

草地资源
与利用

草地生态系统中物种多样性、 群落稳定性和生态系统功能的关系

王长庭¹, 龙瑞军^{1,2}, 丁路明¹, 来德珍³, 李有福³

(1. 中国科学院西北高原生物研究所, 青海 西宁 810001; 2. 甘肃农业大学, 甘肃 兰州 730070;

3. 青海省果洛州草原站, 青海 果洛 875000)

摘要:自 20 世纪 70 年代前,人们相信多样性比较高的群落增加生态系统的稳定性,到倾向于物种多样性与生态系统稳定性关系的探讨至近 20 年间,生物多样性与生态系统功能的关系及其内在机制成为生态和环境科学的中心问题。多样性的变化始终与生态系统功能的重要表现形式——生产力密切相关,同时也与许多其他影响生产力的因素相关。人们对于这一重大课题的认识不断有新的进展,同时争论的观点也不断延伸。1) 考虑空间类型来揭示由环境因子引起的多样性与生产力之间的相关性;2) 考虑时间尺度上物种多样性-生态系统的功能;3) 非生物因素(放牧干扰、土壤养分)等环境因子、物种多样性动态和生态系统功能之间的交互作用的实验研究不断开展;4) 在注重提高资源利用率的同时,应注意引起资源的过度开采,导致生物多样性的丧失,从而降低系统生产力。

关键词:物种多样性;生产力;稳定性;生态系统功能

中图分类号:Q147

文献标识码:A

文章编号:1001-0629(2005)06-0001-07

近年来,随着全球性物种灭绝速度的加快以及对生物多样性、群落稳定性和生态系统功能的认识逐渐加深,生态系统中物种减少会对生态系统的稳定性、生态系统功能以及初级生产力产生什么影响,它们之间究竟存在什么样的关系,不同学者有不同的解释,这主要决定于他们研究的角度和层次,因而不同研究者在理论或实验上提出了多种不同的假说。

土地利用的变化、栖息地的破碎化、营养富集化和环境的压力导致了自然生态系统中植物多样性的降低^[1,2]。人类对生态系统的支配作用的增加使得其变成贫瘠的系统^[2,3]。物种的丧失或增加(如外来物种的侵入)对生态系统的功能和稳定性会造成什么影响,需要科技工作者做出客观的评价和预测^[4]。从局部到全球范围人类对环境的影响不仅导致生物多样性的降低,而且由于一系列具有特殊特征的种被另外一些具有不同特征的种所取代而引起生态系统功能的转变^[5]。

在近 20 年间,生物多样性与生态系统功能的关系成为生态和环境科学的中心问题。较系统的生物多样性的逐渐降低是否影响到系统能量流动和营养物质循环的比较研究在一定程度上揭示了

功能替代对生态系统的影响,比如生产力、分解速率、营养循环、抗干扰和恢复能力等^[6]。Tilman^[7], Hector^[8], Kennedy^[9]等认为,多样性导致更高的群落生产力、生态系统稳定性和抗入侵能力。但是,在解释生物多样性与生态系统功能之间的关系和过程中,即二者之间的作用机制问题时,生态学家却产生了不同的看法^[6,10-13]。

从第 1 个研究实验性地利用几个营养水平来控制多样性^[14],后来的研究主要集中在陆地生态系统中植物多样性和植物功能群多样性对初级生产力的影响^[7,8,15,16];再到 Pacala 和 Tilman^[17]提出的“随着时间的推移,抽样效应向生态位互补转型”的假说,Fridley^[18]发现不同的资源供给率会导致不同的多样性-生产力关系,以及 Fridley^[19]的研究表明,光照和土壤肥力会同时影响植

收稿日期:2004-06-24

基金项目:国家自然科学基金(30371021);中国科学院“百人计划”资助项目

作者简介:王长庭(1969-),男,青海湟源人,畜牧师,在读博士生,主要从事恢复生态和反刍动物营养方面的研究。E-mail: wcht6@hotmail.com

通讯作者:龙瑞军 E-mail: longruijun@sina.com

物多样性与生产力的关系。因为植物即初级生产者代表大部分生态系统的基本组成成分,所以人们都把它们作为基础单元进行详细的研究,有几个实验,尽管不是全部,利用任意组成的群落发现初级生产力与植物种和功能群多样性之间存在明确的关系,这些结果引起了生态学家们的极大兴趣,因为它们既新颖,又好象与自然界中观察到的类型相异,自然界中的大部分生产系统具有典型的低多样性特征^[20]。

为此仅对过去和现在针对有关物种多样性、群落稳定性和生态系统功能之间相互关系方面争论的焦点问题作一简单概括和总结。

1 过去的争论焦点

探求多样性和稳定性之间的关系让生态学家们着迷。20世纪70年代以前,生态学家们相信多样性较高的群落其生态系统的稳定性亦强^[21]。这个观点的有力支持者 Elton^[22],认为“简单的群落比物种丰富的群落更容易受到干扰;种群受到破坏和更容易受到其他种的入侵。” Gardner 和 Ashby^[23]认为,生态系统中各组分之间的依赖程度越大,系统就越不稳定,而高的多样性总是与系统的分室结构及其相互作用强度的减弱相关联。生物多样性可以提高生态系统抗扰动的能力^[24,25]。Briand^[26]通过对40个食物网相关分析表明,随着物种多样性的增加,种间的相互作用强度降低,说明复杂的食物网能使种群保持稳定。Hector 和 Hooper^[27]指出,物种多样性-生态系统功能关系的研究可以追溯到达尔文时代,播种若干不同属的草种比单播收获更多的干草,即植物物种丰富度高的群落有较高的初级生产力。这些早期的观点受到了 May^[28,29]的挑战。May 采用数学的方法来描述多样性-稳定性之间的关系,认为简单生态系统比复杂生态系统可能更趋于稳定。Yodzis^[30]将上述矛盾进一步激化,他利用食物网关系模型证明复杂的食物网(复杂的营养关系)生态系统比具有简单食物网的生态系统稳定。因此在以后的多样性研究中,生态学家们更注重探讨物种多样性与生态系统稳定性关系^[21,22,29]。直到第1个用野外控制实验来研究生物多样性-生态系统功能的 Tilman 和 Down-

ing^[25]的多样性实验(Cedar Creek)的出现。关于就这些实验设计及其结果的解释,引发了生态学家之间一场空前的争论^[6,31]。

2 当前的争论焦点

2.1 多样性与生产力

一般认为,生物多样性包括遗传多样性、物种多样性和生态系统多样性^[32]。有的学者提出还应该包括景观多样性^[33]和人文多样性^[34]。景观多样性是生物多样性的低级体现形式,人文多样性自始至终依靠于生物的生存和发展,是人类与生物相互的作用才构成了世界的丰富多彩。Wilsey^[35]认为,多样性由两部分内容组成:物种丰富度或特定区域内物种的数量;均匀度或物种的分布或群落中物种间生物量的分布。

关于物种多样性与生态系统功能之间关系的解释,生态学家提出了许多假说,试图揭示物种多样性与生态系统功能关系的内在机理^[36-40]。

多样性-生产力假说是建立在不同物种利用不同资源的基础上,复杂多样的植物群落能利用更多的有限资源从而获得更高的生产力^[41]。Tilman^[7]利用大量的重复野外控制实验,直接对物种多样性进行调控,表明随着多样性的增加,生态系统生产力显著地增加,而且物种多样性高的群落能有效地利用主要限制资源,如土壤N,从而降低土壤N从生态系统中流失。同样,在自然草地生态系统中,植物生产力和对土壤N的利用随着物种丰富度的增加而上升。物种的丧失威胁着生态系统的功能和稳定性。Huston^[12]指出,含有多个物种的混合系统,较之单作或物种丰富度很低的混合系统,具有更大的包含高产物种的可能性,即物种丰富度越高其生产力就越高。Tilman^[7]等认为,在均匀的生境中,不同的物种竞争能力各不相同,竞争能力强的物种可以更有效地利用资源而表现出更高的生产力,而这样的物种在多样性高的生态系统中有更大的机会出现,这样随物种多样性的上升,生态系统生产力逐渐上升。

生态学家长期以来对多样性和生产力之间的关系怀有浓厚的兴趣。目前在讨论物种多样性与生态系统功能时,生产力被认为是受生物多样性

影响的一个重要的生态系统功能特征,说明生产力水平的高低是生态系统功能的重要表现形式之一。因此,了解和认识群落植物多样性对生态系统功能的作用,群落植物多样性和初级生产力之间关系的研究显得尤为重要。对于物种多样性与生态系统功能之间关系的认识,Tilman和Naeem等认为物种多样性与生产力之间呈正相关,特别是地上生物量^[7,15,41,42]。生态系统功能随着物种多样性增加而呈现出饱和型上升趋势^[43]。而Kassen等^[44]、杨利民等^[45]、王长庭等^[46]认为群落的生产力水平为中等水平时其多样性最大。也就是说,生产力与多样性之间的关系有2种假说。一种假说认为,生产力与多样性之间的关系是线性关系,即在生产力增加时多样性也增加。对于这种正效应的解释,主要有2种机制:生态位互补(niche complementarity)和抽样效应(sampling effect)。另一种假说认为,生产力和多样性呈一种钟型曲线关系,即多样性在低水平时随生产力的增加而增加,但最终在达到足够高的生产力时反而下降^[36]。

在研究多样性-生产力关系时应考虑尺度的重要性^[47]。Hector等^[8]认为,在多样性-生产力关系中,生态位互补和种间的正效应起着重要的作用,由于种在其生态特征上的不同,局部群落物种多样性的丧失也许决定着人类最终依赖的生态系统的物质和服务功能。然而,由于目的和方法的不同,多样性的实验控制被限制在局部范围内,局限了生态学家预测和想象的能力。同时他认为降低物种的数量会降低生产力,因为功能多样性的降低和由此而产生的生态位空间数量被生产力低的群落占有。大部分实验研究表明(短期实验结果),随着物种多样性的上升,群落生产力呈现上升趋势。这种生产力-多样性之间的正相关主要是由抽样效应产生的^[6,11,12,48]。过去的有关物种多样性与生态系统功能关系的研究大多是在均匀的小尺度上进行的^[7,16,49]。Bond和Chase^[50]借助数学模型,在理论上做出预测:局域尺度上(小尺度上)生态系统功能与物种多样性呈现单峰曲线关系,区域尺度上(大尺度上)呈现单调上升关系。Tilman等^[42]通过多年来对草地 Cedar

Creek数据的综合分析发现:生产力随着多样性的上升而升高;多样性的这种正效应逐年增强;且混合群落发生超产的比例及超产的强度逐年提高,这表明生态位互补的作用随时间推移而强化。Pacala和Tilman^[17]提出“抽样效应向生态位互补效应转型”的假说:群落建立初期,多样性作用机制主要是抽样效应,但是生态位互补的作用会随时间推移而加强,并逐步成为主要的多样性作用机制。张全国和张大勇^[51]通过水生微宇宙实验研究发现:物种多样性对群落生产力有正效应;这种正效应随时间推移而加强;高产物种对群落生产力的影响随时间推移而减弱,表明抽样效应减弱。

2.2 多样性与稳定性 对于稳定性的概念,不同的学者在实际研究中根据所研究的对象(群落和生态系统)的差异而有不同^[52,53],Sennhauser^[54]认为稳定性的概念可分为3个基本类型:1)群落或生态系统受到干扰后回到原来状态的能力,称之为恢复力稳定性;2)群落或生态系统在受到干扰后维持其原来结构和功能状态、抵抗干扰的能力,称为抵抗力稳定性;3)群落或生态系统在达到演替顶级后出现的能够进行自我更新和维持并使群落的结构、功能长期保持在一个较高的水平的现象,其中结构是指群落的物种组成,特别是优势种的种群稳定对群落稳定有决定作用,功能是指物质和养分循环、生物量和生产力等。

生态系统中保护生物多样性对维持稳定的生产力是至关重要的,物种多样性高的植物群落其初级生产力对干旱干扰有更强的抵抗力,群落中每个物种的丧失都会对干旱的抵抗力产生比较大的影响^[25]。生态系统对干扰的抵抗和恢复速度,即抵抗力和恢复力是生态系统稳定性的2个重要的保障因素^[55]。由于物种灭绝速率的加快,人们在物种多样性对群落稳定性影响方面的兴趣越来越大。一方面,多样性-稳定性假说认为,物种本身特征的不同和多样化的生态系统是最有可能包括一些在环境受到干扰期间增加多样性的物种,而且因干扰而弱化的竞争者会得到补偿^[55],这种观点可以预测,生物多样性将提高对干扰的抵抗力。

20 世纪 70 年代以前,生态学家们相信多样性比较高的群落增加生态系统的稳定性^[21]。这个观点的有力支持者是 Elton^[22],他认为“简单的群落比物种丰富的群落更容易受到干扰;种群受到破坏,更容易受到其他种的入侵。”事实上,Elton 在重复观测的基础上得出同样的结论,即在种群密度低且简单的陆地群落比多样性较高的陆地群落具有更容易受到侵犯的特征。比如,生物入侵经常发生在耕作的土地上,人类的影响导致简单化的生态群落,植物的昆虫疾病的爆发性发生在北方森林但没有听到发生在多样性高的热带森林。这些观测使得 Elton 相信许多捕食者和寄生虫组成的复杂的群落阻止种群经历爆发性的增长,他的观点与 MacArthur 的观点非常相似。这些早期的观点受到了 May^[29] 结果的挑战。May 用数学的方法来揭示多样性 - 稳定性之间的关系,他的观点是简单生态系统比复杂生态系统更可能趋于稳定。这个结果与 Elton 和 MacArthur 的观点相抵触。Yodzis^[30] 将上述矛盾进一步激化,Yodzis 利用编辑的食物网关系模型证明复杂的食物网(复杂的营养关系)生态系统比具有简单食物网的生态系统稳定。Tilman^[42] 总结了近年来多样性与稳定性方面的实验以及理论结果,指出较高的多样性可以增加植物群落的生产力、生态系统营养的保持力和生态系统的稳定性。McCann^[4] 认为,种群处于动态之中,群落的稳定性在一定程度上依靠种群数量,即种群密度接近平衡密度时,群落的稳定性就越高。多样性导致稳定性,但形成这种关系的驱动力不是多样性本身,而是群落包含物种或功能群的能力。

使用稳定性的概念时,应明确所研究的对象是种群、群落还是生态系统的稳定性。Tilman 等^[7] 经过多年的草地实验与理论模型研究发现,物种丰富度的上升会增加群落的时间稳定性,但对群落内各个物种而言作用是相反的,减低了种群的时间稳定性^[56]。Tilman 在 Cedar Creek Natural History Area 草地植物群落中进行了长期的研究,收集大量的有关物种丰富度、群落生物量和种群生物量等信息,并从实验性的角度描述多样性和稳定性之间的关系,这个结果和另外的

一些扩展性的研究集中揭示了一个生态系统内多样性与植物群落稳定性趋向于正相关关系^[7,25,57]。同时发现,多样性好象对种群的变化有所影响^[57],但另外一些实验发现多样性和稳定性间的正相关不仅仅是物种(多样性),生态系统功能和稳定性很大程度上与功能多样性有关^[12,15,16](如:禾草,固氮豆科和其它杂草)。上述实验结果证明在一个生态系统中,多样性与生态系统稳定性有正相关趋势。但这种相关关系在种群水平上的稳定性不一定适应。许多实验一直想证明多样性 - 稳定性正效应的驱动力;也许群落水平上的稳定性是依赖于种或功能群对变化条件的不同反应,就象有重要稳定作用的种的功能用途一样。这表明在研究多样性和稳定性之间的关系时,应将种群、群落和生态系统区分开来。

在一定条件下,对生态系统功能来说至少一些最少数量的物种是基本的,在变化的环境条件下,对维持生态系统稳定性来说较多数量的物种可能是基本的,但决定哪一个物种对哪一个生态系统的哪一个过程有显著的影响,可能是生态学家们今后要继续探讨和争论的问题。

3 结语

大尺度上的观测方法与小尺度上的实验方法之间的差异同样产生争议^[15]。已有的实验研究大多是在小尺度的均一生境中开展的短期受控实验,而将这些结果扩展到长的时间尺度和大的空间尺度上是一个很大的挑战^[40,58]。同样,将非生物因素、物种多样性动态和生态系统功能之间的交互关系整合到一个框架中已成为当前所面临的主要挑战^[40]。

营养物质从生态系统中丧失将会损害植物多样性的功能,因为在多样性比较高的生态系统中营养物质的获取或固定同样也比较高^[59]。多样性 - 稳定性决定土壤营养物质循环的稳定性,因此土壤的肥力依靠生物多样性^[7]。

近年来,环境扰动(放牧干扰)、资源(土壤养分)环境因子等非生物因素对物种多样性和生态系统初级生产力的相互影响越来越受到许多生态学家的关注和重视,并且已开展实施相关试验研究。草本植物种的丰富度根据放牧强度和生物量

的大小会增加或减少,即草本植物的丰富度在群落生产力中等时最为合适,而且种的丰富度将随围栏年限的增加而减小^[60]。生物多样性本身不是一个独立变量,其维持受到多种因素的影响^[61]。因此,在今后的研究工作中,生态系统功能除受物种多样性、物种组成及种本身的生物学特征等作用外^[62],应考虑资源供给水平和干扰强度等非生物因素对物种多样性-生态系统功能关系的影响。另外,在注重讲究提高资源利用率的同时,不能一味追求资源的过度开采,因为这会导致生物多样性的丧失,从而影响到生态系统的过程,降低系统的生产力。

参考文献:

- [1] Chapin F S, Walker B H, Hobbs R J, *et al.* Biotic control over the functioning of ecosystems[J]. *Science*, 1997, 277: 500-504.
- [2] Vitousek P M, Mooney H A, Lubchenko J, *et al.* Human domination of Earth's ecosystems[J]. *Science*, 1997, 277: 494-495.
- [3] Sala O E, Lauenroth W K, MaNaughton S J, *et al.* Biodiversity and ecosystem functioning in grasslands[M]. Chichester: U K, 1996. 129-149.
- [4] McCann K S. The diversity-stability debate[J]. *Nature*, 2000, 405: 228-233.
- [5] Grime J P, Brown V K, Thompson K, *et al.* The response of two contrasting limestone grasslands to simulated climate change [J]. *Science*, 2000, 289: 762-765.
- [6] Grime J P. Biodiversity and ecosystem function: the debate deepens[J]. *Science*, 1997, 277: 1260-1261.
- [7] Tilman D, Wedin D, Knops J. Productivity and sustainability influenced by biodiversity in grassland ecosystem[J]. *Nature*, 1996, 379: 718-720.
- [8] Hector A B, Schmid B, Beierkuhnlein M C, *et al.* Plant diversity and productivity experiments in European grassland[J]. *Science*, 1999, 286: 1123-1127.
- [9] Kennedy T, Naeem S, Howe K M, *et al.* Biodiversity as a barrier to ecological invasion[J]. *Nature*, 2002, 417: 636-638.
- [10] Wardle D A. A more reliable design for biodiversity study[J]. *Nature*, 1998, 394: 30.
- [11] Wardle D A. Experimental demonstration that plant diversity reduces invisibility-evidence of a biological mechanism or a consequence of sampling effect[J]. *Oikos*, 2001, 95: 161-170.
- [12] Huston M A. Hidden treatments in ecological experiments: re-evaluating the ecosystem function of biodiversity[J]. *Oecologia*, 1997, 110: 449-460.
- [13] Huston M A, Aarssen L W, Austin M P, *et al.* No consistent effect of plant diversity on productivity [J]. *Science*, 2000, 289: 1255.
- [14] Naeem S, Tompson L J, Lawler S P, *et al.* Declining biodiversity can alter the performance of ecosystem[J]. *Nature*, 1994, 368: 734-737.
- [15] Tilman D, Knops J, Wedin D, *et al.* The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes[J]. *Science*, 1997, 277: 1300-1302.
- [16] Hooper D U, Vitousek P M. The effects of plant composition and diversity on ecosystem processes [J]. *Science*, 1997, 277: 1302-1305.
- [17] Pacala S, Tilman D. The transition from sampling to complementary [A]. Kinzig A, Pacala S, Tilman D, *et al.* The functional consequences of biodiversity: Empirical Progress and Theoretical Extensions [M]. Princeton University Press, Princeton, 2002. 151-166.
- [18] Fridley J D. Resource availability dominates and alters the relationship between species diversity and ecosystem productivity in experimental plant communities[J]. *Oecologia*, 2002, 132: 271-277.
- [19] Fridley J D. Diversity effects on production in different light and fertility environments: an experiment with communities of annual plants[J]. *Journal of Ecology*, 2003, 91: 396-406.
- [20] Huston M A, DeAngelis D L. Competition and coexistence: the effects of resource transport and supply rates[J]. *American Naturalist*, 1994, 144: 954-977.
- [21] MacArthur R H. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability[J]. *Ecology*, 1955, 36: 533-536.
- [22] Elton C S. Ecology of invasions by animals and plants[M]. London: Chapman & Hall, 1958.
- [23] Gardner M R, Ashby W R. Connectance of large dynamic (cybernetic) systems: critical values for stability[J]. *Nature*, 1970, 228: 784-792.

- [24] MaNaughton S J. Diversity and stability of ecological communities: a comment on the role of empiricism in ecology[J]. *American Naturalist*, 1977, 111: 515-525.
- [25] Tilman D, Downing J A. Biodiversity and stability in grassland[J]. *Nature*, 1994, 367: 363-367.
- [26] Briand F. Environmental control of foodweb structure[J]. *Ecology*, 1983, 64: 253-263.
- [27] Hector A, Hooper R. Darwin and the first ecological experiment[J]. *Science*, 2002, 295: 639-640.
- [28] May R M. Will a large complex system be stable[J]. *Nature*, 1972, 238: 413-414.
- [29] May R M. Stability and complexity in model systems[M]. Princeton: Princeton University Press, 1973. 447.
- [30] Yodzis P. The stability of real ecosystems[J]. *Nature*, 1981, 289: 674-676.
- [31] Kaiser J. Rift over biodiversity divides ecologists[J]. *Science*, 2000, 289: 1282-1283.
- [32] 陈灵芝. 中国的生物多样性现状及其保护对策[M]. 北京: 科学出版社, 1993. 1-5.
- [33] 王伯荪, 彭少麟. 植被生态学—群落与生态系统[M]. 北京: 中国环境科学技术出版社, 1997. 1-67.
- [34] 龙春林, 张方玉. 云南紫溪山彝族传统文化对生物多样性的影响[J]. *生物多样性*, 1999, 7(3): 245-249.
- [35] Wilsey B, Potvin C. Biodiversity and ecosystem functioning: importance of species evenness in an old field[J]. *Ecology*, 2000, 81: 887-892.
- [36] 黄建辉, 白永飞, 韩兴国. 物种多样性与生态系统功能: 影响机制及有关假说[J]. *生物多样性*, 2001, 9(1): 1-7.
- [37] 王国宏. 再论生物多样性与生态系统的稳定性[J]. *生物多样性*, 2002, 10(1): 126-134.
- [38] 张全国, 张大勇. 生物多样性与生态系统功能: 进展与争论[J]. *生物多样性*, 2002, 10(1): 49-60.
- [39] 张全国, 张大勇. 生物多样性与生态系统功能: 最新的进展与动向[J]. *生物多样性*, 2003, 11(5): 351-363.
- [40] Loreau M, Naeem S, Inchausti P, *et al.* Biodiversity and ecosystem functioning: current knowledge and future challenges[J]. *Science*, 2001, 294: 804-808.
- [41] Naeem S, Tompson L J, Lawler S P, *et al.* Declining biodiversity can alter the performance of ecosystem[J]. *Nature*, 1994, 368: 734-737.
- [42] Tilman D, Reich P B, Wedin D, *et al.* Diversity and productivity in a long-term grassland experiment[J]. *Science*, 2001, 294: 843-845.
- [43] Downing A L. The role of biological diversity for the functioning and stability of pond ecosystem[M]. Ph. D. Thesis, Department of Ecology and Evolution, Chicago: University of Chicago, 2001.
- [44] Kassen R, Angus B, Graham B, *et al.* Diversity peaks at intermediate productivity in a laboratory microcosm[J]. *Nature*, 2000, 406: 508-511.
- [45] 杨利民, 周广胜, 李建东. 松嫩平原草地群落物种多样性与生产力关系的研究[J]. *植物生态学报*, 2002, 26(5): 589-593.
- [46] 王长庭, 王启基, 龙瑞军, 等. 高寒草甸群落植物多样性和初级生产力沿海拔梯度变化的研究[J]. *植物生态学报*, 2004, 28(2): 240-245.
- [47] Lawton J H. What do species do in ecosystem[J]. *Oikos*, 1994, 71: 367-374.
- [48] Aarssen L W. High productivity in grassland ecosystems: effected by species diversity or productive species[J]. *Oikos*, 1997, 80: 183-184.
- [49] Tilman D, Knops J, Wedin D, *et al.* The influence of functional diversity and composition on ecosystem processes[J]. *Science*, 1997, 277: 1300-1302.
- [50] Bond E M, Chase J M. Biodiversity and ecosystem functioning at local and regional spatial scales[J]. *Ecology Letters*, 2002, 5: 467-470.
- [51] 张全国, 张大勇. 生产力、可靠度与物种多样性: 微宇宙实验研究[J]. *生物多样性*, 2002, 10(2): 135-142.
- [52] 孙儒泳. 动物生态学原理[M]. 第三版. 北京: 北京师范大学出版社, 2001. 360-378.
- [53] 周集中, 马世骏. 生态系统稳定性[A]. 马世骏. 现代生态学透视[C]. 北京: 科学出版社, 1990. 20-25.
- [54] Sennhauser E B. The concept of stability in connection with the gallery forests of the Chaco region[J]. *Vegetation*, 1991, 94: 1-13.
- [55] Pimm S L. The complexity and stability of ecosystems[J]. *Nature*, 1984, 307: 3221-3226.
- [56] Tilman D. The ecological consequences of changes in biodiversity: a search for general principles[J].

- Ecology, 1999, 80: 1455-1474.
- [57] Tilman D. Biodiversity: population versus ecosystem stability[J]. Ecology, 1996, 77:350-363.
- [58] Loreau M, Naeem S, Inchausti P. Biodiversity and Ecosystem Functioning: Synthesis and Perspectives [M]. Oxford:Oxford University Press, 2002.
- [59] Ewel J J, Mazzarino M J, Berish C W. Tropical soil fertility changes under monocultures and successional communities of different structure [J]. Ecological Applications, 1991, (1): 289-302.
- [60] Gufu O, Oler V, Nils C. Relationships between biomass and plant species richness in arid-zone grazing lands [J]. Journal of Applied Ecology, 2001, 38:836-845.
- [61] 张大勇. 理论生态学研究[M]. 北京: 高等教育出版社, 2000. 120-151.
- [62] 王长庭, 龙瑞军, 丁路明. 青藏高原高寒嵩草草甸基本特征的研究[J]. 草业科学, 2004, 21(8): 16-19.

Species diversity, community stability and ecosystem function

—extension of the continuous views

WANG Chang-ting¹, LONG Rui-Jun^{1,2}, DING Lu-ming¹, LAI De-zhen³, LI You-fu³

(1. Northwest Plateau Institute of Biology, CAS, Xining 810008, China; 2. Grassland Science College,

Gansu Agricultural University, Lanzhou 730070, China;

3. Grassland Station of Guoluo Prefecture, Guoluo 875000, China)

Abstract: Before 1970s, ecologists believed that more diverse communities enhanced ecosystem stability, preferring to discuss the relationship between species diversity and ecosystem stability, and in recent twenty years the relationship between biodiversity and ecosystem functioning has become the core of ecological and environmental science. Productivity not only have been influenced by diversity, but also affected by others which influenced productivity. Several key advances have improved for this question and contentious views were extended increasingly. 1) Different spatial scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning have been highlighted. 2) Different temporal scale perspectives on the relationship between biodiversity and ecosystem functioning have been considered. 3) The studies were developed about the interrelation among non-biological factors (grazing perturbation and soil nutrients), species diversity dynamic and ecosystem functioning. 4) It is important to know if the resources were overexploited would lead to biodiversity losing and decreasing productivity of ecosystem.

Key words: species diversity; productivity; stability; ecosystem functioning

北京市启动屋顶绿化景观工程

按照北京市环境建设总体规划的要求,北京将陆续推出 2008 屋顶绿化 100 个景观工程。中华环保基金会屋顶绿化工程组委会秘书长王仙民表示,第一景观工程主要是指对天安门到建国门两侧建筑的屋顶、墙体、阳台及地面绿化相结合的立体绿化工程,通过测算,这一范围可绿化秃屋顶超过 200 万 m²。在北京市内地面绿化接近饱和的今天,北京几千万平方米的秃屋顶就是宝贵的再生资源,可为老百姓改善空气质量、缓解城市热岛,效果是实实在在的。

据介绍,2008 屋顶绿化景观工程是中华环保基金会屋顶绿化工程组委会会同国内外 30 多家园林企业在北京市园林局、北京市园林科学研究所的技术指导下共同打造的,计划在 2008 年北京奥运会时全部完成这 100 个景观工程。据了解,北京市有 6 900 多万 m² 可绿化的屋顶,这些寸草不生的秃屋顶,也是加重城市热岛效应和风沙飘浮不能降解的重要原因。(张淼淼)