基因頻率最高 (Chen *et al.*, 2001; Sun *et al.*, 2004; Liu *et al.*, 2006)。這說明在卡尼鄂拉蜂中的非洲蜜蜂的血統占優，且純合度較高。江山本意是由我國引進的原意和浙江本地的意蜂雜交的品系。在江山本意中 *b* 基因頻率占優勢，這說明江山本意已混有相當比例的歐洲黑蜂的血統。*C* 基因頻率最高的是漿蜂，達 64.2%，而江山本意只有 23.1%，靖安意蜂更低，只有 16.1%。在實際養蜂生產中，江山本意和靖安意蜂兩種蜂王漿產量很低，而漿蜂確實是經集團閉鎖繁育的王漿高產的新品種，可以初步說明 *c* 基因頻率的高低與王漿產量存在一定的相關性，這與陳盛祿 (2000)、劉艷荷 (2001)、孫亮先 (2004) 等認為 *c* 基因頻率的高低可作為王漿產量性能的一個遺傳標記結論，基本一致。

劉艷荷 (2001) 的研究中浙農大 1 號意蜂，*c* 基因頻率最高達 87.6%，而我們實驗中的漿蜂，*c* 基因頻率達 64.2%，生產實踐中養蜂者也反映浙農大 1 號是比我們實驗用漿蜂蜂王漿產量高，進一步驗證了上述結論。

江山本意和靖安意蜂兩種蜂從理論上講地理距離和遺傳距離都不是相差很大，為何基因頻率也差異不小，我們推測是兩地蜜蜂經常長途轉地放蜂，蜂王交尾範圍龐雜，基因混雜，造成種性退化，才產生這樣的差異。

東北黑蜂 *bb* 基因型頻率為 0，*a*、*c* 基因頻率明顯高於 *b* 基因頻率，東北黑蜂是起源於 19 世紀末 20 世紀初由黑龍江饒河等地居民從烏蘇裏江東的俄羅斯引入我國的遠東蜂，混有高加索蜂和義大利蜂的血統；本實驗採集的樣本的歐洲黑蜂血統流失嚴重，基因型有向意蜂轉移的趨勢，與之前 RAPD 實驗結果一致。可能是由於常年轉地飼養或引入育種場的商業種用蜂王，導致其他基因混入。

在實驗研究中，我們一直試圖開展 MDH II 等位基因頻率與蜂蜜、蜂王漿、蜂花粉、蜂蠟和蜂毒等經濟性狀的相關性研究。但目前除 *c* 基因頻率的高低可作為王漿產量性能的一個遺傳標記比較得到廣泛認可，其他幾項的相關性還不能令人信服，至於等位基因頻率與五種經濟性狀相關性的機理，以及如何利用等位基因頻率標記蜜蜂的生產性能還需深入研究。

另外在研究過程中，我們雖然多次進行實驗，但未發現中蜂工蜂 MDH 同工酶具有多態性。過往文獻中，MDH 在東方蜜蜂中的電泳表型和基因型報道不一，Lee 等 (1989) 報道了韓國的東方蜜蜂 MDH 的多態性。MDH II 有 S 和 F 兩個等位編碼基因，頻率分別為 0.14 和 0.86。1991 年又報道了朝鮮東方蜜蜂 MDH 的多態性，發現 MDH II 基因座和韓國蜜蜂的相似，也是有 S 和 F 兩個等位基因，平均頻率為 0.052 和 0.948 (Lee and Woo, 1991)。而 1988 年李紹文等研究了中華蜜蜂 (*Apis cerana cerana*) 4 種同工酶，發現 MDH 是單態性的，而且雌蜂和雄蜂表型沒有差異。1996 年 Rozalski 等研究了日本蜜蜂 (*A. cerana japonica*) 的 MDH，證明它也是單態性的，工蜂和雄蜂的表型沒有差異 (Rozalski *et al.*, 1996)。是否朝鮮半島的東方蜜蜂其遺傳資源比較特別，還是大家的實驗手段有差異，對此我們實在不好妄加評判，只有待日後有研究者將東方蜜蜂的所有所有代表品種放在一起加以比較研究，方有說服力。本實驗只是進一步證明中蜂工蜂 MDH 同工酶不具有多態性。

引用文獻

Chen, S. L. 2001. Chinese Apiology. Chinese Agricultural Press, Beijing.

- (in Chinese)
- Chen, S. L., Y. L. Bao, S. K. Su, and Y. H. Liu.** 2000. Studies on malate dehydrogenase II (MDH II) isozymes in different races of *Apis mellifera ligustica*. Eng. Sci. 2: 57- 61. (in Chinese)
- Gartside, D. F.** 1980. Similar allozyme polymorphism in honey bees (*Apis mellifera*) from different continents. Experientia 36: 649-652.
- Guan, Y. H., S. W. Li, J. H. Li, and S. L. Chen.** 1994. Gene difference between three strains in *Apis mellifera ligustica*. Acta Entomol. Sin. 37: 159-164. (in Chinese)
- Lama, M. A. D., and M. A. Mestriner.** 1984. Starch gel electrophoretic patterns of exopeptidase phenotypes in 14 different species of bees. Rev. Bras. Genet. 7: 9-20.
- Lee, M. L., and K. S. Woo.** 1991. Enzyme polymorphism of *Apis cerana* Fab. in Korea. Honeybee Sci. 12: 58-60.
- Lee, M. L., Y. H. Yim, and S. S. Kim.** 1989. Malate dehydrogenase and non-specific esterase polymorphism in *Apis mellifera* and *Apis cerana* in South Korea. Korean J. Apic. 4: 68-74.
- Li, S. W., Y. P. Meng, Z. B. Zhang, H. J. Li, S. Y. He, and B. Y. Kuang.** 1986. Comparative study of esterase isozymes in six species of *Apis*. Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis 24: 53-57. (in Chinese)
- Liu, Y. H., and S. L. Chen.** 2001. Genetic difference of MDH II genes in reciprocal crosses of *Apis mellifera*. J. Agric. Biotech. 9: 218.
- Liu, Y. H., S. L. Chen, and C. X. Zhang.** 2006. Correlation between frequencies of MDH II alleles and economic traits in *Apis mellifera* L. J. Shanghai Jiaotong Univ. (Agric. Sci.) 24: 79-83.
- Mestriner, M. A., and E. P. B. Contel.** 1972. The P-3 and Est loci in the honey bee *Apis mellifera*. Genetics 72: 733-738.
- Rozalski, R. J., H. Sakurai, and K. Tsuchida.** 1996. Esterase and malate dehydrogenase isoenzyme analysis in the population of honeybees, *Apis cerana japonica* and *Apis mellifera*. Jpn. J. Entomol. 64: 910-917.
- Sheppard, W. S., and S. H. Berlocher.** 1985. Enzyme polymorphisms in *Apis mellifera* from Norway. J. Apic. Res. 23: 64-69.
- Sun, L. X., Z. Y. Chen, J. J. Yuan, and J. J. Xie.** 2004. Genetic variability of MDH II in four lines of *Apis mellifera* L. J. Zhangzhou Teachers College (Nat. Sci.) 17: 54-59. (in Chinese)
- Sylvester, H. A.** 1976. Allozyme Variation in Honeybee (*Apis mellifera* L.). PhD Diss. Univ. California, Davis.

收件日期：2009年9月1日

接受日期：2009年10月12日

Genetic Diversity of MDH II in Different Honeybee Species

Xue-Feng Zhang^{1*}, Xiao-Bo Wu², Yue-Xiong Luo¹, Hong-Xia Zhao¹, Qi Lin¹, Han Zhang², and Zhi-Jiang Zeng²

¹ Guangdong Entomological Institute, Guangzhou, Guangdong, China, PRC

² Jiangxi Agricultural University, Changbei, Nanchang, Jiangxi, China, PRC

ABSTRACT

This paper investigated the genetic diversity of MDH II in 5 different honeybee species by means of IEF-PAGE technology. The genotype, genotype frequency, allele frequency, as well as the homozygous and heterozygous degree of MDH II were analyzed in this study, leading us to discover the polymorphism of MDH II in these western honeybees. Allele a was found to be the dominant loci in *Apis mellifera carnica* (79.7%), and the allele b frequency was predominant in *Apis mellifera ligustica* from Jiangshan (53.8%), while allele c showed to have a higher frequency in *Apis mellifera ligustica* of high royal jelly bee (64.2%) than the other. Genetic heterosis of the high royal jelly bee is the highest at 67.3%, but it was low in *Apis mellifera carnica*. These results showed to be significantly different among the different honeybees regarding genotype, genotype frequency, gene frequency, gene heterosis, and gene homogeneity of MDH II.

Key words: honeybee, malate dehydrogenase, genetic diversity

* Corresponding email: zxf3802@126.com