中国沙皮犬微卫星 DNA 分析的遗传多样性

刘清神*, 冯定远, 张慧明, 刘胜福

(华南农业大学 动物科学学院, 广东 广州 510642)

摘要: 运用 20 对微卫星引物对来自中国广东省的 92 份沙皮犬血液样品 (骨嘴型沙皮犬 21 只, 骨肉嘴型沙皮犬 29 只, 肉嘴型沙皮犬 42 只) 进行了遗传背景的检测。结果表明, 20 个多态性微卫星座位共检测到 272 个等位基因, 平均每个座位为 13.6 个。中国沙皮犬群体的平均杂合度为 0.8259, 所有微卫星标记座位的多态信息含量 (PIC) 在 0.5352 到 0.9226 之间, 说明中国沙皮犬群体存在较为丰富的遗传多样性。遗传距离和聚类分析结果显示, 3 种类型沙皮犬之间已产生了一定的遗传分化。上述结果为中国沙皮犬细分为不同的品系以及澄清中国沙皮犬种质资源的混乱状况提供了理论依据。

关键词: 中国沙皮犬; 微卫星 DNA; 遗传多样性

中图分类号: Q959.837; Q38 **文献标识码:** A **文章编号:** 0254-5853-(2008)01-0031-06

Genetic Diversity of Chinese Shar-pei Dog Using Microsatellite DNA Markers

LIU Qing-shen*, FENG Ding-yuan, ZHANG Hui-ming, LIU Shen-fu

(College of Animal Science, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Ninety two blood samples of Chinese Shar-pei (CSP) dog, including 21 bone-mouth type, 29 bone-meat-mouth type and 42 meat-mouth type, were analysed by using 20 microsatellite loci. The results showed that a total of 272 alleles were found, averaging 13.6 alleles per locus. The allele frequencies of each type of CSP dog were calculated, showing some genetic differentiation among the three types of CSP. The average heterozygosity of the whole populaiton was 0.8259, and the polymorphism information content (PIC) of the whole CSP populaiton was between 0.5352 and 0.9226, indicating that the microsatellite loci are highly polymorphic. The dendrogram constructed from genetic distance showed that there was some divergence between the three CSP dog populations, which would support the theoretical basis for further subclassificaion to solve the disorganized situation of this breed and provide scientific guidance for better protection of this breed.

Key words: Chinese Shar-pei (CSP) dog; Microsatellite DNA; Genetic diversity

微卫星 DNA 又称短串联重复序列 (short tandem repeat, STR) 或简单序列重复 (simple sequence repeat, SSR), 广泛存在于真核生物的基因组中。由于微卫星等位基因具有突变速率快、多态性高等特性, 因此在生物遗传作图、群体遗传研究、个体间亲缘关系鉴定等方面已得到广泛应用 (Zhang et al, 2001)。对动物而言, 遗传多样性一般指种内个体在 DNA 水平上的千差万别。通过对遗传多样性的研究, 可以了解品种的遗传结构、生活背景, 分析其进化的历史和潜力, 以及探讨品种濒危的现状和原因, 进而提出合理的保护措施。对犬的微卫

星 DNA 座位多态性研究目前是国内外动物遗传与育种学领域的热点之一 (Zajc & Sampson, 1999; Cargill et al, 2002; Wang, 2003; Guyon et al, 2003; Yan, 2004; Xu et al, 2006; Ye, 2006)。

中国沙皮犬 (Chinese Shar-pei, CSP) 是世界著名的宠物犬之一, 原产我国广东省佛山市南海区大沥镇。中国沙皮犬在我国曾经有过辉煌的历史时期, 然而, 随着外来宠物犬大量引进以及前些年的盲目炒作和养殖, 导致整个犬品种的遗传稳定性差, 种质混乱, 从表型上看中国沙皮犬已发生了一定的外形分化, 并且在原产地的数量已经非常稀

收稿日期: 2007-11-24; 接受日期: 2007-12-27

基金项目: 华南农业大学校长基金 (2006K002)

*通讯作者 (Corresponding author), 1972-, 男, 江西泰和人, 博士, 讲师, E-mail: liuqshen@scau.edu.cn

少,面临灭绝,急需对其进行保护和标准化选育(Liu et al, 2005)。目前,国内外对中国沙皮犬的研究极少,利用微卫星分子标记技术对中国沙皮犬群体的研究尚未见报道。本研究利用微卫星分子标记对原产我国的这种世界名犬种质群进行遗传多样性分析,以期为了保护我国珍贵的品种犬资源以及澄清中国沙皮犬种质的混乱状况提供理论指导和科学依据。

1 材料与方法

1.1 材料

1.1.1 试验动物 采自广东省佛山市及广州市养殖户饲养的沙皮犬血样 92 份,从外型初步区分为骨嘴型沙皮犬 21 只、骨肉嘴型沙皮犬 29 只、肉嘴型沙皮犬 42 只。其中,1—21 号样为骨嘴型,22—50 号样为骨肉嘴型,51—92 号样为肉嘴型。

1.1.2 引物选择 本研究筛选出的 20 对犬微卫星座位来源于 http://research.nhgri.nih.gov/dog_genome/ (Breen et al, 2001; Guyon et al, 2003),扩增所需引物由上海生工生物工程技术服务有限公司合成,引物名称及序列如表 1。

1.2 微卫星分析

1.2.1 沙皮犬血样采集及 DNA 提取 绑定犬,在前肢外侧皮下静脉抽取 5 mL 血液,饱和苯酚法(Sambrook,1998)抽提 DNA 溶于 TE,检测 DNA 浓度,稀释至 10 ng/ μ L。

1.2.2 微卫星标记的 PCR 反应 微卫星标记的 PCR 反应体系为:模板 DNA(10 ng/ μ L)1.0 μ L, 10 $\times$ buffer 2.0 μ L, dNTP (10 mmol/L) 1.6 μ L, 上下游引物(10 μ mol/L)各 0.5 μ L, Taq 酶(2 U/ μ L)0.5 μ L, 无菌双蒸水补至总体积 20.0 μ L。PCR 反应条件为:94 $^{\circ}$ C 预变性 5 min; 94 $^{\circ}$ C 变性 45 s, 53—60 $^{\circ}$ C 退火(因不同座位而异)1 min, 72 $^{\circ}$ C 延伸 1 min, 共 35 个循环;最后 72 $^{\circ}$ C 延伸 10 min 终止反应。

1.2.3 产物检测 5% 非变性聚丙烯酰胺凝胶电泳(PAGE),恒流 50 mA 电泳(电压 100—200 V)2—3 h (电泳时间因不同座位而异),银染显色(Zhang & Pan, 2003),扫描仪成像,进行观察、记录和分析。

1.3 统计分析

利用凝胶定量分析软件 Gel-Pro Analyzer 统计各座位等位基因组成,利用 Popgene 软件 v1.31 (<http://www.ualberta.ca/~fyeh/>) 及 The Excel add-in MS_tools 等软件,计算出等位基因频率、群

体杂合度(heterozygosity, H),多态信息含量(PIC)及群体间遗传距离(genetic distance, D),并根据遗传距离进行 Neighbor-joining 法聚类分析(Nei,1972; Botstein et al, 1980)。

2 结果

2.1 扩增产物的电泳分析

为了获得较好的扩增效果,本试验经过对不同 Mg^{2+} 浓度、PCR 退火温度等条件进行优化,最终确定了各个微卫星引物的最适反应条件(如表 1)。将各个座位的 PCR 产物用非变性 PAGE、硝酸银染色后得到清晰的条带(各座位的等位基因),运用软件判定各样品在相应座位的基因型。

经统计,20 个微卫星座位在总沙皮犬群体中共检测到 272 个等位基因,平均每个微卫星座位达 13.6 个。其中座位 FH3393 的等位基因数目最多,为 24 个,等位基因数目最少的座位 FH2062 有 6 个。不同座位所扩增出的产物片段(等位基因)大小范围差异较大,显示了不同微卫星座位的多态性差异。范围大的如座位 FH3393,最小和最大的等位基因大小差异达 187 bp。范围小的座位如 FH2062,最小和最大的等位基因大小差异为 20 bp。从各微卫星座位在不同类型沙皮犬间的等位基因组成及频率得知,各微卫星座位在 3 个群体沙皮犬上的等位基因大小大部分相同,且优势基因大部分相同或相近,如座位 FH2263 为 240 bp, FH2054 为 167 bp, FH3591 为 302 bp, FH3995 为 364 bp, FH3824 为 323 bp, FH2626 为 200 bp, FH3023 为 375 bp, FH3632 为 216 bp, AF85862 为 374 bp 等,说明了微卫星座位的保守性和 3 个类群在遗传上的同质性。同时也可以看出,各微卫星座位上等位基因的频率在不同类型沙皮犬间是不同的,这表明 3 个类型在遗传上已产生了一定的差异。

同时也发现,某些微卫星座位的一些等位基因只在某一个类型的沙皮犬中才能够检测到。在 20 个微卫星座位中,除 FH2278、FH2609、FH3632、AF85862 4 个座位外,其余的 16 个座位在 3 个类型沙皮犬群体中都检测到特有等位基因,共 52 个,占总数的 19.12%,也表明了 3 个类群在遗传上存在着一定的异质性。其中骨嘴型沙皮犬检测到 14 个特有的等位基因,骨肉嘴型沙皮犬检测到 15 个特有的等位基因,肉嘴型沙皮犬检测到 23 个特有的等位基因,这些等位基因频率都不是很大,最大的

为 FH2626 的 0.125。这些特有等位基因的产生,可为中国沙皮犬的保纯和品系区分提供一定的理论依据。

2.2 群体杂合度 (H)

由各微卫星座位等位基因的基因频率计算得到群体的杂合度如表 3。由表可知,由不同微卫星标记所反映的群体杂合度有较大的差异。如肉嘴型

沙皮犬群体在 FH3393 座位检测的结果为 0.9409,而由骨嘴群体中引物 FH3632 所得结果仅为 0.4994,存在明显的差异,这说明如果用少量的遗传标记进行群体杂合度的检测结果不一定能够代表群体的真实情况。本实验用 20 个微卫星标记以期尽量减少这种误差。由 20 个微卫星座位的结果可知,骨嘴类型沙皮犬的平均杂合度高些,骨肉嘴沙皮犬其

表 1 各个微卫星座位的最适反应条件及扩增情况
Tab. 1 The final amplification condition and result of all microsatellite loci

微卫星座位 Locus	上、下游序列 Upstream and downstream primer sequence	退火温 度(℃) Annealing Temp.	Mg ²⁺ (mmol/L)	估计产物 大小(bp) Expected size	实际产物 大小(bp) Actual size	等位基因数 Allele Nos.
FH2598	CCTTGACTCAGCAGCCCTAC CGACCTATCCATACATGCC	56	1.5	335/341	312-452	15
FH2062	GGCTTCTGGAGACAGGCAT CAGAACGCTGTCTAGCCCTT	57	2.0	132	125-145	6
FH3364	GGGAGAGCAAAGAATCATGG CTCAGTGATGCTCCTTCTGG	57	2.0	253	245-353	17
FH3978	ACCATAGAAGGAATGGTCAGTG TCAGAATCTCTGGGGTCATTAG	57	2.0	331	260-429	20
FH2561	TGCTCAAGGTTGAATAAATATGC TTTATGGCCTGTGGGCTC	56	1.5	283	275-344	9
FH3972	ATAAAGCTGGATACAGTTTGGC AGGCTTTTCTAATGAAAGGGAC	54	2.0	223/313	198-344	24
FH2263	CATGTAGAGTGATTAGTTGGTCTTT CTGAATATCCTCTGCCCTTC	54	2.0	241	201-300	18
FH3393	GCAITCTCACCACCATGC CCCACACCTGTCAGAATAGC	59	2.0	318	257-442	24
FH2319	GGAACACTGTATCCTCAGTGTC TGGAAGGAAGGAAGTGTG	62	2.0	273	200-363	21
FH2054	GCCTTATTCATTGCAGTTAGGG ATGCTGAGTTTTGAACCTTCCC	58	2.0	159	135-179	8
FH3591	AACTGTACACAATGTTACATCC TCATTACTATGCAAACTTCAAGG	56	2.0	341	296-410	10
FH2278	TCCACTCTGAGCATGGAGC GCCCAGTTTTCCAGTAACA	59	1.5	319	298-351	7
FH3995	AAGGAAATGCTTTCTCAAAGAG GGTCAATATAGTCCAGTGGCAG	56	2.0	436-453	357-487	15
FH3824	AGGAAAAATACAAACCAGAAA TTTATCTCTGATTACCTCCTGCC	60	2.0	246/298	247-345	12
FH2626	TTCTGCCATTCTGGAAAACA TCCATGGATCAGCAGCAG	56	2.0	238/246	200-270	13
FH3023	AAGCTCATGGAGTTTCTCACTC AGGGAGCAGCTTTGAGTTTC	56	2.0	409	316-419	11
FH2609	TATATTGCTTTGGCCTAAAGGA GGAGTTGAAATGGAAAGAAAGA	53	1.5	328/336	285-343	10
FH3632	AGCTCCCTACCAATTCTCC GGCTTAAATGACAAACATTAGC	57	1.5	238	195-248	7
FH2532	CACGCAGAAAGGCAGAAAAG TTTCCATAGTGGCTGCATCA	58	1.5	322/421	318-453	19
AF85862	CATTGATGCTGAATTTGACTTC TTACACACACTATTTTGCTGGTCA	60	2.0	320/330	325-388	10

次，肉嘴沙皮犬低些，但三者的差异并不显著。一直以来，由于中国沙皮犬的选育种极不规范，本实验所计算出的各座位的杂合度在 0.5678 到 0.9323 之间，各类型中国沙皮犬的平均杂合度为 0.8259，各座位无论从各类型或是整个沙皮犬群体都表现出良好的多态性。

2.3 多态信息含量(PIC)

20 个微卫星座位的多态信息含量 (PIC) 见表 2。多态信息含量常用来表示微卫星 DNA 变异程度的一个指标，反映微卫星座位多态性的高低。当 PIC 大于 0.5 时，该座位是高度多态座位，当 PIC 在 0.25 与 0.5 之间时，该座位为中度多态座位，当 PIC 小于 0.25 时，该座位是低多态座位。由表可知，不同微卫星座位间的 PIC 值差异很大。其中，微卫星 FH3393 在肉嘴型沙皮犬中的多态信息含量最高 (PIC=0.9253)，而多态信息含量最低的是骨嘴型沙

皮犬的微卫星 FH3632 (PIC=0.4528)。从各标记座位在整个群体的多态信息含量来看，微卫星 FH3393 最高 (PIC=0.9226)，微卫星 FH3632 最低 (PIC=0.5352)。由于所有座位的 PIC 值均大于 0.5，表明各类型中国沙皮犬在 20 个座位具有高度的多态性（仅除骨嘴沙皮犬在 FH3632 座位外）。

2.4 中国沙皮犬各类型间的遗传距离和聚类

由各微卫星标记的等位基因频率数据可以计算得到沙皮犬各类型间的遗传距离(见表 3)及其构建的聚类图（见图 1）。可以看出，3 种沙皮犬类型间，骨肉嘴与肉嘴两种类型沙皮犬的遗传距离最近，骨肉嘴与骨嘴两种类型沙皮犬的遗传距离较远，而骨嘴类型与肉嘴类型间距离最远；聚类时骨肉嘴沙皮犬与肉嘴沙皮犬首先聚成一枝，再与骨嘴型沙皮犬聚为一枝。

表 2 中国沙皮犬不同微卫星座位的群体杂合度和多态信息含量（括号内数值）
Tab. 2 The heterozygosity and PIC (figures in parentheses) of all loci in Chinese Shar-pei dog

座位 Locus	骨嘴型沙皮犬	骨肉嘴型沙皮犬	肉嘴型沙皮犬	全种群
	Bone-mouth type	Bone-meat-mouth type	Meat-mouth type	Total population
FH2598	0.882695(0.847186)	0.863768(0.828701)	0.845886(0.819933)	0.871329(0.853558)
FH2062	0.591173(0.511738)	0.605195(0.51237)	0.589501(0.535498)	0.669844(0.60948)
FH3364	0.881533(0.847068)	0.898052(0.870669)	0.894435(0.874701)	0.898488(0.88451)
FH3978	0.902564(0.868295)	0.866516(0.833554)	0.885255(0.862634)	0.887403(0.8715)
FH2561	0.837179(0.791362)	0.870513(0.83157)	0.83038(0.795674)	0.853145(0.828959)
FH3972	0.912892(0.881431)	0.927273(0.903937)	0.91681(0.898421)	0.925323(0.914726)
FH2263	0.918699(0.888672)	0.888961(0.860986)	0.890993(0.8711)	0.898488(0.885925)
FH3393	0.882695(0.848188)	0.923377(0.899706)	0.940906(0.925299)	0.932305(0.92256)
FH2319	0.888462(0.852884)	0.921733(0.897137)	0.871773(0.848183)	0.899829(0.885979)
FH2054	0.786295(0.734095)	0.726623(0.67496)	0.686173(0.644271)	0.73335(0.700675)
FH3591	0.817654(0.77926)	0.740741(0.699384)	0.755696(0.719734)	0.765974(0.740128)
FH2278	0.688734(0.641279)	0.771014(0.711541)	0.777895(0.734038)	0.771061(0.729828)
FH3995	0.835075(0.795042)	0.772247(0.725365)	0.793436(0.759531)	0.796039(0.76861)
FH3824	0.811847(0.766704)	0.801299(0.763342)	0.835915(0.806243)	0.818894(0.794011)
FH2626	0.855981(0.81869)	0.859929(0.823129)	0.854863(0.828487)	0.861213(0.842741)
FH3023	0.842044(0.798729)	0.801537(0.757167)	0.785141(0.7452)	0.803973(0.77321)
FH2609	0.87108(0.832026)	0.888163(0.856359)	0.874641(0.849757)	0.884156(0.866839)
FH3632	0.499419(0.452817)	0.587013(0.550253)	0.587493(0.542129)	0.567847(0.535209)
FH2532	0.921022(0.890352)	0.929221(0.906024)	0.929719(0.912983)	0.930302(0.92022)
AF85862	0.808362(0.762934)	0.74703(0.708908)	0.724613(0.692705)	0.748045(0.720201)
H 平均(±SD; n=20)	0.8218±0.0246	0.8195±0.0226	0.8136±0.0229	0.8259±0.0213

表 3 3 种类型沙皮犬群体间的遗传距离 (D)
Tab. 3 Genetic distance of three Chinese Shar-pei dog populations

	骨嘴型沙皮犬	骨肉嘴型沙皮犬	肉嘴型沙皮犬
	Bone-mouth type	Bone-meat-mouth type	Meat-mouth type
骨嘴型沙皮犬 Bone-mouth type	****		
骨肉嘴型沙皮犬 Bone-meat -mouth type	0.1556	****	
肉嘴型沙皮犬 Meat -mouth type	0.2113	0.1166	****

图 1 3 种类型沙皮犬微卫星 DNA 分析的聚类图
Fig. 1 The Dendrogram based on microsatellite DNA analysis of three Chinese Shar-pei dog populations

3 讨 论

目前，国内外已有许多关于犬微卫星研究的报道，证明微卫星是犬品种遗传结构分析的有力工具。如 Parker et al (2004) 用微卫星标记分析了 85 个品种犬的遗传关系。Morera et al(1999)用微卫星座位检测了 5 个西班牙犬品种的遗传变异。Li et al (2002) 研究了京巴、西施两种犬 3 个微卫星 DNA 座位的遗传多态性。Yan(2004)利用 16 个微卫星座位对 3 个比格犬种群的遗传多样性进行了研究。Xu et al (2006) 利用 15 个微卫星座位对南昌警犬基地的德国牧羊犬和昆明犬进行了遗传多态性研究。本研究利用微卫星 DNA 多态技术对中国沙皮犬进行了遗传多样性分析，结果表明所选用的微卫星座位大部分可作为今后沙皮犬微卫星分析的良好标记，

中国沙皮犬的群体杂合度达到 0.8259，高于上述报道的我国犬种京巴犬、西施犬、昆明犬及国外的德国牧羊犬、比格犬和西班牙犬。并且，本研究 20 个微卫星座位中有 19 个座位的 PIC 值均大于 0.5，反映了中国沙皮犬群体具有较为丰富的多态性，表明中国沙皮犬原产地种质群数量虽少，但其遗传多样性并非贫乏，应尽早采取措施对原产我国的这一世界名犬进行合理保护。

本研究用微卫星技术测定中国沙皮犬 3 种类型间的遗传距离，其精确度与微卫星座位数、每一座位的多态性程度以及采样等有密切的关系。在本研究，由于中国沙皮犬在原产地的种质数量极少，寻找沙皮犬极其艰难，征得主人同意采样也极不容易，所以无法自由采样，只能剔除其中有亲缘关系的个体后尽可能将所有的沙皮犬样品都采到。这样，虽不能进行自由随机采样，但所采样品已最大可能地反映了原产地沙皮犬种质的遗传多态性现状。从结果来看，20 个微卫星座位在 3 个沙皮犬类型中都表现出较为丰富的多态性，且每个座位的等位基因数至少在 6 个以上。因此，在取样数达 92 个的情况下，应该能够获得较为准确的遗传距离。遗传距离和聚类结果表明，3 种类型中国沙皮犬之间已产生了一定的遗传分化，与我们 RAPD 分析的结果是一致的（未发表资料），这为中国沙皮犬细分为不同的品系及合理保护提供了理论依据，以澄清中国沙皮犬种质资源混乱的状况。

参考文献:

Botstein D, White RL, Skolnick M, Davis RW. 1980. Construction of a genetic linkage map in man using restriction fragment length polymorphisms [J]. *American Journal of Human Genetics*, 32(3):314-331.

Breen M, Jouquand S, Renier C, Mellersh CS, Hitte C, Holmes NG, Chéron A, Suter N, Vignaux F, Bristow AE, Priat C, McCann E, André C, Boundy S, Gitsham P, Thomas R, Bridge WL, Spriggs HF, Ryder EJ, Curson A, Sampson J, Ostrander EA, Binns MM, Galibert F. 2001.Chromosome-specific single-locus FISH probes allow anchorage of an 1800-marker integrated radiation-hybrid/linkage map of the domestic dog genome to all chromosomes [J].*Genome Research*, 11:1784-1795.

Cargill EJ, Clark LA, Steiner JM, Murphy KE. 2002. Multiplexing of canine microsatellite markers for whole-genome screens [J]. *Genetics*, 80(3):250-253.

Guyon R, Lorentzen TD, Hitte C, Kim L, Cadieu E, Parker HG, Quignon P, Lowe JK, Renier C, Gelfenbeyn B, Vignaux F, DeFrance HB, Gloux S, Mahairas GG, André C, Galibert F, Ostrander EA. 2003.A 1-Mb

- resolution radiation hybrid map of the canine genome [J]. *PNAS*, **100**(9): 5296-5301.
- Li CX, Ling FJ, Tu Z, Zheng XF. 2002. Genetic polymorphism of three STR gene loci of the dog [J]. *Progress In Veterinary Medicine*, **23**(5): 80-81. [李彩霞, 凌凤俊, 涂政, 郑秀芬. 2002. 犬的三个 STR 基因座遗传多态性. 动物医学进展, **23**(5): 80-81.]
- Liu QS, Feng DY, Li HY, Huang MY. 2006. The present situation and countermeasures of Chinese Sharpei in Guangdong [J]. *Special Economic Animal and Plant*, **9** (2): 11-12. [刘清神, 冯定远, 李海云, 黄梦莹. 2006. 广东省沙皮犬的现状调查与思考. 特种经济动植物, **9** (2): 11-12.]
- Morera L, Barba CJ, Garrido JJ, Barbancho M, de Andrés DF. 1999. Genetic variation detected by microsatellite in five Spanish dog breeds [J]. *The Journal of Heredity*, **90**(6): 654-656.
- Nei M. 1972. Genetic distance between populations [J]. *Am Nat*, **106**: 283-292.
- Parker HG, Kim LV, Sutter NB, Carlson S, Lorentzen TD, Malek TB, Johnson GS, DeFrance HB, Ostrander EA, Kruglyak L. 2004. Genetic structure of the purebred domestic dog [J]. *Science*, **304**: 1160-1164.
- Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1998. Molecular Cloning, a Laboratory Manual, 2nd ed. [M]. Translated by Jin DY, Li MF, Hou YD. Beijing: Science Press. [Sambrook J, Fritsch EF, Maniatis T. 1998. 分子克隆实验指南 (第 2 版). 金冬雁, 黎孟枫, 侯云德译. 北京: 科学出版社.]
- Wang HS. 2003. Studies on genetic polymorphisms of microsatellite DNA loci and the individual discrimination and paternity testing of police dogs [D]. M. D. thesis, University of Huazhong Agricultural University. [王海生. 2003. 警犬微卫星 DNA 基因座遗传多态性及个体识别和亲权关系的研究. 华中农业大学硕士论文.]
- Xu B, Xiong YH, Tu ZX, Yang QY, Ye JH. 2006. Genetic polymorphisms of fifteen STR loci of purebred dog [J]. *Biotechnology*, **16** (2): 28-30. [徐波, 熊勇华, 涂祖新, 杨前勇, 叶俊华. 2006. 纯种犬在 15 个 STR 基因座上的遗传多态性. 生物技术, **16** (2): 28-30.]
- Yan ZF. 2004. Microsatellite DNA Polymorphisms in Beagle Canine [D]. M. D. thesis, Yangzhou University. [闫志峰. 2004. Beagle 犬微卫星 DNA 多态性研究. 扬州大学硕士论文.]
- Ye JH. 2006. The application of canine Microsatellite DNA genetic Markers on canine Breeding [J]. *Chinese working Dogs*, (10): 15-16. [叶俊华. 2006. 犬微卫星 DNA 遗传标记及其在犬繁育中的应用. 中国工作犬业, (10): 15-16.]
- Zajc I, Sampson J. 1999. Utility of canine microsatellite in revealing the relationships of pure breed dog [J]. *J Hered*, **90**: 104-107.
- Zhang YK, Pan ZC. 2003. An quick DNA PAGE and silver staining protocol [J]. *J Chin Med Univ*, **32**(4): 308-309. [张玉魁, 潘忠诚. 2003. 一种快速 DNA 聚丙烯酰胺凝胶电泳与银染干胶技术. 中国医科大学学报, **32**(4): 308-309.]
- Zhang YW, Zhang YP, Oliver AR. 2001. Microsatellites and its application [J]. *Zool Res*, **22**(4): 315-320. [张云武, 张亚平, Oliver A Ryder. 2001. 微卫星及其应用. 动物学研究, **22**(4): 315-320.]

本刊编委郑光美教授简介

郑光美教授

郑光美, 动物学和鸟类生态学家。1932 年生于黑龙江哈尔滨, 原籍北京市。1954 年毕业于北京师范大学生物学系, 1958 年东北师范大学动物生态研究生毕业。现任北京师范大学生命科学学院教授。2003 年当选为中国科学院院士。兼任世界雉类协会 (WPA) 理事长、中国动物学会鸟类学分会名誉理事长等职。

他曾被评为全国优秀教师 (1991 年) 和国家级教学名师 (2007 年), 获国家级优秀教学成果二等奖 (1997 年)。他长期从事鸟类学研究, 在我国鸟类学研究的许多领域进行了开拓性的工作。特别是在我国特产濒危雉类研究, 他从多学科领域, 采用宏观与微观相结合、定性与定量相结合, 探讨了我国不同

领域、不同植被类型中的典型雉类生态适应机制、遗传亲缘度和生活史对策等, 研究成果获 2000 年国家自然科学二等奖等多项国家和省部级奖励。