

环境决定爬行动物性别研究的进展*

王培潮

(华东师范大学生物系, 上海)

摘 要

爬行动物的性别决定机制有两种, 一种是由环境决定性别, 另一种是异型性染色体决定性别。前者, 在爬行动物中具有普遍性, 未发现异型性染色体的爬行动物, 其性别由环境因子决定。剧烈的环境条件, 可能压倒基因型性别决定。H-Y抗原, 可检测未发现异型性染色体决定性别物种的遗传决定型。

关键词, 环境, 爬行动物, 性别。

最近十几年, 对爬行动物性别决定机制的研究, 已知它们的性别决定机制有两种, 一种是异型染色体决定性别, 另一种是环境因子决定性别^[1, 2, 4]。本文试图介绍关于环境影响爬行动物性别决定的一些概况。

性别决定因子

一个受精卵, 在胚胎发育时期, 它将成为雄性或雌性或间性个体。是受性别因子决定的^[3]。根据最近十几年的资料, 大体上可分为遗传因子与环境因子^[4]。

1. 遗传因子

具有异性染色体的物种, 其性别是由异型性染色体决定的, 或是说由基因型决定受精卵发育为雄性或雌性个体^[3]。例如, 动胸龟科(Kinosteroideae)中沙氏麝香龟(*Staurotypus salivini*)与大麝香龟(*Staurotypus triporcatus*)是具异性染色体的, 雄性为XY, 雌性为XX型。按异型性染色体XY/XX型决定性别的原则, 性成熟的麝香龟雌性个体与雌性个体交配, 由X精子受精的卵发育为雌体, 由Y精子受精的卵发育为雄体。

1979年以后才明确地提出爬行动物性别由异型染色体决定的。这就揭示了某些爬行动物的性别决定机制与鸟兽类相似, 是由异型染色体决定性别^[1, 3]。

但是, 对很多爬行动物的核型分析结果, 多数种类尚未发现异型性染色体。例如, 根据King的资料, 422种蜥蜴中仅7科64种蜥蜴有异型性染色体(表1); 而喙头蜥(*Sphenodon punctatus*)与鳄类(Crocodylia)中均未发现有异型性染色体^[5]。那末, 尚未发现有异型性染色体的爬行类, 其性别是由什么机制决定的呢? 已发现与其环境因子有关^[1, 4]。

2. 环境因子决定性别

爬行动物孵卵的环境温度与湿度, 其营巢的场所, 巢的隐蔽程度, 营巢的季节等, 对未分化为异型性染色体的爬行类是有决定性别作用的^[1, 3, 6]。

* 本文的许多文献由Bull J.J., Charnov E.L., Mrosovsky N., Piezu C., Vogt R.C. and Zaborski P.等提供, 在此谨示感谢。

本文于1986年3月12日收到。

表 1 蜥蜴的性染色体^[3]

Table 1 Sex chromosomes in lizards

科 名	性染色体种数/核型分析种数	异型配子
壁虎科 Gekkonidae	2/54	雌
鱗脚蜥科 Pygopoidae	5/8	雄
鬣蜥科 Agamidae	54/145	雌
美洲鬣蜥科 Iguanidae	0/19	—
避役科 Chamaeleontidae	0/36	—
美洲蜥蜴科 Teiidae	1/48	雌
黄蜥科 Xantusidae	0/10	—
蜥蜴科 Lacertidae	4/33	雌
石龙子科 Scincidae	3/35	雄
蛇蜥科 Agulidae	0/12	—
巨蜥科 Varanidae	4/18	雌
蚓蜥科 Amphishaenidae	0/28	—
合 计 12	64/442	

(1) 孵卵温度决定性别 很多爬行动物孵卵的环境温度,对胚胎发育时其性腺的性别分化有决定作用(表2),1966年,Charnier第一次报导了鬣蜥(*Agama agama*)性别受孵卵的温度影响。当鬣蜥的卵在26℃—27℃环境中,孵出个体中有97.8%为雄性;当蛋处在29℃环境中,则孵出的100%个体为雄性;如果把卵先在自然界中孵化1—2天,然后,取回放在29℃环境中继续孵,结果,其雄与雌的个体为1:1。自1971年以后,爬行动物的孵卵温度对性别决定的作用,在龟类、鳄类,以及其它蜥蜴类亦相继报道(表2)。

环境温度对爬行动物性别决定的影响可归结成四种图型(图1)。

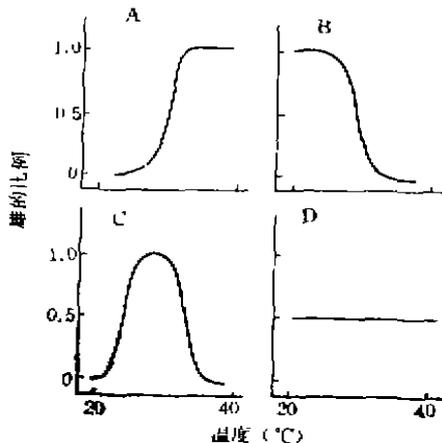


图 1 孵卵温度对爬行动物的性比影响

Fig. 1 Effect of incubation temperatures on sex ratio of Reptiles (From Bull, 1983)

由图1中A所示,孵卵温度较高时,多发育雄性个体;较低温时,多发育为雌性个体。这多见于蜥蜴类,如豹斑壁虎(*Eublepharis macularis*) (Wagner, 1980)。鬣蜥(*Agama agama*)^[11]。

由图1中B所示,孵卵温度较高时,多发育为雌性个体;较低温时,多发育为雄性个体。这多见于龟类,如欧洲池龟(*Emys orbicularis*)^[8]、陆龟(*Tes-tudo graeca*)^[8]、楔龟(*Caretta caretta*)^[9]、拟图龟(*Graptemys pseudogeographica*)、图龟(*Graptemys geographica*)、乌欠塔河图龟(*Graptemys ouachitensis*)^[4]以及糙皮龟(*Dermochely coriacea*)^[10, 11]等海产龟类。

由图1中C所示,较低与较高的孵卵温度时,多发育为雌性个体;中等温度,多发育为雄性个体。如啮龟(*Chelydra serpentina*)^[12, 13]、普通香龟(*Sternotherus odoratus*)^[17]、日本壁虎(*Gekko japonicus*)等^[19]。

由图1中D所示,性别决定不受孵化温度影响,在不同孵卵温度等级中,其性比多是1:1。例如,艳绿蜥(*Lacerta viridis*)^[14]、北美水蛇(*Natrix fasciata*)^[15]、鳖(*Trionyx spiniferus*)等,由基因型决定性别。

由图1中A—C表明,其性比由全雌转变为全雄的温度间隔,一般仅2—3℃。这种性比陡变的温度范围,

表 2 环境温度对某些爬行动物性别决定作用

Table 2 Effect of the environmental temperatures on sex determination in some Reptiles

种 类		温 度	
		♀♀	♂♂
棱皮龟科	Dermochelyidae		
棱皮龟	<i>Dermochely coriacea</i>	30.5	27—28 [10-11]
海龟科	Cheloniidae		
绿龟	<i>Chelonia mydas</i>	27.5—29	20—25
玳瑁	<i>Eretmochelys imbricata</i>	29—31	23—25 [9]
蠛龟	<i>Caretta caretta</i>	30.34	24—28
丽龟	<i>Lepidochelys olivacea</i>	32	25—28
鳖龟科	Chelydridae		
鳖龟	<i>Chelydra serpentina</i>	32, 30	26 [12-13]
水龟科	Emydidae		
乌龟	<i>Chinemys reevesii</i>	32	23—27
欧洲池龟	<i>Emys orbicularis</i>	30	24—28 [8]
彩龟	<i>Chrysemys picta</i>	30.5	25 [4, 10]
乌欠塔河图龟	<i>Graptemys ouachitensis</i>	30.5	25 [4]
图龟	<i>G. geographica</i>	30.5	25 [4]
拟图龟	<i>G. Pseudogeographica</i>	30.5	25 [4]
滑图龟	<i>G. pulchra</i>	29—30	28
拟水龟	<i>Pseudemys scripta</i>	29—30	28
陆龟科	Testudinidae		
陆龟	<i>Testuda graeca</i>	33	26—30 [5]
动胸龟科	Kinosternidae		
香动胸龟	<i>Sternotherus odoratus</i>	28—31	25 [17]
棕色动胸龟	<i>Kinosternon flavescens</i>	28—31	25 [17]
壁虎科	Gekkoidae		
豹斑壁虎	<i>Eublepharis macularius</i>	24—27	32—33 [18]
日本壁虎	<i>Gekko japonicus</i>	24, 32	28
蜥蜴科	Agamidae		
斯脱鼠	<i>agama agama</i>	26—27	29
钝吻鳄	Alligatoridae		
密河鳄	<i>Alligator mississippiensis</i>	30	34 [21]
鳄科	Crocodylidae		
澳洲长吻鳄	<i>Crocodylus johnsoni</i>	33—34	30—31

意味着一个阈温 (Threshold temperature) [1, 4, 16, 17], 有些学者称为基准温度 (Pivotal temperature), 而 *peratu* 称为临界温度 (Critical temperature)。当孵卵温度偏离阈温 (临界温度或基准温度) 时, 其性比曲线即急偏雄的比值或雌的比值。这种性比的偏向, 是由孵化期胚胎死亡率的影响还是由于温度影响? 一些学者对这个问题进行不同方式的检验。例如 Bull 等对三种图龟 [拟图龟 (*Graptemys pseudogeographica*)、图龟 (*G. geographica*)、乌欠塔河图龟 (*Gduachitensis*)] 与彩龟 (*Chrysemys picta*) 在不同温度孵化的性比及孵化时胚胎死亡数进行 Fisher 氏法差异显著性测定, 结果证实, 温度影响图龟与彩龟性比。Wegner 对豹斑壁虎 (*Eublepharis macularius*) 与 Tokuraga 对日本壁虎 (*Gekko japonicus*) 差异显著性测定, 亦证实温度决定性别 [18, 19]。

由于孵化温度对爬行动物性别决定有影响, 有的学者提出一个问题, 地理气候条件的不同, 是否影响同一物种的阈温或临界温度? Bull 曾对美国北方 Wisconsin 与南方 Tennessee 地区产的彩龟 (*Chrysemys*

picta) 与拟图龟 (*Graptemys pseudogeographica*) 的性比阈温进行比较。6—7 月份, 是该两种龟繁育时期, 月平均气温, 南方稍高 2—4℃。因此, 他们估计南方的性比阈温可能高于北方。而实验结果, 南方却低一些。他们推测, 这可能由于母龟对巢位选择的补偿作用。这种地域性对阈温的影响尚待进一步的研究^[6]。

根据异型性染色体或基因型决定性别, 其子代的性比是 1:1 (图 1D)。但是, 那些归属于孵化温度决定性别的爬行动物, 当它们处在阈温条件下时, 亦可能出现性比 1:1 的^[6]。曾把乌欠塔河图 (*Graptemys duachitensis*) 在 29.2—29.3℃ 中孵化。结果, 雄性仔 41%, 即性比接近 1:1。他们认为, 是弱性别决定基因 (Weak sex-determining locus) 与环境温度共同决定性别作用; 而该弱性基因在剧烈条件下, 则性比偏倚, 或全是雌的、或全是雄的。

孵化温度对性别分化的影响, 是有时间性的, 即有一个温度易感受期 (temperature sensitive period) ^[1, 13, 20-23]。例如, 密西西比河鳄 (*Alligator mississippiensis*) 在 30℃ 与 34℃ 时, 分别孵化成全雌和全雄仔鳄; 孵化第 2—3 星期的温度变化, 易影响其性别。但以后的温度变化, 不影响其性腺的性别分化^[21] 欧洲池龟 (*Emys orbicularis*) 在 25℃ 与 30℃ 时, 分别孵化为全雄和全雌的仔龟, 而温度影响性别决定的时间是在孵化的第 11—12 天^[18, 22]。

孵化温度决定爬行动物性别表型是否持久? 性成熟会性反转否? Bull 等曾对三种图龟 (*Graptemys*) 与一种彩龟 (*Chrysemys picta*) 给予产生全雌 (30℃) 与全雄 (25℃) 的温度中孵化, 然后, 分期分批剖视性腺, 其中有的把子龟饲养 1—3 个月剖视, 有的饲养 4—10 年, 全未发现性反转现象^[14]。

(2) 营巢场所对性别决定的影响 Bull 认为爬行动物性别决定机制, 尚受营巢场所的影响^[1, 3]。例如, 密西西比鳄 (*Alligator mississippiensis*) 胚胎的性别分化, 是与母鳄营巢场所的温度、湿度和卵巢中排列的方位及巢的层次有关。Ferguson 等曾对密西西比鳄在堤岸上与沼泽区的巢中各方位的温度进行记测。结果, 堤岸上的巢温较高, 平均 34℃, 出壳的仔鳄, 几乎全都是雄的^[21]。沼泽区的巢温较低, 平均 34℃ 出壳的仔鳄多是雄的, 其巢顶的温度稍高, 平均 34℃, 亦发育为雄仔龟; 而巢边及巢底的蛋温, 平均 30℃ 或低于 30℃, 结果, 发育为雌鳄。

Vogt 等关于图龟 (*Graptemys*) 性比的生态学研究亦指出, 性比与母龟营养巢场所有关^[24]。图龟营巢在遮荫处者, 其仔龟几乎全是雄性个体; 如果巢是直接受太阳辐射或位在无遮荫的沙丘中, 其孵出的仔龟, 几乎全部发育为雌性个体。他们认为, 巢面的暴晒或遮荫状况, 可能影响巢温高低, 从而影响图龟孵出仔龟的性比。

(3) 营巢孵卵的季节影响性比 Vogt 等曾发现图龟 (*Graptemys*) 在自然界孵出仔龟的性比与季节有关^[24]。8 月初出壳的仔龟, 多是雌性个体; 而 9 月初出壳者, 多雄性个体。Mrosovsky 等在两种海龟中亦发现类似状况。如绿海龟 (*Chelonia mydas*) 与棱皮龟 (*Dermochelys coriacea*), 当温暖月份营巢出壳的仔龟, 多偏雌性; 反之, 偏雄性个体^[19]。这可能与季节性的气温变化影响巢温高低, 从而影响仔龟的性比之故。

(4) 巢的湿度对性比影响

有人曾将彩龟 (*Chrysemys picta*) 卵放在不同湿度环境中孵化, 温度为 26.5—27℃, 巢的基底湿度 -150 至 -300KPa, 结果, 皆发育为雌性仔龟, 如果环境温度不变, 而基底的干燥度增大, 即负压增至 -650 至 -1100KPa 时, 结果, 孵出的仔龟有雌的个体, 亦有雄的个体。由此表明, 当孵化温度相当时, 巢的基底干燥程度, 对性比决定亦有一定影响^[25, 26]。把彩龟放在 18—31℃ 与 18—6℃ 环境中, 在正常情况下, 前者主要产雌龟、后者产雄龟。但给不同湿度影响后, 在 18—31℃ 中, 原应多产雌个体, 当巢的基底湿度负压 -150 至 -650KPa 时, 孵出雄仔龟 47%; 当湿度负压增加至 -1100 与 -1500KPa 时, 则雄仔龟分别为 77% 与 91%。如果把彩龟卵放在产雌仔龟 18—26℃ 中孵, 而湿度控制在 -150 与 -650KPa, 则雄仔龟分别为 88% 与 83%。当湿度负压增至 -1100KPa, 则孵出雄性仔龟仅占 33%^[26]。

3. 性别决定与H-Y抗原的关系

性别决定,可能与H-Y抗原有联系。H-Y抗原是一种细胞表面的大分子,在脊椎动物中它始终与异配性别相联系的^[27]。因此,有些学者将H-Y抗原作为鉴别异配性别的一种工具,以检测尚未发现异型染色体物种的性别遗传决定型^[28, 29]。

Engel等以H-Y抗原对5科14种龟进行研究,发现13种雌龟为H-Y抗原阳性,而仅一种乌龟(*Chinemys reevesii*)的雄性个体为H-Y抗原阳性。因此,他们推测,龟类可能存在ZZ/ZW与XX/XY型异配性别决定机制^[30]。

XY型睾丸与ZW型卵巢发育,可能受H-Y(H-W)抗原的影响^[31]。Zaborski等以W₁H-Y抗原检测欧洲池龟(*Emys orbicularis*)在三种不同温度时发育成的性腺,即在25—26℃时发育为100%雄性表型;在30—30.5℃时发育为100%雌性表型;在28.5—29℃时,大多数发育为雌龟,少数发育为雄性或间性个体。H-Y抗原检测的结果表明,仔龟的卵巢对H-Y抗原呈阳性反应,而仔龟的血细胞与睾丸为H-Y阴性。以H-Y检测自然条件下发育的成年池龟,结果,血细胞与睾丸为H-Y阴性,而卵巢及血细胞皆为H-Y阳性。由此表明,池龟的卵巢与H-Y抗原有联系。他们认为,H-Y抗原,可能具有诱导卵巢分化作用^[29]。

环境条件改变性别表型

许多脊椎动物,是由异型配子决定性别的。如鸟类的异型配子为ZZ/ZW型,兽类为XX/XY型,这种性因子示为基因型性别决定^[1, 28]。但是,剧烈的环境条件,可能会压倒这些遗传因子的作用。其性别表型,则由环境因子决定(如温度、湿度)。这在鱼类、两栖类、爬行类及鸟类中已证实^[29, 32-35]。

Zaborski等曾对欧洲池龟(*Emys orbicularis*)与地中海陆龟(*Testudo graeca*)胚胎发育时期的性激素水平与性腺中某些酶的活性进行过研究。这为探索环境温度影响性腺分化的机制提高了线索^[29]。把池龟卵放在发育雄仔龟温25℃度中孵,当胚胎性腺的温度易感期(即胚胎19—20期)时,以安息香强力动情素(Estradiol benzoate)注射到池龟蛋卵中。结果,一些胚胎的性腺分化成卵巢,另一些胚胎的性腺发育为间性。他们认为,ZW型的受精卵,在正常条件下应发育为雌性,但处在25℃时,因孵化温度影响其性反转,使表型为雄性;当注射雌性激素后,虽然处在25℃条件,仍使雄基因型(ZW)正常发育为雌性表型。而某些原是ZZ型,由于性腺分化的温度易感期注射过雌性激素,致使精小管分化微弱。性腺原基皮质部发育贫乏。结果,发育为间性。温度与性激素之所以影响性反转,是与酶的活性有关。在不同温度条件下,酶的活性不同。而酶的活性又会影响力激素产生的水平^[28]。

两种性别决定机制的进化关系

有些爬行动物是由环境因子决定性别的,另一些爬行动物是由异型性染色体决定性别。在进化系统上,究竟哪一种较原始?

根据各纲脊椎动物异型性染色体分化程度来看,亦与物种进化程序相符的。

大多数鱼类,尚未发现有异型性染色体。即使有异型性染色体分化的种类,仍处在萌芽状态,而多数种类由环境决定性别,如银边鱼(*Meridia mendia*)^[36]。

在两栖类中,即使有异型性染色体分化的种类,仅在性相关区(Sex related region)有分化,而只有通过复制带型才能认辨^[37]。大多数两栖类的性别决定是受环境影响的^[38]。

在爬行动物中,多数种类尚未发现异型性染色体,虽然在少数爬行类中已有分化,但仍然处于原始阶段;在蛇类中,由同型趋向异型的现象较明显。从系统分类方面来看,蟒蛇科(Bodiidae)是较原始的,游蛇科(Colubridae)是由它演化而来,又由游蛇科演化为蝰蛇科(Viperidae)。它们的性染色体分化程度的趋势,亦符合上述物种演化程序。蛇类共13对染色体,其第4对染色体为性染色体。大多数蟒蛇的第4对染色体是同型的,仅少数蟒蛇的已开始分化。如马达加斯加蟒(*Acrantophis dumerilii*),仍是同型的中着丝

点染色体。在游蛇中,性染色体已开始形态上的差异,如靛青蛇(*Drymarchon c. coraia*),第4对染色体已分化,其Z为中着丝点染色体,而W已通过臂间倒位成为端着丝点染色体,但有的游蛇(*Pseustes sulphureus*)尚未发现异型性染色体^[29]。总之,Z染色体,从蟒蛇至蝰蛇均没有变化,而W染色体则发生由同型向异型的演化。

鸟兽类是高等脊椎动物,其性染色体已高度分化,而性别是由异型性染色体决定的。一般认为,性别决定基因是逐渐积累的,含有性别决定基因的染色体发生倒位,避免交换,从而导致性染色体分化,即由同型向异型分化;由环境决定性别。趋向稳定的异型染色体决定性别。

参 考 文 献

- [1] Bull J. J., 1983, Evolution of sex determining mechanisms, Benjamin/Cummings publishing Company, INC California USA.
- [2] Charooy E. L., 1982, The theory of sex allocation, Princeton Univ. Press, Princeton.
- [3] Bull J. J., 1980, Sex determination in reptiles, *Quart. Rev. Biol.* 55(1):3—21.
- [4] Bull J. J., R. C. Vogt, 1979, Temperature—dependent sex determination in turtles, *Science* 206:1186—1188.
- [5] Wylie A. P. et al., 1968, The chromosomes of the tuatara, *proc. Univ. Otago. Med. Sch.* 46:22—23.
- [6] Bull J. J., R. C. Vogt & M. G. Bulmer, 1982, Heritability of sex ratio in turtles with environmental sex determination, *Evolution* 36:333—341.
- [7] Charrier M., 1966, Action de la temperature sur la sex-ratio chez l'embryon d'Agama agama (Agamidae), *C. R. Soc. Biol.* 160:20—22.
- [8] Pieau C., 1971, Sur la proportions sexuelle chez les embryons de deux Cheloniens issus d'oeufs incubés artificiellement, *C. R. Acad. Sci. Paris(D)* 272:3071—3074.
- [9] Dalrymple G. H. et al., 1985, Male-biased sex ratio in a cold nest of Hawksbill sea turtles (*Eretmochelys imbricata*), *Herpet.* 19:158—159.
- [10] Mrosovsky N. et al., 1984, Sex ratios of two species of sea turtle nesting in Suriname, *Can. J. Zool.* 62:2227—2239.
- [11] Rimblot F. et al., 1983, Influence de la temperature sur la differentiation sexuelle des gonades chez la tortue luth, etude en incubation artificielle et naturelle, *Acte de Colloques* 1:355—367.
- [12] Yntema C. L., 1976, Effects of incubation temperature on sexual differentiation in the turtles (*Chelydra serpentina*), *J. Morph.* 150:453—482.
- [13] Yntema C. L., 1979, Temperature levels and periods of sex determination during incubation of eggs of *Chelydras Serpentina*, *J. Morph.* 155:17—27.
- [14] Reynaud A. & C. Pieau, 1972, Effets de diverses temperatures d'incubation sur le developement somatique et sexuel des embryons de lézard vert, *C. R. Acad. Sci. Paris(D)* 275:2259—2262.
- [15] Osgood D., 1980, Sex ratio and incubation temperature in a watersnake, *Quart. Rev. Biol.* 55:21 (App.).
- [16] Gutske W. H. N. & G. L. Paukstis, 1984, A low temperature threshold for sexual differentiation in the painted turtles, *Copeia*, 1984:546—547.
- [17] Vogt R. C. & J. J. Bull, 1982b, Temperature controlled sex-determination in turtles; Ecological and behavioral aspects, *Herpetologica* 38(1):156
- [18] Wagner E., 1980b, Temperature-dependent sex determination in a gekko lizard, *Quart. Rev. Biol.* 55:21 (APP.)
- [19] Tokunaga S., 1985, Temperature-dependent sex determination in *Gekko japonicus*, *Develop. Growth & Differentiation* 27:117—120.
- [20] Bull J. J. & R. C. Vogt, Temperature-sensitive period of sex determination in emydid turtles, *J. Exp. Zool.* 218:435—440.
- [21] Ferguson M. W. J. & J. Jonnan, 1982, Temperature of eggs incubation determines sex in alligator mississippiensis, *Nature* 296:850—853.
- [22] Pieau C. & M. Dorizzi, 1981, Determination of temperature sensitive stages for sexual differentiation of the gonads in embryos of the turtle *Emy sordicularis*, *J. Morph.* 1970:373—382.
- [23] Yntema C. L. & N. Mrosovsky, 1980, Sexual differentiation in hatchling logerheads incubated at different controlled temperatures, *Herpetologica* 36:36.
- [24] Vogt R. C. & J. J. Bull, 1984, Ecology of hatchling sex ratio in map turtles, *Ecology* 65(2):582—587.
- [25] Gutske W. H. N. & G. L. Paukstis, 1983, Influence of the hydric environment on sexual differentiation of

- turtles, *J. Exp. Zool.* 226:467-469.
- [26] Paukstis G.B. et al., 1984, Effects of substrate water potential and fluctuation temperatures on sex ratios of hatchling painted turtles, *Can. J. Zool.* 62(8):1491-1494.
- [27] Zaboski P., 1985 H-Y antigen nonmammalian vertebrates, *Archiv. Anat. Micr. Morph. exper.* 74(1):33-37.
- [28] Chapeville F. et al., 1985, Sexuall differentiation in turtles, In, *Cellular Regulation and Malignant Growth* (Ebasahi S. ed.).
- [29] Zaborski P. et al., 1982, H-Y antigen expression in temperature sexreversed turtles (*Emys orbicularis*), *Differentiation* 22:73-78.
- [30] Engel W. et al., 1981, H-Y antigen and sex determination in turtles, *Differentiation* 20:152-156.
- [31] Wachtel S.S. et al., 1980, Does H-Y antigen induce the heterogametic ovary? *Cell* 20:859-864.
- [32] Yamamoto T., 1963, Induction of sex reversal in sex differentiation of YY zygotes in the medaka (*Oryzias latipes*), *Genetics* 48:293-306.
- [33] Harrington R. W. Jr., 1968, Delimitation of the thermolabile phenocritical period of sex determination and differentiation in the ontogeny of the normally hermaphroditic fish, *Physiol. Zool.* 41:447-460.
- [34] Houillion C. & C. Dournon, 1978, Inversion du phenotype sexuel femelle sous l'action d'une temperature elevee chez l'Amphibien Urodele *pleurodeles waltlii* Micah, *C. R. Acad. Sc. Paris (D)* 286:1475-1478.
- [35] Muller U. et al., 1979, Appearance of H-W (H-Y) antigen in the gonads of oestadiol sex reversed male chicken embryos, *Nature* 280:142-144.
- [36] Conover D. O. & B. E. Kynard, 1981, Environmental sex determination, Interaction of temperature and genotype in fish, *Scienc* 213:577-579.
- [37] 尚克刚, 邓崇新 1983, 中华大蟾蜍ZW型性别决定的细胞遗传学证据, *遗传学报*, 10(4):298-305.
- [38] Richards C. M. & G. W. Nace, 1978, Gnogenetic and hormonal sex reversal used in test of the XX/XY hypothesis of sex determination in *Rana pipiens*, *Growth* 42:319-331.
- [39] Beak W. et al., 1964, Close karyological kinship between the reptilian suborder Serpentes and the class Aves, *Chromosoma* 15:606-617.

PROGRESSES OF STUDIES ON ENVIRONMENTAL SEX DETERMINATION IN REPTILES

Wang Peichao

(Zoo-ecology Research Laboratory, Dept. of Biology, East China Normal University, Shanghai)

1. Two sex determining mechanisms in reptiles have been observed, (1) the heteromorphic sex chromosomes or heterogametic sex determination, and (2) the environmental sex determination.

2. The sex chromosomes are common in snakes and some lizards, but apparently rare in turtles and absent in crocodilians and the tuatara.

3. The environmental sex determination is common in turtles and has been reported with three lizards and alligators.

4. Certain extreme environment conditions affect the phenotype of heterogametic sex determination in reptiles.

5. The H-Y antigen is expressed only in the heterogametic sex. Therefore, H-Y antigen could be available tool in determining the heterogametic sex in reptiles.

Key words: environmental sex, reptiles.