

研究简报

边际多样性方法及其在绵羊品种保护中的应用

马月辉*

(中国农业科学院畜牧研究所, 北京 100094)

摘要: 本文介绍了边际多样性方法, 并利用微卫星 DNA 遗传距离、灭绝概率等结果分析了中国北方 11 个绵羊品种的品种贡献率、边际多样性及保护潜力。结果表明, 苏尼特羊(Sunite sheep)的边际多样性最高(-0.2008), 其次为滩羊(Tan sheep)(-0.1932)、兰州大尾羊(Lanzhou large tailed sheep)(-0.1843); 岷县黑裘皮羊(Minxian black fur sheep)最低(-0.1268)。保护潜力最大的品种为兰州大尾羊(0.1419), 其次为同羊(Tong sheep)(0.1017), 最小的为小尾寒羊(Small tailed Han sheep)(0.0365)。根据边际多样性方法, 作者认为确定需要保护的品种应该依据最大保护潜力而不是品种的濒危程度。11 个绵羊品种的保护顺序依次是兰州大尾羊、同羊、汉中羊(Hanzhong sheep)、甘家羊(Ganjia sheep)、欧拉羊(Oula sheep)、岷县黑裘皮羊、乔科羊(Qiaoke sheep)、苏尼特羊、乌珠穆沁羊(Ujumqin sheep)和小尾寒羊。

关键词: 畜禽遗传资源, 边际多样性, 保种决策

Marginal diversity and its application to Chinese sheep breeds conservation

Yuehui Ma*

Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing 100094

Abstract: This paper introduced an approach of marginal diversity, and evaluated the contribution, marginal diversity and conservation potency of each of the 11 sheep breeds from northern China based on genetic distance and extinction probability. The results showed that the marginal diversity of Sunite sheep was the highest (-0.2008), Tan sheep (-0.1932) and Lanzhou large tailed sheep (-0.1843) the next, and Minxian black fur sheep the lowest (-0.1268). The conservation potency of Lanzhou large tailed sheep was the highest (0.1419), the second was Tong sheep (0.1017), and small tailed Han sheep was the lowest (0.0365). Our result suggested that the optimum conservation strategy is to give priority to those breeds with the highest conservation potency, rather than to the most endangered breeds; thus, Lanzhou large tailed sheep and Tong sheep should be given conservation priority.

Key words: animal genetic resources, marginal diversity, conservation strategy

畜禽种质资源是畜牧业可持续发展的基础和保障, 是“生物经济”时代基因工程与产业化不可替代的宝贵原材料。我国畜禽种质资源丰富, 20 世纪 70 年代末至 80 年代初我国进行的较为系统和全面的畜禽品种资源普查表明, 我国有品种、类群 574 个。由于大量高产外来品种的引进和大规模推广, 我国畜禽遗传资源特别是地方畜禽遗传资源受到了一定程度的威胁。我国畜禽品种资源普查结果证实, 已有 10 个地方品种消失, 8 个濒临灭绝, 20 个数量正在减少。而 Ma 等(2002)调查结果表明, 又有 7 个

地方畜禽品种资源灭绝, 严重濒危的畜禽品种已达 37 个; 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, 这种趋势随着近年来畜牧业大量引种和集约化程度的提高而进一步加剧。

我国畜禽种质资源的状况已引起了国家有关管理部门和行业专家的高度重视, 近 20 年来先后开展了畜禽品种资源的活体保护、精子和胚胎的冷冻保存。现有畜禽品种保护计划的制定主要是根据品种的经济价值及群体数量来确定, 而这些方法带有一

定程度的主观性,造成某些重要和濒危遗传资源得不到有效保护。

确定保护对象的优先等级以实现有限资金资源的最佳配置是保护工作的前提 (Marti *et al.*, 2003)。Weitzman (1992, 1993) 提出了用遗传和非遗传信息计算最大似然树、物种的现实多样性及评估一定时期期望多样性变化的方法来确定优先等级,即边际多样性方法。这个方法可以评估当一个或几个物种濒危程度下降时其多样性的变化。边际多样性作为度量优先保种的一个尺度,增加了已被保护的一些品种的整体多样性。Weitzman 的方法提供了一个定义明确的多样性度量,实现了不同保护行动结果的数量评估,以帮助制定保护决策。自从 Thacon d'Arnoldi 等 (1998) 首次在家畜研究中应用以后,该方法已在欧洲猪 (*Sus scrofa*) 品种 (Laval *et al.*, 2000) 和欧洲牛 (*Bos Taurus*) 品种 (Canon *et al.*, 2001) 研究中得到了应用。

本文利用边际多样性方法,在 DNA 微卫星遗传多样性评价的基础上,对我国北方部分绵羊品种进行了边际多样性分析,以确定品种保护的优先等级。

1 材料与方法

1.1 品种及遗传距离测定

本文研究对象为我国北方 11 个地方绵羊品种 (Ma *et al.*, 2005), 所选样本分布地如表 1 所示。

在杨燕等 (2004) 和 Ma 等 (2005) 30 个微卫星测定数据的基础上,利用标准距离法计算遗传距离。25 个微卫星 DOA 引物为 BM4311、BM6444、BM315、BMS1004、AGLA269、BMS1248、BM6404、BMS574、

BMS1714、BMS1724、BMS875、MB066、MB067、MB009、BM3413、BM3501、BMS1341、BMS1678、BMS710、BM1227、BM1225、ILSTS021、BM203、MB023、BM3033、BMC1206、BM6526、MAF70、BL6、URB037。

1.2 品种的灭绝概率

为分析品种未来多样性发展趋势,需计算每个品种在未来一定时期的灭绝概率参数。选择品种的分布区域、有效群体大小、群体数量变化趋势、经济重要性、独特性等 5 个指标为参数 (x_i), 按不同指标权重 (w_i) 估算品种未来 100 年的灭绝概率 (马月辉等, 2001)。灭绝概率 (z_i) 估计公式为:

$$z_i = \frac{\sum_{i=1}^n w_i x_i}{\sum_{i=1}^n \max w_i x_i} \quad (1)$$

其中 w_i 是评价指标的权重, $w_1 = 0.14$, $w_2 = 0.35$, $w_3 = 0.18$, $w_4 = 0.20$, $w_5 = 0.13$; x_i 是第 i 个指标评价得分值。

1.3 边际多样性方法

对于有 N 个品种的群体 S , 品种 $i, j \in S$ 的距离表示为 d_{ij} , 多样性 $D(S)$ 可以用 Weitzman (1992) 的递推运算法则根据 $N \times N$ 距离阵进行计算。令 Z 是包含 N 个品种灭绝概率的 N 维向量, z_i 是品种 i 在给定时间 t (如 $t = 50$ 年) 的灭绝概率。这样, 一个品种 50 年后仍存在的概率为 $1 - z_i$, 灭绝的概率为 z_i 。

令 K 是包含指示变量 $k_i (i = 1, 2, \dots, N)$ 的 N 维向量, 这里, 如果品种 i 仍存在, $k_i = 1$; 如果品种 i 灭绝, $k_i = 0$ 。因此, K 反映一个亚群所有品种仍存在而其互补亚群内品种灭绝的情况。

一个亚群所有品种仍存在的概率为:

表 1 所选中国北方 11 个绵羊品种的样本分布地
Table 1 Source of the 11 sheep breeds sampled from northern China

品种 Sheep breeds	取样地点 Locality of the sampling
苏尼特羊 Sunite sheep (SU)	内蒙古苏尼特右旗改良站牧场 Sunite Pasture, Inner Mongolia
乌珠穆沁羊 Ujumqin sheep (WU)	内蒙古东乌珠穆沁旗改良站牧场 Ujumpin Pasture, Inner Mongolia
滩羊 Tan sheep (TA)	宁夏盐池牧场 Yanchi Pasture, Ningxia
小尾寒羊 Small tailed Han sheep (XH)	北京顺义 Shunyi, Beijing
汉中羊 Hanzhong sheep (HZ)	陕西省汉中 Hanzhong, Shaanxi
同羊 Tong sheep (TY)	陕西省白水 Baishui, Shaanxi
兰州大尾羊 Lanzhou large tailed sheep (LD)	甘肃省兰州市 Lanzhou, Gansu
岷县黑裘皮羊 Minxian black fur sheep (MQ)	甘肃省岷县清水乡 Minxian, Gansu
欧拉羊 Oula sheep (OL)	甘肃省玛曲县 Maqu, Gansu
甘家羊 Ganjia sheep (GJ)	甘肃省夏河县 Xiahe, Gansu
乔科羊 Qiaoke sheep (QK)	甘肃省玛曲县 Maqu, Gansu

$$P(K) = \prod_i (k_i + (-1)^{k_i} z_i) \quad (2)$$

从上式得出, 2^N 个不同存在和灭绝组合是可能的, 相应的概率可以通过计算得到。

令 D_K 为品种不灭绝亚群的多样性。例如, 在向量 K 中 $k_i = 1$, 那么在假定时间段末的期望多样性为:

$$E(D) = \sum_K P(K) D_K \quad (3)$$

期望多样性的方差为:

$$\text{Var}(D) = \sum_K P(K) D_K^2 - [\sum_K P(K) D_K]^2$$

一个品种的边际多样性描述为: 品种灭绝概率每增加一个单位, 期望多样性的变化数量。品种 i 的边际多样性是:

$$D_i' = \frac{\partial E(D)}{\partial z_i} \quad (4)$$

Weitzman(1993) 建议用“保护潜力”作为最有用的物种警示指示器。如品种 i 的保护潜力是:

$$CP_i = z_i \times D_i' \quad (5)$$

保护潜力反映当受威胁品种 i 变为完全安全时, 期望多样性可能的增加。

2 结果与分析

2.1 遗传距离

根据 Ma 等(2005) 的研究结果, 运用 GDA 软件, 由 30 个微卫星位点计算出 Nei's 标准遗传距离。通过遗传距离矩阵可以看出(表 2), 甘肃夏河县的甘家羊(GJ)和岷县的黑裘皮羊(MQ) ($D_s = 0.1040$) 关系最近; 其次是内蒙古的苏尼特羊(SU)

和乌珠穆沁羊(WU) ($D_s = 0.1188$)。

通过 UPGMA 聚类(图 1)可以看出: (1) 苏尼特羊和乌珠穆沁羊首先聚为一类, 滩羊(TA)和小尾寒羊(XH)聚为一类, 然后这 4 个品种作为一个分支; (2) 甘肃的甘家羊和黑裘皮羊先聚为一类, 再和乔科羊(QK)、兰州大尾羊(LD)聚在一起; 陕西的汉中羊(HZ)和同羊(TY)聚为一类, 然后和欧拉羊(OL)聚在一起。

2.2 灭绝概率

11 个绵羊品种 100 年后的平均灭绝概率是 0.55(表 3), 其中兰州大尾羊、同羊、汉中绵羊的灭绝概率最高, 分别达到 0.77、0.72、0.64; 乌珠穆沁羊、苏尼特羊、小尾寒羊的灭绝概率最低, 分别为 0.36、0.28、0.20。

2.3 现实多样性和未来期望多样性

通过计算得出 11 个品种的现实多样性为 1.606, 未来 100 年后群体的期望多样性为 0.719 ± 0.247 ; 由于各个品种存在一定程度的灭绝危险, 100 年后多样性将减少 0.887, 即减少 55.23%。

2.4 每个品种的贡献率和边际多样性

品种的贡献率是每个品种对总体多样性贡献的百分比, 11 个品种的贡献率和边际多样性如表 3 和图 1 所示。苏尼特羊的贡献最大(0.211), 贡献率达 13.12%; 兰州大尾羊的贡献次之(0.169), 贡献率为 10.52%; 岷县黑裘皮羊的贡献最小(0.106), 贡献率仅 6.63%。苏尼特羊的边际多样性最大(-0.2008), 占期望多样性的 27.93%; 滩羊次之

表 2 中国北方 11 个绵羊品种的 Nei's 标准遗传距离

Table 2 Nei's standard genetic distance of 11 sheep breeds from northern China

	SU	WU	TA	XH	LD	OL	GJ	QK	MQ	HZ	TY
苏尼特羊(SU)	0										
乌珠穆沁羊(WU)	0.1188	0									
滩羊(TA)	0.2441	0.1971	0								
小尾寒羊(XH)	0.2119	0.1647	0.1490	0							
兰州大尾羊(LD)	0.3087	0.2639	0.2572	0.2683	0						
欧拉羊(OL)	0.2428	0.2337	0.2655	0.2496	0.1521	0					
甘家羊(GJ)	0.2631	0.2239	0.2547	0.2559	0.1227	0.1648	0				
乔科羊(QK)	0.2343	0.1856	0.2266	0.2059	0.1325	0.1437	0.1298	0			
岷县黑裘皮羊(MQ)	0.2378	0.2157	0.2528	0.2463	0.1493	0.1356	0.1040	0.1251	0		
汉中羊(HZ)	0.2617	0.2318	0.2393	0.2375	0.1601	0.1365	0.1653	0.1439	0.1366	0	
同羊(TY)	0.2515	0.2221	0.2502	0.2299	0.1619	0.1412	0.1566	0.1319	0.1277	0.1207	0

SU, Sunite sheep; WU, Ujumqin sheep; TA, Tan sheep; XH, Small tailed Han sheep; HZ, Hanzhong sheep; TY, Tong sheep; LD, Lanzhou large tailed sheep; MQ, Minxian black fur sheep; OL, Oula sheep; GJ, Ganjia sheep; QK, Qiaoke sheep

表 3 中国北方 11 个绵羊品种的边际多样性

Table 3 Marginal diversity of 11 sheep breeds from northern China

	灭绝概率 Extinction probability	品种的贡献率(%) Contribution rate of a breed(%)	边际多样性 Marginal diversity	保护潜力 Conservation potency
苏尼特羊 Sunite sheep(SU)	0.28	13.12	-0.2008	0.0562
乌珠穆沁羊 Ujumqin sheep(WU)	0.36	7.39	-0.1377	0.0496
滩羊 Tan sheep(TA)	0.54	11.28	-0.1932	0.1043
小尾寒羊 Small tailed Han sheep(XH)	0.20	9.28	-0.1823	0.0365
兰州大尾羊 Lanzhou large tailed sheep(LD)	0.77	10.52	-0.1843	0.1419
乔科羊 Qiaoke sheep(QK)	0.50	7.97	-0.1373	0.0687
甘家羊 Ganjia sheep(GJ)	0.56	6.48	-0.1483	0.0830
岷县黑裘皮羊 Minxian black fur sheep(MQ)	0.58	6.63	-0.1268	0.0735
欧拉羊 Oula sheep(OL)	0.51	8.62	-0.1559	0.0795
汉中羊 Hanzhong sheep(HZ)	0.64	7.52	-0.1483	0.0949
同羊 Tong sheep(TY)	0.72	7.69	-0.1412	0.1017

□ 保护潜力 Conservation potency ■ 边际多样性 Marginal diversity ▨ 品种贡献 Contribution

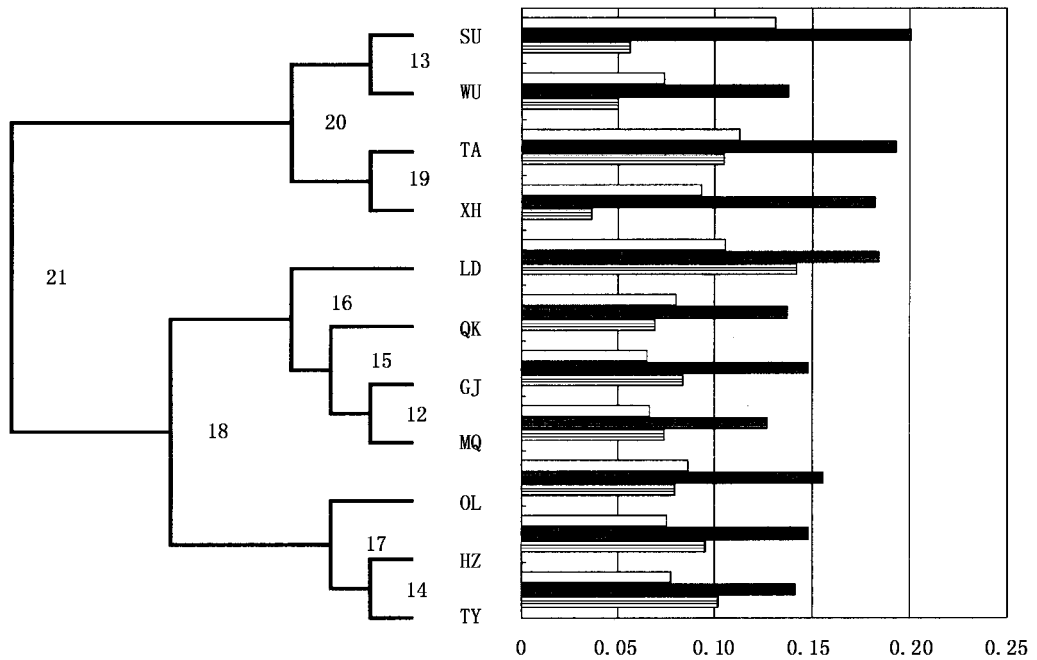


图 1 品种聚类树、边际多样性、品种贡献及保护潜力

Fig. 1 Maximum-likelihood tree, marginal diversity, and contribution of each breed to the actual diversity and conservation potency
品种代号同表 3 Abbreviations as in Table 3

(-0.1932), 占期望多样性的 26.87%; 岷县黑裘皮羊的边际多样性最小(-0.1268), 占期望多样性的 17.64%。兰州大尾羊的保护潜力最大(0.1419), 同羊和汉中绵羊次之(分别为 0.1017 和 0.0949)。

3 讨论

品种的灭绝概率采用了品种的分布区域、有效群体大小、群体数量变化趋势、经济重要性、独特性

等 5 个指标以不同的权重进行度量,这些指标仅反映品种本身的变化情况。实际上,还有许多因素影响品种的灭绝趋势,如是否建立了保种计划、国家政治稳定性、战争、不可抗拒自然灾害、信息来源的可靠程度等。衡量品种的灭绝概率需考虑影响品种变化的所有因素,以保证计算结果的准确可靠。由于我国政治、经济稳定,本文的灭绝概率估计未考虑这些因素。

11 个品种的现实多样性为 1.606,期望多样性仅是现实多样性的 44.7%,这是因为所研究绵羊品种的平均灭绝概率为 0.55,如兰州大尾寒羊、同羊的灭绝概率分别达到了 0.77、0.72,严重减少了品种的总体多样性。

以往我们确定保护对象时,主要考虑品种的群体数量、群体变化趋势、杂交程度、经济重要性等指标,即本文中根据上述指标估计的灭绝概率。这种决策只考虑了保护单个品种的情况,并未考虑所保护品种对该畜种整体遗传多样性的影响。如果某畜种内品种数较少,该保种决策方法不失为客观的方法;但如果一个畜种有多个品种,在保种经费有限的情况下依据灭绝概率确定保种对象,可能不利于畜种总体遗传多样性的保护,甚至导致一些错误决策。

Barker(1994)提出应该对畜种贡献大的品种给予更高层次的保护。本研究中苏尼特羊的贡献率最大(13.12%),滩羊次之(11.28%),其他依次为兰州大尾羊、小尾寒羊、欧拉羊、乔科羊、同羊、汉中羊、乌珠穆沁羊、岷县黑裘皮羊、甘家羊。但遗传贡献率不是保种决策的唯一依据,因为品种的遗传贡献率没有考虑灭绝概率。边际多样性是遗传贡献率和灭绝概率的综合度量,可以更好地反映品种的重要性。Weitzman(1992)建议把边际多样性作为保种决策的一个尺度。以品种的边际多样性和灭绝概率为基础估测的保护潜力,同时考虑了遗传贡献率、期望多样性、灭绝概率信息,可以更好地确定保种决策。保护潜力的实质是选择保护潜力大的品种进行保护,对品种的整体遗传多样性保护最为有效。

本研究选择的 11 个绵羊品种中,最应优先保护的品种是兰州大尾羊和同羊,其他需要保护的顺序为汉中羊、甘家羊、欧拉羊、岷县黑裘皮羊、乔科羊、苏尼特羊、乌珠穆沁羊、小尾寒羊。因此对于那些对整体多样性具有最高贡献率的品种和最受威胁的基因,该方法能对有限的资源进行最合理的配置。本

文仅提供一个应用边际多样性方法进行保种决策的模式,该决策的准确性和可靠性依赖于遗传距离测定和灭绝概率估计的准确性。如将保种成本函数考虑进来,可预期得到在一定保种投入条件下采取何种保种策略最有效。

致谢:感谢吕慎金、侯冠彧参与遗传距离分析工作,感谢 Dr. H. Simianer 和 Dr. J. L. Han 提供相关资料。

参考文献

- Barker JSF (1994) Animal breeding and conservation genetics. In: *Conservation Genetics* (eds Loeschcke V, Tomonk J, Jain SK), pp. 381 – 395. Birkhauser Verlag, Basel.
- Canon J, Alexandrino P, Bessa I (2001) Genetic diversity measures of local European beef cattle breeds for conservation purposes. *Genetics Selection Evolution*, **33**, 311 – 332.
- Laval G, Lannuccelli N, Legault C (2000) Genetic diversity of eleven European pig breeds. *Genetics Selection Evolution*, **32**, 187 – 203.
- Reist-Marti SB, Simianer H, Gibson J, Hanotte O, Rege JEO (2003) Weitzman's approach and conservation of breed diversity: an application to African cattle breeds. *Conservation Biology*, **17**, 1299 – 1311.
- Ma YH, Rao SQ, Lu SJ, Hou GY, Guan WJ (2005) Phylogeography and origin of sheep breeds in northern China. *Conservation Genetics*, (in press)
- Ma YH (马月辉), Wu CX (吴常信) (2001) Evaluation of threatening degree of the animal genetic resources in China. *Ecology of Domestic Animal* (家畜生态), **22**(2), 8 – 13. (in Chinese with English abstract)
- Ma YH (马月辉), Xu GF (徐桂芳), Wang DY (王端云), Liu HL (刘海良) (2002) Study on dynamic information of animal genetic resources in China. *Scientia Agricultura Sinica* (中国农业科学), **35**, 552 – 555. (in Chinese with English abstract)
- Yang Y (杨燕), Ma YH (马月辉), Lu SJ (吕慎金), Zhang YH (张英汉) (2004) Genetic diversity in seven Chinese indigenous sheep breeds based on microsatellite analysis. *Biodiversity Science* (生物多样性), **12**, 586 – 593. (in Chinese with English abstract)
- Thaon d'Arnoldi C, Foulley JL, Ollivier L (1998) An overview of the Weitzman approach to diversity. *Genetics Selection Evolution*, **30**, 149 – 161.
- Weitzman ML (1992) On diversity. *Quarterly Journal of Economics*, CVII, 363 – 405.
- Weitzman ML (1993) What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics*, CVIII, 157 – 183.