

边际多样性方法在中国猪种保护资金分配中的应用

赵倩君 马月辉*

(中国农业科学院北京畜牧兽医研究所, 北京 100094)

摘要: 农业动物种质资源面临着严重危机, 有必要构建一个科学、有效的保护方案, 合理分配有限的资金, 以期保护最大的多样性。本文应用边际多样性方法, 以中国18个地方猪种为例, 通过对灭绝概率、现实多样性、边际多样性和保护潜力的分析, 应用3种模型分析了未来群体期望多样性变化趋势, 并提出了相应的资金优化配置方案。在文中所涉及的模型中, 加性模型(Model A)被评定为资金优化配置的最佳模型; 共有10个品种获得保护资金, 其中杭猪获得最高比例(16%)的保护资金; 其次为赣中南花猪(万安猪)、岷县花猪, 各获得14%; 阳新猪、乐平猪各获得11%; 五指山猪、玉山乌猪、赣中南花猪(冠朝猪)、清平猪、武夷黑猪和嘉兴黑猪分别获得10%、9%、9%、2%、2%和2%的保护资金。结果表明, 分配保护资金需综合考虑群体的受威胁程度、群体遗传多样性和经济重要性等。

关键词: 边际多样性, 优化分配, 保护资金, 中国猪品种

Optimal allocation of funds for conservation of Chinese pig breeds using marginal diversity estimates

Qianjun Zhao, Yuehui Ma*

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

Abstract: Farm animal genetic resources have been threatened over the past decades, therefore a scientific and efficient framework is critical to allocate limited funds to conserve maximal genetic diversity of farm animals. In this study, the marginal diversity method was exploited to set priorities for conservation of 18 Chinese pig breeds. Based on the analysis of their extinction probability, contribution rate, marginal diversity, and conservation potency, we evaluated the effectiveness of three models to gain the maximal expected diversity and optimal fund allocation. The additive model (model A) proved to be optimum for allocation of all the funds to 10 of the 18 Chinese pig breeds. The largest share of funds (16%) was allocated to the Hang pig, followed by the Ganzhongnan spotted pig/Wanan pig and Shengxian pig (which earned 14% each), the Yangxin pig and Leping pig (11% each), the Wuzhishan pig (10%), the Yushan black pig and Ganzhongnan spotted pig/Guanchao pig (9% each), and the Qingping pig, Wuyi pig and Jiaying pig (2% each). The results indicate that the degree of endangerment, genetic diversity, economic importance and contribution of breeds to the species diversity should be taken into account when allocating conservation funds.

Key words: marginal diversity, optimal allocation, conservation funds, Chinese pig breeds

农业动物资源是生物资源的重要组成部分。然而随着人口增长、生态环境的恶化、外来品种的引入和生物技术的应用等, 农业动物资源的种类和数

量等在不同程度上面临着严重危机。在目前全球所拥有的6,400多种农业动物中, 已经有30%处于濒危状态, 并且在以每年1-2%的速度消失(Scherf,

收稿日期: 2006-08-03; 接受日期: 2006-11-03

基金项目: 自然科学基金(NO.30371026)和国家科技基础条件平台建设项目(2005DKA21101)

* 通讯作者 Author for correspondence. E-mail: yuehui.ma@263.net

2000)。我国农业动物资源所面临的形势同样严峻: 一部分农业动物品种数量急剧下降, 个别品种已经濒危甚至灭绝(齐景发, 2004)。

从我国现有的技术、经济条件来看, 暂时还无法将所有的品种纳入保护方案。因此, 利用分子生物学、形态学、生产性状和地理学数据构建一个科学、系统、合理的品种资源保护方案, 及时确定优先品种的保护次序, 并据此合理分配保护资金, 制定有效可行的保护策略, 已经成为物种保护工作的当务之急。

Weizman(1993)提出了物种保护的新思路——边际多样性(marginal diversity)方法, 即根据未来一定时期内品种多样性的变化来确定优先保护对象, 以保护最大的多样性。Simianer等(2003)在Weizman的基础上提出了不同的保护模型, 将资源进行优化配置, 以制定科学、有效的保护方案。

本文应用Weizman边际多样性方法, 通过对不同资金分配模型所达到的保护效果进行比较, 提出了中国18个地方猪种的资金优化分配方案。

1 材料和方法

1.1 材料

研究对象为来源于Sun等(2002)研究的中国18个地方猪种(19个群体), 包括: 清平猪(QP)、监利猪(JL)、玉山乌猪(YS)、阳新猪(YX)、通城猪(TC)、淮南猪(HN)、南阳黑猪(NY)、湖川山地猪(鄂西黑猪)(EX)、赣西两头乌猪(GX)、赣中南花猪(G1、G2)、乐平猪(LP)、武夷黑猪(南城黑猪)(NC)、内江猪(东乡猪)(DX)、杭猪(修水杭猪)(XS)、嘉兴黑猪(JX)、嵯县花猪(SX)、五指山猪(WZ)、海南猪(HI), 其中赣中南花猪(G1)为江西省泰和县的冠朝猪, 赣中南花猪(G2)为江西省万安县的万安猪(表1)。

1.2 方法

本研究所应用的 Nei's 标准距离(D_s)(Nei, 1972)矩阵来自 Sun 等(2002)的 27 对微卫星引物(<http://www.toulouse.inra.fr/lgc/pig/panel.htm>)测定的数据。

1.2.1 灭绝概率

本研究以品种的分布区域、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(x_i), 按不同权重(w_i)估算品种未来100年的灭绝概率(马月辉等, 2002)。灭绝概率(z_i)计算公式为:

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

其中 w_i 是评价指标的权重, x_i 是第 i 个指标评价得分值, n 为评价指标数。

1.2.2 边际多样性

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。

$$D_i = \frac{\partial E(D)}{\partial z_i} \quad (2)$$

其中 $E(D)$ 为假定时间内品种的期望多样性, Z_i 为灭绝概率。

1.3 保护资金分配方案

根据保护资金不同分配方式所产生的不同保护效应, 主要有以下3种资金分配模型。

1.3.1 模型A: 有效群体与个体分配额呈加性效应

此模型假设有效群体与保护品种个体为加性效应, 假设品种 i 的分配保护资金为 b , 则该品种有效群体的个体分配额为 b/Ne_i 。假设有效群体大小从 Ne_i 增加到 Ne_i^* , 则 $Ne_i^* = Ne_i + \lambda b/Ne_i$ (其中 $\lambda > 0$, 为常数), 那么灭绝概率由 Z_i 降低为 Z_i^* , 则灭绝概率的变化量:

$$\Delta z_i^A = z_i^* - z_i = \frac{\gamma}{2(Ne_i + \lambda \frac{b}{Ne_i})} - \frac{\gamma}{2Ne_i} \quad (3)$$

1.3.2 模型B: 有效群体与个体分配额呈互作效应

此模型假设有效群体与保护品种个体为相乘效应, 假设品种 i 的分配保护资金为 b , 则该品种每个个体分配额为 b/Ne_i ; 假设有效群体大小从 Ne_i 变为 Ne_i^* , 则 $Ne_i^* = (1 + vb/Ne_i) Ne_i = Ne_i + vb$ (其中 $v > 0$, 为常数), 那么灭绝概率由 Z_i 降低为 Z_i^* , 则灭绝概率的变化量:

$$\Delta z_i^B = z_i^* - z_i = \frac{\gamma}{2(Ne_i + vb)} - \frac{\gamma}{2Ne_i} \quad (4)$$

1.3.3 模型C: 有效群体与每个群体分配额呈互作效应

该模型中有效群体与每个群体分配额呈互作效应, 保护效果取决于群体获得保护资金的份额多少, 而与群体大小无关。假设群体 i 的分配保护资金为 b , 有效群体大小从 Ne_i 变为 Ne_i^* , 则 $Ne_i^* = (1 + \eta b) Ne_i$ (其中 η 为常数); 则灭绝概率的变化量:

$$\Delta z_i^c = z_i^* - z_i = \frac{\gamma}{2(1 + \eta b)N e_i} - \frac{\gamma}{2N e_i}$$

$$= \frac{\eta b}{1 + \eta b} z_i \quad (5)$$

1.3.4 其他保护资金分配方案

除上述3种资金分配模型外,同时比较分析了“平均分配法”(“watering can” strategy,即每个品种获得等额的保护资金)以及“灭绝概率法”(“panic” strategy,即仅灭绝概率高的品种获得保护资金)(Simianer, 2002)两种资金分配方案对于猪种的多样性的保护效果。

2 结果

2.1 聚类结果

应用PHYLIP软件基于Nei's标准距离构建18个猪种的NJ树,聚类结果见图1。

2.2 期望多样性和边际多样性

品种的灭绝概率、边际多样性和保护潜力见表1。18个地方猪种的现实多样性为6.498(数据未列出),在不采取任何保护措施的情况下,100年后的期望多样性为 2.945 ± 0.782 (数据未列出),多样性减少了3.553,即减少54.68%。

2.3 不同保护模型的资金分配方案

表1 中国18个猪种的采样地点、灭绝概率、边际多样性和保护潜力

Table 1 Breed names, origins, extinction probabilities, marginal diversities, and conservation potencies of 18 Chinese pig breeds

品种 Breed	样本来源 Origin	灭绝概率 Extinction probability	边际多样性 Marginal diversity	保护潜力 Conservation potency
清平猪(QP)	湖北省当阳市 Dangyang City, Hubei	0.584	-0.331	-0.1934
玉山乌猪(YS)	江西省玉山县 Yushan County, Jiangxi	0.618	-0.384	-0.2370
监利猪(JL)	湖北省监利县 Jianli County, Hubei	0.315	-0.372	-0.1171
阳新猪(YX)	湖北省阳新县 Yangxin County, Hubei	0.602	-0.461	-0.2774
通城猪(TC)	湖北省通城县 Tongcheng County, Hubei	0.315	-0.271	-0.0854
淮南猪(HN)	河南省固始县 Gushi County, Henan	0.335	-0.387	-0.1297
南阳黑猪(NY)	河南省淅川县 Xichuan County, Henan	0.576	-0.223	-0.1282
湖川山地猪(鄂西黑猪)(EX)	湖北省咸丰县 Xianfeng County, Hubei	0.262	-0.241	-0.0632
赣西两头乌猪(GX)	江西省上高县 Shangao County, Jiangxi	0.315	-0.360	-0.1133
赣中南花猪(冠朝猪)(G1)	江西省冠朝县 Guanchao County, Jiangxi	0.662	-0.342	-0.2263
赣中南花猪(万安猪)(G2)	江西省万安县 Wan'an County, Jiangxi	0.662	-0.413	-0.2737
乐平猪(LP)	江西省乐平市 Leping City, Jiangxi	0.720	-0.308	-0.2215
武夷黑猪(南城黑猪)(NC)	江西省南城县 Nancheng County, Jiangxi	0.554	-0.388	-0.2150
内江猪(东乡猪)(DX)	江西省东乡县 Dongxiang County, Jiangxi	0.459	-0.533	-0.2446
杭猪(修水杭猪)(XS)	江西省修水县 Xiushui County, Jiangxi	0.701	-0.414	-0.2903
嘉兴黑猪(JX)	浙江省嘉兴市 Jiaxing City, Zhejiang	0.482	-0.569	-0.2742
嵊县花猪(SX)	浙江省嵊州市 Shengzhou City, Zhejiang	0.685	-0.403	-0.2759
五指山猪(WZ)	海南省海口市 Haikou City, Hainan	0.928	-0.188	-0.1741
海南猪(HI)	海南省临高县 Lingao County, Hainan	0.324	-0.309	-0.1001

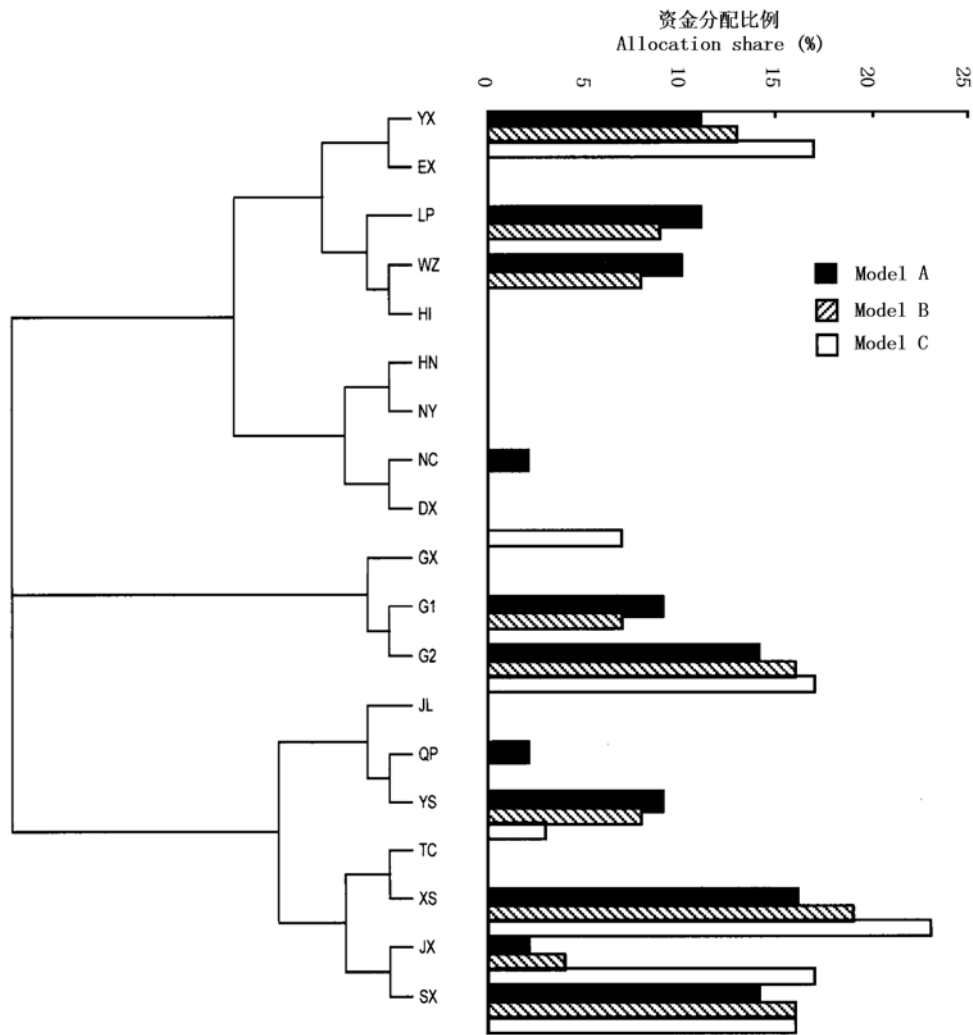


图1 NJ树和3种模型资源优化配置(图中19个猪品种代号同表1)

Fig. 1 Neighbour-joining tree of the 19 Chinese pig breeds and optimum allocation of conservation funds resulting from the three models. The codes of 19 pig breeds are the same as in Table 1.

假设所有品种的投入保护资金总额 $B = 50,000$ 单位。按 $n_b = 100$ 份、每份 $b = 500$ 单位现金分配。本文中以下参数的值分别为: $\gamma = 45$; $\lambda = 0.05$; $\nu = 0.001$; $\eta = 0.00002$ (Simianer *et al.*, 2003)。

在所研究的模型中,模型A为最佳模型,资金具体分配方案见图1。

在3种模型分配方案中,模型A纳入保护方案的有11个群体(10个品种),模型B和模型C纳入保护方案的猪种分别为9个和7个;玉山乌猪、阳新猪、赣中南花猪、杭猪、嘉兴黑猪和嵯县花猪等7个猪种在3种模型中均被列为保护对象。此外,模型A和模型B均将五指山猪纳入优先保护方案,分别获得

10%和8%的配额;而模型A将武夷黑猪和清平猪也纳入了保护方案,虽然这两个猪种各自仅获得了2%的配额。

在A、B和C三种模型中,杭猪均获得配额最高的保护资金,分别达到16%、19%和23%。可见该猪种对于保护整个群体多样性具有重要的作用。

从图2不难看出,3种模型中,模型A为保护资金分配的最佳模型。因为在等额投资前提下,模型A不仅在100年后群体的期望多样性最大(3.356),期望多样性增加了0.411,比无任何投资的情况下提高了14.9%,而且被纳入保护方案的品种数多于其他两种模型。模型B和模型C未来的期望多样性分别

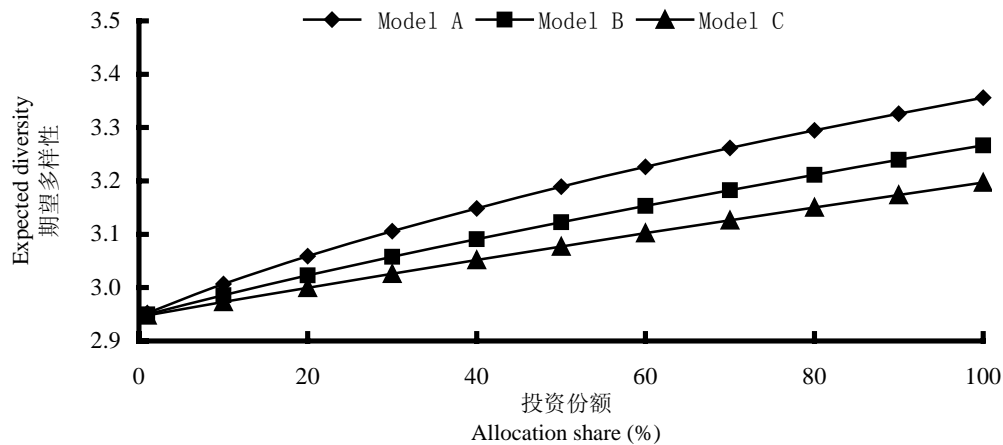


图2 3种保护模型中期望多样性随投资份额的变化

Fig. 2 The development of the gain of expected diversity as a function of the stepwise allocation of the budget following the three conservation models

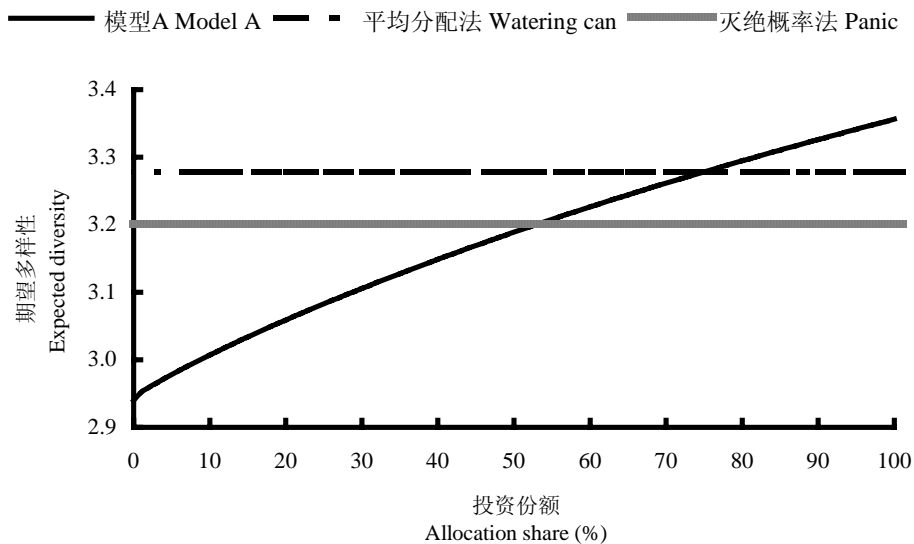


图3 “平均法”、“灭绝概率法”和模型A三种保护方案中期望多样性的变化

Fig. 3 Gain of expected diversity in percent by allocating conservation funds in an optimum way (Model A) compared to “watering can” (each breed obtains an identical share of the total funds) and “panic” (each breed obtains an identical share of the total funds) conservation strategies

为3.267和3.197；模型C保护效果最差，未来群体期望多样性较其他两个模型低且受保护的品种少。

为验证模型A是否为最佳保护模型，进一步分析了应用“平均分配法”和“灭绝概率法”两种保护策略对于猪种群多样性的保护效果(图3)。在“平均分配法”方案中，每个品种获得等额的保护

资金，那么未来群体的期望多样性为3.202，期望多样性提高了8.73%。如果应用“灭绝概率法”，仅仅考虑品种的受威胁程度，将灭绝概率高的品种纳入保护方案，则本研究中灭绝概率最高的五指山猪、杭猪和乐平猪分别获得1/3的保护金额。在这种方式下，未来群体期望多样性为3.278，增加了11.31%。

在图3中可以看到,“平均分配法”和“灭绝概率法”这两种投资方案的保护有效性均低于模型A。

3 讨论

3.1 灭绝概率的评价

在研究过程中,评价灭绝概率难免带有主观因素。为了尽量客观地反映未来品种多样性发展变化趋势,本研究中品种的灭绝概率依据品种的分布区域、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。结果表明,五指山猪的灭绝概率最高,为0.928(表1)。五指山猪是海南岛山区少数民族饲养的一种小型猪,过去因其体型小、增重慢、饲养周期长而被作为淘汰对象,目前仅少数偏远山村和中国农业科学院畜牧所有少量的群体。而在1999年畜禽资源调查(齐景发,2004)中被列为濒临灭绝的通城猪,经过多年种质资源的保存和选育,已成为目前在湖北省分布最广、数量最多的品种,并成为湖北省内及我国南方地区开展杂交利用的当家母本品种,其灭绝概率相对较低(0.315)(表1)。我国畜禽资源重点保护名录中的品种灭绝概率不一定最高,因此在制定优先保护决策时不仅仅要参考保护名录,还需综合考虑其他影响因素。

3.2 保护资金分配

Weizman(1992)提出的边际多样性方法建议以保护潜力作为保护的预警器。该方法已被应用于中国绵羊品种(马月辉,2005)、欧洲猪品种(Laval *et al.*, 2000)、欧洲牛品种(Canon *et al.*, 2001)和非洲牛品种(Reist-Marti *et al.*, 2003)等的保护研究。但是,一些学者认为Weizman边际多样性方法存在不足之处:一方面是它未考虑品种(群体)内遗传变异(Caballero *et al.*, 2002; Garcia *et al.*, 2002);另一方面灭绝概率的评估受主观因素影响较大,可能会导致边际多样性的计算结果产生较大误差。Olliver和Foulley(2005)利用期望杂合度度量了品种内多样性,并综合评估了品种内和品种间多样性。

有学者建议用遗传灭绝概率(genetic extinction probability)替代灭绝概率(Garcia *et al.*, 2002)。Simianer等(2003)建议将最大多样性扩展为最大效用性并作为最终目标来制定保护资金分配方案,此处最大效用性可以从物种内多样性、品种的共有特征特性和品种独有的特征特性三个方面进行评估。

本研究中获得保护资金的群体的灭绝概率均较高,灭绝概率最小值为0.482(嘉兴黑猪)(表1)。虽然品种的受威胁程度与能否获得保护资金及分配比例有一定相关性,但它并不是唯一的和最重要的影响因素,资金优化分配需同时兼顾经济重要性、品种对物种内多样性的贡献和保护成本的有效性等因素。本研究中五指山猪的灭绝概率最高,但并未获得最高份额的保护资金;而灭绝概率并不是最高的杭猪(灭绝概率为0.701)获得了比例最高的保护资金配额;南阳黑猪的受威胁程度也较高(灭绝概率为0.576),但3种模型中均未将此品种纳入保护方案。

保护决策也需要考虑品种对物种多样性的贡献、不同品种保护的投入效率以及品种不同特性的经济价值。然而综合评估上述影响因素可能会得到看似矛盾的保护方案。如Weitzman(1993)在15种鹤(*Grus gruidae*)的最佳保护方案中,为了保护群体的最大多样性,未将濒危程度最高的鸣鹤(*G. americana*)列入优先保护群体,而将保护资金分配给威胁程度并不高的其他鹤种。

如果选择加性模型(Model A)为资金最佳优化配置模型,则获得保护资金的猪种包括:杭猪(16%)、嵯县花猪(14%)、赣中南花猪(万安猪)(14%)、阳新猪(11%)、乐平猪(11%)、五指山猪(10%)、玉山乌猪(9%)、赣中南花猪(冠朝猪)(9%)、清平猪(2%)、武夷黑猪(2%)和嘉兴黑猪(2%)(图1)。

虽然我国在农业动物的资源保存原理和技术方法等方面取得了一定成就,但有关资源保护对象的确定、保护资金的分配方法、如何提高保护成本利用效率及保护效果的评价等方面还未形成系统的研究。本文从经济学角度出发,应用边际多样性方法,综合考虑品种的遗传结构、特征特性、地理分布和经济价值等信息,以保护最大多样性为目标,提出了我国18个地方猪种资源资金优化分配方案。边际多样性方法作为动物种质资源保护的一种新思路,希望能够为畜禽种质资源保护和管理部门制定相关保护决策提供参考。

参考文献

- Caballero A, Toro MA (2002) Analysis of genetic diversity for the management of conserved subdivided populations. *Conservation Genetics*, 3, 289–299.
- Canon J, Alexandrino P, Bessa I, Carleos C, Carretero Y,

- Dunner S, Ferran N, Garcia D, Jordana D, Laloe D, Pereira A, Sanchez A, Moazami-Goudarzi K (2001) Genetic diversity measures of local European beef cattle breeds for conservation purposes. *Genetics Selection Evolution*, **33**, 311–332.
- García D, Corral N, Cañon J (2002) Further developments on Weitzman's approach to assess conservation of genetic diversity. In: *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, August 19–23, Montpellier, France, 561–564.
- Laval G, Iannuccelli N, Legault C, Milan D, Groenen MAM, Giuffra E, Andersson L, Nissen PH, Jorgensen CB, Beeckmann P, Geldermann H, Foulley JL, Chevalet C, Ollivier L (2000) Genetic diversity of eleven European pig breeds. *Genetics Selection Evolution*, **32**, 187–203.
- Ma YH (马月辉) (2005) Marginal diversity and its application to Chinese sheep breeds conservation. *Biodiversity Science*(生物多样性), **13**, 70–74. (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)
- Nei M (1972) Genetic distance between population. *The American Naturalist*, 283–292.
- Oilliver L, Foulley JL (2005) Aggregate diversity: new approach combing within- and between-breed genetic diversity. *Livestock Production Science*, **95**, 247–254.
- Qi JF (齐景发) (2004) *Status of the Genetic Resources of Domestic Animals in China*(中国畜禽遗传资源状况). China Agricultural Press, Beijing. (in Chinese)
- 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.
- Scherf BD (2000) *World Watch List for Domestic Animal Diversity*, 3rd edn. Food and Agriculture Organization, Rome.
- Simianer H, Marti SB, Gibson J, Hanotte O, Rege JEO (2003) An approach to the optimal allocation of conservation funds to minimize loss of genetic diversity between livestock breeds. *Ecological Economics*, **45**, 377–392.
- Simianer H (2002) Noah's dilemma: which breeds to take abroad to the ark? *The 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, August 19–23, Montpellier, France.
- Simianer H (2005) Decision making in livestock conservation. *Ecological Economics*, **53**, 559–572.
- Sun FZ, Zhang Y, Wang ZG, Yang SL (2002) Study on the genetic relationship among 18 Chinese local pig breeds using microsatellite DNA markers. *Proceedings of the 7th World Congress on Genetics Applied to Livestock Production*, 529–532. August 19–23, Montpellier, France.
- Thaon d'Arnoldi C, Foulley JL, Ollivier L (1998) An overview of the Weitzman's approach to diversity. *Genetics Selection Evolution*, **30**, 149–161.
- Weitzman ML (1992) On diversity. *Quarterly Journal of Economics*, **107**, 363–405.
- Weitzman ML (1993) What to preserve? An application of diversity theory to crane conservation. *Quarterly Journal of Economics*, **108**, 157–183.

(责任编辑: 张细权 责任编辑: 时意专)