

不同地理居群蓝尾石龙子染色体组型的比较*

刘永章^① 张永普^②

(^①温州医学院生物学教研室 温州 325027; ^②温州师范学院生物与环境科学系 温州 325027)

摘要:研究了浙江杭州、洞头、温州和福建宁德 4 个地理居群蓝尾石龙子(*Eumeces elegans*)的染色体组型,其二倍体均为 $2n = 26(20V + 6I)$, $NF = 46$, 含有大型染色体 6 对、小型染色体 7 对,除 3 对小型的近端染色体外,其余均为中部着丝粒。但 4 个不同地理居群蓝尾石龙子之间的染色体在相对长度、臂比值、着丝粒指数等方面存在着一定的差异,说明不同地理居群的蓝尾石龙子的染色体具有丰富的多样性。

关键词:居群;蓝尾石龙子;染色体组型

中图分类号:Q953 **文献标识码:**A **文章编号:**0250-3263(2003)05-19-06

Comparison of Karyotypes of Different Geographical Populations of *Eumeces elegans*

LIU Yong-Zhang^① ZHANG Yong-Pu^②

(^① Department of Biology, Wenzhou Medical College, Wenzhou 325027;

^② Department of Biological and Environmental Sciences, Wenzhou Normal College, Wenzhou 325027, China)

Abstract: The karyotypes of *Eumeces elegans* from Dongtou, Hangzhou and Wenzhou of Zhejiang Province and Ningde of Fujian Province were studied by making chromosomal specimens. Thus the karyotypes of four populations of *E. elegans* were compared. The results demonstrated that *E. elegans* from these four geographical populations have $2n = 26(20V + 6I)$, including 6 pairs of macrochromosomes and 7 pairs of small chromosomes and 7 pairs of microchromosomes. Except for the 3 pairs of small acrocentric chromosomes, the rest are all metacentric chromosomes, $NF = 46$. But

* 温州市科技发展计划项目基金(No. S2002A021);

第一作者介绍 刘永章, 38 岁, 男, 副教授; 从事医学遗传学、细胞学教学和科研工作; E-mail: Liuyz-2@163.com。

收稿日期: 2002-10-15, 修回日期: 2003-04-15

some dissimilarities were found among populations. First, the relative lengths of chromosomes were different among them, and secondly, the arm ratios and the centromere indexes were also different, which shows that chromosomes vary between different geographical populations.

Key words: Populations; *Eumeces elegans*; Karyotypes

蓝尾石龙子 (*Eumeces elegans*) 隶属石龙子科石龙子属, 广布于亚洲、美洲和非洲等广阔地域, 该属已记载有 35 种, 迄今做过染色体研究的有 5 种。我国石龙子属有 6 种, 除黄纹石龙子分布于西北和华北外, 其余 5 种主要分布于华中、华南、西南和台湾。关于蓝尾石龙子的染色体组型国内外已有报道, 如 Makino 等^[1] 曾用石蜡切片制作的标本分析台湾蓝尾石龙子性细胞染色体, 郭超文^[2] 报道了安徽黄山蓝尾石龙子的染色体组型等。作者通过对浙江洞头、杭州、温州和福建宁德 4 个不同地理居群蓝尾石龙子染色体组型的比较, 以揭示不同地理居群的蓝尾石龙子染色体水平的差异程度, 以期对石龙子属的分类、进化及深入研究其细胞遗传学特征提供一些资料。

1 材料与方法

1.1 材料 实验用的蓝尾石龙子样本采集于 2001 年 4 月, 所有材料在实验室鉴定性别, 用数显游标卡尺 (± 0.01 mm) 测量头体长 (snout-vent length, SVL), 69.3 mm 以上的个体被判定为性成熟个体^[3]。所有实验个体均为成体。洞头 5♂♂ 3♀♀ 捕自洞头岛、杭州 5♂♂ 3♀♀ 捕自杭州小和山; 宁德 5♂♂ 4♀♀ 捕自宁德市郊; 温州 5♂♂ 4♀♀ 捕自温州仙岩。

1.2 方法 实验动物按常规骨髓细胞空气干燥法制备染色体标本, 在取材前 5~6 h 于腹腔注射秋水仙素溶液, 剂量为 10 $\mu\text{g/g}$ 体重, 取出脊椎骨髓细胞直接制备染色体标本。染色体标本用 Nikon MODEL ECLIPSE E400 显微镜, 在油镜下观察计数 100 个中期分裂相, 并选择 17~32 个分散好排列标准的分裂相用数码相机进行拍照, 最后输入电脑在 photosho 6.0cs 下处理、放大、测量、计算染色体相对长度 [染色体相对长度 = 一条染色体的长度 / (该物种单倍体

常染色体的总长度 + X 染色体的长度)] 和臂比指数 (臂比指数 = 长臂 / 短臂), 着丝粒指数 (着丝粒指数 = 一条染色体短臂的长度 / 该条染色体的总长度)。按染色体相对长度分组排队; 臂比指数按 Levan 等^[4] 提出的标准进行形态分类: 臂比指数 1.0~1.7 为中部着丝粒染色体 (M), 1.7~3.0 为亚中部着丝粒染色体 (SM), 3.0~7.0 为亚端部着丝粒染色体 (ST), 指数 > 7.0 为端部着丝粒染色体 (T); 相对长度大于 9% 的为大型染色体组, 相对长度小于 7% 的为小型染色体组; 臂数的统计按 Gorman^[5] 进行, 即中部和亚中部着丝粒染色体的臂数计为 2, 亚端部和端部着丝粒染色体的臂数计为 1。数据统计方法: 采用 Statistica 统计软件包中的单因素方差分析 (one-way ANOVA), Tukey 多重比较检验相应的数据。全文中的描述性统计值用平均值 \pm 标准误表示, 显著水平设置在 $\alpha = 0.05$ 。

2 结果

4 组不同地理居群蓝尾石龙子的染色体组型 (图 1: A, B, C, D, E), 其二倍体均为 $2n = 26$ (20V + 6I), $NF = 46$, 含有大型染色体 6 对、小型染色体 7 对 (No. 1~6 为大型染色体组, No. 7~13 为小型染色体组), 除 3 对小型的近端染色体外, 其余均为中部着丝粒。大型和小型的染色体差异明显, 容易区分, 4 个居群均未见与性别相关的异型性染色体。

2.1 相对长度的差异 4 组不同地理居群 13 对染色体的相对长度 (表 1) 经 ANOVA 检验, 结果发现: No. 2、4、5、7、9~12 对染色体无显著差异 (all $P > 0.05$); No. 1 染色体差异显著 ($F_{3,82} = 3.37, P < 0.05$), Tukey 多重比较检验表明, 杭州居群显著大于温州居群; No. 3 染色体差异显著 ($F_{3,82} = 3.40, P < 0.05$), Tukey 多重比较检验

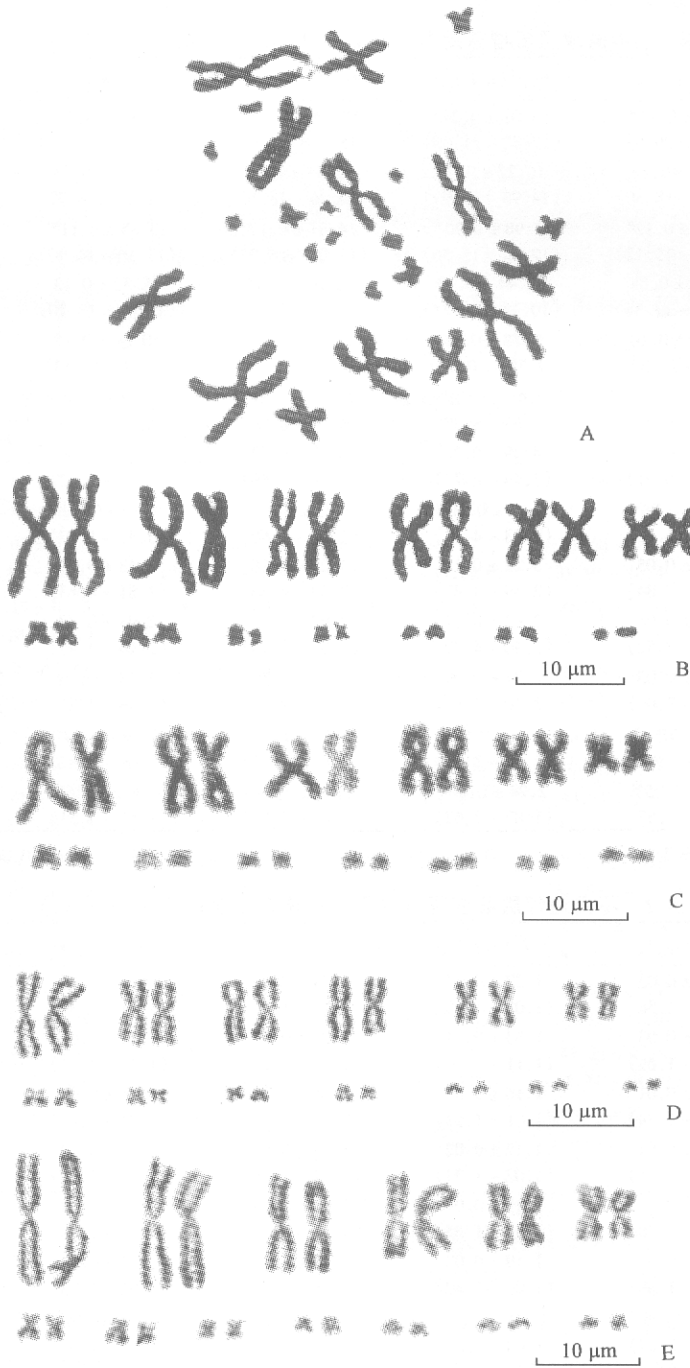


图 1 4 个居群蓝尾石龙子的染色体组型

A. 染色体核型图; B. 杭州; C. 洞头; D. 温州; E. 宁德

表明, 宁德居群显著大于洞头居群; No. 6 染色体差异显著 ($F_{3,82} = 3.07, P < 0.05$), Tukey 多重比较检验表明, 洞头和温州两居群大于杭州居

群; No. 8 染色体差异极显著 ($F_{3,82} = 7.96, P < 0.001$), Tukey 多重比较检验表明, 温州和洞头两居群显著大于杭州和宁德两居群; No. 13 染

色体差异显著 ($F_{3,82} = 4.08, P < 0.01$), Tukey 多重比较检验表明, 杭州居群显著大于宁德居群。

表 1 不同地理居群蓝尾石龙子染色体相对长度的比较 ($\bar{X} \pm SE$)

No.	洞头 (n = 32)	杭州 (n = 17)	宁德 (n = 18)	温州 (n = 19)	P 值
1	18.25 ± 0.16 ^{ab} (16.77 ~ 20.65)	19.01 ± 0.24 ^a (17.72 ~ 21.08)	18.78 ± 0.39 ^{ab} (15.62 ~ 21.93)	17.98 ± 0.21 ^b (16.57 ~ 19.94)	*
2	16.15 ± 0.17 (14.21 ~ 18.30)	16.27 ± 0.24 (14.95 ~ 17.99)	16.17 ± 0.24 (14.86 ~ 18.10)	15.74 ± 0.23 (14.22 ~ 18.72)	0.370
3	13.68 ± 0.12 ^b (12.26 ~ 15.12)	13.98 ± 0.20 ^{ab} (12.38 ~ 15.56)	14.31 ± 0.17 ^a (13.00 ~ 16.03)	13.85 ± 0.11 ^{ab} (13.10 ~ 14.90)	*
4	12.45 ± 0.08 (11.61 ~ 13.36)	12.44 ± 0.19 (10.34 ~ 13.71)	12.69 ± 0.15 (11.84 ~ 13.81)	12.32 ± 0.13 (11.41 ~ 13.20)	0.292
5	10.19 ± 0.10 (8.76 ~ 11.34)	9.78 ± 0.19 (7.70 ~ 10.76)	10.18 ± 0.19 (8.40 ~ 10.97)	10.24 ± 0.15 (9.08 ~ 11.13)	0.163
6	7.94 ± 0.08 ^a (6.76 ~ 8.77)	7.40 ± 0.25 ^b (4.65 ~ 8.37)	7.47 ± 0.19 ^{ab} (5.19 ~ 8.86)	7.90 ± 0.16 ^a (6.50 ~ 9.52)	*
7	4.65 ± 0.09 (3.33 ~ 6.01)	4.49 ± 0.20 (3.43 ~ 6.77)	4.39 ± 0.13 (3.64 ~ 5.49)	4.75 ± 0.09 (3.93 ~ 5.43)	0.216
8	4.03 ± 0.06 ^a (3.26 ~ 4.56)	3.68 ± 0.10 ^b (2.73 ~ 4.64)	3.73 ± 0.10 ^b (2.97 ~ 4.69)	4.20 ± 0.09 ^a (3.43 ~ 5.02)	***
9	3.34 ± 0.05 (2.76 ~ 3.84)	3.22 ± 0.11 (2.59 ~ 4.47)	3.27 ± 0.10 (2.38 ~ 4.46)	3.48 ± 0.09 (2.81 ~ 4.43)	0.210
10	2.80 ± 0.06 (2.22 ~ 3.52)	2.92 ± 0.11 (2.30 ~ 4.22)	2.97 ± 0.13 (1.95 ~ 4.13)	2.98 ± 0.07 (2.46 ~ 3.87)	0.367
11	2.57 ± 0.05 (1.96 ~ 3.09)	2.71 ± 0.09 (2.20 ~ 3.86)	2.60 ± 0.10 (1.89 ~ 3.43)	2.63 ± 0.06 (2.16 ~ 3.25)	0.574
12	2.30 ± 0.05 ^b (1.83 ~ 2.83)	2.50 ± 0.07 ^{ab} (2.05 ~ 2.97)	2.27 ± 0.10 ^a (1.65 ~ 3.07)	2.29 ± 0.07 ^a (1.69 ~ 2.82)	0.110
13	2.00 ± 0.05 ^{ab} (1.51 ~ 2.57)	2.24 ± 0.06 ^a (1.87 ~ 2.62)	1.89 ± 0.09 ^b (1.47 ~ 2.62)	2.06 ± 0.06 ^{ab} (1.51 ~ 2.51)	**

上标不同的平均值差异显著 (Tukey's test, $\alpha = 0.05$), a > b > c; * $P < 0.05$, ** $P < 0.01$, *** $P < 0.001$ (下表同)

表 2 不同地理居群蓝尾石龙子染色体臂比值的比较 ($\bar{X} \pm SE$)

No.	洞头 (n = 32)	杭州 (n = 17)	宁德 (n = 18)	温州 (n = 19)	P 值
1	1.20 ± 0.03 (1.03 ~ 1.56)	1.22 ± 0.04 (1.05 ~ 1.49)	1.24 ± 0.03 (1.03 ~ 1.60)	1.16 ± 0.03 (1.01 ~ 1.37)	0.403
2	1.32 ± 0.03 (1.06 ~ 1.69)	1.33 ± 0.04 (1.11 ~ 1.66)	1.28 ± 0.03 (1.10 ~ 1.72)	1.31 ± 0.03 (1.07 ~ 1.51)	0.812
3	1.13 ± 0.01 (1.03 ~ 1.34)	1.16 ± 0.03 (1.01 ~ 1.54)	1.15 ± 0.02 (1.04 ~ 1.35)	1.16 ± 0.03 (1.01 ~ 1.48)	0.537
4	1.16 ± 0.04 (1.01 ~ 2.34)	1.12 ± 0.02 (1.02 ~ 1.34)	1.14 ± 0.03 (1.01 ~ 1.58)	1.12 ± 0.02 (1.03 ~ 1.36)	0.830
5	1.19 ± 0.02 (1.05 ~ 1.58)	1.19 ± 0.04 (1.03 ~ 1.55)	1.28 ± 0.05 (1.03 ~ 1.81)	1.21 ± 0.04 (1.02 ~ 1.70)	0.908
6	1.22 ± 0.03 (1.01 ~ 1.68)	1.19 ± 0.03 (1.00 ~ 1.48)	1.39 ± 0.12 (1.03 ~ 3.25)	1.20 ± 0.04 (1.02 ~ 1.73)	0.366
7	1.50 ± 0.05 ^a (1.10 ~ 2.27)	1.22 ± 0.04 ^b (1.04 ~ 1.56)	1.23 ± 0.05 ^b (1.02 ~ 1.86)	1.41 ± 0.05 ^{ab} (1.09 ~ 1.90)	***
8	1.32 ± 0.04 (1.01 ~ 1.84)	1.21 ± 0.04 (1.02 ~ 1.56)	1.28 ± 0.03 (1.08 ~ 1.48)	1.37 ± 0.05 (1.02 ~ 1.77)	0.092
9	1.27 ± 0.03 ^{ab} (1.06 ~ 1.77)	1.13 ± 0.02 ^c (1.00 ~ 1.34)	1.18 ± 0.03 ^{bc} (1.03 ~ 1.43)	1.36 ± 0.06 ^a (1.01 ~ 1.91)	***
10	1.23 ± 0.03 (1.00 ~ 1.75)	1.23 ± 0.09 (1.00 ~ 2.27)	1.19 ± 0.03 (1.00 ~ 1.47)	1.34 ± 0.07 (1.03 ~ 2.17)	0.303
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-

2.2 臂比值的差异 4组不同地理居群 13对染色体的臂比值(表2)经 ANOVA 检验,结果发现:No.1~6、8、10对染色体无显著差异(all $P > 0.05$);No.7染色体差异极显著($F_{3,82} = 8.33$, $P < 0.0001$),Tukey多重比较检验表明,洞头居群显著大于杭州和宁德居群;No.9染色体差异极显著($F_{3,82} = 6.53$, $P < 0.001$),Tukey多重比较检验表明,温州居群显著大于杭州和宁德居群。

2.3 着丝粒指数的差异 4组不同地理居群 13对染色体的着丝粒指数(表3)经 ANOVA 检验,结果发现:No.1~6、8、10~13对染色体无显著差异(all $P > 0.05$);No.7染色体差异极显著($F_{3,82} = 8.88$, $P < 0.0001$),经 Tukey多重比较检验表明,杭州和宁德居群显著大于洞头居群;No.9染色体差异显著($F_{3,82} = 4.82$, $P < 0.01$),Tukey多重比较检验表明,杭州和宁德居群显著大于温州居群。

表3 不同地理居群蓝尾石龙子染色体着丝粒指数的比较($\bar{X} \pm SE$)

No.	洞头 ($n = 32$)	杭州 ($n = 17$)	宁德 ($n = 18$)	温州 ($n = 19$)	P 值
1	45.83 ± 0.49 (39.37 ~ 49.22)	45.55 ± 0.63 (40.47 ~ 48.82)	44.31 ± 0.96 (31.66 ~ 49.17)	46.56 ± 0.53 (42.84 ~ 49.87)	0.147
2	43.48 ± 0.46 (37.47 ~ 48.45)	43.44 ± 0.72 (38.02 ~ 47.34)	43.37 ± 0.99 (30.41 ~ 47.68)	43.58 ± 0.53 (39.93 ~ 48.38)	0.997
3	47.17 ± 0.27 (42.78 ~ 49.27)	46.62 ± 0.49 (40.65 ~ 49.74)	46.87 ± 0.50 (43.22 ~ 51.67)	46.50 ± 0.54 (40.49 ~ 49.82)	0.643
4	46.93 ± 0.52 (34.85 ~ 49.71)	47.24 ± 0.41 (43.97 ~ 49.52)	47.27 ± 0.50 (40.43 ~ 49.79)	47.28 ± 0.36 (42.85 ~ 49.19)	0.930
5	46.17 ± 0.44 (39.24 ~ 48.83)	46.08 ± 0.62 (40.49 ~ 49.38)	46.23 ± 0.56 (42.22 ~ 50.83)	45.70 ± 0.75 (37.16 ~ 49.55)	0.925
6	45.48 ± 0.48 (37.31 ~ 49.83)	45.95 ± 0.59 (40.56 ~ 50.04)	43.44 ± 1.23 (27.96 ~ 49.39)	45.71 ± 0.65 (37.31 ~ 49.43)	0.102
7	40.61 ± 0.84 ^b (27.19 ~ 47.63)	45.55 ± 0.68 ^a (39.55 ~ 49.22)	45.34 ± 0.72 ^a (36.66 ~ 49.47)	42.19 ± 0.88 ^{ab} (34.69 ~ 47.92)	***
8	43.75 ± 0.62 (35.61 ~ 49.71)	45.64 ± 0.61 (40.82 ~ 49.47)	44.44 ± 0.50 (40.78 ~ 48.10)	42.79 ± 0.84 (36.26 ~ 49.60)	0.053
9	44.39 ± 0.52 ^{ab} (36.11 ~ 48.66)	46.45 ± 0.60 ^a (40.87 ~ 50.00)	46.31 ± 0.64 ^a (42.03 ~ 52.36)	43.20 ± 0.93 ^b (35.58 ~ 49.67)	**
10	45.43 ± 0.61 (36.36 ~ 50.00)	45.68 ± 1.35 (30.56 ~ 50.00)	46.20 ± 0.54 (42.00 ~ 50.00)	44.21 ± 0.85 (35.71 ~ 49.27)	0.433
11	-	-	-	-	-
12	-	-	-	-	-
13	-	-	-	-	-

3 讨论

从核型来看,4个不同地理居群的蓝尾石龙子的二倍体均为 $2n = 26(20M + 6T)$, $NF = 46$, 模式为 $6 + 7$, 其中,大型染色体 6对、小型染色体 7对,除3对小型的近端染色体外,其余均为中部着丝粒,与郭超文^[6]报道的安徽黄山蓝尾石龙子和 Makino 等^[1]报道的台湾蓝尾石龙子核型一致,说明蓝尾石龙子在整个进化过程中,

其染色体数目相对稳定;同时与各地理居群间相距较近有关。蓝尾石龙子与中国石龙子 (*Eumeces chinensis*)^[7]、铜石龙子 (*Sphenomorphus indicus*)^[7]、光蜥 (*Ateuchosauras chinensis*)^[7] 具有相同的染色体数目,而且都是两型性核型,说明在染色体演化上具有同源性;但不同属科染色体的染色体类型、臂数(NF)有所差异,表明属种的特异性(表4)。

表 4 石龙子科 4 个种的染色体组型的比较

种	2n	NF	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
光蜥	26	42	M	M	M	M	M	M	M 或 SM	M 或 SM	T	T	T	T	T
中国石龙子	26	48	M	M	M	M	M	M	M	M	M	ST	ST	T	T
铜石龙子	26	46	M	SM	M	M	M	M	M	M	ST	ST	T	T	T
蓝尾石龙子	26	46	M	M	M	M	M	M	M	M	M	M	T	T	T

动物的核型分化存在有三个水平的意义：一是居群内分化，并不是总伴随着明显的形态分化，通常称为多态 (polymorphism)；二是物种内居群间的分化，叫多型 (polytypism)；三是物种间的核型分化，引起生殖隔离的建立^[8]。本文所揭示的蓝尾石龙子不同地理居群的染色体相对长度、臂比值、着丝粒指数三方面存在着一定的差异，自然界的物种是以居群方式存在的，居群是生物进化的功能单位，由于生态环境及居群结构的差异，生活在不同地理区域的地理居群之间也存在着染色体核型差异的现象。值得一提的是，本文研究的 4 个不同地理居群的蓝尾石龙子从染色体相对长度、臂比值、着丝粒指数三方面经过 ANOVA 检验和 Tukey 多重比较检验，结果发现分布在沿海一带的浙江温州、洞头蓝尾石龙子之间染色体核型无差异，而浙江温州、洞头蓝尾石龙子与浙江杭州、福建宁德蓝尾石龙子之间染色体核型发生多对染色体的显著性差异。从这一点也说明染色体核型差异的存在可能与动物长期适应一定的地理环境有关。染色体核型能反映物种的遗传特征，然而仅用这些差异尚不足以作为划分亚种分化的依据。有关这些差异的意义和原因尚不清楚，有待于今后进一步研究。

致谢 本研究得到杭州师范学院生命科学院计翔教授的支持和指导，特表谢意。

参 考 文 献

- [1] Makino S, Momma E. An idiogram study of the chromosomes in some species of Reptiles. *Cytologia*, 1949, **15**: 96 - 108.
- [2] 郭超文. 蓝尾石龙子染色体组型与 Ag-NORS 分析. 动物学杂志, 1997, **32**(3): 17 - 19.
- [3] 杜卫国, 计翔. 蓝尾石龙子的生长、两性异形及雌性繁殖. 动物学研究, 2001, **2**(4): 279 - 286.
- [4] Leven A, Fredga K, Sandberg A A. Nomenclature for centromeric position on chromosomes. *Hereditas*, 1964, **52**: 201 - 220.
- [5] Gorman G C. The chromosomes of the Reptilia, a cytotaxonomic interpretation. In: Chiarelli A B, Capanna E eds. *Cytotaxonomy an Vertebrate Evolution*. New York: Academic Press, 1973.
- [6] 郭超文, 董永文. 两种黄山野生石龙子核型及 Ag-NORS 的比较研究. 遗传, 1988, **10**(3): 17 - 19.
- [7] 张秋金, 高建民, 耿宝荣. 原尾蜥虎和光蜥的核型研究. 动物学杂志, 1999, **34**(4): 12 - 14.
- [8] John B. Chromosome change and evolutionary change a critique. In: Atchey W R, Woodruff D S eds. *Evolution and Speciation*. Cambridge London, New York, New Rochelle, Melbourne, Sydney, 1981.