

ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

生态学报

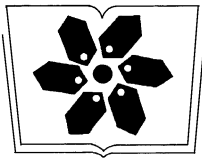
Acta Ecologica Sinica



第32卷 第1期 Vol.32 No.1 **2012**

中国生态学会
中国科学院生态环境研究中心
科学出版社

主办
出版



中国科学院科学出版基金资助出版

生态学报

(SHENGTAI XUEBAO)

第 32 卷 第 1 期

2012 年 1 月 (半月刊)

目 次

| | |
|---|-----------------------------------|
| 局域种群的 Allee 效应和集合种群的同步性 | 刘志广, 赵 雪, 张丰盘, 等 (1) |
| 叶片毛尖对齿肋赤藓结皮凝结水形成及蒸发的影响 | 陶 冶, 张元明 (7) |
| 长江口锋面附近咸淡水混合对浮游植物生长影响的现场培养 | 王 奎, 陈建芳, 李宏亮, 等 (17) |
| 河流流量对流域下垫面特性的响应 | 田 迪, 李叙勇, Donald E. Weller (27) |
| 中国中东部平原亚热带湿润区湖泊营养物生态分区 | 柯新利, 刘 曼, 邓祥征 (38) |
| 基于氮磷比解析太湖苕溪水体营养现状及应对策略 | 聂泽宇, 梁新强, 邢 波, 等 (48) |
| 滇池外海蓝藻水华爆发反演及规律探讨 | 盛 虎, 郭怀成, 刘 慧, 等 (56) |
| 采伐干扰对华北落叶松细根生物量空间异质性的影响 | 杨秀云, 韩有志, 张芸香, 等 (64) |
| 松嫩草原榆树疏林对不同干扰的响应 | 刘 利, 王 赫, 林长存, 等 (74) |
| 天山北坡不同海拔梯度山地草原生态系统地上净初级生产力对气候变化及放牧的响应 | 周德成, 罗格平, 韩其飞, 等 (81) |
| 草原化荒漠草本植物对人工施加磷素的响应 | 苏洁琼, 李新荣, 冯 丽, 等 (93) |
| 自然和人工管理驱动下盐城海滨湿地景观格局演变特征与空间差异 | 张华兵, 刘红玉, 郝敬锋, 等 (101) |
| 晋、陕、宁、蒙柠条锦鸡儿群落物种多样性对放牧干扰和气象因子的响应 | 周 伶, 上官铁梁, 郭东罡, 等 (111) |
| 华南地区 6 种阔叶幼苗叶片形态特征的季节变化 | 薛 立, 张 柔, 奚如春, 等 (123) |
| 河西走廊不同红砂天然群体种子活性相关性 | 苏世平, 李 毅, 种培芳 (135) |
| 江西中南部红壤丘陵区主要造林树种碳固定估算 | 吴 丹, 邵全琴, 李 佳, 等 (142) |
| 酸雨和采食模拟胁迫下克隆整合对空心莲子草生长的影响 | 郭 伟, 李钧敏, 胡正华 (151) |
| 棉铃虫在 4 个辣椒品种上的寄主适合度 | 贾月丽, 程晓东, 蔡永萍, 等 (159) |
| 烟草叶面积指数的高光谱估算模型 | 张正杨, 马新明, 贾方方, 等 (168) |
| 不同作物田烟粉虱发生的时空动态 | 崔洪莹, 戈 峰 (176) |
| 长期施肥对稻田土壤固碳功能菌群落结构和数量的影响 | 袁红朝, 秦红灵, 刘守龙, 等 (183) |
| 新银合欢篱对紫色土坡地土壤有机碳固持的作用 | 郭 甜, 何丙辉, 蒋先军, 等 (190) |
| 一株产漆酶土壤真菌 F-5 的分离及土壤修复潜力 | 茆 婷, 潘 澄, 徐婷婷, 等 (198) |
| 木论喀斯特自然保护区土壤微生物生物量的空间格局 | 刘 璐, 宋同清, 彭晚霞, 等 (207) |
| 岷江干旱河谷 25 种植物一年生植株根系功能性状及相互关系 | 徐 琨, 李芳兰, 苟水燕, 等 (215) |
| 黄土高原草地植被碳密度的空间分布特征 | 程积民, 程 杰, 杨晓梅, 等 (226) |
| 棉铃发育期棉花源库活性对棉铃对位叶氮浓度的响应 | 高相彬, 王友华, 陈兵林, 等 (238) |
| 耕作方式对紫色水稻土有机碳和微生物生物量碳的影响 | 李 辉, 张军科, 江长胜, 等 (247) |
| 外源钙对黑藻抗镉胁迫能力的影响 | 闵海丽, 蔡三娟, 徐勤松, 等 (256) |
| 强筋与弱筋小麦籽粒蛋白质组分与加工品质对灌浆期弱光的响应 | 李文阳, 闫素辉, 王振林 (265) |
| 专论与综述 | |
| 蛋白质组学研究揭示的植物根盐胁迫响应机制 | 赵 琪, 戴绍军 (274) |
| 流域生态风险评估研究进展 | 许 妍, 高俊峰, 赵家虎, 等 (284) |
| 土壤和沉积物中黑碳的环境行为及效应研究进展 | 汪 青 (293) |
| 研究简报 | |
| 青藏高原紫穗槐主要形态特征变异分析 | 梁坤伦, 姜文清, 周志宇, 等 (311) |
| 菊属与蒿属植物苗期抗蚜虫性鉴定 | 孙 娅, 管志勇, 陈素梅, 等 (319) |
| 滨海泥质盐碱地衬膜造林技术 | 景 峰, 朱金兆, 张学培, 等 (326) |

期刊基本参数: CN 11-2031/Q * 1981 * m * 16 * 332 * zh * P * ¥ 70.00 * 1510 * 36 * 2012-01



封面图说: 白鹭展翅为梳妆, 玉树临风巧打扮——这是大白鹭繁殖期时的美丽体态。大白鹭体羽全白, 身长 94—104cm, 寿命 20 多年。是白鹭中体型最大的。繁殖期的大白鹭常常在湿地附近的大树上筑巢, 翩翩飞舞吸引异性, 其繁殖期背部披有蓑羽, 脸颊皮肤从黄色变成兰绿色, 嘴由黄色变成绿黑色。大白鹭是一个全世界都有它踪迹的广布种, 一般单独或成小群, 在湿地觅食, 以小鱼、虾、软体动物、甲壳动物、水生昆虫为主, 也食蛙、蝌蚪等。

彩图提供: 陈建伟教授 国家林业局 E-mail: cites.chenjw@163.com

DOI: 10.5846/stxb201011081600

刘志广^{1,*}, 赵雪², 张丰盘¹, 陈爱敏¹. 局域种群的 Allee 效应和集合种群的同步性. 生态学报, 2012, 32(1): 0001-0006.

Liu Z G, Zhao X, Zhang F P, Chen A M. Allee effects of local populations and the synchrony of metapopulation. Acta Ecologica Sinica, 2012, 32(1): 0001-0006.

局域种群的 Allee 效应和集合种群的同步性

刘志广^{1,*}, 赵雪², 张丰盘¹, 陈爱敏¹

(1. 河南大学 数学与信息科学学院 应用数学研究所, 开封 475004; 2. 河南大学 医学院, 开封 475004)

摘要:从包含 Allee 效应的局域种群出发,建立了耦合映像格子模型,即集合种群模型。通过分析和计算机模拟表明:(1)当局域种群受到 Allee 效应强度较大时,集合种群同步灭绝;(2)而当 Allee 效应强度相对较弱时,通过稳定局域种群动态(减少混沌)使得集合种群发生同步波动,而这种同步波动能够增加集合种群的灭绝风险;(3)斑块间的连接程度对集合种群同步波动的发生有很大的影响,适当的破碎化有利于集合种群的续存。全局迁移和 Allee 效应结合起来增加了集合种群同步波动的可能,从而增加集合种群的灭绝风险。这些结果对理解同步性的机理、利用同步机理来制定物种保护策略和害虫防治都有重要的意义。

关键词:Allee 效应; 迁移; 完全同步; 耦合映像格子模型

Allee effects of local populations and the synchrony of metapopulation

LIU Zhiguang^{1,*}, ZHAO Xue², ZHANG Fengpan¹, CHEN Aimin¹

1 Institute of Applied Mathematics, School of Mathematics and Information Sciences, Henan University, Kaifeng 475004, China

2 Medical college of Henan University, Kaifeng 475004, China

Abstract: A metapopulation describes a system of many small and extinction-prone fragmented local populations that are connected via migration. Spatial synchrony of oscillating populations has been observed in many ecological systems, and identifying its causes has attracted the interest of ecologists. Theory has shown that spatially autocorrelated environmental noise, dispersal, and trophic interactions are capable of producing spatial synchrony. Synchrony of a metapopulation has been shown to be detrimental to its persistence because all local populations may go extinct simultaneously.

Allee effects at the local population level and Allee-like effects at the metapopulation level are important topics in ecology and conservation. Allee effects result in the existence of a threshold density below which the population goes extinct. At low density, fecundity may decrease while mortality may increase because of a range of factors including difficulties in finding mates, social dysfunction and inbreeding depression. These demographic changes lead to negative population growth rates and ultimately extinction. Many studies have demonstrated the potential importance of Allee effects for the dynamics of small populations, range expansion, community composition and biological invasion. It is widely accepted that Allee effects may increase the extinction risk of low density populations. However, insufficient attention has been paid to the relationship between metapopulation synchrony and Allee effects within local populations. By incorporating detailed information on dispersal strategy in a heterogeneous landscape, we were able to address the following questions: (1) how do Allee effects affect the synchrony of metapopulations? (2) Does the impact of the Allee effect depend on the dispersal strategy?

In this paper, we begin by assuming that local populations experience Allee effects and construct a coupled map lattice

基金项目:河南省教育厅基金项目(2011A180003); 河南大学基金项目(2009YBZR027); 国家自然科学基金项目(11105040)

收稿日期:2010-11-08; **修订日期:**2011-08-01

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: liuzhiguang@henu.edu.cn

model of connected local populations, i. e. a metapopulation model. A stability criterion for synchrony involving the Lyapunov number of the local population system, the frequency of dispersal and the network configuration matrix was obtained by Earn et al. We extend these ideas to the situation of a metapopulation comprising local populations subject to Allee effects. Using analysis and simulations, the results suggest that when the intensity of the Allee effect on local populations is strong, the metapopulation goes extinct; (2) when the intensity of the Allee effect on local populations is relatively weak, the local populations fluctuate in synchrony. In this latter case, the metapopulation persists, but the synchronous fluctuations of the local populations cause it to be more susceptible to environmental and demographic stochasticity, which increases metapopulation extinction risk; (3) the connectivity of the network has an important effect on metapopulation synchrony, and fragmented habitat is beneficial for metapopulation survival. Global migration combined with Allee effects increases the possibility of synchronous oscillation, and therefore enhances extinction risk of the metapopulation. As a result, when local populations are subject to Allee effects, the metapopulation quickly goes extinct or has a relatively high extinction risk. Allee effects have a deleterious effect on metapopulation persistence. These results may play an important role in understanding the mechanism underlying population synchrony as well as in developing conservation management plans and controlling the abundance of pest species.

Key Words: Allee effect; migration; coherent; coupled map lattices

Allee 效应^[1]引起了近乎生态学各个方面的关注。如果一个局域种群受到 Allee 效应的影响,即种群的数量低于一定值时,由于寻找配偶的困难,社会性功能异常(例如保护幼体,觅食,警戒分工等),近交衰退等原因导致种群增长率减小甚至出现负增长(对应弱 Allee 效应和强 Allee 效应),以致最终走向灭绝。这方面的理论探讨和实验观测一直都是种群生态学研究热点之一^[2-3]。

同时,随着人们对空间在生态学研究重要性的认识,生态学家正在尝试把 Allee 效应这一生态现象的研究拓展到更广的空间尺度上去。集合种群是由大量在空间呈斑块状离散分布的具有灭绝风险的小局域种群通过迁移连接而成的。周淑荣和王刚^[3]从局域种群出发,建立一个既包含局域种群动态,又包含集合种群侵占率的模型,利用计算机模拟研究发现当局域种群受 Allee 效应影响时,出现了一个占据斑块的阈值,低于这个值时,集合种群将灭绝。这个阈值与局域种群 Allee 效应强度、单位迁移率、迁移死亡率和占据斑块的初始种群大小都有关系。此现象也就是被 Amarasekare 称为的集合种群似 Allee 效应^[4]。也就是说,局域种群的 Allee 效应也会影响到集合种群的续存,当初始占有斑块较少时,这种影响是非常严重的,会导致灭绝的出现。那么如果初始占据斑块比例较大时,集合种群的续存情况又会如何呢?

集合种群的同步性与集合种群的续存是密切相关的。Hanski^[5]强调典型的集合种群要求各个局域种群的动态不能完全同步。完全同步不利于集合种群的续存,因为它在大的全局干扰的情况下可能导致入侵新斑块是不可能的。Allen 等人^[6]的研究表明混沌波动减少了斑块间同步的程度,从而减少了灭绝风险。Heino 等人^[7]也注意到续存更多是和非同步相关。在实验方面也有类似的结论出现^[8]。其中,Earn 等人^[9]建立了更加准确的联系,斑块间的同步程度和集合种群的续存是正相关的,且利用通过迁移耦合的简单动态系统(Logistic 映射),分析了迁移率和最大增长率与集合种群同步性的关系,得到了单物种集合种群同步的重要判别条件。因此,受 Allee 效应影响的局域种群所组成的集合种群同步性的研究对研究集合种群的续存很有帮助。

本研究将从受 Allee 效应影响的局域种群出发,建立一个通过不同迁移方式耦合起来的单物种集合种群模型,从而考察 Allee 效应对集合种群同步性的影响,并讨论集合种群的续存。

1 模型

本研究采用耦合了弱 Allee 效应的 Logistic 模型:

$$x_{t+1} = f(x_t) = rx_t(1 - x_t) \frac{x_t}{a + x_t}$$

式中, x_t 表示种群在 t 时刻的密度, r 表示繁殖率, 项 $\frac{x_t}{a + x_t}$ 表示弱 Allee 效应^[2], a 表示 Allee 效应强度, a 值越大表示局域种群受到越强的 Allee 效应的影响。

与 Earn 等人^[9]相同, 本研究利用耦合印象格子模型, 考虑一维的 N 个斑块组成的格子, 且采用周期边界。格子上物种的迁移通常由两个因素决定: 迁移个体数目和个体在空间中的迁移距离。在理论生态学的研究中, 迁移个体数目通常可有两种类型: 非密度依赖和密度依赖的迁移模式。而个体在空间中的迁移距离可分为局域和全局的迁移状态。为了便于分析, 本研究采用非密度依赖的迁移方式(即常数比例的迁移), 且假设没有迁移死亡发生。在格子上考虑两种简单的迁移状态: 全局迁移和最近临体迁移, 其它现实的迁移状态介于这两种极端情况中间。假设每个斑块上种群先繁殖然后迁移, 因此迁移后斑块 i 上种群在时间 $t + 1$ 的数量为:

$$x_{i,t+1} = \sum_{k=1}^N m_{ik} f(x_{k,t}) \quad i = 1, \dots, N$$

式中, m_{ik} 表示从斑块 k 迁移到斑块 i 的个体的比例, N 表示斑块数, $M = (m_{ik})$ 是迁移矩阵。对于全局迁移, 即每个斑块上有比例为 m 的个体平均迁移到其它 $N - 1$ 个斑块上, 则迁移矩阵为: $m_{i,k} = \begin{cases} m/(N-1), & i \neq k \\ 1 - m, & i = k \end{cases}$ 。

对于最近临体迁移, 即每个斑块上有 $m/2$ 迁移到两个最近的斑块, 故迁移矩阵为:

$$M = \begin{pmatrix} 1 - m & m/2 & 0 & \cdots & m/2 \\ m/2 & 1 - m & m/2 & \cdots & 0 \\ 0 & m/2 & 1 - m & \cdots & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ m/2 & 0 & 0 & \vdots & 1 - m \end{pmatrix}_{N \times N}$$

2 同步性判据

对于同步的定义有很多, 这里采用完全同步, 即各个斑块上的种群动态完全相同。Earn 等人^[9]分析了 Logistic 的集合种群模型后得到了完全同步性的判据。运用他们的结果, 并且结合本研究的情况, 很容易得到本研究情况的同步性判据如下:

- 1) 如 $e^\mu |\lambda| < 1$, 完全同步性是可能的(动力学上对应于局域稳定的同步解)。
- 2) 如 $e^\mu |\lambda| > 1$, 完全同步性是不可能的(动力学上对应于不稳定的同步解)。
- 3) 如 $r_{\max} |\lambda| < 1$, 完全同步性是不可避免的(动力学上对应于全局稳定的同步解)。

其中, λ 是迁移矩阵的次主值特征根(即模第二大的特征根), 对于全局迁移 $\lambda = 1 - [N/(N-1)]m$, 而对于最近临体迁移 $\lambda = 1 - [1 - \cos(2\pi/N)]m$ 。 μ 是单斑块动态的最大 Lyapunov 指数, $\mu = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} \log |f'(x_t)|$ 。

$$\frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} \log |f'(x_t)| = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=0}^{T-1} \log \left| \frac{(x_t + a)(2rx_t^2 - 3rx_t^3) - rx_t^2 + rx_t^3}{(x_t + a)^2} \right|。$$

r_{\max} 是单斑块内的最大繁殖率, $r_{\max} = \sup_x |f'(x)| = \frac{r}{1+a}$ 。

3 结果

为了更清楚的理解 Allee 效应对局域种群稳定性的影响, 利用分岔图进行分析。图 1 把局域种群的动态分岔图与集合种群出现同步波动可能性的参数区域图叠加在一起, 以便对照分析。图 1a, b 中 $a = 0$ 是没有 Allee 效应的情况, 即 Earn 等人所研究的情况。为了方便与具有 Allee 效应的情况比较, 集中在 $2 < r < 4$ 的情形。图 1 c, d 是具有 Allee 效应的情形, Allee 效应强度 $a = 0.05$ 。很容易看到, Allee 效应具有稳定局域种群动态的作用, 很弱强度的 Allee 效应($a = 0.05$)就使得混沌发生的参数区域大幅的较少(对照图 1a 与 c 或 b

与 d 中的分岔图),这一点与以往的研究是一致的。

具有 Allee 效应的集合种群,全局的迁移模式(图 1c)比最近临体的迁移模式(图 1d)更容易让集合种群产生同步性波动,这与没有 Allee 效应时的结果(对比图 1 中 a 与 b)一致。此外,在两种迁移模式下都发现了 Allee 效应减少了非同步性的参数区域(黑色区域),相应的可能出现同步波动的参数区域增加了(灰色区域),因此 Allee 效应加强了集合种群同步性的可能。同步性出现的可能性与局域种群动态是密切相关的,稳定和周期波动的种群比较容易出现同步性波动,而混沌的种群动态不易出现同步性波动^[6],这从分岔图与参数域的对照很容易发现。从这个角度来看,Allee 效应正是通过稳定局域种群动态来减少集合种群非同步的可能性的,也支持了使得局域种群稳定的生态因子也是集合种群同步因子的观点。

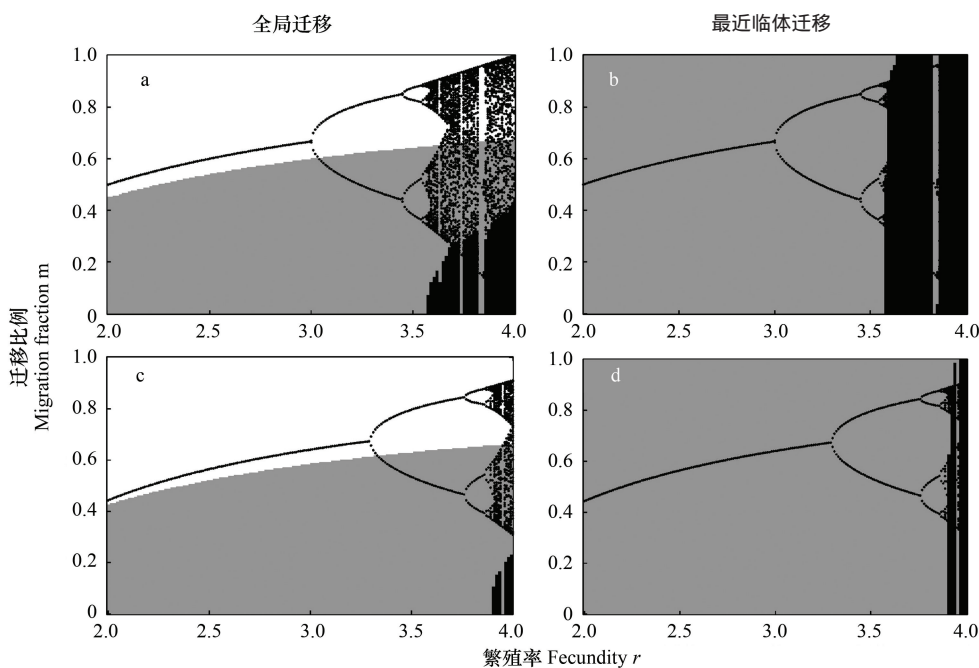


图 1 简单集合种群模型同步波动的可能性,以繁殖率 r 和迁移率 m 为函数,并且叠加了局域种群的分岔图

Fig. 1 Possibility of coherence in a simple metapopulation model as functions of fecundity (r) and the migration fraction (m), the graphs are superimposed on the bifurcation diagram of local population dynamics

白色表示同步波动不可避免,灰色表示同步波动可能发生,黑色表示非同步波动;参数: $N = 10$,图 a 和 b 不受 Allee 效应影响 $a = 0$,图 c 和 d Allee 效应强度 $a = 0.05$

为了研究不同强度 Allee 效应对集合种群同步性的影响,把其它参数固定,让 a 变化。因为非同步的局域种群动态有利于集合种群的续存,故重点关心非同步波动发生的比例随 Allee 效应强度的变化情况。这里,非同步波动发生比例的值等于非同步波动发生的参数区域面积除以所讨论的整个参数区域面积(如当 $a = 0.05$,全局迁移时,即图 1c 的情形,此时,非同步波动比例等于图中黑色区域面积除以整个参数区域面积)。非同步波动发生比例与 Allee 效应强度 a 的关系如图 2。8 可见,随着 Allee 效应强度的增加,非同步波动发生的比例越来越低。全局迁移比最近临体迁移具有更低

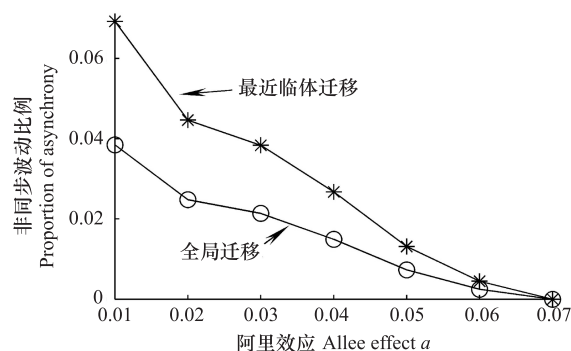


图 2 非同步波动发生的比例作为 Allee 效应强度 a 的函数

Fig. 2 Proportion of asynchrony as Allee effect intensity a ($N = 10$)

全局迁移比最近临体迁移更容易同步。

同时,通过局域种群动态图(图3; $r=3.5$, $m=0.4$),可以看到全局耦合下,较大强度的 Allee 效应导致各个局域种群同步灭绝,而在强度较小时,各个局域种群发生周期和平衡态的同步波动。

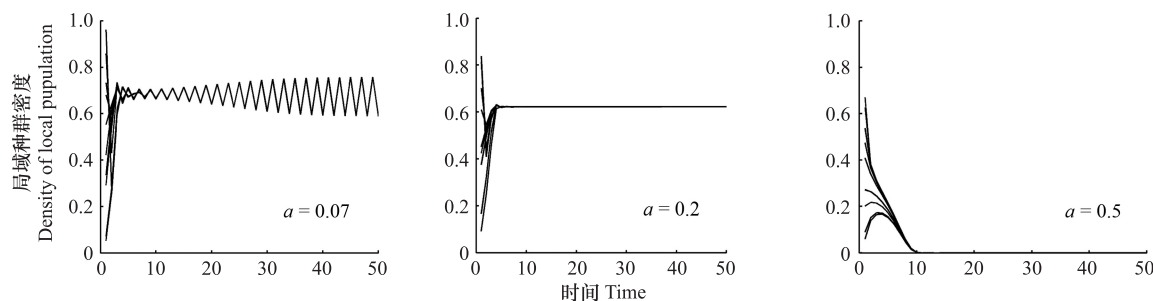


图3:全局耦合下不同 Allee 效应强度的各个局域种群密度的动态

Fig.3 Density of local population of different Allee effect intensity under equal coupling

$N=10$, $r=3.5$, $m=0.4$

3 结论与讨论

本研究利用前人的理论^[4],拓展得到了适合本研究情况的完全同步的判据。据此,分析了 Allee 效应对集合种群同步性的影响。研究发现:一方面,Allee 效应正是通过减少局域种群混沌动态从而加强了集合种群的同步性。非同步的波动被认为有利于集合种群续存。随着 Allee 效应强度的增强,这种非同步发生的可能性越来越小,故 Allee 效应不利于集合种群续存。另一方面,局域种群经历很强的 Allee 效应时,此时集合种群同步灭绝,这与周淑荣和王刚^[3]得到的结论一致。进一步,局域种群经历相对较弱的 Allee 效应时,各个局域种群的动态很容易发生同步性波动。集合种群虽然没有灭绝,但是这种同步性的波动使得集合种群更容易受到环境随机性(如“灾害年”)和统计随机性的影响,从而增加它的灭绝风险。因此,局域种群受到 Allee 效应时,集合种群要么同步灭绝,要么具有高的灭绝风险。总之,对集合种群的续存不利。

迁移在集合种群生物学中具有重要意义。当迁移可以增加个体适合度的时候,个体便可以迁移。促使迁移发生的因素很多,如避免近交衰退^[10]、避免近亲竞争^[11]、高密度下资源竞争和低密度下同种之间的相互吸引^[12]等等。在集合种群中,迁移通过增加“救援效应”来提高集合种群的续存^[9]。然而,从研究结果中很容易看到,高的迁移率和长距离的迁移很容易使得集合种群发生同步波动,不利于集合种群的续存。迁移矩阵实际上反映了各个生境斑块间的连接情况,连接程度越好也越容易发生同步波动,对集合种群的续存产生威胁。这些结果对濒危物种保护具有指导意义,如在保护区的保护廊道建设时应该适当减少斑块间的连接程度来减少同步波动发生的可能性,适当的破碎化是有利于物种保护的。高的迁移率和长距离的迁移都是同步因素,因为他们都增加了斑块间连接的程度^[9],然而迁移死亡和景观动态都是破坏同步的因素^[13],资源利用上的异质性或环境噪音也都可以减少同步性^[14]。对于物种保护,同步性是可怕的,但对于有害的种群,则可以制定措施增加同步性从而增加它的灭绝风险,如害虫的防治以及人类传染病的消除^[9]。

在过去十多年间,分析局域种群动态同步波动的原因及对集合种群续存的影响受到了很多的关注^[15]。空间相关的环境变化(即 Moran 效应)和迁移被认为是单种群系统空间同步性的两个主要原因。本研究重点分析了迁移,而 Moran 效应对具有 Allee 效用的集合种群的影响也值得关注。此外,越来越多的研究表明对于单种群同步性的理论不能直接推广到多种群的集合群落^[16]。

References:

- [1] Allee W C. Animal Aggregations: A study in General Sociology. Chicago: University of Chicago Press, 1931.
- [2] Wang G, Liang X G, Wang F Z. The competitive dynamics of populations subject to an Allee effect. Ecological Modelling, 1999, 124(2/3): 183-

192.

- [3] Zhou S R, Wang G. Allee-like effects in metapopulation dynamics. *Mathematical Biosciences* 2004, 189(1): 103-113.
- [4] Amarasekare P. Allee effects in metapopulation dynamics. *The American Naturalist*, 1998, 152(2): 298-302.
- [5] Hanski I. *Metapopulation Ecology*. Oxford: Oxford University Press, 1999.
- [6] Allen J C, Schaffer W M, Rosko D. Chaos reduces species extinction by amplifying local population noise. *Nature*, 1993, 364(6434): 229-232.
- [7] Heino M, Kaitala V, Ranta E, Lindstrom J. Synchronous dynamics and rates of extinction in spatially structured populations. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 1997, 264(1381): 481-486.
- [8] Johst K, Schöps K. Persistence and conservation of a consumer-resource metapopulation with local overexploitation of resources. *Biological Conservation*, 2003, 109(1): 57-65.
- [9] Earn D J D, Levin S A, Rohani P. Coherence and conservation. *Science*, 2000, 290(5495): 1360-1364.
- [10] Pusey A E. Sex-biased dispersal and inbreeding avoidance in birds and mammals. *Trends in Ecology and Evolution*, 1987, 2(10): 295-299.
- [11] Hamilton W D, May R M. Dispersal in stable habitats. *Nature*, 1977, 269(5629): 578-581.
- [12] Ylikarjula J, Alaja S, Lasko J, Tesar D. Effects of patch number and dispersal patterns on population dynamics and synchrony. *Journal of Theoretical Biology*, 2000, 207(3): 377-387.
- [13] Münkemüller T, Johst K. How does intraspecific density regulation influence metapopulation synchrony and persistence? *Journal of Theoretical Biology*, 2007, 245(3): 553-563.
- [14] Liu Z G, Gao M, Zhang F P, Li Z Z. Synchrony of spatial populations induced by colored environmental noise and dispersal. *Biosystems*, 2009, 98(2): 115-121.
- [15] Liebhold A, Koenig W D, Bjørnstad O N. Spatial synchrony in population dynamics. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics*, 2004, 35: 467-490.
- [16] Koelle K, Vandermeer J. Dispersal-induced desynchronization: from metapopulations to metacommunities. *Ecology Letters*, 2005, 8(2): 167-175.

ACTA ECOLOGICA SINICA Vol.32 ,No.1 January ,2012(Semimonthly)

CONTENTS

| | |
|--|--|
| Allee effects of local populations and the synchrony of metapopulation | LIU Zhiguang, ZHAO Xue, ZHANG Fengpan, et al (1) |
| Effects of leaf hair points on dew deposition and rainfall evaporation rates in moss crusts dominated by <i>Syntrichia caninervis</i> , Gurbantunggut Desert, northwestern China | TAO Ye, ZHANG Yuanming (7) |
| The influence of freshwater-saline water mixing on phytoplankton growth in Changjiang Estuary | WANG Kui, CHEN Jianfang, LI Hongliang, et al (17) |
| The responses of hydrological indicators to watershed characteristics | TIAN Di, LI Xuyong, Donald E. Weller (27) |
| Lake nutrient ecosystems in the east-central moist subtropical plain of China | KE Xinli, LIU Man, DENG Xiangzheng (38) |
| The current water trophic status in Tiaoxi River of Taihu Lake watershed and corresponding coping strategy based on N/P ratio analysis | NIE Zeyu, LIANG Xinqiang, XING Bo, et al (48) |
| Reversion and analysis on cyanobacteria bloom in Waihai of Lake Dianchi | SHENG Hu, GUO Huaicheng, LIU Hui, et al (56) |
| Effects of cutting disturbance on spatial heterogeneity of fine root biomass of <i>Larix principis-rupprechtii</i> | YANG Xiuyun, HAN Youzhi, ZHANG Yunxiang, et al (64) |
| Responses of elm (<i>Ulmus pumila</i>) woodland to different disturbances in northeastern China | LIU Li, WANG He, LIN Changcun, et al (74) |
| Impacts of grazing and climate change on the aboveground net primary productivity of mountainous grassland ecosystems along altitudinal gradients over the Northern Tianshan Mountains, China | ZHOU Decheng, LUO Geping, HAN Qifei, et al (81) |
| Response of herbaceous vegetation to phosphorus fertilizer in steppe desert | SU Jieqiong, LI Xinrong, FENG Li, et al (93) |
| Spatiotemporal characteristics of landscape change in the coastal wetlands of Yancheng caused by natural processes and human activities | ZHANG Huabing, LIU Hongyu, HAO Jingfeng, et al (101) |
| Response of species diversity in <i>Caragana Korshinskii</i> communities to climate factors and grazing disturbance in Shanxi, Shaanxi, Ningxia and Inner Mongolia | ZHOU Ling, SHANGGUAN Tieliang, GUO Donggang, et al (111) |
| Seasonal change of leaf morphological traits of six broadleaf seedlings in South China | XUE Li, ZHANG Rou, XI Ruchun, GUO Shuhong, et al (123) |
| Correlation analysis on <i>Reaumuria soongorica</i> seed traits of different natural populations in Gansu Corridor | SU Shiping, LI Yi, CHONG Peifang (135) |
| Carbon fixation estimation for the main plantation forest species in the red soil hilly region of southern-central Jiangxi Province, China | WU Dan, SHAO Quanqin, LI Jia, et al (142) |
| Effects of clonal integration on growth of <i>Alternanthera philoxeroides</i> under simulated acid rain and herbivory | GUO Wei, LI Junmin, HU Zhenghua (151) |
| Difference of the fitness of <i>Helicoverpa armigera</i> (Hübner) fed with different pepper varieties | JIA Yueli, CHENG Xiaodong, CAI Yongping, et al (159) |
| Hyperspectral estimating models of tobacco leaf area index | ZHANG Zhengyang, MA Xinming, JIA Fangfang, et al (168) |
| Temporal and spatial distribution of <i>Bemisia tabaci</i> on different host plants | CUI Hongying, GE Feng (176) |
| Abundance and composition of CO ₂ fixating bacteria in relation to long-term fertilization of paddy soils | YUAN Hongzhao, QIN Hongling, LIU Shoulong, et al (183) |
| Effect of <i>Leucaena leucocephala</i> on soil organic carbon conservation on slope in the purple soil area | GUO Tian, HE Binghui, JIANG Xianjun, et al (190) |
| Isolation and the remediation potential of a Laccase-producing Soil Fungus F-5 | MAO Ting, PAN Cheng, XU Tingting, et al (198) |
| Spatial heterogeneity of soil microbial biomass in Mulun National Nature Reserve in Karst area | LIU Lu, SONG Tongqing, PENG Wanxia, et al (207) |
| Root functional traits and trade-offs in one-year-old plants of 25 species from the arid valley of Minjiang River | XU Kun, LI Fanglan, GOU Shuiyan, et al (215) |
| Spatial distribution of carbon density in grassland vegetation of the Loess Plateau of China | CHENG Jimin, CHENG Jie, YANG Xiaomei, et al (226) |
| Effect of nitrogen concentration in the subtending leaves of cotton bolls on the strength of source and sink during boll development | GAO Xiangbin, WANG Youhua, CHEN Binglin, et al (238) |
| Long-term tillage effects on soil organic carbon and microbial biomass carbon in a purple paddy soil | LI Hui, ZHANG Junke, JIANG Changsheng, et al (247) |
| Effects of exogenous calcium on resistance of <i>Hydrilla verticillata</i> (L. f.) Royle to cadmium stress | MIN Haili, CAI Sanjuan, XU Qinsong, et al (256) |
| Comparison of grain protein components and processing quality in responses to dim light during grain filling between strong and weak gluten wheat cultivars | LI Wenyang, YAN Suhui, WANG Zhenlin (265) |
| Review and Monograph | |
| Salt-responsive mechanisms in the plant root revealed by proteomic analyses | ZHAO Qi, DAI Shaojun (274) |
| The research progress and prospect of watershed ecological risk assessment | XU Yan, GAO Junfeng, ZHAO Jiahu, et al (284) |
| A review of the environmental behavior and effects of black carbon in soils and sediments | WANG Qing (293) |
| Scientific Note | |
| Variation in main morphological characteristics of <i>Amorpha fruticosa</i> plants in the Qinghai-Tibet Plateau | LIANG Kunlun, JIANG Wenqing, ZHOU Zhiyu, et al (311) |
| Identification of aphid resistance in eleven species from <i>Dendranthema</i> and <i>Artemisia</i> at seedling stage | SUN Ya, GUAN Zhiyong, CHEN Sumei, et al (319) |
| Research of padded film for afforestation in coastal argillaceous saline-alkali land | JING Feng, ZHU Jinzhao, ZHANG Xuepei, et al (326) |

《生态学报》2012 年征订启事

《生态学报》是中国生态学学会主办的自然科学高级学术期刊,创刊于 1981 年。主要报道生态学研究原始创新性科研成果,特别欢迎能反映现代生态学发展方向的优秀综述性文章;研究简报;生态学新理论、新方法、新技术介绍;新书评介和学术、科研动态及开放实验室介绍等。

《生态学报》为半月刊,大 16 开本,280 页,国内定价 70 元/册,全年定价 1680 元。

国内邮发代号:82-7 国外邮发代号:M670 标准刊号:ISSN 1000-0933 CN 11-2031/Q

全国各地邮局均可订阅,也可直接与编辑部联系购买。欢迎广大科技工作者、科研单位、高等院校、图书馆等订阅。

通讯地址:100085 北京海淀区双清路 18 号 电 话:(010)62941099; 62843362

E-mail: shengtaixuebao@rcees.ac.cn 网 址: www.ecologica.cn

编辑部主任 孔红梅 执行编辑 刘天星 段 靖

生 态 学 报
(SHENGTAI XUEBAO)
(半月刊 1981 年 3 月创刊)
第 32 卷 第 1 期 (2012 年 1 月)

ACTA ECOLOGICA SINICA
(Semimonthly, Started in 1981)
Vol. 32 No. 1 2012

| | | | |
|---------------|--|-----------------|---|
| 编 辑 | 《生态学报》编辑部 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 电话:(010)62941099 www.ecologica.cn shengtaixuebao@rcees.ac.cn | Edited by | Editorial board of ACTA ECOLOGICA SINICA Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China Tel:(010)62941099 www.ecologica.cn Shengtaixuebao@rcees.ac.cn |
| 主 编 | 冯宗炜 | Editor-in-chief | FENG Zong-Wei |
| 主 管 | 中国科学技术协会 | Supervised by | China Association for Science and Technology |
| 主 办 | 中国生态学学会 中国科学院生态环境研究中心 地址:北京海淀区双清路 18 号 邮政编码:100085 | Sponsored by | Ecological Society of China Research Center for Eco-environmental Sciences, CAS Add:18, Shuangqing Street, Haidian, Beijing 100085, China |
| 出 版 | 科 学 出 版 社 地址:北京东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 | Published by | Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China |
| 印 刷 | 北京北林印刷厂 | Printed by | Beijing Bei Lin Printing House, Beijing 100083, China |
| 发 行 | 科 学 出 版 社 地址:东黄城根北街 16 号 邮政编码:100717 电话:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net | Distributed by | Science Press Add:16 Donghuangchenggen North Street, Beijing 100717, China Tel:(010)64034563 E-mail:journal@cspg.net |
| 订 购 | 全国各地邮局 | Domestic | All Local Post Offices in China |
| 国外发行 | 中国国际图书贸易总公司 地址:北京 399 信箱 邮政编码:100044 | Foreign | China International Book Trading Corporation Add:P. O. Box 399 Beijing 100044, China |
| 广告经营 许 可 证 | 京海工商广字第 8013 号 | | |



ISSN 1000-0933
CN 11-2031/Q

国内外公开发行

国内邮发代号 82-7

国外发行代号 M670

定价 70.00 元