

李园节肢动物群落时间动态的聚类分析*

邹运鼎** 丁程成 毕守东 高彩球 曹传旺 刘小林 孟庆雷 李昌根

(安徽农业大学微生物防治省重点实验室, 合肥 230036)

【摘要】 为了了解李园节肢动物群落的结构、特征, 发挥生态系统中自然因素对害虫的生态调控作用, 采用系统调查方法, 在分析李园节肢动物群落结构和组织水平的基础上, 对李园节肢动物群落的时间动态进行聚类分析, 结果表明, 对不同时期的总群落、亚群落进行模糊聚类得出结果, 总群落的 12 次调查结果可以聚为 5 类, $D=0.2000$, 3、11、7 和 6 月初各自归为一类, 其余归为一类. 天敌亚群落调查结果也聚为 5 类, $D=0.2000$, 3、7、8 月各自归为一类, 9 月和 10 月归为一类, 其余归为一类. 非天敌亚群落调查结果同样聚为 5 类, $D=0.1000$, 4、7、6、11 月各自归为一类, 其余归为一类. 聚类结果部分反映了群落状况的季节差异, 聚类交替现象反映了群落结构复杂性. 最优分割结果将总群落、各亚群落均分割为 5 个阶段, 即 4 月 6 日为第一阶段, 4 月 27 日~6 月 8 日为第二阶段, 6 月 27 日~8 月 27 日为第三阶段, 9 月 21 日~10 月 19 日为第四阶段, 11 月 22 日为第 5 阶段. 反映了各阶段物种种类、数量等其他指标在发生时间上存在的差异.

关键词 李园 节肢动物群落 时间动态 聚类分析

文章编号 1001-9332(2005)04-0631-06 **中图分类号** Q968.1 **文献标识码** A

Cluster analysis on the temporal dynamics of arthropod community in a plum orchard. ZOU Yunding, DING Chengcheng, BI Shoudong, GAO Caiqiu, CAO Chuanwang, LIU Xiaolin, MEN Qinglei, LI Changgen (Anhui Provincial Key Laboratory for Microbial Control, Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(4): 631~636.

In this paper, twelve investigations were conducted on the structural feature of arthropod community in a plum orchard, and a cluster analysis was made on the temporal dynamics of the community. The total community could be clustered into 5 clusters ($D=0.2000$), *i. e.*, that in March, in June, in July, in November, and in other months. The natural enemy and pest-neutral sub-communities could be also clustered into 5 clusters, respectively. For natural enemy sub-community, the clusters ($D=0.2000$) were that in March, in July, in August, in September and October, and in other months, and for pest-neutral sub-community, they ($D=0.1000$) were that in April, in July, in June, in November, and in other months. The results of cluster analysis partly reflected the seasonal differences of total community and sub-communities, while the temporal overlaps of cluster results reflected the complexity of community structure. Based on the optimization cut-apart, both the total community and the sub-communities were divided into 5 stages, *i. e.*, 6 April as the first stage, 27 April to 8 June as the second stage, 27 June to 27 August as the third stage, 21 September to 19 October as the fourth stage, and 22 November as the fifth stage.

Key words Plum orchard, Arthropod community, Dynamic, Cluster analysis.

1 引言

昆虫生态学在生态科学和害虫管理实践中具有非常突出的理论意义和应用价值. 近年来在害虫综合治理研究过程中, 害虫爆发的生态学机理的研究始终是一个较为活跃的领域, 其重点主要集中在植物-害虫-天敌三个营养级互作机理及天敌保护与利用的生态学基础研究上, 生物群落是生态系统的核心, 不少研究人员对生物群落的动态进行了研究^[1, 5, 7, 8, 11~14, 16~19, 21, 23, 24, 26~31], 同时开展了施用化学药剂等对节肢动物群落的影响研究^[3, 6, 10, 20, 25]; 高宝嘉等^[2]、蒋国芳等^[9]对园林昆虫群落和红树林昆虫群落结构及动态进行了研究. 刘红等^[12]、孙刚等^[22]、郝树广等^[4]、缪勇等^[15]分别对

土壤动物、湖泊底栖动物、稻田麦田动物群落进行研究, 其目的在于了解群落的结构、特征, 重视发挥生态系统中自然因素的生态调控作用.

李树是一种重要的经济林木, 在全国各地均有广泛种植, 其间栖息着很多昆虫, 有的危害李的枝、叶、花、果, 影响果树的正常生长; 有的以这些害虫为食, 起到控制害虫的作用; 它们构成了李园的害虫、天敌群落. 随着中国加入 WTO 和人民物质生活水平的提高, 市场对李品质的要求越来越高, 而在目前的产区李树虫害发生较为严重, 大大影响了李的品

* 国家农业综合开发省级科技项目(NFZ2001-15-11)和安徽省教育厅基金资助项目(2002KJ101).

** 通讯联系人.

2004-07-16 收稿, 2004-11-15 接受.

质;另外,由于害虫的化学防治引发的农药残留问题也使我国的李产品在国际、国内市场上面临严峻挑战,提高李子品质势在必行。

本文通过田间调查和深入分析,应用群落生态学原理对安徽省肥东县共青林场栽植的优良品种“安农美李”的李园节肢动物群落的结构和组织水平的动态进行分析,以丰富李园节肢动物群落的生态学内容,为其害虫综合治理提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 调查方法

在肥东共青林场选取样地,南北为行。采用平行跳跃法,共抽取样树 30 株,株行距为 4 m×4 m,隔行取样,分 3 行每行 10 株;每树在东、南、西、北四个方位和上、中、下三层各取一代表性枝条,以 1 年生为主,调查每个枝条从梢部向内 30 cm 长度内的所有昆虫(含蜘蛛、螨类)的种类及数量,同时对样地情况作详细记录。调查工作自 2003 年 3 月至 2003 年 11 月。具体安排:2003 年 3 月,1 次/月;4~6 月,2 次/月;7~11 月,1 次/月,其间果园按常规措施管理,但不施化学农药。

2.2 聚类分析方法

聚类分析的基本思想是用相似性来衡量事物之间的亲疏程度,并以此来实现分类,模糊聚类分析的实质是根据研究对象本身的属性来构造模糊矩阵,在此基础上根据一定的隶属度来确定其分类关系。具体步骤如下:1)对原始数据进行变换处理,如数据标准化。2)计算模糊相似矩阵。设 U 是需要被分类对象的全体,建立 U 上的相似系数 $R, R(i, j)$ 表示 i 与 j 之间的相似程度,当 U 为有限集时, R 是一个矩阵,称为相似系数矩阵。定义相似系数矩阵的工作,原则上可以按系统聚类分析中的相似系数确定方法,但也可以用主观评定或集体打分的办法。DPS 平台,对数据集

$$X = \begin{bmatrix} \chi_{11} & \chi_{12} & \dots & \chi_{1m} \\ \chi_{21} & \chi_{22} & \dots & \chi_{2m} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ \chi_{n1} & \chi_{n2} & \dots & \chi_{nm} \end{bmatrix}_{n \times m}$$

表 1 节肢动物总群落原始数据

Table 1 Original data of total arthropod communities

时间 Date	物种数(S) Species number	个体数(N) Number	香农多样性(H') Diversity index	优势集中性(C) Dominant concentration	均匀度(J) Evenness	丰富度(R) Species richness	优势度(d) Dominance
3.22	3	5	1.0549	0.3600	0.9602	1.8640	0.4000
4.6	14	102	2.0337	0.1832	0.7706	3.0270	0.2941
4.27	16	2927	0.4048	0.8483	0.1460	2.0046	0.9197
5.21	10	511	1.1388	0.4113	0.4946	1.6035	0.5342
5.31	15	2407	0.4588	0.7853	0.1694	1.9265	0.8803
6.8	13	303	1.3105	0.4162	0.5109	2.2752	0.6040
6.27	24	460	2.0536	0.2298	0.6462	3.9144	0.4326
7.19	20	579	1.5304	0.3270	0.5109	3.1440	0.5216
8.27	26	539	2.1049	0.1935	0.6461	5.4615	0.3729
9.21	35	607	2.4750	0.1255	0.6961	5.4615	0.2175
10.19	26	263	2.1892	0.2109	0.6719	4.6661	0.4106
11.22	14	102	1.0369	0.6080	0.3929	3.0270	0.7745

提供了 8 种建立相似矩阵的方法:①相关系数法;②最大最小法;③算术平均最小法;④几何平均最小法;⑤绝对指数法;⑥绝对值减数法;⑦夹角余弦法;⑧欧氏距离;此处采用相关系数法。3)聚类分析。用上述方法建立起来的相似关系 R , 一般只满足反身性和对称性, 不满足传递性, 因而还不是模糊等价关系。所以, 需要将 R 改造为 R^* 后得到聚类图, 在适当阈值上进行截取, 便可以得到所需要的分类。将 R 改造为 R^* , 可以使用求传递闭包的方法。 R 自乘的思想是按最短距离法原则, 寻求两个向量 x_i 和 y_j 的相关程度。4)模糊聚类。对满足传递性的模糊分类关系的 R^* 进行聚类处理, 给定不同置信水平的 λ , 求 R_λ^* 阵, 找出 R^* 的 λ 显示, 得到普通的分类关系。当 $\lambda = 1$ 时, 每个样品自成一类, 随 λ 值的降低, 由细到粗逐渐归并, 最后得到动态聚类谱系图。

2.3 最优分割方法

最优分割方法是 Fisher 提出的针对有序样本(方)提出的一种聚类分析方法。其步骤一般如下:①它要求样本必须按照某种指标(如各项群落生态学指标)排列成序(x_1, x_2, \dots, x_n), 得到原始数据矩阵, 若有 n 个样本, 每个样本有 p 个因素, 则原始数据矩阵为 $p * n$ 阶。②原始矩阵正规化, 变为正规化矩阵。③由正规化矩阵导出变差矩阵, 用来计算所有二分割并求出相应总变差。④以二分割为基础依次得出 N 分割。

3 结果与分析

3.1 不同时期节肢动物群落聚类分析

3.1.1 节肢动物总群落聚类分析 群落随着时间的变动过程是一个复杂的过程, 不同时期的群落之间的联系很难仅仅通过表象进行测定, 为此特采用模糊聚类方法, 对各时期群落进行更加全面的分析。将不同时期节肢动物群落的各项指数(S、N、H'、C、J、R、d)作为群落分析的指标列于表 1, 对数据进行标准化转化后将对从 2003 年 3 月至 11 月的 12 次调查结果分别进行模糊聚类。以生态学指数为依据的聚类结果如图 1 所示。

在确定聚类分析的具体分类时,应选用使组内差异较小、组间差异明显的水平作为分组依据.由图 1 可以看出,当选用聚类距离 $D = 0.200$ 时可以基本满足条件,此时将群落聚为 5 类,即:3、11、7 和 6 月初各自归为一类,其余的聚成一类.此聚类在一定程度上反映了群落结构在部分时间段上的特点,如 4 月 27 日和 5 月 31 日聚于一类,反映了春季的群落水平;8、9 和 10 月聚于一类,则反映了夏末秋初的群落水平.同时不同时期的群落存在聚类交替现象,如将 4、5 月群落与 8、9、10 月群落以及 6 月末的群落聚为一类,说明节肢动物群落结构在一个相当长时段上有着较强的复杂性.

3.1.2 天敌亚群落聚类分析 对表 2 数据进行标准化以相关系数为指标对 12 次天敌亚群落的调查结果进行模糊聚类,结果如图 2.由图 2 可见,在聚类距离 $D = 0.200$,将不同时间的天敌亚群落聚为 5

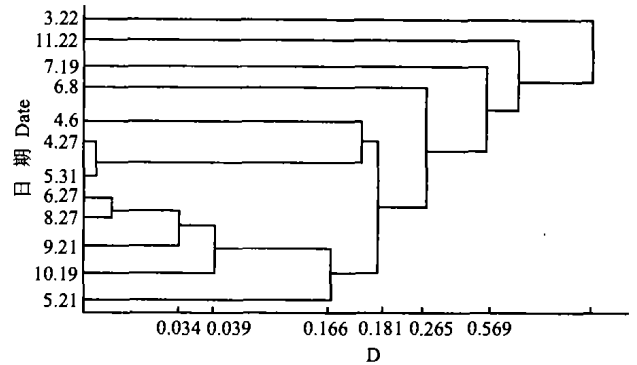


图 1 节肢动物总群落模糊聚类图
Fig.1 Fuzzy cluster of total arthropod communities.

类,即:7、8、3 月天敌亚群落各自归为一类,9 和 10 月归为一类,其余归为一类.此聚类结果可反映天敌亚群落在各个时段的特点,如 9 和 10 月聚为一类,反映了初秋的天敌亚群落的情况;而 4、5 和 6 月聚为一类则反映了整个春季到初夏的天敌亚群落情况.

表 2 天敌亚群落原始数据

Table 2 Original data of natural enemies sub-community

时间 Date	物种数(S) Species number	个体数(N) Number	香农多样性(H') Diversity index	优势集中性(C) Dominant concentration	均匀度(J) Evenness	丰富度(R) Species richness	优势度(d) Dominance
3.22	3	5	1.0549	0.3600	0.9602	1.8640	0.4000
4.6	11	97	1.8838	0.2014	0.7856	2.4045	0.3093
4.27	12	91	2.0318	0.1755	0.8177	2.6602	0.3297
5.21	7	235	0.8976	0.5952	0.4613	1.2821	0.7617
5.31	9	278	0.5910	0.7734	0.26910	1.5993	0.8777
6.8	9	230	0.8581	0.6419	0.3905	1.6550	0.7957
6.27	8	247	0.8012	0.6597	0.3853	1.4521	0.8057
7.19	8	184	1.1526	0.3932	0.5543	1.5341	0.5543
8.27	8	110	0.9227	0.6089	0.4437	1.7020	0.7727
9.21	11	208	1.3867	0.3656	0.5783	2.0609	0.5625
10.19	11	184	1.3302	0.3989	0.5547	2.1093	0.5870
11.22	7	17	1.6100	0.2734	0.8274	2.4707	0.4706

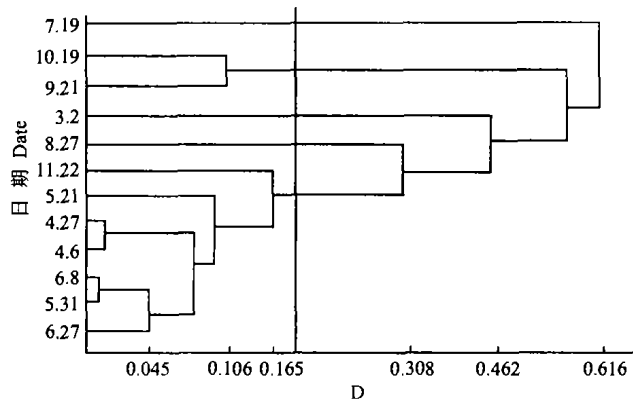


图 2 天敌亚群落模糊聚类图
Fig.2 Fuzzy cluster of natural enemies sub-communities.

3.1.3 非天敌亚群落聚类分析 对 2003 年 3~11 月的 12 次非天敌亚群落调查结果进行计算分析,列于表 3.并进行标准化,对其进行模糊聚类的结果如图 3 所示.

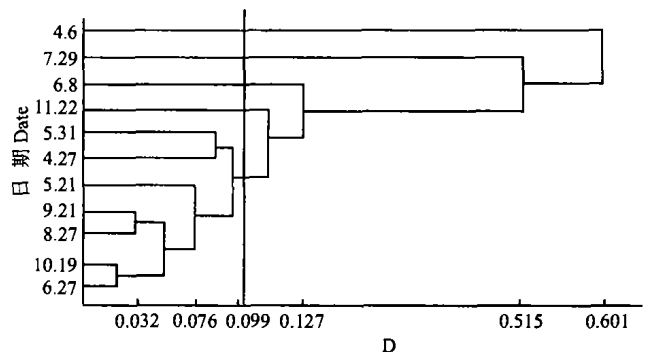


图 3 非天敌亚群落模糊聚类图
Fig.3 Fuzzy cluster of pests and neutral insects sub-community.

取聚类距离 $D = 0.100$ 可将不同时段的非天敌亚群落聚为 5 类,4 月 6 日、7 月 19 日、6 月 8 日、11 月 22 日 4 个群落各自归为一类,其它时期的群落均归入第 5 类.其中,7 月和 11 月分别反映了非天敌亚群落在盛夏和越冬时期的情况;第 5 类的构成比

表3 非天敌亚群落原始数据

Table 3 Original data of neatural insects sub-community

时间 Date	物种数(S) Species number	个体数(N) Number	香农多样性(H') Diversity index	优势集中性(C) Dominant concentration	均匀度(J) Evenness	丰富度(R) Species richness	优势度(d) Dominance
4.6	3	5	0.9503	0.4400	0.8650	1.8640	0.6000
4.27	4	2836	0.2096	0.9034	0.1512	0.5031	0.9492
5.21	3	276	0.0669	0.9784	0.0609	0.5338	0.9891
5.31	6	2129	0.0369	0.9906	0.0206	0.7829	0.9953
6.8	4	73	0.4443	0.7985	0.3205	0.9323	0.8904
6.27	16	213	2.0148	0.1847	0.7267	2.9844	0.3052
7.19	12	395	0.7901	0.6173	0.3180	2.0071	0.7646
8.27	18	429	1.7723	0.2654	0.6132	2.9696	0.4685
9.21	24	399	2.0644	0.1911	0.6496	4.0074	0.3308
10.19	15	79	2.1553	0.1739	0.7959	3.4329	0.3418
11.22	7	85	0.3816	0.8646	0.1961	1.5756	0.9294

较复杂,包括代表春季4和5月的群落,还包括代表夏末秋初的8、9月和10月份的非天敌亚群落,与总群落的聚类结果较为接近,表明非天敌亚群落对于总群落的发展变化起到了主要作用。

3.2 不同时期节肢动物群落最优分割

3.2.1 节肢动物总群落最优分割 利用最优分割法对李园节肢动物总群落进行了分析,结果如表4所示。各分割结果的段内总变差如第二列所示,在不同时期群落分成5段后,总变差平缓下降,应将各时期群落按5段划分,即3月22日~4月6日为第一阶段;4月27日~5月31日为第二阶段;6月8日~7月19日为第三阶段;8月27日~10月19日为第四阶段;11月22日~11月22日为第五阶段。第一阶段节肢动物总群落物种数和个体数都在上升,这是由于温度的回升,各种生物陆续出蛰的缘故。第二阶段节肢动物的物种数高于第一阶段,约15种左右,个体数在500~3000之间波动,天敌的种类数为7~12种,主要害虫桃蚜大发生,天敌数量达到一个较高水平,主要是由于害虫大发生为天敌提供了丰富的食物资源。第三阶段的物种数比第二阶段多,天敌物种数保持不变,主要是害虫的物种在增多,但是到了盛夏时节,由于高温,有些种类进入越夏期,物种数又有所降低。第四阶段是属于夏末秋初的群落,节肢动物的物种数和个体数到了10月份有了明显减少,主要是害虫种类和个体数均有大幅度减少。第

五阶段由于气候原因和物种自身条件,群落物种数和个体数均大幅度下降,此时主要害虫是桃蚜,仅有极少数的蜘蛛类天敌。

3.2.2 天敌亚群落最优分割 按照总变差将天敌亚群落分成5个阶段(方法同总群落相同),结果如表5所示,即3月22日~3月22日为第一阶段,4月6日~4月27日为第二阶段,5月21日~6月27日为第三阶段,7月19日~10月19日为第四阶段,11月22日~11月22日为第五阶段。各个阶段天敌物种数相对稳定,主要为草间小黑蛛等蜘蛛类以及异色瓢虫等瓢虫类天敌。其中,第一阶段和第五阶段物种数和个体数均较少,其中主要天敌草间小黑蛛仅有个别个体存在;第二阶段物种数较多,但是个体数量较少;第三阶段和第四阶段天敌亚群落物种数和个体数都相对稳定,物种数在7~11之间,个体数在111~278之间。

3.2.3 非天敌亚群落最优分割 与总群落、天敌亚群落相似将非天敌亚群落分割为5段为最优分割方式,分法与前二者完全相同,结果如表6所示,即4月6日~4月6日为第一阶段,4月27日~6月8日为第二阶段,6月27日~8月27日为第三阶段,9月21日~10月19日为第四阶段,11月22日~11月22日为第五阶段(由于3月份的调查没有发现害虫),第一阶段仅有个别物种的极少数个体出现;第二阶段的物种数在3~6之间,但是个体数波动较

表4 节肢动物总群落最优分割结果

Table 4 Result of optimization cut apart to time change of total arthropod communities

分级数 Classification level	总变差 Stage general variances	分割结果 Result of optimization cut apart
2	5.6383	1~6月,7~12月
3	3.6618	1~2月,3~5月,6~12月
4	2.6400	1~2月,3~6月,7~11月,12~12月
5	1.8347	1~2月,3~5月,6~8月,9~11月,12~12月
6	1.4460	1~2月,3~3月,4~5月,6~8月,9~11月,12~12月
7	0.8307	1~2月,3~3月,4~4月,5~5月,6~8月,9~11月,12~12月
8	0.5306	1~1月,2~2月,3~3月,4~4月,5~5月,6~8月,9~11月,12~12月

表 5 天敌亚群落最优分割结果

Table 5 Result of optimization cut apart to time change of natural enemies sub-communities

分级数 Classification level	总变差 Stage general variances	分割结果 Result of optimization cut apart
2	5.2944	1~3月, 4~12月
3	2.9205	1~3月, 4~9月, 10~12月
4	1.7176	1~1月, 2~3月, 4~9月, 10~12月
5	0.9689	1~1月, 2~3月, 4~7月, 8~11月, 12~12月
6	0.5271	1~1月, 2~3月, 4~7月, 8~9月, 10~11月, 12~12月
7	0.3094	1~1月, 2~3月, 4~7月, 8~8月, 9~9月, 10~11月, 12~12月
8	0.1815	1~1月, 2~3月, 4~4月, 5~7月, 8~8月, 9~9月, 10~11月, 12~12月

表 6 非天敌亚群落的最优分割结果

Table 6 Result of optimization cut apart to time change of pests and neutral sub-communities

分级数 Classification level	总变差 Stage general variances	分割结果 Result of optimization cut apart
2	5.8512	1~5月, 6~11月
3	3.9529	1~5月, 6~10月, 11~11月
4	2.4922	1~1月, 2~5月, 6~10月, 11~11月
5	1.9098	1~1月, 2~5月, 6~8月, 9~10月, 11~11月
6	1.1975	1~1月, 2~5月, 6~6月, 7~7月, 8~10月, 11~11月
7	0.7525	1~1月, 2~4月, 5~5月, 6~6月, 7~7月, 8~10月, 11~11月

大,主要是由于优势害虫桃蚜的大发生造成的;第三和第四阶段,害虫物种数和个体数均比较稳定,物种数在 12~24 之间,个体数在 79~429 之间;第五阶段则害虫的物种数和个体数均有大幅度下降。

4 结 论

4.1 对不同时期的总群落、亚群落进行模糊聚类得出结果:总群落的 12 次调查结果可聚为 5 类, $D = 0.200$;天敌亚群落调查结果聚为 5 类, $D = 0.200$;非天敌亚群落调查结果聚为 5 类, $D = 0.100$ 。聚类部分反映群落状况的季节差异,聚类交替现象则反映了群落结构在一年中的复杂性。

4.2 最优分割结果将总群落、各亚群落均分割为 5 段:4月6日、4月27日~6月8日、6月27~8月27日、9月21日~10月19日、11月22日,反映出各阶段物种种类、物种数及优势种等指标的差异。

参考文献

- Ding Y-Q(丁岩钦), Ge F(戈峰). 2000. Progress on insect ecology during 1949~1999 in China. *Ent Knowl* (昆虫知识), 37(1): 18~23 (in Chinese)
- Gao B-J(高宝嘉), Shen S-G(申曙光), Wang Z-W(王正文), et al. 1998. Studies on the temporal structure and dynamics of the insect communities in gardens. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 18(2): 193~197 (in Chinese)
- Haddock JD, et al. 1976. Seasonal changes in soil arthropod species diversity as affected by perturbation in three successional communities in northeastern Indiana. *Proc Indiana Acad Sci*, 86:467~473
- Hao S-G(郝树广), Zhang X-X(张孝毅), Cheng X-N(程遐年). 2000. Vertical distribution and quantitative dynamics of dominant functional groups of arthropod community in rice fields and estimation of natural enemy effects. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(1):103~108(in Chinese)
- Heong KL, et al. 1991. Arthropod community structure of rice ecosystem in the Philippines. *Bull Ent Res*, 81:407~416
- Hull LA, et al. 1983. Impact of four synthetic pyrethroids on major natural enemies and pests of apple in Pennsylvania. *J Econ Ent*, 76(1):122~130
- Hurlbert SH. 1971. The nonconcept of species diversity: A critique and alternative parameters. *Ecology*, 52(4):577~586
- Hurtubia J. 1973. Trophic diversity measurement in sympatric predatory species. *Ecology*, 54(4):885~890
- Jiang G-F(蒋国芳), Yan Z-G(颜增光), Cen M(岑明). 2000. Insect community and its diversity in Mangrove forest at Yingluo bay of Guangxi. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(1):95~101(in Chinese)
- Li Z-W(李忠武), Wang Z-Z(王振中), et al. 2000. Effect of cadmium on soil animal community structure. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(6):931~936(in Chinese)
- Liu Y H(刘云慧), Yu Z-R(宇振荣). 2004. Temporal and spatial structure of carabid community in agricultural landscape of Dongbeiwang, Beijing. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(1):85~91(in Chinese)
- Liu H(刘红), Yuan X-Z(袁兴中). 1999. Diversity of soil animals in Confucian graveyard of Qufu. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(5):609~615(in Chinese)
- Lu Y-C(路有成), Wang Z-Y(王宗英), Luo A-W(罗爱武), et al. 1997. Ecology of soil animal community in vegetable plots of suburbs along the Yangtze River in Anhui Province. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(1):70~76(in Chinese)
- MacArthur R. 1964. Environmental factors affecting bird species diversity. *Amer Natur*, 98:387~397
- Niao Y(缪勇), Zou Y-D(邹运鼎), Sun S-J(孙善教), et al. 2002. Dynamics of predatory natural enemy community in cotton fields. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 13(11):1437~1443(in Chinese)
- Pan K-W(潘开文), Liu Z-G(刘照光). 2001. Grey correlation and cluster analysis on relationship between *Cercidiphyllum japonicum* community and its environment. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 12(2):161~167(in Chinese)
- Pielou EC. 1975. *Ecological Diversity*. New York: John Wiley & Sons.
- Pfadt RE. 1982. Density and diversity of grasshoppers (Orthoptera: Acrididae) in an outbreak on Arizona rangeland. *Environ Ent*, 11(3):690~694
- Schering JF, et al. 1979. Spatial and temporal patterns in Iowa shore fly diversity. *Environ Ent Ent*, 8(5):879~882

- 20 Sherratt TN, *et al.* 1993. A metapopulation approach to modeling the long-term impact of pesticides on invertebrates. *J Appl Ecol*, 30: 696~705
- 21 Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688
- 22 Sun G(孙刚), Sheng L-X(盛连喜), Li M-Q(李明全). 2001. Community characteristics of benthonic animals and its relationship to environmental factors in the Nanhu Lake, Changchun. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 12(2): 319~325(in Chinese)
- 23 Tan J-C(谭济才), Deng X(邓欣), Yuan Z-M(袁哲明). 1998. Community structure of insects and spiders in different types of tea plantation. *Acta Ecol Sin*(生态学报), 18(3): 289~294(in Chinese)
- 24 Wei G-S(魏国树), Cui L(崔龙), Zhang X-M(张小梅), *et al.* 2001. Arthropod community structures in transgenic Bt cotton fields. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 12(4): 576~582(in Chinese)
- 25 William WM. 1975. Diversity, complexity, stability and pest control. *J Appl Ecol*, 12: 795~807
- 26 Yang D-R(杨大荣), Peng Y-Q(彭艳琼), Zhang G-M(张光明), *et al.* 2003. Structure and biodiversity of insect community on syconia fruits of *Ficus racemosa* in tropical rain forest of Xishuangbanna, China. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 14(10): 1710~1714(in Chinese)
- 27 Yang X-D(杨效东), Sha L-Q(沙丽清). 2001. Species composition and diversity of soil mesofauna in the "Holy Hills" fragmentary tropical rain forest of Xishuangbanna, China. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 12(2): 261~266(in Chinese)
- 28 Yin X-Q(殷秀琴), Li J-D(李建东). 1998. Diversity of soil animals community in *Leymus chinensis* grassland. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 9(2): 186~188(in Chinese)
- 29 Zou Y-D(邹运鼎), Bi S-D(毕守东), Zhou X-Z(周夏芝), *et al.* 2003. Dynamics of the pest and natural enemy communities in peach orchards. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 14(5): 717~723(in Chinese)
- 30 Zhu C-J(朱传经). 1994. Studies on the structure of the predator communities in cotton fields. *Nat Enemies Insects*(昆虫天敌), 16(1): 28~35(in Chinese)
- 31 Zou Y-D(邹运鼎), Li L(李磊), Bi S-D(毕守东), *et al.* 2004. Clustering and optimization cut-apart of arthropod community in megranate fields. *Chin J Appl Ecol*(应用生态学报), 15(8): 1435~1439(in Chinese)

作者简介 邹运鼎,男,1944年生,教授,博士生导师.主要从事昆虫生态学研究,发表学术论文160多篇,出版专著2部.

据2004年版中国科技期刊引证报告统计(1576种期刊),2003年《应用生态学报》总被引频次为2253次,总排序为第19名,在生物学类期刊排序为第3名;影响因子为0.990,总排序为第70名,在生物学类期刊排序为第3名.2003年《生态学杂志》总被引频次为836次,总排序为第150名,在生物学类期刊排序为第10名;影响因子为0.607,总排序为第198名,在生物学类期刊排序为第13名.

《应用生态学报》编辑部

《生态学杂志》编辑部