

枣园节肢动物群落结构及其模糊聚类分析*

毕守东^{1**} 刘丽² 高彩球¹ 邹运鼎¹ 曹传旺¹ 丁程成¹ 李昌根¹ 孟庆雷¹

(¹安徽农业大学,合肥 230036;²合肥工业大学,合肥 230009)

【摘要】 根据群落生态学原理,为了利用天敌资源开展枣园害虫的生物防治,明确主要害虫及其天敌发生的时间动态和数量动态,对枣园节肢动物进行了系统调查,共查到52种,分属47科.蜘蛛类的相对丰盛度最高,为0.3465,瘿蚊科的相对丰盛度为0.2309,二者在群落中所占比例较高.6月8日和9月21日是枣园节肢动物群落个体数量的两个峰值期.对不同时期的整个群落及各亚群落进行模糊聚类,确定阈值 $T=0.92$,各次调查的整个群落分为4类;3月22日、4月6日和11月22日各自归为一类,其余归为一类;当阈值 $T=0.94$ 时,不同时间的天敌亚群落聚为3类;3月22日、4月6日各自归为一类,其余归为一类;而非天敌亚群落聚为4类;3月22日、4月6日和6月8日各自归为一类,其余归为一类.聚类结果反映了群落特征的季节差异,聚类交替现象则反映了群落结构在较长时间内的复杂性.

关键词 枣园 节肢动物 群落结构 时间动态 模糊聚类

文章编号 1001-9332(2005)10-1893-05 **中图分类号** Q968.1 **文献标识码** A

Arthropod community structure and its fuzzy clustering analysis in jujube orchard. BI Shoudong¹, LIU Li², GAO Caiqiu¹, ZOU Yunding¹, CAO Chuanwang¹, DING Chengcheng¹, LI Changgen¹, MENG Qinglei¹ (¹Anhui Agricultural University, Hefei 230036, China; ²Hefei University of Technology, Hefei 230009, China). - *Chin. J. Appl. Ecol.*, 2005, 16(10): 1893~1897.

Based on the principles of community ecology and by the method of fuzzy clustering, this paper studied the temporal and quantitative dynamics of the arthropod community and sub-community in jujube orchard (Feidong 2003), aimed to utilize natural enemy resources for pest control. There were 52 species of arthropod belonging to 47 families in the orchard. Arachnida and Cecidomyiidae had a higher relative abundance than other families being 0.3465 and 0.2309, respectively. The individuals of the arthropod community were the highest on 8 June and 21 September. The total community and pests-neutral insect sub-community could be clustered into 4 clusters, respectively. For total community, the clusters ($T=0.92$) were those on 22 March, 6 April, 22 November, and on other dates, and for pests-neutral insect sub-community, they ($T=0.94$) were those on 22 March, 6 April, 8 June, and on other dates. The natural enemy sub-community could be clustered into 3 clusters ($T=0.94$), i. e., those on 22 March, on 6 April, and on other dates. The results of cluster analysis partly reflected the seasonal differences of total community and sub-community, while the temporal overlaps of cluster results reflected the complexity of community structure.

Key words Jujube orchard, Arthropod, Community structure, Temporal dynamic, Fuzzy clustering.

1 引言

枣树是我国的特产果树,分布及栽培范围极为广泛,也是安徽省重要经济林树种之一.但枣树害虫是影响枣果产量和品质的最主要因素,成为枣树发展的一大障碍.枣树是典型的虫媒树种之一,是优良的蜜源植物.枣树花期漫长(前后延续近2个月),芬芳四溢,对昆虫具有较强的引诱作用.枣树害虫不仅种类多,且种群密度高,数种灾害性害虫常年处于高密度和高发生率的水平.在农作物及周围杂草、灌木上的昆虫也危害枣吊、枣花、枣叶,从而对枣树造成直接(咬食)或间接(蹬折)危害^[17~19].这些种类在一定阶段又表现为“准害虫”.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是一

个较为活跃的领域,其重点主要集中在植物-害虫-天敌3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.众多学者对生物群落的动态进行研究^[1,4,6,7,10,12,13,15,16,20,22,23,25,26],同时开展了施用化学药剂等对节肢动物群落的影响研究^[5,9,24];高宝嘉等^[2]、蒋国芳等^[8]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^[11]、孙刚等^[21]、郝树广等^[3]、缪勇等^[14]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与特征,充分利用自然因素对生态系统的调控作用.本研究在对枣园进行深入调查

* 国家农业综合开发省级科技项目(NFZ2001-15-11)和安徽省优秀人才基金资助项目(2003YX022-11).

** 通讯联系人.

2005-06-12收稿,2005-07-06接受.

和分析的基础上,应用模糊聚类方法^[27~29],探讨枣园节肢动物群落的结构与动态,以丰富群落生态学的内容,为枣园害虫综合防治提供理论依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 实验地概况

在肥东县共青林场选择具有代表性的枣园一处,该园占地 130 hm². 品种为雪枣(*Ziziphus jujuba* cv. *xuezhao*). 标准地坡度小于 5 度,南北方向为行. 林分为 11 年生结果枣树,树高 4 m 左右,株、行距均为 4 m,林相整齐,林下植被以蒿类为主。

2.2 取样方法

2003 年 3 月 22 日至 11 月 22 日在共青林场枣园,采取平行跳跃法在枣园中间位置抽取 3 行(隔行,南北方向),每行定点 10 株,共 30 株. 按一定时间阶段对每一样株进行逐株调查. 每样株在东、南、西、北 4 个方位和上、中、下 3 层各取一代表性枝条,调查记录每个枝条从梢部向内 30 cm 长度内的所有昆虫及蜘蛛等的种类及数量. 具体时间安排:2003 年 4~6 月,每月 2 次;3 月及 7~11 月,每月 1 次. 整个调查期间,果园不施用任何化学杀虫剂。

2.3 群落结构参数的测定

以下列生态学参数测定节肢动物群落及各亚群落组织水平:

1) 相对丰盛度: $P_i = \frac{N_i}{N}$, 其中 N_i 为第 i 物种的个体数, N 为总个体数;

2) Simpson 优势集中度: $C = \sum P_i^2$;

3) 优势度: $D = \frac{N_{\max}}{N}$, 其中 N_{\max} 为群落中数量最大物种的个体数, N 为总个体数;

4) Shannon-Wiener 多样性指数: $H' = - \sum P_i \ln P_i$;

5) Pielou 均匀度: $J' = \frac{H'}{H_{\max}} = \frac{H'}{\ln S}$, 其中 S 为物种数;

6) Hill 多样性指数: $N_1 = e^{H'}$, $N_2 = \frac{1}{\lambda}$, 其中 λ 为 Simpson 概率指数, $\lambda = \sum \frac{N_i(N_i - 1)}{N(N - 1)}$, 式中 N_1 用于测定枣园中普通种的多样性, N_2 适用于测定主要种的多样性;

7) Alatalo 均匀度: $E_5 = \frac{N_2 - 1}{N_1 - 1}$, 当 E_5 值趋于零时,表明群落只有一个优势种占统治地位;

8) 物种丰富度: $R = \frac{S}{\ln N}$, 其中 S 为物种数, N 为群落中总个体数。

2.4 聚类分析方法

聚类分析首先要确定聚类指标(变量)间的关系,可以使用距离法和相似系数法. 距离法中用距离表示点与点之间的关系,并根据距离进行分类,即将距离较近的点归为一类,而将距离较远的点归为不同的类. 确定了指标(变量)间的距离或相似系数后,就可以进行聚类,聚类可以应用系统聚类法、调优法或图论法。

本文采用系统聚类法中的欧式最短距离法,即 $d_{ij} =$

$\sqrt{\sum_{k=1}^p (x_{ik} - x_{jk})^2}$. 以 12 次调查的数据为样本,以各类节肢动物的生态学指数构成原始数据矩阵,对原始数据进行标准化变换处理后,计算 12 次间的距离,建立相异性矩阵 $R_0 = (d_{ij})_{n \times n}$, 构造模糊相似矩阵 $R = (r_{ij})_{n \times n}$, 其中 $r_{ij} = 1 - \frac{d_{ij}}{\max d_{ij}}$, 再通过模糊相似矩阵褶积改造成模糊等价关系矩阵,将模糊等价矩阵中的 r_{ij} 依大小次序排列,选定阈值 T 后即可进行聚类。

3 结果与分析

3.1 枣园节肢动物群落的组成

枣园生长期共调查到节肢动物 52 种,分属 47 科. 其中天敌类 19 种,分属于 17 科,害虫 26 种,分属 23 科,中性昆虫 7 种,分属 7 科. 中性昆虫主要是丽蝇科(Calliphoridae)、麻蝇科(Sarcophagidae)、蚁科(Formicidae)等,由于它们的数量较少,对整个群落的影响不大,与害虫合并,统称为非天敌昆虫,共有 33 种,分属于 30 科. 蜘蛛类的相对丰盛度最高,为 0.3465,其中微蛛科(Theriodiidae)为 0.2342,其次为双翅目,相对丰盛度为 0.3033,其中瘦蚊科(Cecidomyiidae)为 0.2309. 由此可见,蜘蛛及瘦蚊在总群落中所占比例较高。

在天敌亚群落中,蜘蛛类的相对丰盛度为 0.8670,明显大于昆虫类的相对丰盛度. 它们主要分属于微蛛科(Theriodiidae)、蟹蛛科(Thomisidae)、肖蛸蛛科(Tetrangnathidae)、球腹蛛科(Theriodiidae)、艾蛛科(Cyclosae)、圆蛛科(Araneidae)、狼蛛科(Lycosidae). 微蛛科包括草间小黑蛛(*Erigonidium graminicola*),蟹蛛科包括三突花蟹蛛(*Misumenops tricuspidatus*),肖蛸蛛科是锥腹肖蛸蛛(*Tetuagnatha maxillosa*),球腹蛛科为八斑球腹蛛(*Coleosoma octomaculatum*),艾蛛科包括银背艾蛛(*Cyclosa argenteoalba*),圆蛛科包括六点圆蛛(*Araneus displicatus*),狼蛛科包括拟环纹狼蛛(*Lycosa pseudoannulata*). 草间小黑蛛是蜘蛛类天敌优势种群,其相对丰盛度在枣园中占天敌节肢动物亚群落的 0.5860. 昆虫类天敌分属于瓢甲科(Coccinellidae)、草蛉科(Chrysopidae)、食蚜蝇科(Syrphidae)、食虫虻科(Asilidae)等. 草蛉科和瓢甲科是昆虫类天敌的优势类群,其相对丰盛度各为 0.0474. 草蛉科包括大草蛉(*Chrysopa seplempunctata*),瓢甲科包括龟纹瓢虫(*Propylaea japonica*)、异色瓢虫(*Harmonia axyridis*)、红点唇瓢虫(*Chilocorus kuwanae*).

非天敌亚群落中主要是双翅目昆虫,在该亚群落中的相对丰盛度为 0.4879。其中瘦蚊科的相对丰盛度在整个群落中为 0.3845。

3.2 枣园节肢动物群落的动态

枣园节肢动物整个群落的个体数量季节动态见表 1。从表 1 可知,在枣树萌芽前期,大多数节肢动物处于休眠状态或刚开始出蛰活动,因而个体数少,随着枣树萌动露绿,害虫种群开始建立,各种节肢动物由外界陆续迁入,种类逐渐丰富,数量逐渐增多。优势种开始出现。节肢动物群落的个体数量在 6 月 8 日,即枣树花期,刺蛾(*Iragoides conjuncta*)、枣叶蛆(*Milichiidae* sp.)和蜡象(*Pantatomidea* sp.)大量发生危害,达到高峰期。至枣果采收时,地面植被减退,枣叶基本脱落,绝大部分节肢动物进入休眠或准备越冬,其数量逐渐下降。9 月 21 日左右,由于蚧类(*Coccidae*)和龟蜡蚧类(*Ceroplastes* f. c.)的大量发生,使得害虫数量又有回升趋势。

非天敌节肢动物亚群落及天敌节肢动物亚群落的个体数量随时间变化趋势与整个群落基本一致;

但非天敌亚群落的数量与整个群落的个体数量更接近,同时非天敌亚群落和总群落的高峰期一致;6 月 8 日非天敌数量出现高峰期时,天敌数量表现为一定的滞后性;天敌亚群落的总个体数在很长时间保持在一个相对平稳的水平(表 2、3)。

由此可见,非天敌亚群落和天敌亚群落对总群落的个体数量变化都有一定影响,其中非天敌亚群落的影响更显著。

根据枣园节肢动物群落 3~11 月共 12 次的调查结果,计算出节肢动物群落、天敌亚群落、非天敌亚群落的各项参数见表 1~3。限于篇幅,各项参数的季节动态变化不予讨论,仅将它们作为聚类指标进行聚类分析。

3.3 枣园节肢动物群落的模糊聚类分析

3.3.1 枣园节肢动物整个群落聚类 利用表 1 的数据对节肢动物群落进行模糊聚类,结果如图 1 所示。为了确定分类,根据实际情况,确定一个阈值 T (分辨率)作为分类的标准,阈值 T 取不同值时分类将不同。在确定聚类分析的具体分类时,应选用使组内

表 1 枣园节肢动物群落参数(肥东,2003)

Table 1 Parameters of arthropod community in jujube orchard(Feidong, 2003)

时间 Date	物种数(S) Species number	个体数(N) Individuals	优势集中性(C) Dominant concentration	优势度(D) Dominance	香农多样性(H') Diversity index	均匀度 Evenness		丰富度(R) Species richness
						$J^{(1)}$	$E_3^{(2)}$	
03.22	2	2	0.5000	0.5000	0.6932	1.0000	0	2.8854
04.06	2	3	0.5556	0.6667	0.6365	0.9183	2.2475	1.8205
04.27	8	34	0.1782	0.2941	1.8752	0.9018	1.0002	2.2686
05.21	13	97	0.2497	0.3402	1.7157	0.6689	0.7402	2.8417
05.30	20	252	0.3315	0.5238	1.6535	0.5520	0.4909	3.6170
06.08	23	738	0.3880	0.6057	1.5681	0.5001	0.4234	3.4828
06.27	25	460	0.1724	0.3152	2.2372	0.6950	0.5945	4.0775
07.19	24	313	0.2419	0.4473	1.9881	0.6258	0.5062	4.1767
08.27	14	120	0.2514	0.4500	1.8727	0.7096	0.5594	2.9243
09.21	22	237	0.1651	0.2532	2.1231	0.6868	0.7081	4.0234
10.19	19	254	0.1560	0.2441	2.1633	0.7347	0.7209	3.4313
11.22	7	180	0.4454	0.5833	1.0139	0.5210	0.7180	1.3480

1)Pielou(1969);2)Alatalo(1981)。下同 The same below.

表 2 天敌节肢动物亚群落的参数(肥东,2003)

Table 2 Parameters of sub-community of natural enemy in jujube orchard(Feidong, 2003)

时间 Date	物种数(S) Species number	个体数(N) Individuals	优势集中性(C) Dominant concentration	优势度(D) Dominance	香农多样性(H') Diversity index	均匀度 Evenness		丰富度(R) Species richness
						$J^{(1)}$	$E_3^{(2)}$	
03.22	0	0	0	0	0	0	0	0
04.06	1	1	1.0000	1.0000	0	0	0	0
04.27	5	15	0.2711	0.4000	1.4368	0.8928	1.1116	1.8463
05.21	6	48	0.5087	0.6875	1.0053	0.5610	0.5813	1.5499
05.30	11	165	0.6473	0.8000	0.8839	0.3686	0.3875	2.1544
06.08	13	162	0.2598	0.4506	1.7092	0.6664	0.6794	2.5552
06.27	13	257	0.3778	0.5642	1.3732	0.5354	0.5689	2.3427
07.19	9	218	0.4666	0.6420	1.0665	0.4854	0.6060	1.6715
08.27	4	16	0.4453	0.6250	1.0408	0.7508	0.7911	1.4427
09.21	5	77	0.4323	0.5974	1.0552	0.6556	0.7231	1.1511
10.19	8	102	0.3241	0.4804	1.4073	0.6768	0.6971	1.7297
11.22	3	14	0.7449	0.8571	0.5091	0.4634	0.5706	1.1368

差异较小、组间差异明显的阈值作为分组依据. 由图 1 可以看出, 当选用阈值 $T = 0.92$, 可以基本满足要求, 此时将整个群落的不同调查时间聚为 4 类, 即 4 月 27 日、5 月 21 日、5 月 30 日、6 月 8 日、6 月 27 日、7 月 19 日、8 月 27 日、9 月 21 日和 10 月 19 日归为一类, 3 月 22 日、4 月 6 日和 11 月 22 日各自归为一类. 3 月各类节肢动物仍处于越冬状态, 未进入活动期, 至 4 月 6 日, 随着气温升高, 活动较早的昆虫及蜘蛛开始进入枣园, 4 月 27 日起, 枣树展叶至开花结果期, 虫口数较高, 归为一类, 随后天气转冷, 大多数节肢动物进入休眠期, 只有少量的害虫(如枣龟蜡蚧、蚧)及天敌处于活动期, 因此 11 月 22 日自成一类.

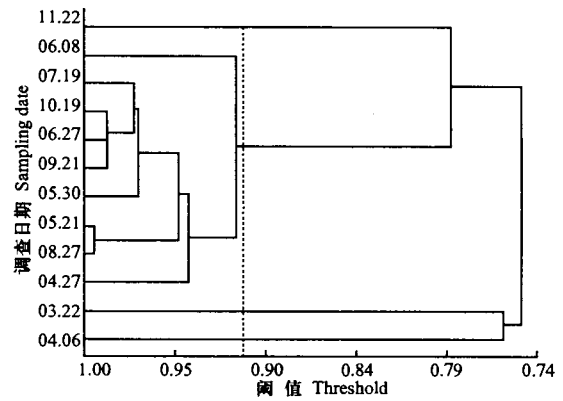


图 1 枣园节肢动物整个群落季节聚类图

Fig.1 Seasonal clustering analyses of arthropod community in jujube orchard.

表 3 非天敌节肢动物亚群落的参数(肥东, 2003)

Table 3 Parameters of sub-community of pest and neutral insect in jujube orchard(Feidong, 2003)

时间 Date	物种数(S) Species number	个体数(N) Individuals	优势集中性(C) Dominant concentration	优势度(D) Dominance	香农多样性(H') Diversity index	均匀度 Evenness		丰富度(R) Species richness
						$J'^{(1)}$	$E_5^{(2)}$	
03.22	2	2	0.5000	0.5000	0.6932	1.0000	0	2.8854
04.06	1	2	1.0000	1.0000	0	0	0	1.4427
04.27	3	19	0.4017	0.5263	0.9933	0.9041	1.0084	1.0189
05.21	7	49	0.4902	0.6735	1.0396	0.5343	0.7344	1.7986
05.30	9	87	0.4528	0.6552	1.2465	0.5673	0.5642	2.0153
06.08	10	576	0.6165	0.7760	0.8541	0.3709	0.4731	1.5734
06.27	12	203	0.2709	0.4680	1.6761	0.6745	0.6463	2.2585
07.19	15	95	0.1690	0.2842	2.0805	0.7683	0.8012	3.2939
08.27	10	104	0.3242	0.5192	1.5476	0.6721	0.5807	2.1531
09.21	17	160	0.2620	0.3750	1.7031	0.6011	0.6459	3.3496
10.19	11	152	0.2897	0.4079	1.5449	0.6443	0.6806	2.1895
11.22	4	166	0.5184	0.6325	0.7601	0.5483	0.8257	0.7825

3.3.2 天敌亚群落聚类 将表 2 数据作为聚类指标对天敌亚群落进行模糊聚类, 结果如图 2. 在阈值 $T = 0.94$ 时可将不同时间的天敌亚群落聚为 3 类, 即 3 月 22 日、4 月 6 日自成一类, 其余时间归为一类. 由图 2 可知, 天敌群落常年处在一个相对稳定的状态, 具有一定的相似性. 其各次取样之间的差异小.

3.3.3 非天敌亚群落聚类 对非天敌亚群落, 利用表 3 进行聚类, 结果如图 3. 6 月 8 日枣树进入开花盛期, 此时, 枣园非天敌类物种最丰富, 个体数最多, 群落结构最为复杂, 不同于全年其它时间. 除开花盛期外, 同总群落类似的是在枣树开始长叶至开花结

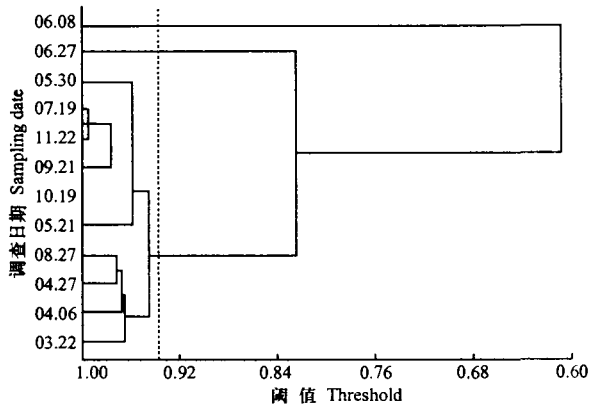


图 2 天敌亚群落季节聚类图

Fig.2 Seasonal clustering analyses of sub-community of natural enemy in jujube orchard.

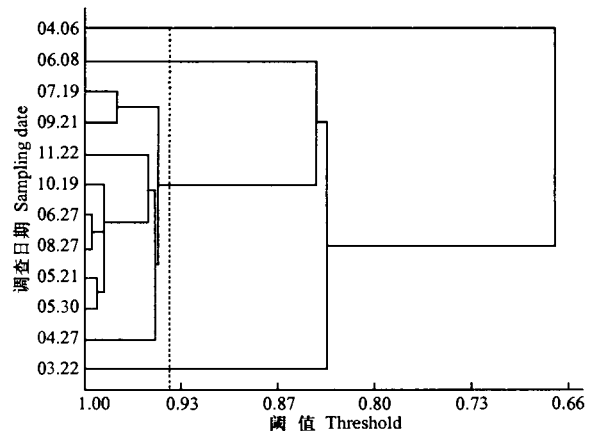


图 3 非天敌亚群落季节聚类图

Fig.3 Seasonal clustering analyses of sub-community of pest and neutral insect in jujube orchard.

果的很长一段时间内,非天敌亚群落的结构维持在一定水平,各月份群落具有很大的类似性。10月19日与11月22日,由于枣龟蜡蚧及蚧的聚集分布,使枣园非天敌亚群落的个体数、丰富度等结构指数较高,在聚类时与5月21日、5月30日等聚为一类较为合理,因此非天敌亚群落选用阈值 $T = 0.94$,把12次调查的非天敌亚群落聚为4次较理想,即3月22日、4月6日、6月8日各自聚为一类,其余聚为一类。

4 结 论

4.1 通过系统调查发现枣园具有丰富的节肢动物,枣树生长期共调查到节肢动物52种,分属47科。蜘蛛类的相对丰盛度最高,为0.3465,瘦蚊科的相对丰盛度为0.2309。二者在群落中所占比例较高。

4.2 从3月22日枣树萌芽前期至6月8日,枣园节肢动物群落的个体数量逐渐递增,在6月8日前后,达到高峰值,随后除了在9月21日,由于蚧类和龟蜡蚧类的大量发生形成又一波峰之外,基本呈递减趋势。天敌与非天敌亚群落也具备此特征。

4.3 对不同时期的整个群落及各亚群落进行模糊聚类,确定阈值 $T = 0.92$,将各次调查的整个群落分为4类。当阈值 $T = 0.94$ 时,可将不同时间的天敌亚群落聚为3类,非天敌亚群落也选用阈值 $T = 0.94$,则把12次调查的非天敌亚群落聚为4类。聚类结果反映了群落特征的季节差异,聚类交替现象则反映了群落结构在较长时间的复杂性。

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)
- Hao S-G(郝树广), Zhang X-X(张孝襄), Cheng X-N(程退年). 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): 103~107(in Chinese)
- Heong KL, Aquino GB, Barrion AT, et al. 1991. Arthropod community structure of rice ecosystem in the Philippines. *Bull Ent Res*, 81: 407~416
- Hull LA, Starner VR. 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): 95~98(in Chinese)
- Li Z-W(李志武), Wang Z-Z(王振中), Zhang Y-M(张友梅), 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), Liu Y(刘 云). 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): 85~90(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): 609~611(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 Nat*, 98: 387~397
- Miao 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): 1437~1440(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.
- Shi G-L(师光禄), Liu X-Q(刘贤谦), Wang M-G(王满国), et al. 1998. Studies on the structure of the insect community and the effect of integrated pest management. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 34(1): 58~64(in Chinese)
- Shi G-L(师光禄), Xi Y-B(席银宝), Wang H-X(王海香), et al. 2003. The niche of important pests and natural enemies and competition among the species in Jujube orchard ecosystem. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 39(5): 78~86(in Chinese)
- Shi G-L(师光禄), Xi Y-B(席银宝), Wang H-X(王海香), et al. 2004. The diversity of biomass of arthropod community in Jujube yard ecosystems. *Sci Silvae Sin* (林业科学), 40(2): 107~112(in Chinese)
- Simpson EH. 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688
- 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): 319~320(in Chinese)
- 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)
- 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): 576~580(in Chinese)
- William WM. 1975. Diversity, complexity, stability and pest control. *J Appl Ecol*, 12: 795~807
- 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 rainforest of Xishuangbanna, China. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 14(10): 1710~1714(in Chinese)
- 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)
- 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): 717~720(in Chinese)
- Zou Y-D(邹运鼎), Li L(李 磊), Zhang B-W(章炳旺), et al. 2004. Clustering and optimization cut-apart of arthropod community in pomegranate orchard. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(8): 1435~1439(in Chinese)
- Zou Y-D(邹运鼎), Ding C-C(丁程成), Bi S-D(毕守东), et al. 2005. Cluster analysis on the temporal dynamics of arthropod community in a plum field. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 16(4): 631~636(in Chinese)

作者简介 毕守东,男,1963年生,教授,在职博士。主要从事昆虫生态学研究,发表学术论文50多篇,出版教材2本。Tel:0551-3186072;E-mail:Bishoudong@163.com