

# 家养动物多样性研究要素和成就

陈幼春 马月辉 王端云

(中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094)

**摘要:** 家养动物多样性的研究多年来侧重于经济性状和生态多样性及品种多样性。近几年来在遗传多样性方面取得重大进展,在品种聚类、系统保种、遗传多样性与经济性状和生态多态性的相关研究都取得了重要结果,有的已经做到数量性状基因定位、转基因和克隆动物检测等。家养动物与其野生近缘种的基因分析和利用野生种血液的育种也取得一定的效果。利用多样性鉴别技术已确认许多地方品种为中国特有种,引起了国际广泛关注。

**关键词:** 家养动物, 生物多样性, 保种, 经济性状, 生态种

中图分类号: S87

文献标识码: A

文章编号: 1005-0094(2003)05-0407-07

## Elements and achievements in research on domestic animal biodiversity

CHEN You-Chun, MA Yue-Hui, WANG Duan-Yun

*Institute of Animal Husbandry, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094*

**Abstract:** For years the research on domestic animal diversity has emphasized diversity of economic traits, ecological diversity and diversity of breeds. Recently, research on genetic diversity of domestic animals has developed rapidly. Research on clusters of breeds, systematic conservation, the relationships between genetic diversity and economic traits, and ecological diversity has all made great progress, including some success with QTL, and creating transgenic and cloned animals. The genetic analysis between domestic breeds and their wild relatives was applied to breeding new strains or breeds by hybridization. Evaluation methods using biotechnology have confirmed that many local breeds are unique to China, and this has given rise to worldwide interest.

**Key words:** domestic animals, biodiversity, conservation, economic traits, ecological species

### 1 近年家养动物多样性的研究进展

近数十年来家养动物多样性的研究多集中在品种问题上。品种是体现经济特性的特殊群体,有别于野生动物,它的存在和消亡与人类社会的经济发展有关。家养动物保护在物种的概念上没有任何意义,在养殖业上人们也不会去关心作为一个物种是不是会灭绝,而关心的是某一个品种是否会灭绝。

家畜品种是特定野生种的延续,品种的存在丰富了原有物种的遗传多样性(马克平,1993)。当18世纪英国工业要求大量毛纺原料时,人们育成了许多细毛羊品种,这是人工选择的结果,人们纯化了细毛的品质特性,创造了品种。中国古代对家畜的选择着重于多仔和肉的风味,从而育成了多胎品种,如

举世闻名的太湖猪、小尾寒羊、湖羊等。

建国50余年以来畜禽品种在数量上发生了较大的变化,有不少已灭绝。这个时期家养动物的研究一方面深入到染色体多态性(陈宏,邱怀,1993)、蛋白质多态性、DNA多态性上,另一方面始终结合经济性状和生态特征两大方面。与建国前研究单一品种特性不同的是,更加重视品种间血缘关系的研究和遗传多样性与品种特性的联系以及对品种发生树的研究,提出系统保种理论等等。与古代文献记载和考古成就相结合,发现和认定了不少中国特有的生态种和经济种。有一系列的论文报道了过去西方学者未知的成就,已引起国际媒体的广泛关注(陈幼春等,1990;冯维祺等,1997;冯书堂,陈幼春,1998;陈幼春,曹红鹤,2001)。

### 1.1 中国特有品种的发现

自 20 世纪 80 年代中期全国完成畜禽品种资源调查以后,由郑丕留(1986)主持出版了《中国家畜家禽品种志》,分猪、禽、牛、羊、马驴共 5 卷(特种家养动物卷由于某些原因暂未出版),列入的品种有 282 个,其中猪品种 66 个、鸡 47 个、鸭 14 个、鹅 13 个、火鸡 1 个、家牛 37 个、牦牛 5 个、水牛 3 个、绵羊 30 个、山羊 23 个、马 33 个、驴 10 个(陈幼春,储明星,1997)。为了给各种家畜的品种聚类分析提供参照,确定以家牛为模式种开展了聚类分析,陈幼春等(1990)的研究结果由联合国粮农组织赞助出版,有关信息被 Mason(1996)引用于《A World Dictionary of Livestock Breeds, Types and Varieties》一书中。陈幼春从 20 个代表品种牛的分类结果,揭示了国际上从未发现过的种性特征,如中原大地的古老牛种秦川牛、晋南牛都属有普通牛和瘤牛两种核型;中国的高峰牛不是印度瘤牛的派生种,而是一个独立的生态种,其中海南牛可以认定为中国高峰牛的起源种,并且与班腾牛有过血缘关系。该结果被后来的研究,如 Nie(1999)和涂正超、张亚平(1997)所证实。袁磊等(1999)用线粒体多态性研究发现海南牛与徐闻牛虽然都归为雷琼牛,但是在约 5400 年前已分化为各自品种,而海南牛与班腾牛早在 26 8000 至 535 000 年前已经分化。这些研究都具有极高的学术价值。虽然雷州海峡两岸的高峰牛可能是在人类的干预下融合了,也可能只是几百年前才分化为两个品种的,所以分化的时间还值得讨论,但是线粒体多态性研究为此分类做出了贡献。陈幼春等(1990)用标记基因和生态体型等特征研究后发现,南阳牛具有西亚和北非牛的血液,与郭沫若(1952)考古所述的西亚牛种参与过中国牛种血液交换的论述不谋而合。根据以上结果,郭经恂(1996)在《中国农业百科全书·畜牧业卷》公布了牛的分类,将中国高峰牛以 *Bos zebu sinensis* 的名称公布于世。

### 1.2 迁地保护和种质开发

五指山猪于 20 世纪 80 年代一度成为濒危品种,中国农业科学院畜牧研究所于 1989 年在当地搜寻到一雄二雌,移到北京进行异地保护,并繁育出一个近交群。韦习会等(1996)和冯书堂、陈幼春(1998)以微卫星探针、白血球抗原等对五指山猪的研究发现,这个近交种在抗原特征上不但与人的生化常值相似,可以作为人类心血管疾病的研究,而且

可以作为猪胚胎工程的素材,这个近交不衰退的异地繁育品种在体型上并不增大,证明该隐性纯化猪群是特殊的基因库,而且在种源上独立于中国其他地方猪种。在中国农业科学院畜牧研究所建立了种质迁地保护群后,已有中国科学院上海细胞生物研究所和北京口腔医院等多个医学单位参与,自 2000 年开始共同进行有关种质测定和器官移植开发的研究。此举已成为畜牧业与医业结合开发畜种资源的良好开端。

### 1.3 亲缘关系的研究

10 年来由完成家牛和鸡的亲缘关系分析,到完成牦牛、马、驴、猪等亲缘关系分析,在绵羊、山羊、鸡等方面也正在展开相关研究。陈幼春等(1990)用血液蛋白多态基因、生态体型、染色体分带特征与考古相结合,提出了中国地方牛种属于两大类三个系统:两大类即无峰牛和有峰牛。无峰牛又分为蒙古牛(*Turano-Mongolian*)系统;有峰牛可分为高峰牛(以海南牛 *Zebu Sinica* 为代表)和低峰牛(以秦川牛 *Bos Zebuoid* 为代表)两个系统。高峰牛可再分为长江、珠江体系;低峰牛又分为黄河、淮河体系。Zhong(2000)提出的牦牛分类,明确提出高原型与河谷型两大类及其生态体型的区别。侯文通(2002)用细胞、生化、分子遗传方法提出马的系统分类,修订了过去以地域和体型外貌为根据的结论,如分布在内蒙古的乌珠穆沁马与乌审马,过去都作为一个品种对待,经分析发现在基因频率和类型有很大分化,不宜列为一个品种。但他认为全国的马种仍应分为五大类:蒙古、伊犁、南番、西南和中原。新的论证是:其中河曲马具有唐马的特点,藏马虽然具高原马的特点,但是与矮马有交叉分布,已融入西南马的血液。侯文通和王永军(2002)在驴的系统分类中首次明确提出华北、西北和云南三大群体。这些报道在国际上都是首次,为我国家畜品种的遗传多样性研究作出了贡献。张亚妮等(2002)和张桂香等(2003)在地方猪种方面也完成了亲缘关系分析。

### 1.4 野生近缘种的利用和保种

在野生种和近缘种的杂交方面,Wang *et al.* (2002)就野牦牛与家牦牛杂交的可育性以及杂交效果方面进行了报道;黄启昆和王玉嵩(1987)报道了独龙牛(*Bos frontalis*)是半野生半家养的独立牛种,其染色体数为 58 条(黄牛为 60 条、牦牛为 60 条、水牛为 48 条);马月辉和吴常信(2002)报道了

独龙牛优良肉用特性利用的可能性。袁磊等(1999)、Han *et al.* (2001)以及韩建林(2001)就存活于新疆的野生双峰驼与中国家养双峰驼是否为不同亚种系的研究和讨论,借 DNA 指纹技术得到了证明,提出野生种双峰驼是一个独立的物种,因此于2001年在内罗毕的国际家畜研究所(IRLI)2001年提出了保护野生双峰驼比保护大熊猫更紧迫的提议。涂正超和张亚平(1998)对藏羊遗传多样性进行了研究;Li *et al.* (2002)对绵羊、山羊与有关的野生种如岩羊进行了等血缘分析,就野山羊引血育种等进行了研究,不但丰富了家山羊的遗传多样性,而且取得了特殊的经济效益。Chen *et al.* (2000)在野猪和家猪的 RAPD 等基因对比和杂交利用上进行了报道,都反映出中国现代的家畜融合野生种基因进行育种和利用的特色。常洪等(1998)和 Chang (2001)指出地方品种的形成与家畜饲养文化有关,报道了中国的 22 个物种分化出来的家畜品种有 468 个,其中 418 个为地方品种,14 个为半家养化,5 个与野生种血缘相近,并提出了今后的利用方向。Notter & Wrigley(1994)以 FAO 动物生产和健康处高级官员的身份报道:中国于 1979~1984 年开展了全国家畜遗传资源调查,共公布 11 个物种 400 个地方品种,经同种异名归纳,为 194 个品种(如猪为 103 个品种,归为 48 个)。与此同时,中国畜牧生产每年以 10% 的速度提高,肉、蛋、奶的人均消费从 10 年前的 12.5 kg 增加到 42.8 kg,有的地方品种已经被引入品种和培育品种所取代(Jiang *et al.*, 2002)。冯维祺等(1997)报道,在 20 世纪 70 到 80 年代有 10 个地方品种绝灭;Ma *et al.* (2003)报道,80 年代后又有 37 个品种受严重威胁,为此中国农业科学院畜牧研究所针对全国各个畜禽品种提出了相应的保护和利用方案。

### 1.5 种质资源管理的加强

中国家养动物品种的保护受到国家主管部门的重视。“九五”期间,为了进一步了解全国的资源情况,又开展了边陲地区资源调查,充实了 1979 年以来的全国普查结果。农业部作为国家家养动物遗传资源行政部门,负责组织、协调全国家养动物资源的保护及利用工作,于 1996 年又成立“国家家畜遗传资源管理委员会”,下设的各畜种专业管理委员会,成为协助行政管理部门负责家畜遗传资源管理的专

门机构。全国畜牧兽医总站又于 2001 年成立了家畜品种资源处,负责协调、执行国家畜禽遗传资源保护和利用的有关行动。1996 年农业部建立了“畜禽与牧草种质资源保护和利用中心”和“地方禽种基因库”,承担遗传资源的活体保护、精子和胚胎的冷冻保存工作。中国农业科学院等科研、教学单位设有畜禽遗传资源研究机构,专门从事畜禽遗传资源的理论和技术研究以及畜禽遗传资源的收集、整理、保护和利用工作,并为政府制定有关畜禽遗传资源保护和利用政策提供咨询。为促进畜禽遗传资源的有效合理利用,中国还先后成立了奶牛、黄牛、牦牛、西门塔尔牛、水牛、马、湖羊、家禽、家猪、家兔、蜂等 20 多个育种委员会或育种协作组。此外,为了适应 WTO 成员国的地位,在全国畜牧兽医总站的参与下又成立了各种专业协会,强化了有关工作。

2000 年 8 月 22 日,农业部公告了国家级畜禽品种资源保护名录,共计 78 个品种。它们分别是:

1)猪(19 个):八眉猪、大花白猪(广东大花白猪)、黄淮海黑猪(马身猪、淮猪)、内江猪、乌金猪(大河猪)、五指山猪、太湖猪(二花脸猪、梅山猪)、民猪、两广小花猪(陆川猪)、里岔黑猪、金华猪、荣昌猪、香猪(含白香猪)、华中两头乌猪(通城猪)、清平猪、滇南小耳猪、槐猪、栏塘猪、藏猪;

2)鸡(11 个):九斤黄鸡、大骨鸡、中国斗鸡、白耳黄鸡、仙居鸡、北京油鸡、丝羽乌骨鸡、茶花鸡、狼山鸡、清远麻鸡、藏鸡;

3)鸭(8 个):北京鸭、攸县麻鸭、连城白鸭、建昌鸭、金定鸭、绍兴鸭、莆田黑鸭、高邮鸭;

4)鹅(6 个):四川白鹅、伊犁鹅、狮头鹅、皖西白鹅、雁鹅、豁眼鹅;

5)羊(14 个):辽宁绒山羊、内蒙古绒山羊(阿尔巴斯型、阿拉善型)、小尾寒羊、中卫山羊、长江三角洲白山羊(笔料毛型)、乌珠穆沁羊、同羊、西藏羊(草地型)、西藏山羊、济宁青山羊、贵德黑裘皮羊、湖羊、滩羊、雷州山羊;

6)牛(15 个):九龙牦牛、天祝白牦牛、独龙牛(大额牛)、中国水牛(山区水牛、富钟水牛、西林水牛)、延边牛、复州牛、南阳牛、秦川牛、晋南牛、渤海黑牛、鲁西牛、温岭高峰牛、蒙古牛、雷琼牛;

7)其他品种(5 个):中蜂、阿拉善双峰驼、关中驴、百色马、蒙古马。

## 2 家养动物遗传多样性研究的进展

### 2.1 经济和生态多样性

马月辉等(2000, 2002)对家养动物的多样性分析指出,首先是经济多样性,其次是生态特征多样性。如果生态特征多样性决定品种对生态环境的协调和适应关系的话,则经济多样性决定品种是否符合人类社会发展的需求,两者有着密切的关系。例如细毛羊在长江流域以南不能适应,20世纪70年代新疆细毛羊在庐山的繁育以不适应而告终;黑白花奶牛因不适应热带气候而产奶量低下,不如娟姗牛。因此,要超越气候带对繁育新品种的障碍,首先要人为提供相应的气候环境,方可克服生态障碍,为此在引入外种时必须考虑其生态特征。Jian *et al.* (2002)和Jiang *et al.* (2002)分别就家鸡和家猪内的亲缘间的遗传关系提出了新见解,为更有效地利用提供依据。所以经济性状以肉、蛋、奶、毛、绒、皮、茸等为主,相应的体型、体格、生长速度、生长能力、产品品质和毛色等为辅,但是生态特性是必须考虑的,这应成为现代畜牧业研究的重要内容。

### 2.2 中国家养动物对人类的贡献

中国作为一个文明古国,在家养动物上有着丰富的资源并与全人类共同分享着成果。早在两千年前罗马帝国就引进中国猪种。到19世纪初,美、英国家引入广东“番禺猪”,后又传到德、法等国,并参与育成大约克夏猪、巴克夏猪、波中猪等品种。中国的狼山鸡在19世纪70年代就被英国引入,以体型硕大、羽毛黑色、产蛋多、蛋大而名扬全球。该品种鸡参与当地鸡的杂交而育成著名的奥平顿、澳洲黑鸡等品种。还有古老的九斤黄鸡,也被认定为肉用型较好的品种,分别被异地保护在美、俄等国。中国的北京鸭、丝羽乌骨鸡、狮头鹅、梅山猪、枫泾猪、金华猪、关中驴、南阳牛、鲁西牛、同羊等30余个畜禽品种被输出到亚洲、欧洲、美洲及大洋洲的一些国家和地区。

英国借助引入的北京鸭培育出世界著名的樱桃谷鸭;中国太湖猪品种中的梅山猪、枫泾猪类型引入到法国、美国及英国等国,同当地猪杂交改良,加快了这些国家猪种繁殖性状的遗传进展,许多现代专门化的猪种都含有我国梅山猪、枫泾猪的基因。从古到今,我国家养动物品种的优异种质性状已成为各国的关注对象。但因我国缺少现代化培育的品

种,为了适应经济的发展,每年还得从国外引进专门化的高产品种。

据不完全统计,中国先后从俄罗斯、英国、法国、德国、比利时、荷兰、丹麦、美国、加拿大、澳大利亚、新西兰等国家引进了包括马、牛、羊、猪、禽等畜禽品种120余个。其中引进马品种18个,牛品种(包括肉牛、肉奶兼用或奶肉兼用)27个,水牛2个,绵羊25个,山羊(奶山羊、毛用山羊、肉用山羊)4个,猪11个,家禽(不包括配套系)品种39个(鸡30个、鸭5个、鹅1个、火鸡3个)。引入的家养动物不仅丰富了中国的家养动物遗传资源,对改良中国低产家养动物品种也起到了积极作用,有不少品种参与了新品种的培育。近几年来,每年引进的种畜禽价值超过2000万美元,对目前畜产品的供应起着重要作用。

根据历次品种资源调查及2001年“中国畜禽品种审定委员会”审核,中国畜禽遗传资源主要有猪、鸡、鸭、鹅、特禽、黄牛、水牛、牦牛、独龙牛、绵羊、山羊、马、驴、骆驼、兔、梅花鹿、马鹿、水貂、貉、蜂等20个物种,共计574个品种(见表1),其中地方品种为437个(占76.13%),培育品种62个(占10.80%),引进品种有75个(占13.06%)。由于中国地方经济发展水平相差悬殊,地理生态及畜牧生产系统多种多样,畜禽品种的利用情况各异(陈幼春,1995)。在城市郊区和农业相对发达地区,主要利用高产的引进品种(利用方式包括与地方品种进行杂交)和培育品种。在经济欠发达、偏远山区及特殊生态地区(如高海拔、高湿、高温地区),由于经济发展水平和品种生态适应性等因素,畜牧生产以地方畜禽品种为主(大约占76%)。

### 2.3 家养动物遗传资源的引进和效益

在肉、蛋、奶、毛、茸等生产中,猪肉约有60%、鸡肉有70%由引进品种提供,细羊毛及半细羊毛全部由引入品种和培育的品种提供,牛奶和羊奶全部由新培育的品种提供,鸡蛋的50%以上为引入的品种提供;牛肉的80%为本地种的贡献,羊肉的绝大部分为本地种生产,粗羊毛和茸等全部来自本地种的资源,其他如牦牛、水牛、鸭、鹅、马、驴等全部以本地种为主体,少数物种用引入品种进行杂交(中国畜牧业年鉴编辑委员会,2001),利用方式多种多样,十分值得立项研究。

表 1 中国家养动物遗传资源状况表

Table 1 Status of genetic resources of Chinese domestic animals

物种 Species	地方品种(个) Local breeds	培育品种(个) Developed breeds	引进品种(个) Introduced breeds	合计 Total	百分比 Percentage
猪 <i>Sus scrofa domestica</i>	75	16	6	97	16.90
鸡 <i>Gallus gallus</i>	81	10	5	96	16.72
鸭 <i>Anas domestica</i>	27	-	2	29	5.05
鹅 <i>Anser domestica</i>	27	-	-	27	4.70
特禽 Special poultry	-	-	12	12	2.09
黄牛 <i>Bos taurus</i>	59	5	12	76	13.24
水牛 <i>Bubalus bubalus</i>	24	-	2	26	4.53
牦牛 <i>Bos grunniens</i>	11	-	-	11	1.92
独龙牛 <i>Bos frontalis</i>	1	-	-	1	0.17
绵羊 <i>Ovis aries</i>	31	8	10	49	8.54
山羊 <i>Capra hircus</i>	42	3	3	48	8.36
马 <i>Equus caballus</i>	23	17	7	47	8.19
驴 <i>Equus asinus</i>	21	-	-	21	3.66
骆驼 <i>Camelus bactrianus</i>	4	-	-	4	0.70
兔 <i>Oryctolagus cuniculus</i>	4	-	9	13	2.26
梅花鹿 <i>Cervus nippon</i>	-	2	-	2	0.35
马鹿 <i>Cervus elaphus</i>	1	-	-	1	0.17
水貂 <i>Mustela vison</i>	-	1	-	1	0.17
貉 <i>Nyctereutes procyonoides</i>	2	-	-	2	0.3
蜂 <i>Apis cerana</i>	4	-	7	11	1.92
总计 Total	437	62	75	574	100.00
百分比 Percentage	76.13	10.80	13.06	100.00	

## 2.4 遗传多样性研究与应用效应

遗传多样性的研究在家养动物方面进行的有染色体多态性、蛋白质多态性和 DNA 多态性三大分支,这是近 10 年来广为报道的内容。其中染色体多态性用于种间的杂交分析(如沼泽型水牛与河流型水牛杂交,瘤牛与普通牛的杂交)以及亚种间的杂交(如牦牛与瘤牛和普通牛的杂交,马与驴的杂交)及其可育性等问题。蛋白质多态性和 DNA 分子多态性则用于探索与经济性状的遗传相关。

在标记基因的研究方面,Cao *et al.* (2000)发现 QTL 中 *DVGA-46* 等位基因 205 对肉牛双肌肉特征有作用,血球蛋白型 HbC 对牛的体格有作用。其中品种的聚类分析着重在品种起源、杂交优势预测和保种领域,在蛋白质多态性上有血液蛋白多态性,如白血球、同工酶、体液、组织细胞等。而分子水平的研究发展到利用 RFLP、RAPD、mtDNA、DNA 指纹图谱、基因定位等手段,并广泛应用于经济性状多样性的相关和连锁基因的探索,近两年又延伸到转基因动物(刘德武等,2002;陈幼春,2002)和克隆动物,如猪、山羊、牛类动物研究上。

## 3 家养动物遗传多样性研究存在的问题

### 3.1 对特殊生态地区家养动物的调研薄弱

我国幅员辽阔、气候生态类型多样,这样的条件孕育了丰富的家养动物种质资源。如青藏高原是世界上面积最大、海拔最高的高原,具有地形复杂多样、水热资源不同、土壤和植被差别明显等特点,孕育了丰富的高原动植物资源;云贵高原的气候类型复杂,具有热带、亚热带、高山温带等类型,是天然的动植物基因库;我国东南部的武夷山区,面积广大、地形地貌复杂,有众多的家养动物种质资源。但由于上述地区特殊的生态地理、交通条件的制约,家养动物种质资源调查、收集的难度大,迄今未能进行全面、彻底的调查和收集。

### 3.2 家养动物遗传资源研究工作缺乏系统性

家养动物遗传资源研究缺乏整体规划,行业、部门多头管理,条块分割,导致家养动物遗传资源收集、评价、鉴定、保护等工作分散、零乱、工作连续性差、创新性科技成果少,这种状况已严重影响了家养动物资源的研究和利用。

### 3.3 家养动物遗传资源受威胁日益严重

由于外来种的引进,已严重威胁我国地方家养动物遗传资源。20世纪80年代初调查表明,10个地方品种消失,8个濒临灭绝,20个数量正在减少(冯维祺等,1997)。1999年补充调查结果再次表明,又有7个地方遗传资源灭绝,严重濒危的遗传资源已达37个,同时93%的猪、44%的马驴、35%的牛、20%的家禽、15%的绵山羊种质资源受到不同程度的威胁,这种趋势随着近年畜牧业大量引种和集约化程度的提高而进一步加剧(马月辉等,2002)。

### 3.4 家养动物遗传资源研究开发滞后

我国对家养动物遗传资源没有形成一个整体的、系统的研究和利用格局,大量分散的研究项目使得基因资源研究不能达到较高的理论水平与应用规模,主要表现在家养动物新基因的鉴定和克隆工作难以满足我国生物技术研究及产业发展的迫切需求。

## 4 今后研究趋势

遗传多样性在家养动物的研究上已成热门,涉及品种内新的基因的发现和筛选、重要经济性状的鉴定、新品种的培育、杂交优势利用、近交系的检测和繁育保种理论的探索和实践,克隆动物的研究等。

由于中国地域辽阔,各地农业经济发达程度不一,未发现的品种不仅在青藏高原存在,在其他地区也可能存在。随着家养动物多样性研究工作的不断深入,家养动物多样性的本质必将逐步被揭示出来。

## 参考文献

- Cao H. H., Zhang Y., Wang Y. C., Chen Y. C. and Ferretti L. 2000. Hpa-RFLP at growth hormone gene in Nanyang and Piemontese cattle. *Animal Biotechnology Bulletin*, **6** (1): 96 - 101.
- Chang H(常洪), Liu X-L(刘小林) and Geng S-M(耿社民). 1998. *Studies on Animal Genetic Resources in China*(中国家畜遗传资源研究). Shaanxi People's Education Press, Xi'an. (in Chinese)
- Chang H. 2001. The animal husbandry culture and animal genetic resources in China. *Report of the Society for Researches on Native Livestock*, **19**: 1 - 21. (in Japanese)
- Chen H., Leibenguth F., Lei X. Q. and Li L. 2000. A comparative study of RAPD and RAMP markers in wild boar and domestic pig. *Animal Biotechnology Bulletin*, **7**(1): 80 - 86.
- Chen H(陈宏) and Qiu H(邱怀). 1993. Study on chromosome of Qinchuan cattle. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science*(畜牧兽医学报), **24**(1): 17 - 22. (in Chinese)
- Chen Y-C(陈幼春), Wang Y-Y(王毓英), Cao H-H(曹红鹤) and Zhang Y(张跃). 1990. The classification of Chinese yellow cattle. In: *Characteristics of Chinese Yellow Cattle Ecospecies and Their Course of Utilization*(中国黄牛生态种特征及其利用方向). Agricultural Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Chen Y-C(陈幼春). 1995. The significance of conservation of domestic animal diversity in China. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), **3**(3): 143 - 146. (in Chinese)
- Chen Y-C(陈幼春) and Cao H-H(曹红鹤). 2001. Diversity of Chinese yellow cattle breeds and their conservation. *Biodiversity Science*(生物多样性), **9**(3): 275 - 283. (in Chinese)
- Chen Y-C(陈幼春) and Chu M-X(储明星). 1997. English-Chinese names of Chinese animal breeds in "Country Research Report on Biodiversity in China". *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science*(畜牧兽医学报), (4): 377 - 384. (in Chinese)
- Chen Y-C(陈幼春), Ma Y-H(马月辉) and Feng W-Q(冯维琪). 1998. *Domestic Animals in China's Biodiversity: Account Study*. China Environmental Science Press. Beijing, 160 - 165. (in Chinese)
- Chen Y-C(陈幼春). 2002. Cloned cattle born at Zhongda Embryo Engineering Center, Shandong Province. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science*(畜牧兽医学报), **33**(5): 423. (in Chinese)
- Editorial Commission of Chinese Animal Husbandry Yearbook (中国畜牧业年鉴编辑委员会), 2001, *Chinese Animal Husbandry Yearbook*(中国畜牧业年鉴). Agricultural Publishing House, Beijing.
- Feng S-T(冯书堂) and Chen Y-C(陈幼春). 1998. Studies on breeding and genetic diversity of Wuzhishan pig. *Chinese Biodiversity*(生物多样性), **6**(3): 172 - 179. (in Chinese)
- Feng W-Q(冯维琪), Ma Y-H(马月辉) and Chen Y-C(陈幼春). 1997. General views on status of domestic animal genetics resources in China. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science*(畜牧兽医学报), **28**(4): 300 - 303. (in Chinese)
- Guo M-R(郭沫若). 1952. Research on shell-bone script. People Publishing House, Beijing. (in Chinese)
- Guo J-X(郭经恂). 1996. Cattle. In: *Animal Husbandry, Chinese Agriculture Encyclopedia*(中国农业百科全书 畜牧卷), 433 - 437 (in Chinese)

- Han J. L. and Oliver H. 2001. New species of camel discovered in China. *ILRI Newsletter*, No. 1. Livestock Research Institute, Nairobi, Kenya.
- Hou W-T(侯文通) and Wang Y-J(王永军). 2002. Studies on genetic resources of horse and donkey in China. In: *Proceedings of the 1st Academic Symposium of Chinese Horse Industry*. Northwest Science and Technology University of Agriculture and Forestry Publishing House. (in Chinese)
- Huang Q-K(黄启昆), Wang Y-S(王玉嵩). 1987. Breeds of Domestic and Poultry in Yunnan (云南省家畜家禽品种志). Yunnan Science and Technology Press (in Chinese)
- Jian C. S., Zhang Y. L. and Zhu W. S. 2002. Studies on the plasma protein-ensigme polymorphism and genetic relationship in some native chicken breeds. *Animal Biotechnology Bulletin*, **8**(1): 305 - 312. (in Chinese)
- Jiang T., Xu N. Y. and Zhang S. Q. 2002. Studies on genetic diversity of Jinhua pig. *Animal Biotechnology Bulletin*, **8**(1): 222 - 223.
- Li X. L., Gong Y. F. and Liu Z. Z. 2002. Study on random amplified polymorphic DNA of sheep and goat. *Animal Biotechnology Bulletin*, **8**(1): 228 - 232.
- Liu D-W(刘德武), Yang G-F(杨关福) and Li J-Q(李加淇). 2002. Analysing genetic construction of six pig breeds using RAPD markers. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science(畜牧兽医学报)*, **29**(1): 18 - 22. (in Chinese)
- Ma K-P(马克平). 1993. On the concept of biodiversity. *Chinese Biodiversity(生物多样性)*, **1**(1): 20 - 22 (in Chinese)
- Ma Y-H(马月辉), Chen Y-C(陈幼春) and Feng W-Q(冯维祺). 2000. General situation of animal diversity in China. *Chinese Journal of Animal Veterinary Sciences(畜牧兽医学报)*, **31**(5): 394 - 399. (in Chinese)
- Ma Y-H(马月辉), Chen Y-C(陈幼春), Feng W-Q(冯维祺) and Wang D-Y(王端云). 2002. Germplasm of Chinese domestic animal and their conservation. *Review of China Agriculture Science and Technology(中国农业导报)*, **4**(3): 37 - 42. (in Chinese)
- Ma Y-H, Xu G-F, Wang D-Y and Liu H-L. 2003. Study on dynamic information of animal genetic resources in China. *Agricultural Sciences in China*, **2**(1): 80 - 84.
- Ma Y-H(马月辉), Wu C-X(吴常信). 2002. Study on conservation of Mithun with population viability analysis. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences(畜牧兽医学报)*, **33**(2): 127 - 131. (in Chinese)
- Mason I. L. 1996. *A World Dictionary of Livestock Breeds, Types and Varieties*. CAB International Oxon, UK.
- Nie L., Yu Y., Zhang X. Q., YNG G. F., Wen J. K. and Zhang Y. P. 1999. Genetic diversity of cattle in South China as revealed by blood protein electrophoresis. *Biochemical Genetics*, **37**: 257 - 265.
- Notter D. and Wrigley J. 1994. *Domestic Animal Diversity in China*. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Tu Z-C(涂正超) and Zhang Y-P(张亚平). 1997. Genetic diversity of native Chinese cattle. *Chinese Biodiversity(生物多样性)*, **5**(2): 90 - 95. (in Chinese)
- Tu Z-C(涂正超) and Zhang Y-P(张亚平). 1998. Mitochondrial DNA polymorphism in Zang sheep based on restriction endonuclear cleavage patterns. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Sciences(畜牧兽医学报)*, **2**: 132 - 135. (in Chinese)
- Wang M. T., Weigend S. and Li P. L. 2002. Comparison on microsatellite diversity between wild yak and domestic yak. *Animal Biotechnology Bulletin*, **8**(1): 250 - 253.
- Wei X-H(韦习会), Wang L-Y(王林云) and Feng S-T(冯书堂). 1996. Preliminary serological study on swine lymphocyte antigen(SLA) of the Wuzhishan pig. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science(畜牧兽医学报)*, **27**(3): 199 - 206. (in Chinese)
- Yuan L(袁磊), Zhang L(张莉), Zhao Z-G(赵志刚) and Li H-X(李红旭). 1999. Difference of habitat environment and assessment in wild *Bacterium* camel distribution. *Chinese Journal of Animal and Veterinary Science(畜牧兽医学报)*, **30**(1): 24 - 30. (in Chinese)
- Zhang G-X(张桂香), Wang Z-G(王志刚), Sun F-Z(孙飞舟), Chen Wei-Sheng(陈伟生). 2003. Genetics diversity of microsatellite loci in fifty six Chinese native pig breeds. *Acta Genetica Sinica(遗传学报)*, **30**(3): 225 - 233. (in Chinese)
- Zhang Y-N(张亚妮), Geng S-M(耿社民) and Wang X(王昕). 2002. Study on genetic diversity of Chenghua pig using 5 microsatellite loci. *Animal Biotechnology Bulletin*, **8**(1): 198 - 202.
- Zheng P-L(郑丕留). 1986. *Breeds of Domestic Animal and Poultry in China*. Shanghai Science and Technology Press, Shanghai. (in Chinese)
- Zhong J. C. and Chen Z. H. 2000. A study on classification of the Chinese yak group. *Animal Biotechnology Bulletin*, **7**(1): 272 - 276.
- Zhong J. C., Chen Z. H. and Zhong G. H. 2002. Studies on chromosome and blood protein yak. *Animal Biotechnology Bulletin*, **8**(1): 284 - 287.