

杂种猪染色体的核型与显带研究

张冬杰,刘 娣,顾志刚,杨玉林,张向喆,杨秀琴

(东北农业大学 动物科学技术学院,哈尔滨 150030)

摘要:应用常规方法获得了杂种猪(野猪(♂)×家猪(♀))的核型、C带和174条带纹的G带,应用微量秋水仙素法得到了258条带纹的高分辨G带。结果表明,杂种猪的二倍体细胞染色体数目 $2n=38$,C带具有多态性,G带和高分辨G带与家猪相比无明显差异,它们属于同一种。

关键词:野猪;杂种猪;核型;显带

中图分类号:Q343

文献标识码:A

文章编号:0253-9772(2003)06-0663-06

Studies on the Karyotype and Bands of Hybrid Pig

ZHANG Dong-Jie, LIU Di, GU Zhi-Gang, YANG Yu-Lin, ZHANG Xiang-Zhe, YANG Xiu-Qin

(Animal Science Technical Collage, Northeast Agricultural University, Harbin 150030, China)

Abstract: Using usual method, we got karyotype of hybrid pig (wild soar(♂)×domestic pig(♀)), C-band and approximate 174 bands of G-band, and we also obtained approximate 258 bands of high resolution G-band by micro-Colchicin method. The result indicate that the diploid chromosome number is $2n=38$; there is polymorphism in C-band, and compared with domestic pig in G-band and high resolution G-band there is no distinguish difference. They belong to the same seed.

Key words: wild soar; hybrid pig; karyotype; bands

野猪肉质鲜美,营养丰富,是一种优质的野味肉畜,它具有野性强、食性杂、适应性强、抗病能力强等特点。随着人们生活水平的提高,野猪已成为人们餐桌上的美味食品,深受广东、香港等地消费者的青睐。但由于国家对野生动物的保护政策,使可猎捕的资源非常有限,如果利用野猪与当地家猪杂交,培育出适应性强、繁殖力高、抗病强,同时又具有野猪肉质的瘦肉型杂交猪,将在很大程度上满足市场的需求。本文从细胞遗传学的角度着手,介绍了野猪与家猪的杂交一代(F_1)猪染色体的核型、C带、G带和高分辨G带,探讨了它与家猪的遗传差异,为充分利用杂种优势,培育出新型瘦肉猪提供了理论依据。

1 材料与方 法

1.1 实验材料

家猪2(♀)头,由东北农业大学原种猪厂提供;野猪(♀)2头,由牡丹江大海林林场提供;野猪(♂)与家猪(♀)杂交的 F_1 带个体2头,由庆安县北屯林场提供。

1.2 实验方法

1.2.1 外周血培养及染色体标本的制备

采用微量全血培养法,将采来的血样接种到培养瓶内,置于 $38.5\text{ }^\circ\text{C}$ 的恒温箱内培养 $68\sim 69\text{ h}$,培养终止前 $3\sim 3.5\text{ h}$ 用 $40\text{ }\mu\text{g/mL}$ 的秋水仙素处理,空气干燥法制备染色体片子,Giemsa染色。选择染

收稿日期:2002-11-15;修回日期:2003-03-20

基金项目:中国博士后科学基金,黑龙江省攻关资助项目(GB01B04)

作者简介:张冬杰(1980-),女,在读研究生,专业方向:动物分子遗传

通讯作者:刘 娣(1963-),女,教授,博士生导师,专业:遗传育种与繁殖。E-mail:liudi1963@yahoo.com

染色体清晰,分散良好的分裂中期细胞做显微照相,并测量、计算各号染色体的相对长度、着丝粒指数及臂比^[1]。

1.2.2 C带制作

将制好的染色体片子在 0.2 mol/L HCl 中浸泡 1 h,冲洗晾干;50 °C 的饱和 Ba(OH)₂ 中浸泡 8~10 s,冲洗晾干;60 °C 2×SSC 中浸泡 2~3 h,冲洗晾干;用 1:10 的 Giemsa 染色体液染色 20 min。

1.2.3 G带制作

采用胰酶-EDTA 法。0.1%的胰酶和 0.02%的 EDTA,临用时按 1:1 的比例混合,将片子置于上述混合液中,消化 6~8 s(消化时间视片龄长短而

定),用 1:20 的 Giemsa 染色体液染色 20 min。

1.2.4 高分辨 G带制作

微量秋水仙素法。收获细胞前 2 h,加入终浓度为 0.05 μg/mL 的秋水仙素,按常规法制片,按 G带制作法消化。

2 结 果

2.1 核型

每个个体选择 50 个分裂相好,染色体清晰,染色体数完整的细胞进行显微摄影,放大测量,分别算出每对染色体的相对长度,着丝粒指数和臂比,结果如表 1。

表 1 野猪、杂种猪及家猪染色体的相对长度、着丝粒指数和臂比

Table 1 The relative length, chromosome index, long/short arm ratio in wild boar, hybrid pig and domestic pig

| 组号 Group | 编号 No | 相对长度 Relative length | | | 着丝粒指数 Chromosome index | | | 臂比值 Long/short arm ratio | | |
|-------------|----------|-------------------------|------------|--------------|---------------------------|------------|-------------|-----------------------------|------------|-------------|
| | | 野猪 | 杂种猪 | 家猪 | 野猪 | 杂种猪 | 家猪 | 野猪 | 杂种猪 | 家猪 |
| | | Wild soar | Hybrid pig | Domestu pigs | Wild soar | Hybrid pig | Domestu pig | Wild soar | Hybrid pig | Domestu pig |
| A | 1 | 11.06±0.57 | 11.03±0.49 | 11.59±0.25 | 30.26±1.12 | 33.64±1.07 | 31.48±1.15 | 2.30±0.08 | 1.97±0.02 | 2.18±0.12 |
| | 2 | 6.40±0.38 | 6.29±0.35 | 6.23±0.24 | 34.09±1.43 | 29.51±1.23 | 32.86±1.10 | 1.93±0.12 | 2.39±0.06 | 2.04±0.09 |
| | 3 | 5.53±0.39 | 5.77±0.37 | 6.03±0.21 | 36.84±1.08 | 30.36±1.02 | 33.58±1.17 | 1.71±0.07 | 2.12±0.10 | 1.99±0.05 |
| | 4 | 4.51±0.42 | 4.43±0.39 | 6.00±0.27 | 32.26±1.13 | 34.88±1.12 | 37.78±1.15 | 2.10±0.08 | 1.87±0.04 | 1.65±0.06 |
| | 5 | 4.37±0.25 | 4.33±0.31 | 4.89±0.17 | 33.33±1.18 | 28.57±1.21 | 38.18±1.18 | 2.00±0.05 | 2.50±0.05 | 1.62±0.07 |
| B | 6 | 7.13±0.29 | 6.39±0.24 | 6.16±0.19 | 22.45±1.48 | 22.58±1.37 | 23.10±1.19 | 3.45±0.21 | 3.43±0.19 | 3.33±0.12 |
| | 7 | 5.68±0.30 | 5.57±0.27 | 5.25±0.21 | 28.21±1.26 | 25.93±1.24 | 24.15±1.18 | 2.55±0.13 | 2.86±0.11 | 3.14±0.09 |
| C | 8 | 6.11±0.36 | 5.67±0.29 | 5.49±0.27 | 40.48±1.57 | 34.55±1.64 | 40.08±1.52 | 1.47±0.04 | 1.89±0.05 | 1.49±0.04 |
| | 9 | 4.66±0.38 | 5.05±0.26 | 4.89±0.31 | 43.75±1.47 | 38.78±1.43 | 36.82±1.48 | 1.29±0.06 | 1.58±0.07 | 1.72±0.06 |
| | 10 | 4.08±0.35 | 4.54 | ±0.31 | 3.96±0.27 | 42.86±1.38 | 38.64±1.46 | 41.57±1.32 | 1.33±0.05 | 1.59±0.08 |
| | 11 | 2.91±0.32 | 3.20±0.30 | 3.14±0.31 | 45.00±1.42 | 41.94±1.34 | 43.97±1.29 | 1.22±0.06 | 1.38±0.04 | 1.27±0.04 |
| | 12 | 2.91±0.31 | 2.89±0.28 | 2.98±0.29 | 40.00±1.39 | 50.00±1.32 | 44.78±1.30 | 1.50±0.06 | 1.00±0.03 | 1.23±0.06 |
| D | 13 | 8.15±0.51 | 8.66±0.47 | 6.09±0.29 | | | | | | |
| | 14 | 5.97±0.52 | 6.49±0.44 | 6.40±0.31 | | | | | | |
| | 15 | 5.68±0.48 | 5.57±0.38 | 5.92±0.26 | | | | | | |
| | 16 | 3.78±0.36 | 3.81±0.24 | 3.45±0.19 | | | | | | |
| | 17 | 3.06±0.39 | 2.89±0.21 | 2.58±0.17 | | | | | | |
| | 18 | 2.62±0.26 | 2.58±0.19 | 2.13±0.12 | | | | | | |
| | x | 5.39±0.25 | 5.15±0.23 | 4.60±0.19 | 40.54±1.23 | 38.00±1.19 | 40.58±1.03 | 1.47±0.04 | 1.63±0.05 | 1.46±0.03 |

2.2 C带带型

杂种猪的 C带 A 组第 1 号染色体和 D 组第 13~18 号染色体着丝粒区均显著染色,结构异染色质的分布范围也较大,其余各常染色体在不同分裂相的着丝粒区染色不一致,有时隐约可见,有时则不显现,表现出较为丰富的多态性。杂种猪的 C 带呈现多态性这一特点,与曾经报道过的其他猪种非常相象^[2,3]。

2.3 G带带型

杂种猪的 G 带模式图见图 1,具体描述如下:

No. 1 染色体:短臂上有 4 条深带,分布较均匀;长臂上有 8 条深带,近端部有一条宽的深带。

No. 2 染色体:短臂上有 2 条深带;长臂上有 2 条深带,中间被一段很明显的较宽的非着色区段隔开。

No. 3 染色体:短臂上有 1 条深带,较宽;长臂上有 3 条深带,近着丝粒和近端处的 2 条带较宽,中部的较窄。

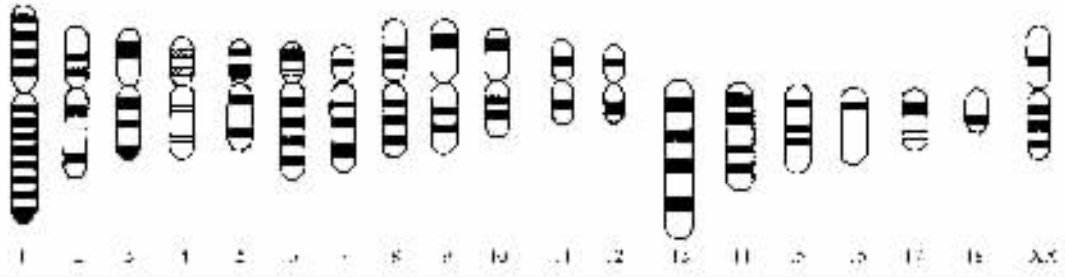


图 1 杂种猪 G 带模式图

Fig.1 Diagram of G-band of hybrid pig

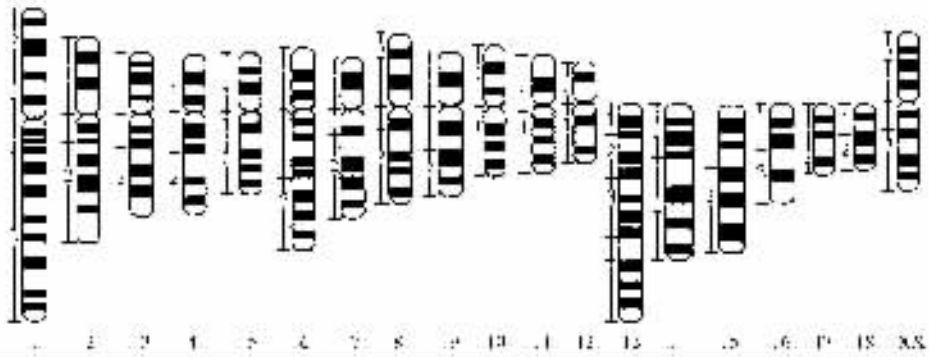


图 2 杂种猪高分辨 G 带模式图

Fig.2 Diagram of high resolution G-band of hybrid pig

No. 4 染色体:短臂上有 2 条浅带,中间有一段很明显的非着色区;长臂上有 2 条浅带,中间也有一段明显的非着色区,而且 4 条带均染色较浅。

No. 5 染色体:短臂上近端有 1 条窄的深带,近着丝粒处有 1 条宽的深带;长臂上有 3 条深带,近端部和中部的 2 条深带之间有一段明显的非着色区。

No. 6 染色体:短臂上近端部有 1 条宽的深带,近着丝粒处有 1 条浅带;长臂上有 4 条深带,分布比较均匀。

No. 7 染色体:短臂近着丝粒处有 1 条深带;长臂上有 4 条深带,分布较均匀。

No. 8 染色体:短臂中部和近着丝粒处有 2 条浅带;长臂上有 3 条深带,近端部的 1 条较宽。

No. 9 染色体:短臂上近端部有 1 条较宽的深带,长臂上有 2 条深带。

No. 10 染色体:由于短臂近着丝粒处有一扩大的次缢痕,因而该区为非着色区,近端部有 1 条较宽的深带;长臂上有 2 条深带。

No. 11 染色体:短臂上有 1 条深带;长臂上有 1

条深带。

No. 12 染色体:短臂上有 1 条深带;长臂上有 1 条较宽的深带。

No. 13 染色体:长臂上有 4 条较宽的深带,分布均匀。

No. 14 染色体:长臂上有 4 条深带,近端部的 2 条较宽,较深。

No. 15 染色体:长臂上有 3 条深带,中部 2 条相邻较近。

No. 16 染色体:长臂上近端部有 1 条深带。

No. 17 染色体:长臂上近端部有 1 条较宽的深带,近着丝粒处有 1 条浅带。

No. 18 染色体:长臂上近着丝粒处有 1 条深带。

X 染色体:短臂上中部有 1 条深带;长臂上有 3 条深带,分布均匀。

2.4 高分辨 G 带型

杂种猪的高分辨 G 带模式图见图 2,具体描述如下:

No. 1 染色体:

p(短臂) 共 9 条带,分二个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

q(长臂) 共 21 条带,分二个区:第一区共 8 条带,4 条强带,4 条阴性带;第二区共 13 条带,6 条强带,7 条阴性带。

No. 2 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

q(长臂) 共 11 条带,分二个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 3 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

q(长臂) 共 9 条带,分二个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

No. 4 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

q(长臂) 共 9 条带,分二个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

No. 5 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

q(长臂) 共 8 条带,分二个区:第一区共 2 条带,1 条强带,1 条阴性带;第二区共 6 条带,3 条强带,3 条阴性带。

No. 6 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

q(长臂) 共 15 条带,分二个区:第一区共 8 条带,4 条强带,4 条阴性带;第二区共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 7 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带。

q(长臂) 共 9 条带,分二个区:第一区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带;第二区共 6 条带,3 条强带,3 条阴性带。

No. 8 染色体:

p(短臂) 共 5 条带,分二个区:第一区共 2 条带,1 条强带,1 条阴性带;第二区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带。

q(长臂) 共 9 条带,分二个区:第一区共 2 条带,1 条强带,1 条阴性带;第二区共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 9 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 2 条带,1 条强带,1 条阴性带。

q(长臂) 共 7 条带,分二个区:第一区,共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带;第二区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带。

No. 10 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

q(长臂) 分一个区,共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 11 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 2 条带,1 条强带,2 条阴性带。

q(长臂) 分一个区,共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 12 染色体:

p(短臂) 分一个区,共 2 条带,1 条强带,2 条阴性带。

q(长臂) 分一个区,共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带。

No. 13 染色体:

q(长臂) 共 21 条带,分 4 个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第三区共 6 条带,3 条强带,3 条阴性带;第四区共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 14 染色体:

q(长臂) 共 13 条带,分二个区:第一区共 6 条带,3 条强带,3 条阴性带;第二区共 7 条带,3 条强带,4 条阴性带。

No. 15 染色体:

q(长臂) 共 11 条带,分二个区:第一区共 5 条带,2 条强带,3 条阴性带;第二区共 6 条带,3 条强带,3 条阴性带。

No. 16 染色体:

q(长臂) 共 7 条带,分二个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带。

No. 17 染色体:

q(长臂) 共 7 条带,分二个区:第一区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带;第二区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带。

No. 18 染色体:

q(长臂) 共 7 条带,分二个区:第一区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带;第二区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带。

X 染色体:

p(短臂) 共 7 条带,分二个区:第一区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带;第二区共 4 条带,2 条强带,2 条阴性带。

q(长臂) 共 9 条带,分二个区:第一区共 3 条带,1 条强带,2 条阴性带;第二区共 6 条带,3 条强带,3 条阴性带。

3 讨 论

3.1 关于家猪染色体的研究,1961 年,Ruddle 以试管培养法研究了汉普夏猪的肾组织,确认了猪的染色体数是 38 条,其后,根据血细胞培养法对各个系统的研究报告都证实了猪的染色体数为 $2n=38$,性染色体构成雄性为 XY、雌性为 XX。关于野猪染色体的研究,最初是由于引入美国的欧洲野猪核染色体数出现了 36 条,这就提出了一个新问题。从这个发现开始,对各地野猪进行调查得知,西德野猪是 36 条,澳大利亚野猪是 36 条和 37 条,瑞典野猪是 37 条,亚洲野猪是 38 条。有研究表明,具有 36 条染色体的野猪比家猪少两对端着丝粒染色体,而多了一对亚中着丝粒染色体。具有 37 条染色体的野猪,有上述 3 对中的各 1 条,而缺少它们中的同源染色体。具有 38 条染色体的野猪其核型与家猪的完全一致^[4]。本次实验所采的野猪与杂种猪样,其核型分析与家猪的基本一致,只是家猪在 4 号、9 号染色体出现淡染,而野猪和杂种猪都是只在 4 号染色体处出现淡染的。

3.2 对杂种猪的 C 带核型图进行仔细的观察分析,发现第 1、13~18 号染色体表现出稳定的带型,X 染色体也比较稳定,只是染色稍浅一些,估计跟该处的异染色体质含量有关,而其他各号染色体则表

现出不稳定的带型,这点与曾经报道过的家猪染色体的 C 带特点相符^[5]。徐银学等^[6]在对家猪染色体 C 带作为遗传标记的研究中发现,个体内细胞间同一染色体 C 带的大小具有极大的相似性,不同生长期 C 带长度一般没有显著的差异,说明 C 带在不同时期也是稳定的,而且,有研究表明,C 带的多态性完全按照孟德尔方式遗传,这种多态性完全可以作为标记染色体来进行群体考察,此外,他对品系和家系的建立、选种、杂交优势、配合力的预测也是极其有用的^[7]。

3.3 有关家猪染色体 G 带核型的报道较多,而关于野猪与家猪杂交的 F_1 代猪的报道却很少。目前,国内已发表的只有云南农业大学的曾养志等^[8]做的实验,在他们的实验材料中,有 1 头 F_1 代个体,经过 G 带和 C 带分析之后,认为 G 带带型与当地的云南小耳猪完全一致,C 带带型也与小耳猪十分相似。这一结论与本实验的结果相符,本实验所得的 G 带带型与曾报道过的家猪 G 带带型也十分相似^[9,10]。只在个别比较短小的染色体上存在差异,比如第 11 号染色体的短臂和长臂,我们用肉眼都只观察到一条带,而程金根和门正明等在短臂上观察到 2 条带,在长臂上观察到 3 条带。产生这种差异的原因可能是与染色体制作的长度有关,染色体越长,显的带就越多,所以界标位置略有变化,也可能是杂种猪和家猪在某些染色体上本身就存在一定的差异。另外,不同的分带技术也可使同一染色体显示出不同的 G 分带带型。

3.4 在现代分子生物学中,染色体高分辨 G 带型与基因定位有着密切的关系,每条带中含有若干种基因,因此带型越丰富,基因定位越精确。家猪高分辨 G 带国内外尚无公认的模式图,而且高分辨 G 带的区带划分和编号也有着很大的差别,如熊统安等绘制出的 371 条带^[11],陈文元等绘制出的 444 条带^[12],夏金星等结合 CS-910 型双波薄层色谱扫描仪扫描出的波形图,绘制出 577 条带^[13]。

杂种猪的高分辨 G 带模式图在国内是首次报道,由于我们是采用肉眼观察,因此许多不是很清晰的带纹,我们都将其划为一条带来处理,因此绘制的带纹要比上面报道的少一些,杂种猪的高分辨 G 带与家猪的也基本一致。

根据进化细胞遗传学的观点,作为生物遗传物质载体的染色体,其 $2n$ 数、各染色体的着丝粒位置、

G 带带型等均具有种的特性,亦即同一物种具有相同的染色体数目、形态和结构。亚种和家养后的品种分化,则是基因水平的差异。据此,杂种猪(野猪(♂)×家猪(♀))的染色体数目、形态和结构与家猪差异并不显著,可以认为该杂种猪与现存的家猪属于同一种,而且它的父本野猪很可能就是现存的家猪的祖先。通过研究染色体的形态、结构(尤其是带型),对于了解家猪的起源和进化历程;了解家猪的品种、类群细胞学水平差异,为品种鉴定、品系的建立、育种方案制定、预测杂交优势和研究遗传疾病等都具有重要意义,同时也是基因定位与基因图研究的基础工作^[14]。

参 考 文 献 (References):

- [1] LIU Bang, LI Kui, PENG Zhong-Zhen, ZHAO Shu-Hong, LIU Xue-Qin, ZHOU Yan-Qin, HE Feng. Comparative studies on meiosis pachytene bivalents and mitosis metaphase chromosome of pig[J]. Hereditas(Beijing), 1999, 21(5): 24~26.
刘 榜, 李 奎, 彭中镇, 赵书红, 刘学芹, 周艳琴, 何 锋. 家猪减数分裂粗线期二价体与有丝分裂中期染色体的比较研究[J]. 遗传, 1999, 21(5): 24~26.
- [2] WANG Zi-Shu, WANG Xi-Zhong, CHEN Wen-Yuan. A study on the banded chromosomes of the Xizang pig[J]. Acta Veterinariae Zootechnica Sinica, 1988, 19(3): 165~170.
王子淑, 王喜忠, 陈文元. 藏猪显带染色体的研究[J]. 畜牧兽医学报, 1988, 19(3): 165~170.
- [3] HU Wen-Ping, LIAN Lin-Sheng, LIU Ai-Hua, LIN Shi-Ying. Study on chromosome of the Banna miniature pig[J]. Shanghai Laboratory Animal Science, 1997, 17(2): 86~88.
胡文平, 连林生, 刘爱华, 林世英. 版纳微型猪染色体显带研究[J]. 上海实验动物科学, 1997, 17(2): 86~88.
- [4] [Japan] CUN Song-Jin compile, GUO Rong-Chang translate, CHI Ji-Wo collate. Animal Chromosome [M]. Heilongjiang People Publishing Company, Harbin, 1988, 33~36.
[日] 村松 晋著, 郭荣昌译, 迟继我校. 动物染色体[M]. 哈尔滨: 黑龙江人民出版社, 1988, 33~36.
- [5] CHEN Yu-Bao. The development of studies on animal chromosome bands technology[J]. Beijing Laboratory Animal Science, 1990, 7(4): 28~33.
陈禹保. 动物染色体显带技术的研究进展[J]. 北京实验动物科学, 1990, 7(4): 28~33.
- [6] XU Yin-Xue, XIA Zu-Zhuo, GAN Jie, JIANG Zhi-Hua. Studies on the feasibility of domestic pig chromosome C-bands as genetic markers[J]. Jiangsu Journal of Agriculture Science, 1994, 10(3): 46~50.
徐银学, 夏祖灼, 甘 杰, 姜志华. 家猪染色体 C 带作为遗传标记的研究[J]. 江苏农业学报, 1994, 10(3): 46~50.
- [7] SUN Jin-Hai. Studies on the chromosome karyotype and Bands of northeast min pig[J]. Journal of the Chinese People's Liberation Army Veterinarian University, 1985, 5(4): 305~313.
孙金海. 东北民猪的染色体组型及分带研究[J]. 中国人民解放军兽医大学学报, 1985, 5(4): 305~313.
- [8] ZENG Yang-Zhi, HE Fen-Qi. The karyotype of Huanan wild boar and it's relationship with domestic pig[J]. Journal of Yunnan Agriculture University, 1988, 3(2): 152~158.
曾养志, 何芬奇. 华南野猪的核型及其与家猪的进化关系[J]. 云南农业大学学报, 1988, 3(2): 152~158.
- [9] CHENG Jin-Gen, XIE Chun-Ting. The studies on G-band of domestic pig chromosome[J]. Journal of Beijing Agriculture University, 1989, 15(1): 89~93.
程金根, 解春亭. 家猪染色体 G 带核型的研究[J]. 北京农业大学学报, 1989, 15(1): 89~93.
- [10] MEN Zheng-Ming, CHEN Cai-An, YANG Zi-Heng, HAN Jian-Lin. Studies on the chromosome of domestic pigs[J]. Journal of Gansu Agriculture University, 1985, (3): 37~43.
门正明, 陈彩安, 杨子恒, 韩建林. 家猪染色体的研究[J]. 甘肃农业大学学报, 1985, (3): 37~43.
- [11] XIONG Tong-An, ZHAO Ya-Xin, LI Kui, LI Ming-Jun, PENG Zhong-Zhen. High-resolution G-banding chromosomes of pigs by using the acridine orange treatment[J]. Journal of Huazhong Agricultural University, 1997, 16(1): 67~70.
熊统安, 赵雅心, 李 奎, 李明军, 彭中镇. 用丫啶橙处理法制备猪高分辨 G 带染色体[J]. 华中农业大学学报, 1997, 16(1): 67~70.
- [12] CHEN Wen-Yuan, WANG Zi-Shu, WANG Xi-Zhong. High resolution chromosome G-banding pattern of domestic pig of china[J]. Acta Genetica Sinica, 1991, 18(2): 120~126.
陈文元, 王子淑, 王喜忠. 中国家猪高分辨 G-带及模式图[J]. 遗传学报, 1991, 18(2): 120~126.
- [13] XIA Jin-Xing, SHI Qi-Shun, LIU Xiao-Chun. High-resolution G-banded chromosomes of domestic pig[J]. Journal of Hunan Agriculture College, 1993, 19(2): 177~182.
夏金星, 施启顺, 柳小春. 家猪高分辨 G 带染色体研究[J]. 湖南农学院学报, 1993, 19(2): 177~182.
- [14] WEI Cai-Hong, LIU Chou-Sheng, ZHAO Xing-Bo. Influence of infusion of duroc blood on characteristics of chromosomes in Gansu black pig[J]. Hereditas(Beijing), 2003, 25(1): 27~29.
魏彩虹, 刘丑生, 赵兴波. 杜洛克猪与甘肃黑猪杂交代染色体遗传变异的特征[J]. 遗传, 2003, 25(1): 27~29.