

### 3 个地理种群蛤蚧不同组织同工酶分析\*

## Isozymes Analysis on Different Tissues from Three Different Populations of *Gekko gekko*

秦新民, 梁燕妮, 黄夕洋

QIN Xin-min, LIANG Yan-ni, HUANG Xi-yang

(广西师范大学生命科学学院, 广西桂林 541004)

(College of Life Science, Guangxi Normal University, Guilin, Guangxi, 541004, China)

**摘要:**采用垂直板状聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE)方法,比较泰国、广西和越南地理蛤蚧(*Gekko gekko*)种群的肌肉、心、肝、肺、胃、肠、性腺、肾等8种组织的乳酸脱氢酶(LDH)、酯酶(EST)和乙醇酸脱氢酶(ADH)同工酶。结果表明:广西种群和越南种群的LDH同工酶谱带在肌肉、心脏、肝脏、肺、胃和肾组织中完全相同,泰国种群各种组织中的LDH同工酶与广西和越南种群相比差异较大,主要表现在有较多的亚带,三个不同地理种群的8种组织几乎均表现出明显的5条LDH同工酶主带,但不同种群不同组织的谱带着色深浅不同;各组织EST同工酶谱无论从带型,谱带着色深浅来看,泰国种群均与其它两个种群差别较大;三个种群8种组织ADH同工酶的带型基本相同,迁移率也大致相同,但谱带着色深浅不同。

**关键词:**蛤蚧 同工酶 乳酸脱氢酶 酯酶 乙醇酸脱氢酶

**中图法分类号:**Q959.6 **文献标识码:**A **文章编号:**1005-9164(2006)04-0310-06

**Abstract:** By using the vertical polyacrylamide gel electrophoresis, three isozymes, LDH, EST and ADH from muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestinum, sex gland and kidney of *Gekko gekko* collected from Thailand, Guangxi China and Viet Nam were studied. The results showed that the three different geographical populations and eight tissues had different and distinct isozyme patterns.

**Key words:** *Gekko gekko*, isozyme, LDH, EST, ADH

同工酶是具有相同或相似的催化功能而分子结构不同的一类酶。自从 Hunter 和 Markert<sup>[1]</sup>创立了同工酶酶谱技术以来,同工酶的研究得到了很大的发展。近年来,同工酶技术作为在分子水平上研究生命现象的重要手段之一,在遗传学、分类学、发育生物学等学科中得到了日益广泛的应用。动物依靠各种同工酶在动力学性质上的不同及相对含量的不同来调节其各个组织、器官的代谢活动;通过同工酶分析,可以了解生物个体对环境变化的适应及不同种群遗传变异的情况;同时,酶谱的变化也可作为鉴定物种、研究分类与进化、遗传与变异的重要指标<sup>[2]</sup>。

爬行动物同工酶的研究已有较多报道<sup>[3~8]</sup>,但目前尚未见蛤蚧(*Gekko gekko*)不同组织的同工酶研究

报道。蛤蚧为广西一级保护动物,国家二级保护动物。近年来,由于人为的捕捉、环境的破坏,其野生数量日益下降。本文应用聚丙烯酰胺凝胶电泳法研究泰国、广西、越南3个地理种群蛤蚧8种组织的乳酸脱氢酶(LDH)、酯酶(EST)、乙醇酸脱氢酶(ADH)3种同工酶进行了研究,为蛤蚧的分类与进化研究提供酶学依据。

### 1 材料与方法

#### 1.1 材料

实验材料为越南产蛤蚧5只,泰国产蛤蚧6只,广西产蛤蚧3只,均为成体。

#### 1.2 样品制备

解剖蛤蚧,取出肌肉、心、肝、肺、胃、肠、性腺、肾,共8种组织,用预冷的0.85%生理盐水洗2~3次,尽量洗净血污,吸干水分后称重。按样品:提取液=1:5(W/V)的比例加入4℃预冷的提取液[0.1 mol/L磷酸缓冲液(pH值7.0)]。剪碎,冰浴中匀浆,4℃,12000 r/min离心30 min,取上清液。

收稿日期:2006-04-28

修回日期:2006-06-22

作者简介:秦新民(1956-),男,广西灵川人,博士,主要从事分子生物学和生物化学研究工作。

\* 广西博士学位授权学位点学科建设和广西教育厅项目联合资助。

### 1.3 电泳

采用不连续垂直板状聚丙烯酰胺凝胶电泳,胶厚1mm,分离胶浓度为7.5%,pH值8.9;浓缩胶浓度为4%,pH值6.8,电极缓冲液为Tris-Gly(pH值8.3)。LDH、ADH上样量为20 $\mu$ l,EST加样量为10 $\mu$ l。电泳起始电压100V,指示剂移到分离胶后调至150V,4 $^{\circ}$ C,恒压电泳3~4h。

### 1.4 染色

同工酶的染色方法参照文献[9]。LDH染液:25mg NAD(辅酶I)+15mg NBT(氮兰四唑)+1mg PMS(N-甲基吩嗪甲基硫酸盐)+0.5ml 10 mol/L 乳酸钠+2.6ml 0.1mol/L NaCl+7.5ml 0.5 mol/L Tris-Cl(pH值7.5)+50ml 双蒸水;EST染液:0.06g  $\alpha$ -醋酸萘酯+0.06g  $\beta$ -醋酸萘酯+0.06g 固蓝盐B+40ml 0.067mol/L 磷酸缓冲液(pH值6.5);ADH染液:20mg NAD+15mg NBT+1mg PMS+7ml 0.2 mol/L Tris-Cl(pH值8.0)+2ml 95%乙醇+41ml 双蒸水。染色后的凝胶用重蒸水洗涤后拍照,绘图并计算相对迁移率(Rf)。

## 2 结果与分析

### 2.1 LDH 同工酶

泰国蛤蚧 LDH 有 5 带型(肺),7 带型(肠),8 带型(肌肉、肝、胃、性腺、肾),10 带型(心);广西蛤蚧 LDH 有 4 带型(肠),5 带型(肌肉、心、肝、肺、胃、

肾),6 带型(性腺);越南蛤蚧均为 5 带型(见图 1 和表 1)。由图 1 可知广西种群和越南种群的 LDH 同工酶谱带在肌肉、心脏、肝脏、肺、胃和肾组织中完全相同。但广西种群在肠组织中缺乏 P<sub>4</sub> 和 P<sub>7</sub> 带,而出现 P<sub>2</sub> 带。性腺组织中也比越南种群多出 1 条带(P<sub>1</sub>)。泰国种群各种组织中的 LDH 同工酶与广西和越南种群相比差异较大,主要表现在有较多的亚带,3 个不同地理种群的 8 种组织几乎均表现出明显的 5 条 LDH 同工酶主带,即 P<sub>3</sub>,P<sub>4</sub>,P<sub>7</sub>,P<sub>9</sub> 和 P<sub>10</sub>。但不同种群不同组织的谱带着色深浅不同,说明酶活性不同。其中心的 LDH 活性均最强,肾次之。泰国蛤蚧的 P<sub>4</sub> 和 P<sub>7</sub> 上均存在亚带,心、胃的 LDH<sub>1</sub> 上也具有特异亚带。显然,不同地理种群的蛤蚧的 POD 具有一定的种群地理特异性。

### 2.2 EST 同工酶

对比各组织 EST 同工酶活性,3 个不同地理种群中,均以肾组织中的 EST 同工酶活性最高,且都具有 7 条酶带。肝的 EST 同工酶活性相对也较高。3 个群体心脏组织表现出来的酶活性都较弱(见图 2 和表 2)。由表 2 可知,P<sub>9</sub>、P<sub>10</sub> 为各组织共有的带,P<sub>1</sub> 带为性腺特有。泰国蛤蚧 EST 有 2 带型(肌肉),4 带型(肺、肝),5 带型(心、肠);6 带型(胃、性腺),7 带型(肾);广西蛤蚧 EST 有 2 带型(肌肉),6 带型(心、肝、肺、肠、性腺),7 带型(胃、肾);越南蛤蚧 EST 有 5 带型(肌肉、心、肺、性腺),6 带型(肝),7 带型(胃、肠、肾)。

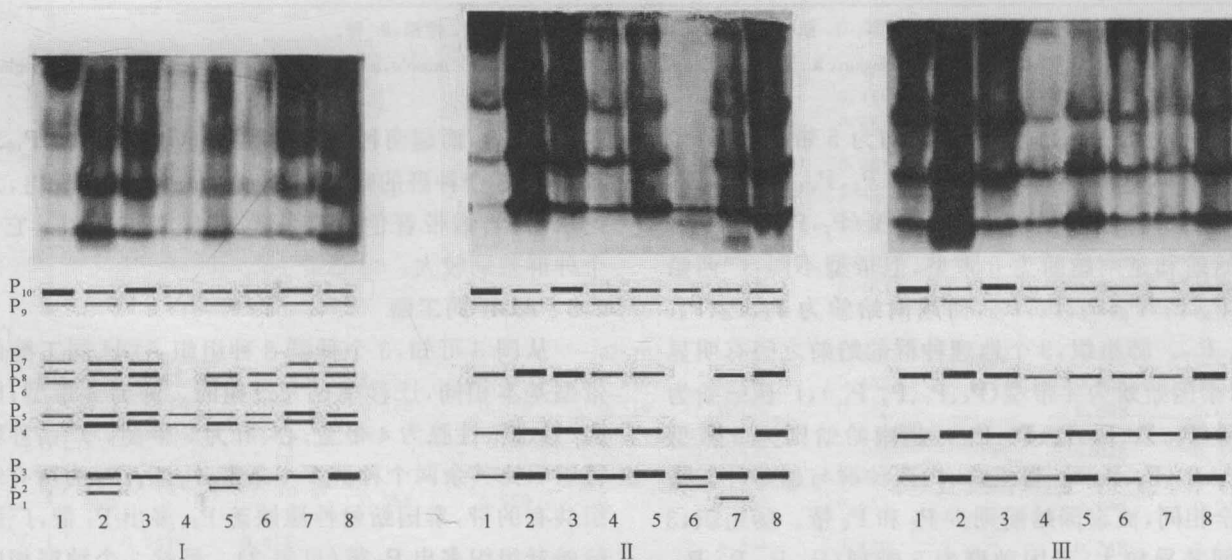


图 1 3 个种群蛤蚧各组织中 LDH 同工酶谱比较

Fig. 1 Electrophoretogram of the LDH in various tissues of *Gekko gecko*

P<sub>1</sub>~P<sub>10</sub>表示从正极到负极的酶带,表示方法下同。I. 泰国群体, II. 广西群体, III. 越南群体。1. 肌肉;2. 心;3. 肝;4. 肺;5. 胃;6. 肠;7. 性腺;8. 肾。

P<sub>1</sub>~P<sub>10</sub> represents the enzyme bands from positive pole to negative pole, the express method is the same as below. I. Thailand population, II. Guangxi population, III. Viet Nam population. 1 to 8 represents muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestine, sex gland and kidney.

表 1 LDH 同工酶电泳谱带迁移率

Table 1 The Rf of LDH isozyme in various tissues of *Gekko gekko*

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>
1. I			0.324	0.248	0.229	0.171	0.152	0.133	0.048	0.038
II			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
2. I	0.343	0.333	0.324	0.248	0.229	0.171	0.152	0.133	0.048	0.038
II			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
3. I			0.324	0.248	0.229	0.171	0.152	0.133	0.048	0.038
II			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
4. I			0.324	0.248	0.229				0.048	0.038
II			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
5. I		0.333	0.324	0.248	0.229	0.171	0.152		0.048	0.038
II			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
6. I			0.324	0.248	0.229	0.171	0.152		0.048	0.038
II		0.333	0.324						0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
7. I			0.324	0.248	0.229	0.171	0.152	0.133	0.048	0.038
II	0.343		0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
8. I			0.324	0.248	0.229	0.171	0.152	0.133	0.048	0.038
II			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038
III			0.324	0.248			0.152		0.048	0.038

I. 泰国群体, II. 广西群体, III. 越南群体。1. 肌肉, 2. 心, 3. 肝, 4. 肺, 5. 胃, 6. 肠, 7. 性腺, 8. 肾。

I. Thailand population, II. Guangxi population, III. Viet Nam population. 1 to 8 represents muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestine, sex gland and kidney.

心脏组织, 泰国蛤蚧和越南蛤蚧均为 5 带型(P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 广西蛤蚧为 6 带型(P<sub>2</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>)。肝脏组织, 泰国蛤蚧为 4 带型(P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 广西蛤蚧和越南蛤蚧为 6 带型, 但带型不同, 广西蛤蚧为 P<sub>2</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>, 而越南蛤蚧为 P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>。肺组织, 3 个地理种群的蛤蚧之间有明显差异, 泰国蛤蚧为 4 带型(P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 广西蛤蚧为 6 带型(P<sub>2</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 越南蛤蚧则为 5 带型(P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>)。胃组织, 广西种群与越南种群带型完全相同, 而泰国蛤蚧则少 P<sub>3</sub> 和 P<sub>4</sub> 带。肠组织, 3 者之间差异较大, 泰国种群为 5 带型(P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 广西种群为 6 带型(P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>8</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 越南种群带数最多为 7 带型(P<sub>3</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>6</sub>, P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>)。性腺组织, 泰国蛤蚧与广西蛤蚧均为 6 带型(P<sub>1</sub>, P<sub>2</sub>, P<sub>6</sub>,

P<sub>7</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>), 而越南种群为 5 带型(P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub>, P<sub>9</sub>, P<sub>10</sub>)。肾组织, 3 个种群的带型完全一致。由图 2 可看出, 无论从带型, 谱带着色深浅来看, 泰国种群均与其它 2 个种群差别较大。

### 2.3 ADH 同工酶

从图 3 可知, 3 个种群 8 种组织 ADH 同工酶的带型基本相同, 迁移率也大致相同。肺为 3 带型; 肌肉、胃、肠、性腺为 4 带型; 心、肝为 5 带型。广西种群肾组织比其余两个种群多一条带, P<sub>1</sub>, P<sub>4</sub>, P<sub>5</sub> 为所有组织共有的带, 泰国蛤蚧性腺缺乏 P<sub>2</sub>, 多出 P<sub>3</sub> 带, 广西蛤蚧肾组织多出 P<sub>3</sub> 带(见表 3)。虽然 3 个种群相应组织中的酶带数, 迁移率大致相同, 但谱带着色深浅不同, 即同一组织中相应同工酶活性是有差异的。



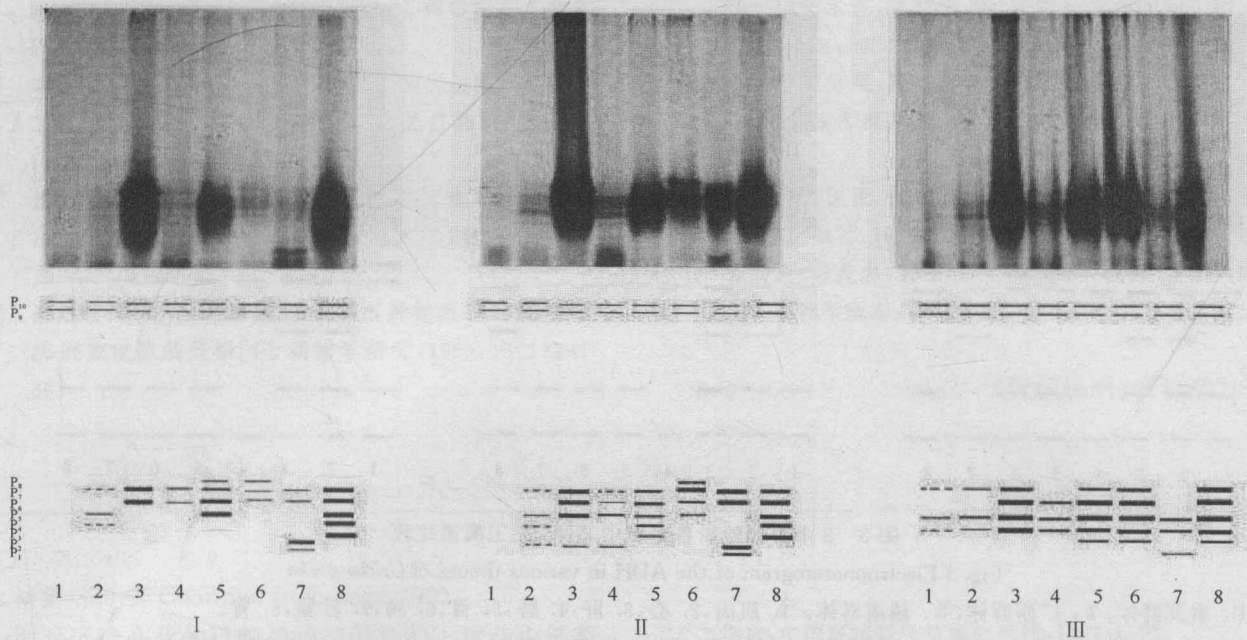


图2 3个种群蛤蚧各组织中EST同工酶谱比较

Fig. 2 Electrophoretogram of the EST in various tissues of *Gekko gecko*

I. 泰国群体, II. 广西群体, III. 越南群体。1. 肌肉, 2. 心, 3. 肝, 4. 肺, 5. 胃, 6. 肠, 7. 性腺, 8. 肾。

I. Thailand population, II. Guangxi population, III. Viet Nam population. 1 to 8 represents muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestine, sex gland and kidney.

表2 EST同工酶电泳谱带迁移率

Table 2 The  $R_f$  of EST isozyme in various tissues of *Gekko gecko*

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>	P <sub>6</sub>	P <sub>7</sub>	P <sub>8</sub>	P <sub>9</sub>	P <sub>10</sub>
1. I									0.048	0.019
II									0.048	0.019
III				0.529	0.510		0.462		0.048	0.019
2. I				0.529	0.510		0.462		0.048	0.019
II		0.615		0.529	0.510		0.462		0.048	0.019
III				0.529	0.510		0.462		0.048	0.019
3. I						0.490	0.462		0.048	0.019
II		0.615			0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
III				0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
4. I						0.490	0.462		0.048	0.019
II		0.615			0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
III				0.529	0.510	0.490			0.048	0.019
5. I					0.510	0.490	0.462	0.433	0.048	0.019
II			0.558	0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
III			0.558	0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
6. I						0.490	0.462	0.433	0.048	0.019
II					0.510	0.490	0.462	0.433	0.048	0.019
III			0.558	0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
7. I	0.644	0.615				0.490	0.462		0.048	0.019
II	0.644	0.615				0.490	0.462		0.048	0.019
III	0.644			0.529	0.510				0.048	0.019
8. I			0.558	0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
II			0.558	0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019
III			0.558	0.529	0.510	0.490	0.462		0.048	0.019

I. 泰国群体, II. 广西群体, III. 越南群体。1. 肌肉, 2. 心, 3. 肝, 4. 肺, 5. 胃, 6. 肠, 7. 性腺, 8. 肾。

I. Thailand population, II. Guangxi population, III. Viet Nam population. 1 to 8 represents muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestine, sex gland and kidney.

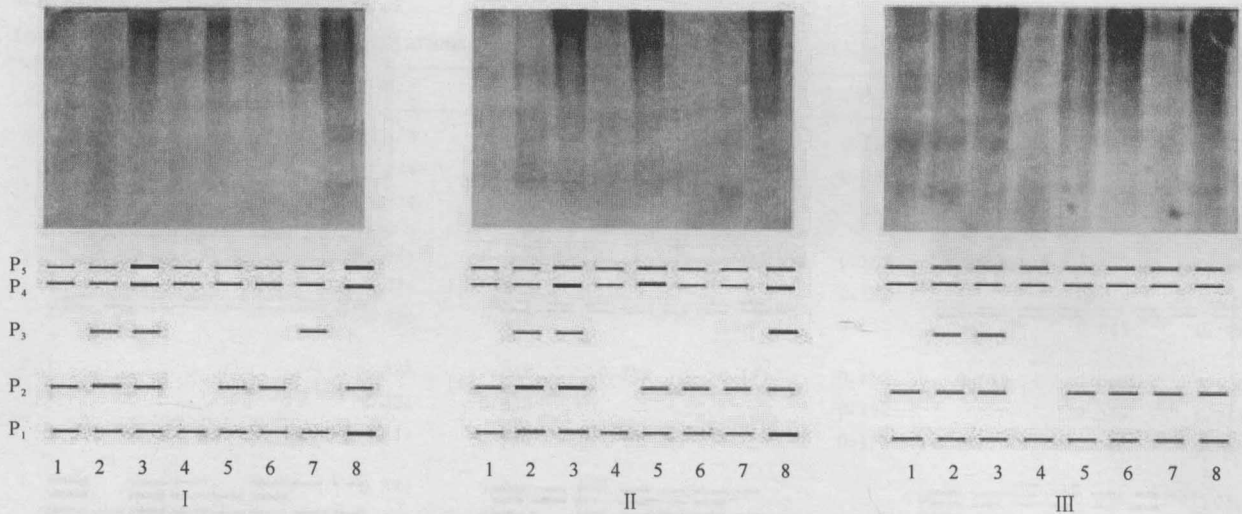


图3 3个种群蛤蚧各组织中ADH同工酶谱比较

Fig. 3 Electrophoretogram of the ADH in various tissues of *Gekko gecko*

I. 泰国群体, II. 广西群体, III. 越南群体。1. 肌肉, 2. 心, 3. 肝, 4. 肺, 5. 胃, 6. 肠, 7. 性腺, 8. 肾。

I. Thailand population, II. Guangxi population, III. Viet Nam population. 1 to 8 represents muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestine, sex gland and kidney.

表3 ADH同工酶电泳谱带迁移率

Table 3 The Rf of ADH isozyme in various tissues of *Gekko gecko*

	P <sub>1</sub>	P <sub>2</sub>	P <sub>3</sub>	P <sub>4</sub>	P <sub>5</sub>
1. I	0.298	0.221		0.029	0.019
II	0.298	0.221		0.029	0.019
III	0.298	0.221		0.029	0.019
2. I	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019
II	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019
III	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019
3. I	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019
II	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019
III	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019
4. I	0.298			0.029	0.019
II	0.298			0.029	0.019
III	0.298			0.029	0.019
5. I	0.298	0.221		0.029	0.019
II	0.298	0.221		0.029	0.019
III	0.298	0.221		0.029	0.019
6. I	0.298	0.221		0.029	0.019
II	0.298	0.221		0.029	0.019
III	0.298	0.221		0.029	0.019
7. I	0.298		0.115	0.029	0.019
II	0.298	0.221		0.029	0.019
III	0.298	0.221		0.029	0.019
8. I	0.298	0.221		0.029	0.019
II	0.298	0.221		0.029	0.019
III	0.298	0.221	0.115	0.029	0.019

I. 泰国群体, II. 广西群体, III. 越南群体。1. 肌肉, 2. 心, 3. 肝, 4. 肺, 5. 胃, 6. 肠, 7. 性腺, 8. 肾。

I. Thailand population, II. Guangxi population, III. Viet Nam population. 1 to 8 represents muscle, heart, liver, lungs, stomach, intestine, sex gland and kidney.

### 3 结束语

同工酶是基因表达的产物, 在生物的演化过程中, 同工酶的表达出现了时间和空间上的变化。同时,

同工酶的变化也反映了各组织表达情况的差异, 这种变化不仅在于满足生物个体发育过程中一般生理代谢的需要, 也与生物个体发育过程中的细胞分化, 形态发生及器官的形成有关。

泰国、广西、越南3个不同地理蛤蚧种群LDH同工酶、EST同工酶和ADH同工酶分析的结果表明, 不同性质的同工酶在不同组织中的分布及活性各有其特点, 不同种群间既具有共同的酶谱特征, 又具有一定的种群特异性, 表明种群之间有一定程度的遗传分化。传统分类认为蛤蚧可分为黑蛤蚧和红蛤蚧, 且这两种蛤蚧地理分布的区域性很明显<sup>[10]</sup>。一般认为, 黑蛤蚧主要分布在中国的广西和云南的南部, 以及越南与中国接壤的北部地区, 而红蛤蚧(泰国蛤蚧)分布在泰国, 越南的河内、河防及其以南的地区等地。本实验中, 广西种群与越南种群不仅在外形相似性高, 而且在LDH同工酶、EST同工酶和ADH同工酶方面也具有较多的共同酶带, 而泰国种群(红蛤蚧)的LDH和EST酶带与广西和越南种群之间差异较大。因此, 同工酶的这种差异可为蛤蚧的演化和分类提供参考。

### 参考文献:

- [1] HUNTER R L, MARKET C L. Histochemical demonstration of enzymes by zone electrophoresis in starch gels [J]. Science, 1957, 125: 1294-1295.
- [2] 龚大洁, 周开亚. 同工酶及其在爬行动物系统中的应用 [J]. 西北师范大学学报: 自然科学版, 1999, 35(1): 111-116.
- [3] 马照军, 杨克合, 李丽萍, 等. 七种蜥蜴几种组织中乳酸

- 脱氢酶(LDH)同工酶分比较研究[J]. 两栖爬行动物学研究, 1995(4,5):245-251.
- [4] 李新红, 赵文阁. 黑龙江省七种蛇乳酸脱氢酶合酯酶同工酶比较研究[J]. 哈尔滨师范大学自然科学学报, 1998, 14(1):64-70.
- [5] 沈建伟, 陆佩洪, 陈宜峰. 壁虎属三种壁虎几种组织中LDH同工酶的比较[J]. 南京师范大学:自然科学版, 1996, 19(4):45-51.
- [6] 聂刘旺, 郭超文, 吴孝兵. 游蛇科五种蛇组织LDH同工酶凝胶电泳的分析[J]. 动物学研究, 1995, 16(1):31-36.
- [7] 贾守菊, 张永普, 陈艳乐, 等. 中国石龙子的同工酶[J]. 动物学杂志, 2002, 37(5):22-27.
- [8] 张永普, 贾守菊, 陈艳乐, 等. 丽纹龙蜥不同组织的同工酶[J]. 河南师范大学学报:自然科学版, 2003, 1(4):89-94.
- [9] 胡能书, 万国贤. 同工酶技术及应用[M]. 长沙:湖南科学技术出版社, 1985:70-125.
- [10] 张青青, 唐业忠, 黄永成, 等. 蛤蚧地理变异的初步研究[J]. 动物学杂志, 1997, 32(5):44-46.

(责任编辑:韦廷宗)

(上接第 309 页 Continue from page 309)

大,即对环境变化的反映是相当敏感的。这与山地草甸多样性的研究结果是一致的<sup>[11]</sup>。

此外,我们发现,无论是物种数还是均匀度指数或者 Shanon-Weaner 指数,在 5 种生境中,滩涂都是最小的。其中的原因除了跟滩涂本身的条件相关外,很大一部分原因还跟人为的干扰有关。每到退潮的时候,当地居民都到滩涂上去捕捉底栖生物,人类频繁地、高强度的活动导致鸟类可食的资源受限,极大地干扰了鸟类的活动。滩涂上鸟类的种类和多样性都是最小的。滩涂是保护区内相当重要的一部分,当地政府应该适当控制当地居民对滩涂湿地的捕捞强度,特别是在春秋鸟类迁徙高峰季节,更应该加强对滩涂湿地的管理,降低捕捞的密集度和开发强度,尽可能减少捕捞对水鸟造成的影响。

#### 致谢:

感谢北仑河口国家级自然保护区石角保护站工作人员的大力支持。

#### 参考文献:

- [1] WHITTACKER R H. Evolution of species diversity in land communities[M]//HECHT M K, STEERE W C, WALLACE B, eds. Evolutionary Biology. New York: Plenum, 1977:1-67.
- [2] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学——群落与生态系统[M]. 北京:中国环境科学技术出版社, 1997:5-12.
- [3] 王献溥, 刘玉凯. 生物多样性的理论与实践[M]. 北京:中国环境科学出版社, 1994:1-67.
- [4] KRATOCHWIL A. Biodiversity in ecosystems; some principles[M]. Dordrecht: Kluwer Academic Publishers, 1999:5-38.
- [5] MAGURAN A E. Ecological diversity and its measurement[M]. Princeton: Princeton University Press, 1988.
- [6] 唐志尧, 方精云. 植物物种多样性的垂直分布格局[J]. 生物多样性, 2004, 12(1):20-28.
- [7] 陈睿, 洪伟, 吴承祯. 闽北常绿阔叶林物种多样性海拔梯度分析[J]. 福建林学院学报, 2004, 24(1):12-16.
- [8] PEILOU E C. 数学生态学[M]. 卢泽愚, 译. 第 2 版. 北京:北京科学出版社, 1985:65-84.
- [9] 马克平, 刘灿然, 刘玉明. 生物群落多样性的测度方法 II:  $\beta$  多样性的测度方法[J]. 生物多样性, 1995, 3(2):38-43.
- [10] WILSON M V. Measuring beta diversity with presence absence data[J]. J Ecol, 1984, 72(3):1055-1064.
- [11] 高贤明, 马克平. 北京东灵山地区植物群落多样性的研究 XI: 山地草甸  $\beta$  多样性[J]. 生态学报, 1998, 18(1):24-32.

(责任编辑:邓大玉 凌汉恩)