

中国家猪 染色体

陈文元，王子淑，王喜忠 著

四川大学出版社

中国京剧 绝色伴

中国京剧艺术大师 王佩芳 著

中国文联出版社

中国家猪染色体

ZHONGGUO JIAZHU RANSETI

陈文元·王子淑·王喜忠 著

四川大学出版社

1993年·成都

(川) 新登字014号

责任编辑: 夏木俊

封面设计: 冯先洁

技术设计: 夏木俊

中 国 家 猪 染 色 体

陈文元 王子淑 王喜忠 著

四川大学出版社出版发行 (成都市望江路29号)

四川省新华书店经销 郫县犀浦印刷厂印刷

850×1168mm 32开本 3.875印张(24插页) 122千字

1993年6月第1版

1993年6月第1次印

印数: 0001—

册

ISBN 7-5614-0796-3/Q·19

定价: 6.00元(平装)
10.00元(精装)

内 容 提 要

本书以中国家猪有代表性的8个品种为实验材料，对普通核型、7种带型和精子单倍体核型进行了描述，并就染色体研究的若干问题进行了讨论。总结作者的实践经验，如实地介绍了有关实验方法与技术，以期同行间互相借鉴。该书图文并茂，可供农学院校、师范院校、综合大学生物系师生及从事家猪遗传育种、细胞遗传学等方面研究的科技人员参考。

前 言

自从(1913年)Woodsdalek首次报道家猪染色体以来,许多作者从不同角度进行家猪染色体的研究。国外,家猪染色体文献较多,从1961年至今约100余篇,其中显带染色体研究约40余篇。1972年Gustavsson首次用氮芥噻吡因研究了家猪染色体Q-带。迄今研究较多的带型主要有G-带、Q-带、R-带、C-带、Ag-NORs等,亦有作复合荧光染色、家猪基因定位等方面的研究。家猪染色体研究较多的国家是瑞典、丹麦、加拿大、法国、前苏联等,另外,英国、美国、墨西哥、瑞士、意大利、德国、波兰、奥地利等国也在进行这方面的研究。我国家猪显带染色体比较系统的研究,始于1979年陈文元、王子淑的论文。近年来,这方面的研究工作报道逐渐增多,使家猪细胞遗传学的研究呈现一派欣欣向荣的局面。截止现在国内有40余篇论文发表,涉及32个品种,5个杂交品种,其中多数为核型研究,其次是G-带、C-带、Ag-NORs等显带染色体研究。还有少数作者进行了Q-带、R-带、复制带、限制性内切酶显带、SCE、染色体畸变分析、复合荧光染色等方面的研究。华中农业大学还首次在国内进行了家猪染色体的基因定位研究工作。

关于家猪染色体带型标准化,1976年在英国Reading大学召开的第一届国际家畜显带核型标准化会议上,加拿大Lin C.C.首次提出了家猪G-带模式图(1980年发表论文)。1977年在法国Jouy-en-Josas召开了第三届欧洲家畜细胞遗传学学术讨论会,丹麦Hansen对家猪染色体G-带按人类染色体巴黎会议

的标准作了划分。1980年 Lin C.C. 也参照巴黎会议标准发表了较详细的家猪 G-带模式图。1984年在第六届欧洲家畜细胞遗传学讨论会上,成立了家猪核型标准化委员会。1988年 Gustavsson 作为协调者发表了该委员会确定的家猪 G-带、R-带标准化核型。我国迄今已发表的家猪高分辨 G-带核型有6篇论文,涉及12个国内品种,3个国外品种。由于不同作者在染色体分组、排序、界标的确定、分区分带的标准等方面不尽相同,因此,全国家猪育种科研协作组倡议于1991年11月在成都召开了“中国家猪染色体高分辨 G-带核型标准化研讨会”。在会上与会者对 G-带核型进行了审慎研究,参照 Reading 会议(1976)、Gustavsson(1988)报道的模式图,根据我国家猪特点,绘制了中国家猪染色体高分辨 G-带模式图。中国家猪染色体高分辨 G-带模式图的推出,不仅有利于专业同行的国际国内交流,而且有利于基因定位、染色体畸变分析等的研究和发展。

我国是世界上养猪最早和养猪业最发达的国家,具有许多适应不同地域的优良猪种,遗传资源十分丰富。《中国猪品种志》按照各地猪种的生产性能和体型外貌特征,结合其起源、分布和饲养管理特点,当地的农业生产情况,自然条件和移民等社会因素,将我国地方猪种分为六种类型。我们从1977年开始研究家猪染色体,之后又得到中国科学院科学基金和国家自然科学基金资助,选择了国内具有代表性的10个家猪品种,进行了11种带型(CG-带、Q-带、R-带、C-带、复制带、高分辨 G-带、高分辨 R-带、Ag-NORs、限制性内切酶显带、DA/DAPI带、CMA₃/DA/DAPI三重荧光染色)品种间的对比和系统研究。我们研究的品种是:华北型(东北民猪)、华南型(云南滇南小耳猪)、华中型(梅花猪)、江海型(二花脸猪、姜曲海猪)、西南型(内江猪、荣昌猪、成华猪、柳嘉猪)、高原型(藏猪)。本书撰写的主要资料来源是我们研究室多年来实验结果的积累,同时参考了国内已

发表过的有关资料。

本书的主要特点是以中国家猪为研究材料编著而成的，是迄今第一本有关中国家猪细胞遗传学的专著。其编写内容主要包括三个部分：（1）有代表性的中国家猪品种的普通核型、多种显带染色体核型和家猪精子单倍体核型。全书刊印了40余幅照片；（2）关于家猪染色体研究中十三个问题的讨论，其中简述了有关问题的研究历史现状、存在问题以及作者的见解等；（3）根据本书作者的实践经验，如实地介绍了有关实验方法与技术，以期同行间互相借鉴，共同提高。

在本书编著过程中，作者力图在内容上既有理论概述，又有实践经验总结，做到图文并茂、简洁明瞭；在介绍实验方法上力争全面和稳定可靠。我们期待本书的出版将为中国家猪细胞遗传学的发展积累资料，奠定基础。相信它会具有一定的理论和应用价值。

在完成两个基金项目过程中，本室研究生赵西林、王晓飞、蓝翎、赵亚力、鄢波、廖承勇、田素娟等参加了部分实验工作。成果的积累与他们的努力是分不开的。

研究中在材料来源方面得到荣昌、内江和成华种猪场的大力支持，还得到外省、市、地区有关种猪场（站）的通力配合，在此一并深表谢意。

全书初稿由王子淑执笔，经集体讨论、修改、补充而最后完成。

本书可供农学院校、师范院校、综合大学生物系师生及从事家猪遗传育种、细胞遗传学等方面研究的科技人员参考。书中不当之处，敬请批评指正。

目 录

前言	(1)
第一章 家猪染色体核型及带型	(1)
一、家猪核型	(1)
二、家猪染色体 G- 带带型	(7)
三、家猪染色体 C- 带带型	(15)
四、家猪染色体 R- 带带型	(19)
五、家猪染色体 DA/DAPI 荧光带型	(19)
六、家猪染色体 CMA ₃ /DA/DAPI 荧光带型	(20)
七、限制性内切酶显带	(21)
第二章 关于家猪染色体研究中的几个问题	(23)
一、关于家猪的核型	(23)
二、家猪染色体高分辨 G- 带	(24)
三、家猪 X 猪染色体 G-带的特征	(26)
四、家猪 C- 带核型的多态性和品种间的差异	(27)
五、关于家猪染色体结构异染色质的异质性	(28)
六、家猪 No. 16 染色体上的次缢痕	(30)
七、关于家猪近端着丝粒染色体的着丝粒区结构异染色质的 DNA 组成	(31)
八、DA/DAPI 荧光带与 C-带的比较	(33)
九、限制性内切酶显带	(33)
十、家猪的核仁组织区 (NOR) 的研究	(34)
十一、家猪的染色体异常	(43)

十二、家猪精子单倍染色体.....	(51)
十三、猪卵体外成熟和体外受精.....	(53)
十四、家猪染色体 G- 带的自动光度定量分析	(54)
第三章 实验技术与方法	(63)
一、细胞培养方法.....	(63)
1. 家猪外周血培养.....	(63)
2. 家猪组织培养.....	(64)
二、染色体标本制作.....	(66)
三、家猪体细胞核型分析方法.....	(69)
四、染色体分带染色技术.....	(71)
1. Q-带	(72)
2. DA/DAPI 双重染色.....	(73)
3. CMA ₃ /DA/DAPI 三重染色	(75)
4. G-带	(75)
5. C-带	(77)
6. R-带	(78)
7. Ag-NOR 染色法	(79)
8. 姊妹染色单体色差法 (SCD)	(80)
9. 复制带.....	(82)
10. X染色体迟复制研究技术.....	(84)
11. 限制性内切酶显带技术.....	(85)
12. THA 带.....	(86)
五、家猪精子单倍染色体制备技术.....	(87)
六、猪卵体外成熟和体外受精方法.....	(95)
七、家猪染色体 G- 带的自动光度定量分析法.....	(100)
八、染色体放射自显影技术.....	(101)
图版	(107)
参考文献	(151)

第一章 家猪染色体核型及带型

一、家猪核型

《中国猪品种志》按照各地猪种的生产性能和体型外貌特征，结合其起源、分布和饲养管理特点，当地的农业生产情况，自然条件和移民等社会因素，将我国地方猪种分为华北型、华南型、华中型、江海型、西南型、高原型等六种类型。根据这六种类型我们选择了具有代表性的8个家猪品种进行了核型的研究。

家猪核型选择良好的中期分裂相进行显微摄影、放大、配对、排列、分析并测量染色体，每个品种根据50个细胞的分析 and 10个细胞（公、母各5个）的测量结果，分别算出相对长度和臂比指数的平均值和标准误，作为染色体编号及配对的依据（见表1、2）。

1. 八种家猪核型模式图

（1）内江猪（Neijiang pig）（图版1.图1，图版2.图2）

来源：由四川省内江种猪场提供

类型：西南型

（2）荣昌猪（Rongchang pig）（图版3.图3）

来源：由四川省荣昌种猪场提供

类型：西南型

（3）藏猪 Zang pig（Tibetan pig）（图版4.图4）

来源：由四川省甘孜藏族自治州稻城县农牧局提供

表1 相对长度

品种 菜色 No.	内江猪	藏猪	太湖猪	姜曲海猪	民猪	滇南小 耳猪	大花白猪	荣昌猪	均数
1	11.24± 0.143	10.90± 0.195	10.91± 0.277	10.63± 0.599	11.34± 0.490	10.83± 0.37	11.54± 0.49	11.05± 0.112	11.06± 0.106
2	6.18± 0.055	6.31± 0.065	6.24± 0.110	6.48± 0.325	6.08± 0.475	6.27± 0.58	6.29± 0.07	6.34± 0.047	6.27± 0.041
3	5.72± 0.060	5.61± 0.090	5.66± 0.068	5.74± 0.215	5.61± 0.314	5.35± 0.33	5.88± 0.10	5.65± 0.065	5.60± 0.070
4	5.06± 0.044	5.01± 0.076	4.91± 0.110	5.17± 0.200	5.11± 0.237	5.24± 0.34	5.33± 0.13	5.13± 0.055	5.12± 0.048
5	4.32± 0.051	4.36± 0.084	4.36± 0.052	4.31± 0.264	4.56± 0.305	4.42± 0.13	4.24± 0.21	4.36± 0.035	4.37± 0.033
6	6.71± 0.087	6.65± 0.095	6.60± 0.101	6.78± 0.248	6.92± 0.406	6.72± 0.08	6.67± 0.36	7.01± 0.061	6.76± 0.050
7	5.47± 0.050	5.24± 0.103	5.06± 0.090	5.31± 0.305	5.22± 0.189	5.22± 0.23	5.36± 0.42	5.34± 0.074	5.28± 0.043
8	5.54± 0.060	5.33± 0.114	5.43± 0.083	5.60± 0.351	5.51± 0.219	5.48± 0.29	5.05± 0.16	5.54± 0.047	5.44± 0.062
9	5.35± 0.051	5.03± 0.115	5.15± 0.060	5.49± 0.277	5.35± 0.259	5.13± 0.26	4.71± 0.11	5.40± 0.046	5.20± 0.089
10	3.89± 0.044	4.04± 0.046	4.13± 0.069	4.10± 0.220	4.13± 0.218	4.16± 0.14	3.73± 0.81	4.12± 0.046	4.00± 0.053
11	3.24± 0.051	2.95± 0.076	3.34± 0.101	3.33± 0.152	3.33± 0.329	3.46± 0.28	3.29± 0.37	3.42± 0.055	3.30± 0.055
12	2.94± 0.091	2.87± 0.075	2.91± 0.074	3.00± 0.161	2.76± 0.203	2.86± 0.11	2.62± 0.33	2.96± 0.035	2.87± 0.044

续表 1

品种 染色体 n	内江猪	藏猪	太湖猪	姜曲海猪	民猪	滇南小 耳猪	大花白猪	荣昌猪	均数
13	8.40± 0.050	8.31± 0.187	8.42± 0.121	8.57± 0.302	8.50± 0.365	8.24± 0.51	8.92± 0.72	8.17± 0.061	8.44± 0.083
14	6.92± 0.044	6.26± 0.120	6.51± 0.008	6.28± 0.575	6.01± 0.332	6.64± 0.51	6.44± 0.32	6.09± 0.071	6.39± 0.106
15	5.66± 0.061	5.77± 0.096	5.45± 0.133	5.24± 0.197	5.69± 0.283	5.33± 0.88	5.87± 0.13	5.48± 0.055	5.56± 0.078
16	3.55± 0.055	3.82± 0.096	3.89± 0.074	3.63± 0.194	3.54± 0.009	3.67± 0.28	3.57± 0.19	3.52± 0.050	3.65± 0.049
17	2.83± 0.050	3.09± 0.045	3.11± 0.045	2.77± 0.139	2.76± 0.285	2.93± 0.19	2.93± 0.10	2.88± 0.029	2.91± 0.047
18	2.52± 0.044	2.78± 0.037	2.60± 0.060	2.45± 0.215	2.45± 0.261	2.62± 0.19	2.50± 0.06	2.52± 0.050	2.56± 0.039
X	5.04± 0.085	5.39± 0.110	5.11± 0.067	5.14± 0.328	5.14± 0.419	4.91± 0.18	4.65± 0.6	5.21± 0.065	5.07± 0.077

表2 臂比和标准误差

品种 染色体 No.	内江猪	藏猪	太湖猪	姜曲海猪	民猪	滇南 小耳猪	大花白猪	荣昌猪	均数
1	2.0± 0.470	2.0± 0.105	2.0± 0.070	2.0± 0.137	1.9± 0.006	2.0± 0.07	2.0± 0.01	2.0± 0.623	2.0± 0.013
2	1.9± 0.455	1.7± 0.082	1.9± 0.067	1.9± 0.164	1.9± 0.180	1.7± 0.18	1.8± 0.15	1.8± 0.440	1.8± 0.031
3	1.7± 0.464	1.7± 0.083	1.8± 0.068	1.7± 0.143	1.8± 0.131	1.7± 0.22	1.7± 0.05	1.7± 0.406	1.7± 0.016
4	1.8± 0.639	1.7± 0.063	2.0± 0.054	1.8± 0.271	1.8± 0.072	1.8± 0.15	1.8± 0.07	1.7± 0.377	1.8± 0.033
5	1.3± 0.565	1.4± 0.078	1.4± 0.047	1.3± 0.113	1.3± 0.102	1.5± 0.12	1.4± 0.14	1.3± 0.560	1.4± 0.026
6	3.1± 0.060	3.4± 0.081	3.3± 0.143	3.2± 0.145	3.1± 0.273	3.5± 0.132	3.4± 0.110	3.2± 0.060	3.3± 0.053
7	3.2± 0.122	3.1± 0.128	3.3± 0.108	3.3± 0.263	3.2± 0.769	3.1± 0.103	3.5± 0.136	3.1± 0.087	3.2± 0.049
8	1.4± 0.785	1.4± 0.069	1.3± 0.054	1.3± 0.295	1.4± 0.143	1.3± 0.21	1.4± 0.11	1.3± 0.560	1.4± 0.019
9	1.2± 0.529	1.3± 0.084	1.3± 0.067	1.2± 0.121	1.1± 0.007	1.3± 0.11	1.5± 0.09	1.2± 0.526	1.3± 0.042

续表 2

品种 染色体 No.	内江猪	藏猪	太湖猪	姜曲海猪	民猪	南 漠 小耳猪	大花白猪	荣昌猪	均数
10	1.1± 0.436	1.1± 0.021	1.2± 0.042	1.2± 0.202	1.0± 0.168	1.3± 0.15	1.1± 0.03	1.1± 0.376	1.1± 0.032
11	1.1± 0.033	1.2± 0.017	1.1± 0.031	1.1± 0.010	1.1± 0.006	1.3± 0.12	1.1± 0.02	1.0± 0.342	1.1± 0.031
12	1.1± 0.422	1.1± 0.030	1.0± 0.016	1.1± 0.077	1.0± 0.008	1.2± 0.08	1.1± 0.04	1.0± 0.315	1.1± 0.025
X	1.3± 0.472	1.4± 0.040	1.4± 0.054	1.3± 0.172	1.4± 0.150	1.4± 0.08	1.3± 0.12	1.3± 0.618	1.4± 0.019
Y	1.6± 0.034	1.4± 0.058	1.4± 0.045	1.3± 0.037	1.5± 0.080	1.3± 0.037	1.4± 0.015	1.3± 0.044	1.4± 0.038

类型：高原型

(4) 太湖猪 (Taihu pig) (图版5.图5)

原名：二花脸猪

来源：由江苏省泰县种猪场提供

类型：江海型

(5) 姜曲海猪 (Jiangquhai pig) (图版6.图6)

来源：由江苏省海安县农牧局提供

类型：江海型

(6) 民猪 (Min pig) (图版7.图7)

原名：东北民猪

来源：由黑龙江省兰西县种猪场提供

类型：华北型

(7) 滇南小耳猪 (Diannan small—Ear pig) (图版8.图8)

来源：云南省西双版纳种猪场提供

类型：华南型

(8) 大花白猪 (Large black—White pig) (图版9.图9)

原名：梅花猪

来源：由广东省顺德县种猪场提供

类型：华中型

2. 家猪核型分析

根据核型分析，八种家猪的核型均为 $2n=38$ ，按 Levan (1964) 的标准和 Reading 会议原则，将家猪染色体分为四组，染色体类型可简式为 $8sm+4st+14m+12t$ ， $NF=64$ 。

1) A组：臂比指数 $1.7\sim 2.0$ ，由1~4对亚中部着丝粒染色体(sm)和一对中着丝粒染色体(m)组成(臂比指数 1.4 ± 0.026)。

No.1 短臂近中部和长臂远中部有时可见明显次缢痕(图版1.图1, 图版10.图10), 并且 No.1 同源染色体之间常大小不一致。这些特征以内江猪、荣昌猪较为明显(图版1.图1, 图版3.图3)。荣昌猪 No.1 染色体部分细胞可见短臂末端具随体(图版3.图3, 图版10.图10)。此外, 荣昌猪 No.2 染色体之一长臂远中部和 No.4 染色体之一长臂远中部有时可见次缢痕。

(2) B组: 臂比指数3.1~3.5, 由5~6对亚端部着丝粒染色体(st)组成。

(3) C组: 臂比指数1.0~1.5, 由7~12对染色体和XY染色体组成, 全为中部着丝粒染色体(m)。X染色体与 No.7 或 No.8 染色体大小相近。No.10 短臂近着丝粒处一般均具有明显的次缢痕, 在内江猪、荣昌猪、民猪、太湖猪有时还可见 No.10 二个同源染色体之一, 其短臂除近端次缢痕外, 还另有一段非着色区形成扩大的次缢痕(图版10.图10)。No.7 在内江猪、荣昌猪、民猪、太湖猪、姜曲海猪常可见一对同源染色体短臂近着丝粒处具有明显的次缢痕, 藏猪、大花白猪、滇南小耳猪常见其中之一具次缢痕。内江猪Y染色体着丝粒略偏离中央。

(4) D组: 由13~18对染色体组成, 全为近端部着丝粒染色体(t), 有时可见微小短臂。No.16 长臂远端有一明显的次缢痕。

二、家猪染色体G-带带型

1. 八种家猪染色体G-带带型模式图

(1) 内江猪染色体G-带带型(图版11.图11): 实验共分析了4个个体的30个细胞。

(2) 荣昌猪染色体G-带带型(图版12.图12): 实验共分