



北京中国农大小型猪三个亚系群体的遗传状况分析

魏杰, 巩薇, 王洪, 李晓波, 付瑞, 王吉, 邢进,
冯育芳, 王淑菁, 高正琴, 岳秉飞

(中国食品药品检定研究院, 北京 100050)

【摘要】 目的 对北京地区中国农大小型猪三个亚系群体进行遗传质量评价与分析。方法 利用 DB11/T828.3-2011 中的 25 对微卫星引物, 对 3 个中国农大小型猪亚系群体进行微卫星分型, 利用群体遗传分析软件 Popgen32 对所得结果进行处理分析。结果 农大 I 系、农大 II 系和农大 III 系小型猪群体分别得到 130、122 和 138 个等位基因, 平均杂合度分别为 0.6759、0.5967、0.6779, 平均多态信息含量 (PIC) 分别为 0.6344、0.5540、0.6403; 农大 II 系和农大 III 系的遗传距离为 0.4251, 农大 I 系与农大 II 系的遗传距离为 0.2084。结论 三个亚系中, 农大 II 系和农大 III 系小型猪均具有较好的遗传多样性和稳定性, 符合封闭群动物的群体遗传特征。

【关键词】 农大小型猪; 微卫星标记; 亚系; 群体遗传

【中图分类号】 R-33 **【文献标识码】** A **【文章编号】** 1671-7856(2016)10-0050-06

doi: 10.3969/j.issn.1671-7856.2016.10.010

Population genetic quality analysis of 3 subbreeds of China Agricultural University miniature pigs in Beijing

WEI Jie, Gong Wei, Wang Hong, LI Xiao-bo, FU Rui, Wang Ji,
XING Jin, FENG Yu-fang, WANG Shu-jing, GAO Zheng-qin, YUE Bing-fei
(National Institute for Food and Drug Control, Beijing 100050, China)

【Abstract】 Objective To analyze and evaluate the population genetic quality of 3 subbreeds of China Agricultural University miniature pigs in Beijing. **Method** According to the local standard DB11/T828.3-2011, 25 pairs of microsatellite primers were used in 3 subbreeds of China Agricultural University miniature pigs, and software Popgen32 was used to process the data. **Results** 24 microsatellite loci shared 130, 122 and 138 alleles in the China Agricultural University miniature pigs I, II, III, respectively. The average heterozygosity was 0.6759, 0.5967 and 0.6779, respectively, while the average polymorphism information content (PIC) was 0.6344, 0.5540 and 0.6403, respectively. The genetic distance between China Agricultural University miniature pig II and III was 0.4251, while the genetic distance between China Agricultural University miniature pig I and II was 0.2084. **Conclusions** In the 3 subbreeds, China Agricultural University miniature pigs II and III have genetic stability and genetic diversity, and both of which satisfy with the genetic characteristics of closed colony laboratory animal.

【Key words】 China Agricultural University miniature pig; Microsatellite; Subbreed; Population genetics

[基金项目] 中国食品药品检定研究院中青年基金(2014C4)。

[作者简介] 魏杰(1982-), 女, 硕士。研究方向: 免疫遗传检测。E-mail: jane3040320@163.com。

[通讯作者] 岳秉飞(1960-), 男, 研究员, 博士。研究方向: 动物遗传学。E-mail: y6784@126.com。

小型猪在解剖学、生理学、疾病发生机理等方面与人有极高的相似性,近年来已成为生物医学研究中广泛应用的非啮齿类实验动物^[1-3]。上世纪 80 年代,北京农业大学以贵州从江和广西环江引进的香猪为亲本,经近交育种、负向选择等手段培育成中国农大 I 系小型猪。又根据不同用途,与北京本地黑猪杂交培育出了抗逆性强的农大 II 系;与兰德瑞斯杂交培育成了白色的农大 III 系^[4,5]。该系列小型猪统称农大小型猪或中国实验用小型猪 (Chinese experimental mini-pig, CEMP),具有体型小、基因纯、健康敏感、抗逆性强的特点,并在心脏模型、外科、口腔、烧伤等领域有着广泛应用^[5-8]。

三个亚系的亲本来源的不同,必然构成了种群上的差异。在中国农大小型猪的选育上,已经过 78 项生理生化指标测定及病原净化,但对与遗传质量状况的调查尚未见报道^[9]。对于品系资源的保护和发展,需要依托科学的遗传理论和技术。微卫星 DNA 标记即是群体遗传学研究中最为常用的分子标记之一^[10]。它是以 1-6 个核苷酸为单位的段串联重复序列标记来进行遗传的种质鉴定和多样性分析等,具有数量大、分布广、多态性丰富、共显性遗传,检测快速简便且结果稳定性重复性好等特点^[11]。2012 年 3 月,应用微卫星标记技术的北京市地方标准 DB11/T828.3-2011 正式实施,这是目前针对小型猪遗传质量控制最为具体的地方标准。本研究即依据 DB11/T828.3-2011 中 25 对微卫星引物,对北京地区三个农大亚系小型猪的群体进行遗传构成分析,阐明农大小型猪三个亚系的遗传质量,从而为农大小型猪的生产繁育提供科学的依据,同时丰富地标 DB11/T828.3-2011 在实际检测中的应用。

1 材料和方法

1.1 样本

按照 DB11/T828.3-2011 的要求,分别从甲、乙 2 家单位抽取封闭繁育 4 代以上、不同窝别,雌雄各半的小型猪样本,采抗凝血用于提取 DNA 进行遗传检测分析。采样单位、动物品系数量等信息详见表 1。

1.2 样本 DNA 的制备^[12]

用改良酚-氯仿抽提法从血样中提取基因组 DNA,双蒸 H₂O 溶解,1% 琼脂糖凝胶电泳鉴定,并用紫外分光光度计测定 DNA 纯度及含量,-20℃ 冻

存备用。

1.3 引物^[13]

本研究所用 25 对引物均按照北京市地方标准对封闭群实验用小型猪的规定,并由北京擎科新业生物技术有限公司合成。序列详见 DB11/T828.3-2011 附录 B。

1.4 主要试剂和仪器

Taq 酶, DNA marker 均购自上海生物工程技术服务有限公司; dNTP、琼脂糖为 Takara 公司产品; 其余试剂均为国产。

Mettler GB303 电子天平, Bio-Rad MyCycler 型 PCR 仪, Bio-Rad Model 3000Xi 型电泳仪, GelLogic 212PRO 紫外与可见光凝胶分析装置。

1.5 PCR 扩增程序

参照 DB11/T828.3-2011 中的 PCR 反应体系进行实验,并调整模板引物浓度,底物浓度及酶含量,采用如下反应体系:总反应体系 20 μL,其中 10 × PCR buffer 2 μL,上下游引物 (10 pmol/μL) 0.8 μL, dNTP (100 μmol/L) 1.2 μL, 0.2 μL Taq 酶 (2.5 U/μL), 基因组 DNA 0.7 μL (50 ng ~ 100 ng), 纯水 (ddH₂O) 补齐体积。镁离子浓度详见 DB11/T828.3-2011 附录 B。

PCR 反应程序:95℃ 预变性, 4 min; 94℃ 变性, 30 s; 退火温度 (T_m 参照 DB11/T828.3-2011 附表 B), 30 s; 72℃ 延伸, 30 s; 35 个循环; 72℃ 继续延伸 7 min; 扩增产物 4℃ 保存。

1.6 电泳结果及记录

2.5% 的琼脂糖凝胶电泳,电压 110 V,由负极到正极,电泳时间 35 min。溴化乙啶 (2 μg/mL) 染色,紫外可见分析装置记录拍照。无效扩增和非特异扩增需要优化条件重新实验,重复试验无结果记为无效位点。

扩增稳定条带送北京擎科新业生物技术有限公司进行 STR 分型扫描,依据扫描结果记录纯合子与杂合子,并依据片段大小依次记录为 AA、AB、BB、BC、CC……纯合子与杂合子判定见图 1,图 2。片段大小记录示例详见表 2。

1.7 统计学方法

统计各位点等位基因的组成,利用 Popgen32 软件计算不同个体在各微卫星位点上的基因频率、平均有效等位基因数 (Ne)、观测杂合度、期望杂合度、平均杂合度 (H); 利用 Littleprogram 0.6 计算各位点的多态性信息含量 (PIC)。

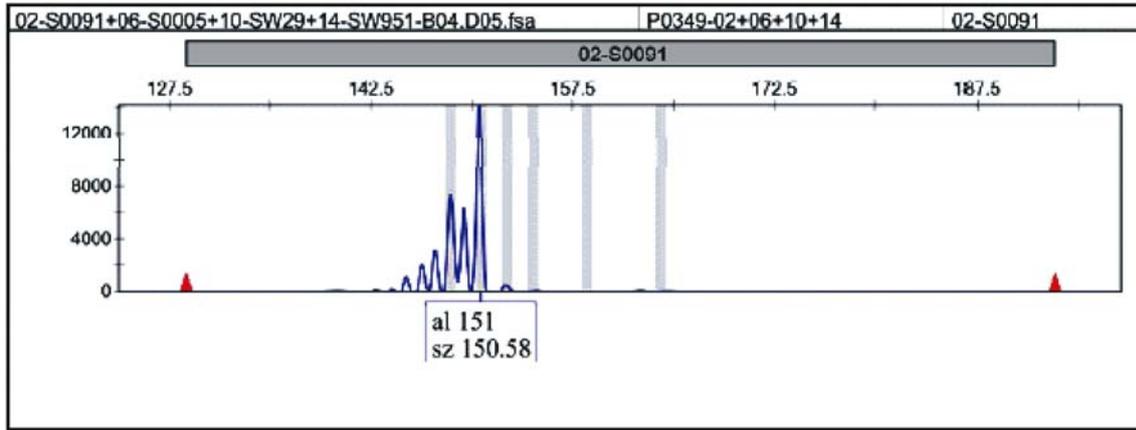


图 1 纯合子示例图(S0091)

Fig. 1 Example picture for homozygote(S0091)

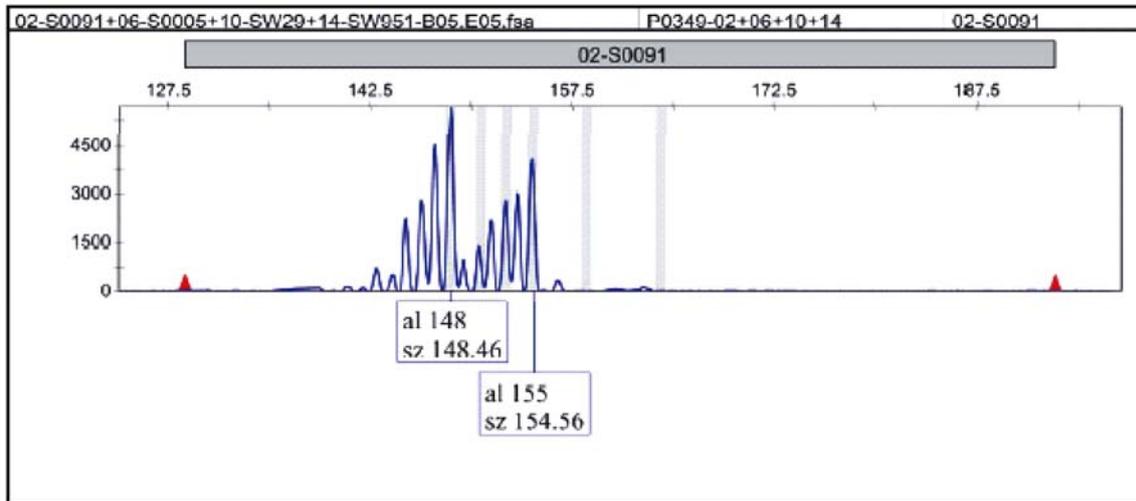


图 2 杂合子示例图(S0091)

Fig. 2 Example picture for heterozygote (S0091)

表 1 小型猪取样单位、品系及数量信息表

Tab. 1 Information table of the miniature pigs

单位 Company	生产许可证号 Production license	品系 Strains	被毛颜色 Color	数量(头) Number
甲	SCXK(京)2013-0005	农大 II 系	黑	15
乙	SCXK(京)2012-0005	农大 I 系	黑	15
乙	SCXK(京)2012-0005	农大 III 系	白	15

表 2 微卫星扫描结果片段记录示例表(SW2494)

Tab. 2 Example table for microsatellite scanning results (SW2494)

扫描值(bp) Scanning results	记录值 Record results
100	BB
100 106	BC
98 100	AB
98 106	AC
98	AA

1.8 结果评价

群体遗传质量评价参见 DB11/T828.3-2011 的判定标准,即采用平均杂合度指标或群体平衡状态方法进行评价^[13]。当平均杂合度在 0.5~0.7 时,且期望杂合度与观测杂合度经卡方检验无明显差异时,群体为合格的封闭群实验用小型猪群体。或用群体是否达到平衡状态来判定,如果没有达到平衡状态,说明群体的基因频率或基因型频率发生变化,该封闭群实验用小型猪群体判为不合格。

对于群间的遗传变异,采用近交系数、遗传距离等指标进行分析与评价遗传结构和亲缘关系。

2 结果

2.1 农大三个亚系小型猪的群体遗传质量评价

经测定,共有 24 个微卫星标记位点在 I 系、农大 II 系和农大 III 系小型猪群体中得到稳定扩增。SWr312 位点在三个群体样本中均存在严重的非特异扩增,故而舍弃该位点。

农大 I 系、农大 II 系和农大 III 系小型猪群体的平均杂合度分别为 0.6759、0.5967、0.6779,平均多态信息含量(PIC)分别为 0.6344、0.5540、0.6403,群体卡方值分别为 48.48、29.76、19.85,P 值分别为 0.0022、0.1927、0.7054。三个亚系农大小型猪平均

杂合度均在 0.5~0.7 之间,但农大 I 系小型猪群体期望杂合度与观测杂合度经卡方检验有统计学差异($P < 0.05$),不能判定为合格的封闭群小型猪群体,其余两个亚系可判定为合格群体。各品系小型猪遗传参数详见表 3~表 5。

2.2 农大小型猪群体的遗传距离与遗传相似系数

农大 I 系、农大 II 系和农大 III 系三个群体分别得到了 130 个、122 个和 138 个等位基因。将三个亚系的农大小型猪群体作进一步的分析,两两比较得到农大 I 系与农大 II 系的遗传距离为 0.4251,农大 I 系和农大 III 系的遗传距离为 0.3351,农大 II 系和农大 III 系的遗传距离为 0.2084。遗传相似系数与遗传距离互为负对数关系,结果详见表 6。

表 3 农大 I 系小型猪群体遗传参数表
Tab.3 Genetic parameters of the China Agricultural University miniature pig I

位点 Locus	等位基 因 na	有效等 位基因 na	观测杂 合度 Obs_Het	期望杂 合度 Exp_Het	平均杂 合度 Ave_Het	多态 信息含量 PIC	多态度 Degree of PIC
SW974	7.0000	2.9221	0.4667	0.6805	0.6578	0.6233	高
S0091	6.0000	3.5433	0.8000	0.7425	0.7178	0.6773	高
SW0240	5.0000	2.3560	0.6000	0.5954	0.5756	0.5280	高
SW1066	6.0000	4.8387	0.9333	0.8207	0.7933	0.7620	高
SW1089	6.0000	3.8136	0.6667	0.7632	0.7378	0.7060	高
S0005	3.0000	1.5901	0.4667	0.3839	0.3711	0.3226	中
SW1057	4.0000	3.5433	1.0000	0.7425	0.7178	0.6691	高
SW632	8.0000	5.7692	0.9333	0.8552	0.8267	0.8064	高
OPN	4.0000	2.6012	0.3333	0.6368	0.6156	0.5384	高
SW29	7.0000	3.2609	1.0000	0.7172	0.6933	0.6518	高
SW911	5.0000	3.4351	0.8000	0.7333	0.7089	0.6649	高
SW511	7.0000	4.0909	0.0667	0.2184	0.7556	0.7239	高
SWr158	5.0000	4.2453	0.1333	0.2092	0.7644	0.7245	高
SW951	6.0000	4.6392	0.0667	0.1885	0.7844	0.7533	高
SW271	6.0000	3.8462	0.1333	0.2345	0.7400	0.7033	高
S0386	5.0000	3.9130	0.2000	0.2299	0.7444	0.7034	高
S0068	4.0000	1.9824	0.3333	0.4874	0.4956	0.4416	中
SWr1008	6.0000	4.7368	0.4000	0.1839	0.7889	0.7564	高
S0007	7.0000	4.1667	0.3333	0.2138	0.7600	0.7237	高
SW857	8.0000	5.0000	0.0000	0.1724	0.8000	0.7736	高
SW81	4.0000	2.8662	0.7333	0.3264	0.6511	0.5973	高
SWr1120	3.0000	2.7607	0.5333	0.3402	0.6378	0.5650	高
S0062	4.0000	1.4196	0.8000	0.6943	0.2956	0.2816	中
S0218	4.0000	2.4324	0.7333	0.3908	0.5889	0.5283	高
Mean	5.4167	3.4905	0.6889	0.6992	0.6759*	0.6344	/
St. Dev	1.4720	1.1158	0.2568	0.1380	0.1334	0.1374	/

* $P < 0.05$

表 4 农大 II 系小型猪群体遗传参数表

Tab. 4 Genetic parameters of the China Agricultural University miniature pig II

位点 Locus	等位基 因 na	有效等 位基因 na	观测杂 合度 Obs_Het	期望杂 合度 Exp_Het	平均杂 合度 Ave_Het	多态 信息含量 PIC	多态度 Degree of PIC
SW974	3.0000	1.2262	0.1333	0.1908	0.1844	0.1754	低
S0091	6.0000	5.1724	0.8000	0.8345	0.8067	0.7787	高
SW0240	4.0000	2.0179	0.2667	0.5218	0.5044	0.4581	中
SW1066	3.0000	2.0179	0.6667	0.5218	0.5044	0.4065	中
SW1089	4.0000	1.5254	0.3333	0.3563	0.3444	0.3244	中
S0005	2.0000	1.1421	0.0000	0.1287	0.1244	0.1168	低
SW1057	4.0000	2.4324	0.3333	0.6092	0.5889	0.5026	高
SW632	4.0000	1.7647	0.4667	0.4483	0.4333	0.4019	中
OPN	7.0000	3.6000	0.6000	0.7471	0.7222	0.6841	高
SW29	6.0000	3.0405	0.5333	0.6943	0.6711	0.6288	高
SW911	5.0000	2.7607	0.6667	0.6598	0.6378	0.5908	高
SW511	6.0000	3.1915	0.6667	0.7103	0.6867	0.6413	高
SWr158	7.0000	4.6392	0.5333	0.8115	0.7844	0.7514	高
SW951	4.0000	3.3835	0.7333	0.7287	0.7044	0.6492	高
SW271	4.0000	2.5714	0.8000	0.6322	0.6111	0.5490	高
S0386	6.0000	4.7872	0.2667	0.8184	0.7911	0.7624	高
S0068	6.0000	2.9221	0.7333	0.6805	0.6578	0.6227	高
SWr1008	11.0000	5.8442	0.5333	0.8575	0.8289	0.8127	高
S0007	4.0000	2.4590	0.8000	0.6138	0.5933	0.5213	高
SW857	5.0000	3.1915	0.6000	0.7103	0.6867	0.6520	高
SW81	7.0000	2.9221	0.6000	0.6805	0.6578	0.6232	高
SWr1120	4.0000	2.3684	0.5333	0.5977	0.5778	0.5108	高
S0062	5.0000	2.0362	0.5333	0.5264	0.5089	0.4668	中
S0218	5.0000	3.4351	0.3333	0.7333	0.7089	0.6649	高
Mean	5.0833	2.9355	0.5194	0.6172	0.5967	0.5540	/
St. Dev	1.8396	1.2120	0.2153	0.1869	0.1806	0.1777	/

表 5 农大 III 系小型猪群体遗传参数表

Tab. 5 Genetic parameters of the China Agricultural University miniature pig III

位点 Locus	等位基 因 na	有效等 位基因 na	观测杂 合度 Obs_Het	期望杂 合度 Exp_Het	平均杂 合度 Ave_Het	多态 信息含量 PIC	多态度 Degree of PIC
SW974	7.0000	2.9221	0.3195	0.6805	0.6578	0.6233	高
S0091	6.0000	4.5000	0.8667	0.8046	0.7778	0.7433	高
SW0240	5.0000	2.4862	0.5333	0.6184	0.5978	0.5661	高
SW1066	5.0000	3.9823	0.9333	0.7747	0.7489	0.7043	高
SW1089	6.0000	2.4725	0.6000	0.6161	0.5956	0.5625	高
S0005	5.0000	2.0642	0.6667	0.5333	0.5156	0.4792	中
SW1057	7.0000	4.1284	0.7333	0.7839	0.7578	0.7183	高
SW632	5.0000	3.8462	0.8667	0.7655	0.7400	0.7014	高
OPN	6.0000	3.4351	0.4000	0.7333	0.7089	0.6622	高
SW29	8.0000	4.4118	0.6667	0.8000	0.7733	0.7488	高
SW911	4.0000	3.0612	0.4000	0.6966	0.6733	0.6076	高
SW511	6.0000	4.3269	0.6667	0.7954	0.7689	0.7363	高
SWr158	4.0000	3.4351	0.4667	0.7333	0.7089	0.6556	高
SW951	5.0000	4.2056	0.8000	0.7885	0.7622	0.7203	高
SW271	6.0000	2.1327	0.6000	0.5494	0.5311	0.5089	高
S0386	6.0000	4.5455	0.4000	0.8069	0.7800	0.7478	高
S0068	6.0000	1.9397	0.4667	0.5011	0.4844	0.4591	中
SWr1008	9.0000	4.7872	0.6667	0.8184	0.7911	0.7674	高
S0007	8.0000	5.5556	0.7333	0.8483	0.8200	0.7966	高
SW857	7.0000	3.9474	0.8000	0.7724	0.7467	0.7090	高
SW81	7.0000	4.4118	0.5333	0.8000	0.7733	0.7427	高
SWr1120	3.0000	1.7442	0.2667	0.4414	0.4267	0.3878	中
S0062	3.0000	2.1127	0.2000	0.5448	0.5267	0.4668	中
S0218	4.0000	2.5140	0.4667	0.6230	0.6022	0.5504	高
Mean	5.7500	3.4570	0.5861	0.7012	0.6779	0.6403	/
St. Dev	1.5393	1.0772	0.1985	0.1181	0.1141	0.1163	/

表 6 三群农大小型猪的遗传距离与遗传相似系数

Tab.6 Genetic distance and genetic identity of 3 groups of China Agricultural University miniature pigs

	农大 I 系 CEMP I	农大 II 系 CEMP II	农大 III 系 CEMP III
农大 I 系 (CEMP I)	-	0.6537	0.7153
农大 II 系 (CEMP II)	0.4251	-	0.8119
农大 III 系 (CEMP III)	0.3351	0.2084	-

注: 对角线以上为遗传相似性指数, 对角线以下为遗传距离。

Note: Data above the diagonal are genetic similarity index, and which below it are genetic distance.

3 讨论

3.1 遗传地方标准的应用与三品系农大小型猪群体的遗传质量评价

DB11/T828.3-2011 是国内第一版有具体检测方法的小型猪遗传质量地方标准, 但目前其应用研究并不多见^[12]。上海市地方标准 DB31/T240-2001 对小型猪遗传质量控制虽然有指导原则, 却没有具体的检测方法。DB11/T828.3-2011 中的 25 个微卫星标记分布于 19 对染色体中的 18 对上(缺少 12 号染色体标记), 较为全面的反应小型猪的遗传概貌。本研究即丰富了该标准的实际应用。

从结果可见, 三个群体均存在 SWr312 位点的非特异扩增, 依据其余 24 个标记位点的遗传信息进行了质量评价与判断。三个品系的小型猪平均杂合度均在 0.5~0.7 之间, 但农大 I 系小型猪的平均杂合度与期望杂合度经卡方检验有统计学差异 ($P < 0.05$), 则农大 I 系小型猪此次采样群体不能认定为合格的封闭群小型猪群体。农大 II 系和农大 III 系均为合格的封闭群小型猪群体。

3.2 三品系农大小型猪群体遗传多样性

3.2.1 多态信息含量: 多态信息含量 (PIC) 是衡量基因座位多态性的指标^[14]。高度多态性座位 ($PIC > 0.5$) 可提供高度丰富的遗传信息; 中度多态性座位 ($0.25 < PIC < 0.5$) 能够提供较为合理的遗传信息; 低度多态性座位 ($PIC < 0.25$) 可提供的遗传信息较差。

本研究中, 三品系农大小型猪的平均多态信息含量均大于 0.5。就不同位点而言, 仅 SW974 和 S0005 在农大 II 系中表现为低度多态位点, 提供的遗传信息较差; 其余各位点在群体均为中高度多态位点, 提供了丰富合理的遗传信息。

3.2.2 遗传距离和遗传相似系数: 遗传距离和遗传

相似系数互为负对数关系。遗传距离越大, 则遗传相似系数越小; 反之亦然^[15]。本研究中, 农大 I 系与农大 II 系的遗传距离最大 (0.4251), 其遗传相似系数也最小 (0.6537); 农大 II 系和农大 III 系的遗传距离最小 (0.2084), 其遗传相似系数也最大 (0.8119); 农大 I 系和农大 III 系的遗传距离居中 (0.3351), 其遗传相似系数也居中 (0.7153)。两者共同反映群体的遗传分化, 也即在群体亲缘关系上, 农大 II 系和农大 III 系小型猪遗传分化小亲缘关系更近, 农大 I 系与农大 II 系小型猪遗传分化大亲缘关系较远。

参考文献:

- [1] Whyte JJ, Prather RS. Genetic modifications of pigs for medicine and agriculture [J]. Mol Reprod Dev, 2011, 78(10-11): 879-891.
- [2] Eric M, Wolf E, Jeffery J, et al. Completion of the swine genome will simplify the production of swine as a large animal biomedical model [J]. BMC Med Genomics, 2012, 5: 55.
- [3] 袁进, 顾为望. 小型猪作为人类疾病动物模型在生物医学研究中的应用 [J]. 动物医学进展, 2011, 32(2): 108-111.
- [4] 裴德智, 马理武, 王瑞成. 农大小型猪的外部形态及发育规律的研究 [J]. 当代畜牧, 1991, (2): 24-25.
- [5] 裴德智, 马理武, 王瑞成. 农大小型猪的选育 [J]. 当代畜牧, 1991, (3): 27-28.
- [6] 陈明飞, 许厚强, 陈伟, 等. 贵州从江香猪与中国农大小型猪 I 系的杂交性能 [J]. 贵州农业科学, 2015, 43(6): 120-122.
- [7] 唐颜苹, 张癸荣, 聂凌云, 等. 农大 III 系实验小型猪烧伤模型的建立 [J]. 解放军药学报, 2015, 31(6): 538-541.
- [8] 罗刚, 张乐, 刘连生, 等. 我国实验用小型猪的应用研究前景 [J]. 实验动物科学与管理, 2004, 21(2): 37-38.
- [9] 于书敏, 王传武, 赵德明, 等. 中国实验小型猪培育和病原净化 [J]. 实验动物科学与管理, 2003, 20(2): 44-46.
- [10] 牛丽莉, 李宏滨, 杜立新. 分子标记在家畜遗传多样性研究中的应用 [J]. 生物技术通讯, 2008, 19(2): 299-302.
- [11] 瞿陆峰, 潘伟荣, 曾养志. 微卫星 DNA 标记及其应用 [J]. 畜牧与饲养科学, 2010, 31(4): 6-8.
- [12] 魏杰, 王吉星, 王洪, 等. 房山封闭群小型猪微卫星位点的测定 [J]. 中国比较医学杂志, 2013, 23(11): 7-12.
- [13] DB11/T828.3-2011. 实验用小型猪 第 3 部分: 遗传质量控制 [S].
- [14] Kunieda T, Kobayashi E, Tachibana M, et al. Polymorphic microsatellite loci of the rat (*Rattus norvegicus*) [J]. Mamm Genome, 1992, 3(10): 564-567.
- [15] 柴文琼, 成述儒, 靳建华, 等. 5 个绵羊群体微卫星多态性分析 [J]. 扬州大学学报 (农业与生命科学版), 2012, 33(1): 38-42.

[修回日期] 2016-05-02