



昆虫生态学试验设计中时空转换的技巧*

刘军和^{1**} 赵紫华^{2***}

(1. 黄淮学院生物与食品工程学院, 驻马店 463000; 2. 中国农业大学植物保护学院昆虫学系, 北京 100193)

摘 要 时空转换最初是研究植物群落演替的方法, 目前作为一种理论推断在社会科学、地理信息和地质分析等领域应用, 在昆虫生态学中的应用很少, 本文介绍了空间换取时间与时间换取空间两种方法, 能够巧妙地缩短很多昆虫生态学的试验时间, 或增加研究范围内的样本数, 在大尺度景观研究昆虫迁移、预测预报、栖境恢复等方面具有重要意义。这种时空转换的技巧在昆虫生态学的研究的有广阔的应用前景。

关键词 时空转换, 空间换取时间, 时间换取空间

Conversion of time and space in insect ecology

LIU Jun-He^{1**} ZHAO Zi-Hua^{2***}

(1. Department of Biological Engineering of Huanghuai University, Zhumadian 463000, China;

2. Department of Entomology, College of Plant Protection, China Agricultural University, Beijing 100193, China)

Abstract Conversion of time and space is a method used in studying the evolution of plant communities and is also a theory used in the social sciences and geological analysis. It is, however, rarely applied in insect ecology. This paper introduces both space-for time substitution and time-for-space substitution. These two processes can greatly reduce the time of experiments thereby allowing more sampling. They consequently are of great benefit for research on insect migration, outbreak prediction, and landscape scale habitat restoration. Conversion of time and space has a promising future and can be applied widely in insect ecology.

Key words conversion of time and space, space-for-time substitution, time-for-space substitution

近年来, 时空转换作为一种理论推断在社会科学、地理信息和地质分析等领域应用, 1983年 Jackson 基于蒸散日际变化与太阳辐射度变化相似的假设, 建立了尺度转化模型。Sugita 和 Brutsaert 认为蒸发比以 1 d 为一常数, 建立了基于蒸发比的尺度转换模型 (Zhang and Lemeur, 1995)。Allen 等 (1998, 2007) 通过分析作物系数在日内变化规律, 提出了基于作物系数的蒸散尺度转换方法。熊隽等 (2008) 利用冠层阻力日变化特性进行了 ET 时间尺度扩展。基于时间尺度, 通过参考作物蒸散量估算作物实际蒸散,

获得点上蒸散数据; 利用遥感数据和地理信息系统建立更为精确的空间插值方法, 从而获得大尺度作物蒸散空间分布结果。黄焱等 (2013) 以精确的点尺度作物蒸散模型为基础, 结合遥感数据、数字高程模型和 GIS 技术建立新颖的空间插值方法, 从而实现作物蒸散的空间尺度转换; 通过建立精确的基于遥感数据的作物系数模型, 利用基于作物系数的时间尺度转换方法, 实现作物蒸散时间尺度扩展; 基于上述时空尺度转换方法, 建立综合性的, 面向业务化运行的系统作物蒸散模型。曹银贵等 (2006) 采用土地利用类型

*资助项目 Supported projects: 国家自然科学基金重点项目 (31030012); 河南自然科学基金 (132102110021, 142300410007)

**第一作者 First author, E-mail: liujunhe79@126.com

***通讯作者 Corresponding author, E-mail: zhzhao@cau.edu.cn

收稿日期 Received: 2016-02-26, 接受日期 Accepted: 2016-05-10

的总变化率、年变化率揭示了矿区土地利用类型转换的过程,突出了土地利用类型之间的时空演变规律,并反映了矿区土地利用类型转换迅速、损毁剧烈的特点。

随着研究技术和水平的不断提高,昆虫生态学逐步发展为宏观大尺度下的研究,这也是目前昆虫生态学重要的发展方向之一(戈峰, 2004; Wu *et al.*, 2008)。尺度包括空间尺度与时间尺度,这种大尺度的试验研究带来了一个非常关键的问题,试验的重复和样本很少,甚至对照的设置都非常困难(沈泽昊, 2004)。很多景观上的试验无法设置重复,这导致了大尺度下的生态学试验的可重复性很低,甚至很多的景观试验设计中并没有重复,或者只是假重复(牛海山等, 2009)。然而时空转换很好的解决了这个问题,最早这是研究植物群落演替时提出的方法(Welch, 1970),时空转换包括时间换取空间与空间换取时间。

1 空间换取时间 (Space-for-time substitution)

这种方法最开始用于研究植物群落演替过程和规律(Hui, 2011),在昆虫生态学以及昆虫群落的演替过程中应用极少。这种方法适用于缺乏研究对象的长期观察数据,但是在较大空间范围内存在多种不同演化阶段的昆虫群落。例如研究苜蓿不同种植年限对昆虫群落演化的影响时,需要 1~20 年不同年限的苜蓿,但观察 20 年的试验操作起来极为不便,甚至存在很大困难,因此可以选取空间范围内不同种植年限的苜蓿,采用空间换取时间的方法,直接调查不同种植年限苜蓿上昆虫群落的演化过程,这种巧妙的方法可以很好地解决这类问题。同样这种方法适用于研究不同时期森林中昆虫群落的演替过程,选取空间中不同演化阶段的森林,短期内完成昆虫群落长期演化过程的研究。

另外,这种空间换取时间的方法甚至可以应用于有关昆虫研究的众多方面,包括发育起点温度,利用多个不同光照培养箱分别测定多个虫龄

的发育起点温度;捕食功能反应,利用多个虫龄的天敌同时测定对害虫的捕食反应;甚至是有效积温,都可能分阶段(虫龄)测定。这样的操作方法能够大大节约测定时间,能够短期内完成需要的试验,而且对试验结果影响很小,能够把利用昆虫发生时期,短期内准确的拿到准确的数据。在草原恢复过程中,应用时空转换技术对直翅目昆虫的监测起到一定的作用,很好地预防了蝗虫的危害(István *et al.*, 2013)。应用两个空间的时间替代直翅目昆虫的组合,为重复测量栖息地恢复,提供重要的见解,时间替代空间由于其可行性和方便性,这种方法在草原恢复过程中经常被选择(Michener, 1997; Pickett, 1989; Whiles and Charlton, 2006; Johnson and Miyanishi, 2008)。

2 时间换取空间 (Time-for-space substitution)

这种方法目前应用极少,这类试验主要受研究样本的限制,在研究某一特定的对象时,由于这种对象分布较窄,选取的空间尺度不足,而同时又有很长时间的观察数据。例如千年蝗虫的研究(Stige *et al.*, 2007),飞蝗是我国历史上重要的害虫,但这种大尺度空间内的试验显然无法重复,但有连续观察上百年的数据,实际上这篇研究并没涉及到蝗灾的时间演替过程,而采用这种时间换取空间方法对这些数据进行了积累,并分时段分析,准确的预测导致蝗灾的气候条件。同样研究大尺度下景观格局对昆虫群落影响时,试验样本非常少,但利用多年积累的数据采用时间换取空间的方法可巧妙的解决这些问题。

这种时间换取空间的方法同样适用于研究其他害虫,虽然有些分析已经运用了这种方法,但并没有作为一种确切方法提出。这种方法在生态学数据分析中具有很强的应用性,这种方法的应用能够解决多种生态学问题的分析。尤其对某些重要害虫长期观测数据的分析,非常有效,例如粘虫 *Mythimna separata* (Walker)、棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hübner)、东亚飞蝗

Locusta migratoria manilensis (Meyen)、麦蚜 (Wheat aphids)、二化螟 *Chilo suppressalis* (Walker) 以及多种危害农业生产的重要害虫。短期内的试验观察对这些重要的害虫很难得到正确的认识, 而利用长期观察的数据采用时间换取空间的方法既能够将长期的观察数据互相整合, 又加大了样本量, 这对将来昆虫生态学的大尺度分析提供了重要的方法。

时空转换的过程在数据处理过程能够被准确的解释 (图 1)。所有的观测数据在时空中都能够找到准确的位置, 特定生态数据既有时间的确定性, 也有空间的确定性。如果进行时间换取空间处理, 忽略时间序列的因素, 同一地区不同时期的数据便会只有空间序列, 这时这个地区的不同时期的数据只是年度间的简单重复, 是一种样本量的增加, 而与时间的演化没有关系; 如果进行空间换取时间处理, 忽略空间序列的因素, 那么不同地区同时期的数据便能够在不同的演化阶段上, 因为不同地区的昆虫群落停留在不同的演化阶段上, 这时的空间数据并不仅仅是位置

的不同, 而是隐含着大量时间序列上的信息, 空间上的信息可以完全被忽略, 能够很好的研究时间序列上的演替规律。

到目前为止, 时空转换在生态学中并没有作为一种重要的方法提出, 而部分研究虽然没有意识到这种方法的重要性, 但也在应用这种方法 (Travis and Hester, 2005; Liu and Schwartz, 2012)。很多的小实验同样也可以应用这种方法, 例如有效积温和发育起点温度等, 而且测定过程省时省力, 能够在短期内完成长期的试验, 反之在有限的时间内能够完成长期的试验。最近有关大尺度下昆虫生态学的研究实际上都采用了这种方法, 例如转基因棉对棉铃虫的控制研究, 实际上是一种时间换取空间的研究, 并没有涉及到时间演化的研究, 而是利用多年的数据证明了棉铃虫与转基因棉间的负相关性, 并得到了有力的证据 (Wu *et al.*, 2008)。并且在昆虫景观生态学时空转换数据分析方面已经有了较为精确地计算方法, 为定量分析时空转化奠定了基础 (Foster and Tilman, 2000; Wildi and Ghosh,

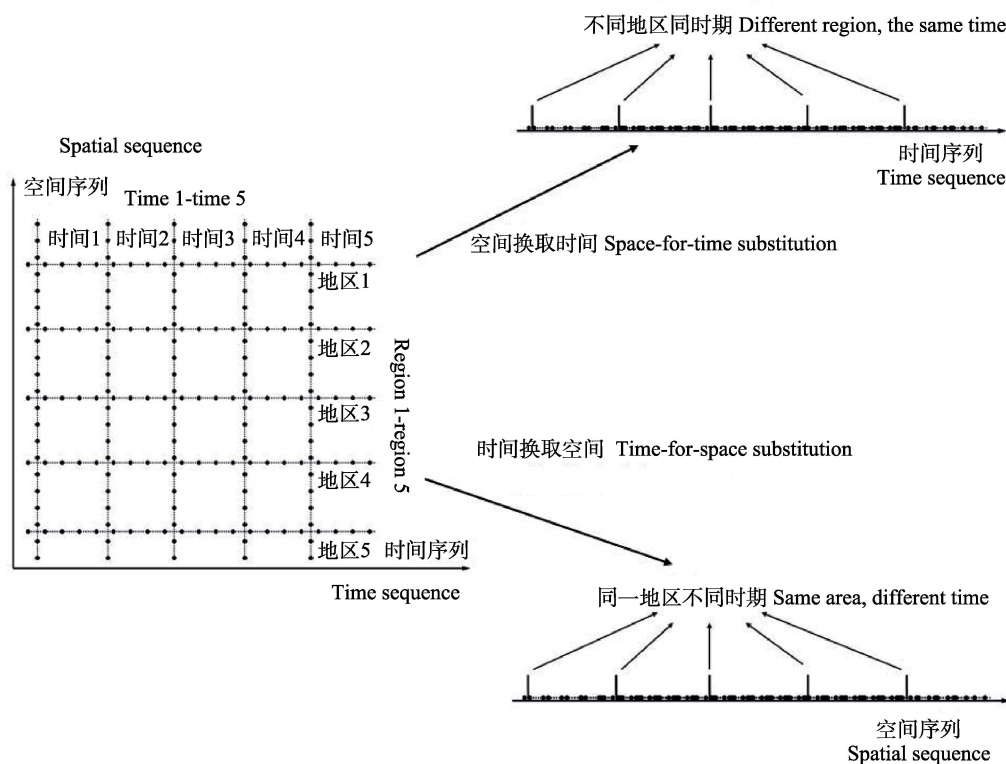


图 1 昆虫生态学中时空转换的过程

Fig. 1 The process of spatial and temporal transformation in insect ecology

2007) 我们认为随着昆虫学研究尺度和技术的不
断提高, 这种时空转化方法的应用将会解决很多
实验设计以及分析中的问题, 并且有着广阔的
发展前景。

致谢: 感谢中国科学院动物研究所欧阳芳博士和
董兆克博士对本文初稿的宝贵意见。

参考文献 (References)

- Allen RG, Pereira LS, Raes D, Smith M, 1998. Crop evapotranspiration-guidelines for computing crop water requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper 56. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations. 1.
- Allen RG, Tasumi M, Trezza R, 2007. Satellite-based energy balance for mapping evapotranspiration with internalized calibration (metric)-model. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 133(4): 380–394.
- Cao YG, Bai ZK, 2006. Analysis of change and force of land utilization in antaibao open-cast mine. *Resources & Industries*, 8(4): 102–106. [曹银贵, 白中科, 2006. 安太堡露天矿区土地利用变化及驱动力分析. *资源与产业*, 8(4): 102–106.]
- Foster BL, Tilman D, 2000. Dynamic and static views of succession: testing the descriptive power of the chronosequence approach. *Plant Ecol.*, 146(1): 1–10.
- Ge F, 2004. Research progress and Prospect of insect ecology. The Seventh National Congress of the Chinese Ecological Society. 1. [戈峰, 2004. 昆虫生态学研究进展与展望. 中国生态学会第七届全国会员代表大会. 1]
- Huang Y, Wang JL, Sun JS, Tao GT, 2013. Research progress on different spatial-temporal scale model and scale conversion methods of crop evapotranspiration. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 29(21): 23–26. [黄垚, 王景雷, 孙景生, 陶国通, 2013. 作物蒸散不同时空尺度模型及尺度转换方法研究进展. *中国农学通报*, 29(21): 23–26.]
- Hui C, 2011. Forecasting population trend from the scaling pattern of occupancy. *Ecological Modelling*, 222(3): 442–446.
- István AR, Eszter D, Máté K, Zoltán B, Katalin V, Gyula S, Szabolcs L, 2013. Early changes of orthopteran assemblages after grassland restoration: a comparison of space-for-time substitution versus repeated measures monitoring. *Biodivers. Conserv.*, 22: 2321–2335.
- Johnson EA, Miyanishi K, 2008. Testing the assumptions of chronosequences in succession. *Ecol. Lett.*, 11(5): 419–431.
- Liu GM, Schwartz FW, 2012. Climate-driven variability in lake and wetland distribution across the Prairie Pothole Region: From modern observations to long-term reconstructions with space-for-time substitution. *Water Resour. Res.*, 48(8): 8526.
- Michener WK, 1997. Quantitatively evaluating restoration experiments: research design, statistical analysis, and data management considerations. *Restor. Ecol.*, 5(4): 324–337.
- Niu HS, Cui XY, Wang SP, Wang YF, 2009. Three common errors in Chinese ecological experimental design and interpretation. *Acta Ecological Sinica*, 29(7): 3901–3910. [牛海山, 崔晓勇, 汪诗平, 王艳芬, 2009. 生态学试验设计与解释中的常见问题. *生态学报*, 29(7): 3901–3910.]
- Pickett STA, 1989. Space-for-time substitution as an alternative to long-term studies // Likens GE (ed.). *Long-term Studies in Ecology: Approaches and Alternatives*. Berlin: Springer. 110–135.
- Shen ZH, 2004. A review of the experimental approach in landscape ecology. *Acta Ecological Sinica*, 24(4): 769–774. [沈泽昊, 2004. 景观生态学的实验研究方法综述. *生态学报*, 24(4): 769–774.]
- Stige LC, Chan KS, Zhang Z, Frank D, Stenseth NC, 2007. From the cover: thousand-year-long Chinese time series reveals climatic forcing of decadal locust dynamics. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104: 16188–16193.
- Wildi O, Ghosh S, 2007. Statistical analysis of landscape data: space-for-time, probability surfaces and discovering species. *Springer Netherlands*, 8: 209–221.
- Travis SE, Hester MW, 2005. A space-for-time substitution reveals the long-term decline in genotypic diversity of a widespread salt marsh plant, *Spartina alterniflora*, over a span of 1500 years. *Journal of Geology*, 93(2): 417–430.
- Welch DM, 1970. Substitution of space for time in a study of slope development. *Journal of Geology*, 78(2): 234–239.
- Whiles MR, Charlton RE, 2006. The ecological significance of tallgrass prairie arthropods. *Annu. Rev. Entomol.*, 51: 387–412.
- Wu KM, Lu YH, Feng HQ, Jiang YY, Zhao JZ, 2008. Suppression of cotton bollworm in multiple crops in China in areas with Bt toxin-containing cotton. *Science*, 321(5896): 1676–1678.
- Xiong J, Wu BF, Yan NN, Hu MG, Sun MZ, 2008. Research on temporal reconstruction of evapotranspiration by using remote sensing. *The Progress of Geographical Science*, 27(2): 53–59. [熊隼, 吴炳方, 闫娜娜, 胡明罡, 孙敏章, 2008. 遥感蒸散模型的时间重建方法研究. *地理科学进展*, 27(2): 53–59.]
- Zhang L, Lemeur R, 1995. Evaluation of daily evapotranspiration estimates from instantaneous measurements. *Agricultural and Forest Meteorology*, 74(1/2): 139–154.