

生态位构建理论及其应用

颜爱民, 刘 虎*, 邢华伟

(中南大学 商学院, 湖南 长沙 410083)

摘 要:总结了生态位构建在自然选择压的改变、非基因继承、基因具有间接的相互作用和表型的双重角色等 4 个方面的理论;探讨了生态位构建在进化生物学、生态学协同进化、人类基因遗传和文化过程的关系、管理科学等相关研究领域的应用情况和发展前景。

关 键 词:生态位构建;进化生态学;应用

中图分类号: Q14; F270

文献标识码: A

Niche construction: Theory and application

YAN Ai-min, LIU Hu*, XING Hua-wei

(College of Business, Central South University, Changsha 410083, China)

Abstract: The basic theory about niche construction were reviewed in four aspects: the change of natural selection pressure, non-genetic inheritance, indirect interaction between genes and the dual role of phenotype. Furthermore the application, and the development prospects in related fields such as evolutionary biology, ecological co-evolution, the relationship between the human genetics and cultural processes, and scientific management were discussed.

Key words: niche construction; evolutionary ecology; application

生态位最早由 Grinnell 提出,并将其定义为:恰好被一个种或一个亚种所占据的最后单位^[1]。后经众多生态学家不断完善,现已在种的适合性测定、优势度分析、种间关系、群落结构、多样性等研究中广泛应用,其定量研究方法也随之不断发展。关于物种的生态位构建研究则属于生态位研究领域中的最新命题。生态位构建理论强调了进化过程中自然选择与生态位构建的共同作用,扩展了现有的进化思想,同时也为物种适应性的研究、解释不同尺度上的生态学现象提供了新颖的理论依据。但是,该领域的研究至今仍未形成完善的体系,发展脉络较凌乱。因此,笔者试图整合该领域的相关研究,对生态位构建的基本内容和理论进行系统阐述,并分析其在相关领域的应用前景。

收稿日期: 2007-03-09

基金项目: 湖南省自然科学基金项目(06JJ4081)

作者简介: 颜爱民(1963-),男,湖南邵阳人,博士,中南大学教授,主要从事管理科学与工程、生态经济管理的研究。*通讯作者: yhliuhu@163.com。

1 生态位构建的基本理论

1.1 自然选择压的改变

Jones 等^[2]的研究表明:有机体能够修改它们的环境并且部分地控制其所在生态系统中的部分能量流和物质流。由此可见,有机体不仅能改变其周围的选择环境,而且也能改变其他有机体环境中的自然选择压力。首先,有机体每一世代的每一个体都以同样的方式重复地改变它们自己的环境,因为每个个体继承了同样的能引起它们进行类似生态位构建行为的基因,那么它们可能会修改自然选择压^[3]。这种生态位构建对环境的作用结果可以是短暂的,或仅发生在一个世代中,但如果同样的环境改变,强制性地把它强度放大到足够强且持续足够长的世代数,那么它可以改变局部环境的自然选择源,进而引起一种新的进化动力。其次,一个世代有机体的生态位构建活动的全部结果或部分结果在子代所处的选择性环境中以修改的形式持续

性存在,即祖先通过外部环境能够遗传给后代修复过的自然选择压^[3]。

1.2 非基因继承

传统进化理论认为,只有基因是代代相传的,而排斥物质和文化对进化结果的特殊作用。但 Feldman 等的研究表明:文化也具有继承特征^[4]。有机体通过生态位构建活动所修改的自然选择压力的产物可以在环境中传递给它们的后代^[3]。当每一个世代生态位构建的物理效应在后代环境中没有被全部移除,而是一代接一代部分地或整体地继承,那么这种修改过的自然选择源就得到继承。由此可见,当生态位构建影响到多个世代,它便在进化中经由环境的作用而引入第二种普遍存在的继承方式——非基因继承。

在传统的进化理论中引入生态位构建后,2种继承方式在进化过程中的作用途径以及它们如何相互作用,概括起来如图1所示。首先,图1右侧描述的是通常意义下的遗传继承:基因由遗传上相关时刻 t 的父代传递给时刻 $t+1$ 的子代;图1左侧描述的是由生态位构建引起的非基因继承作用:具有选择性的环境经过父代的生态位构建作用后,自然选择源(E)被部分或全部地改变,并由非基因继承有效地传递给该环境中生存的子代。因此,后代有机体在时刻 $t+1$ 所面临的选择性环境不仅包含独立的自然选择过程,而且也受到父代或更多祖先的生态位构建活动所改变了的自然选择源的影响。

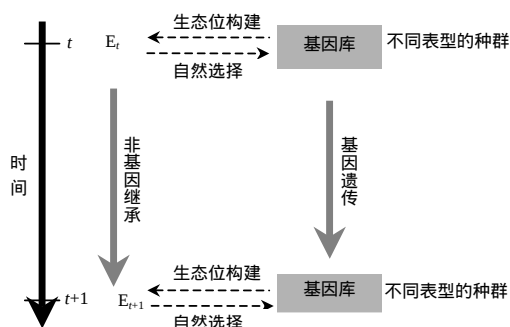


图1 引入生态位构建后的继承系统

Fig 1. The inheritance system of niche construction

1.3 基因间的相互作用

一种基因型具有不同的表现型,表现型可以被其他基因型间接地通过外部环境所影响。生态位构

建就提供了这样一个途径。例如:火烈鸟粉红色的特性是从它吃的甲壳类动物体内类胡萝卜素的色素沉积引起的,它的捕食选择基因与皮下色素的萃取和利用通过环境中的食物资源相互影响^[5]。这种基因之间的作用类似于异位显性,不同的是,生态位构建可以在不同种群甚至不同物种的基因之间进行异位显性。例如:隐藏在蚯蚓改动土壤结构活动之下的基因(这种活动用来增加植物产量),已经改变了影响植物生长的基因表达^[6]。因此,个体生态位构建的成果不仅改变了选择环境,也可能影响生长环境中其他物种基因的表型。Laland 等于 1996 年提出了双位点种群遗传模型,通过数学模型阐述了基因之间的间接作用^[7-8]。

1.4 表型的双重角色

传统观点认为,有机体的表型仅是其内部基因型的外在表现。生态位构建理论指出:表型不能被简单地认为是“基因的载体”,它们也参与修改环境中的自然选择源。这些修改过的自然选择源可能会对基因的选择进行反馈。对于人类而言,生态位构建可以依赖文化,例如:当人类通过农业活动无意增加了疟疾的流行时,其镰状细胞等位基因的频率也增加了^[9]。由此产生了表型在进化中的另一个作用:表型不但在自然选择的层面上让生物以不同方式生存和繁殖,而且还通过生态位构建来修改环境中的选择源。

2 生态位构建理论的应用

2.1 开拓了进化生物学研究的新视角

传统进化生物学认为,独立的外部环境是惟一的自然选择压,而生态位构建理论提出生态位构建行为构建的环境与独立的外部环境的共同作用构成了自然选择压,生物体不但可以适应自然选择,还可以通过反馈来改变环境中的自然选择压。双位点种群遗传模型证明了这种反馈对有机体-环境系统产生的重要影响。生态位构建是一种不同寻常的进化动力,来自种群生态位构建的反馈机制可以引起进化过程中的进化惯量和进化动量,导致其他有害基因的固定,支持或消除稳定的多态现象,还影响系统进化的不稳定性等^[7-8]。Taylor 通过创建的生态位构建过程的个体模型,分析了有机体在构建

自身生态位时的基因进化状况,发现生态位构建大大提高了有机体的复杂性和基因的数量^[10]。Reiji Suzuki 等提出了 NKES 模型^[11],较好地描述了环境因素和基因因素之间的非线性相互作用。

生态位构建理论对进化生物学的另一个贡献是提出了非基因继承概念,在传统的基因继承之外,着重分析了生态继承和文化继承等非基因继承形式。非基因继承的多世代特征导致了生态位构建能够产生不同的进化动力,非基因继承会使进化过程产生时滞、动量效应以及对突发性灾难的响应等^[7, 12]。这些研究成果都为进化生物学的研究拓展了思路,为物种进化动力研究提供了新思想。

2.2 提供了生态学协同进化研究的新方法

不同物种之间不但通过食物链上的既定关系产生相互作用,某一物种生态位构建活动对环境的影响也会影响到同一环境中其他种群的进化。同时,种群不仅直接按照共同进化理论来相互影响,还会通过影响生态系统中共享的中介——非生物的成分来相互影响。如一个植物种群的一个基因引起的生态位构建行为引起的土壤化学性质的变化会进一步引起第二个种群——植物或者微生物的一个基因的选择发生改变。可见,简单地改变非生物生态系统成分的物理状态,种群就会产生相互驱动进化的可能。中国生态学家李自珍提出了种群水平上的生态位构建模型,将生态位构建应用到复杂物种群体领域,通过构建进化动量和进化惯量模型,分析了物种与环境变化间协同进化的特殊规律^[13]。惠苍等建立了生态位构建在集合种群水平上的作用模型,研究了生态位构建对竞争集合种群协同进化的影响^[14]。目前,相关研究还处于初级阶段,物种之间间接地反馈在共同进化的系统中可能产生的一些影响和作用规律还值得进一步探究。

2.3 架起了人类基因遗传和文化过程研究的桥梁

生态位构建理论研究正广泛延伸进入人类学领域,主要研究人类进化和人类基因遗传、文化遗传之间的关系。传统的进化学研究在解释人类文化过程如何同人类遗传过程相互作用的问题上还存在一定的局限性,认为人类表型的进化和适合度的改变只是由基因继承影响的,后来提出的基因文化

协同进化理论也只是把文化放在了次要位置,指出文化只能从属地作用于基因进化,生物进化始终主导和支配着文化进化。2001 年, Laland, Odling-Smee 和 Feldman 联合阐述的文化生态位构建思想改变了文化的地位,强调了文化继承对基因进化的反馈和重大意义,他们利用双位点种群遗传模型分析得出:文化生态位构建有偏好地传播通常会与基因生态位构建产生的作用不同,存在文化传播的环境通常可以改变自然选择、加速偏好的基因传播速率、开始新的进化事件、促使原始人类物种的形成。由于文化作用产生的影响远快于自然选择的作用,因此,文化的生态位构建比基因的生态位构建产生的意义更为深远,在人类进化过程中扮演很重要的角色^[15]。之后,许多学者也在此基础上对文化生态位构建进行了更细化的研究。Yasuo Ihara 分析了文化生态位构建在小型家族规模进化中的作用^[16]。Borenstein 等于 2006 年正式提出了集合种群中的文化生态位构建模型(MPCNC)^[17],将文化生态位构建从单一物种系统层次发展到了多物种系统。

人类文化过程的研究通常侧重于分析人类行为和这种行为造成的持续性结果。这点与传统进化理论强调基因作用的特点大相径庭,使得进化生态学理论一直无法为人类文化的研究提供有效支持。生态位构建思想的出现架起了两者之间的桥梁,其侧重于分析有机体的行为和这种行为对环境造成的持续性结果,并阐述了这种行为造成的环境变化对有机体自身基因进化产生的影响,突破性地从人类文化与行为和人类基因进化的关系发展到了一个复杂的相互影响的水平,极大地拓宽了人类学的研究视野。因此,文化生态位构建亦成为了目前生态位构建研究领域的热点。

2.4 开辟了管理科学研究的新领域

生态位概念已经在经济学、管理学及其他社会科学中得到了成功运用。作为一种新颖有效的研究方法,生态位构建在研究个体员工、企业与环境之间的互动关系有其独到的优势^[18]。

宏观方面,整个社会或者某个区域的人力资源及其环境所构成的人力资源生态系统中生态位构建现象普遍存在,大至人力资源系统对环境的反馈作用,小至个体在其所处营养级中的生态位构建行

为和对其他营养级的间接影响。因此,笔者在对生态系统和文化生态位构建理论研究的基础上,提出了人力资源生态系统的概念及其协同进化模型。研究表明:人力资源生态系统状态的变迁也是在环境子系统的生态继承和人力资源子系统的特征遗传与文化继承两方面共同作用下完成的。人力资源子系统通过生态位构建作用将资源反馈于环境,并影响环境子系统生态继承对人力资源子系统中特征继承的选择作用。文化继承作为特征继承的产物,反作用于特征,特征的发展变化会改变系统中营养级的数量和性质,继而改变整个营养结构,对系统稳定性和自适应性产生影响。

微观方面,针对中国企业核心员工目前主动离职率高这一现实管理难题,笔者尝试通过分析核心员工的生态位构建行为的演化规律,建立核心员工生态位构建的动力学模型,并通过分析核心员工生态位构建对核心员工与企业匹配效果和效率的影响,建立起生态位构建对中国企业核心员工匹配影响的理论模型,将生态位构建和匹配理论研究融为一体,最终构建核心员工的资源模型、企业资源模型和总量模型,形成中国情景下的核心员工与企业动态匹配模型,为解决中国企业高端人力资源管理难题提供理论支持和新的技术方法。

参考文献:

- [1] 梅.理论生态学[M].孙儒泳,译.北京:科学出版社,1982:116-143.
- [2] Jones C G ,Lawton J H ,Shachak M .Positive and negative effects of organisms as physical ecosystem engineers[J]. Ecology , 1997 , 78 : 1946-1957 .
- [3] Odling-Smee F J , Laland K N , Feldman M W . Niche construction : The neglected process in evolution[M] . Princeton : Princeton University Press , 2003 .
- [4] Feldman M W , Cavalli-Sforza L L . Cultural and biological evolutionary processes ,selection for a trait under complex transmission[J] . Theoretical Population Biology , 1976 , 9(2) : 238-259 .
- [5] Laland K N , Odling-Smee J , Feldman M W . Niche construction ,biological evolution and cultural change[J] . Behavioral and Brain Sciences , 2000(23) : 131-175 .
- [6] Lee K E .Earthworm :Their ecology and relation with soil land use[M] . New York : Academic Press , 1985 .
- [7] Laland K N , Odling-Smee F J , Feldman M W . Evolutionary consequences of niche construction : A theoretical investigation using two-locus theory[J] . Journal of Evolutionary Biology , 1996(9) : 293-316 .
- [8] Laland K N , Odling-Smee F J , Feldman M W . Evolutionary consequences of niche construction and their implications for ecology[J] . Proc Natl Acad Sci USA , 1999 , 96 : 10242-10247 .
- [9] Durham W H . Coevolution : Genes , culture and human diversity[M] .Stanford :Stanford University Press ,1991 .
- [10] Taylor T . Niche construction and the evolution of complexity[C]// Jordan Pollack . The ninth international conference on the simulation and synthesis of living systems . Cambridge : MIT Press , 2004 .
- [11] Reiji Suzuki, Takaya Arita . How niche construction can guide coevolution[C]//Capcarrere ,Mathieu S .The eighth European conference on artificial life . New York : Springer , 2005 .
- [12] Wolf J B ,Brodie E D ,Cheverud J M ,et al .Evolutionary consequences of indirect genetic effects[J] . Trends Ecology Evolution , 1998(13) : 64-69 .
- [13] Li Z , Hui C , Xu Z , et al . Mathematical model of niche construction for desert vegetation and its applications[J] . Journal of Glaciology Geocryology ,2002(24) :387-392 .
- [14] Hui C , Li Z . Distribution patterns of metapopulation determined by Allee effects[J] . Population Ecology , 2004 , 46(1) : 55-63 .
- [15] Laland K N , Odling-Smee F J , Feldman M W . Cultural niche construction and human evolution[J] . Journal of Evolutionary Biology , 2001(14) : 22-33 .
- [16] Ihara Y , Feldman M W . Cultural niche construction and the evolution of small family size[J] . Theoretical Population Biology , 2004 , 65 : 105-111 .
- [17] Borensteina E , Kendal J , Feldman M W . Cultural niche construction in a metapopulation[J] . Theoretical Population Biology , 2006 , 70 : 92-104 .
- [18] 颜爱民.人力资源生态系统论[J].中南大学学报:社会科学版,2006,12(1):67-72.

责任编辑:姜 敏
英文编辑:罗文翠