

桔园野生植物层节肢动物群落的研究

陶正良 罗志义

(中国科学院上海昆虫研究所, 200025)

S181

摘 要

野生植物与柑桔亚群落在种-多度关系上有明显差异。野生植物两处理区(生草区、除草区)内的节肢动物种类丰富度, 多样性差异显著, 均匀性与多样性变化格局相一致。整个桔园生态系统冬季的多样性指数最低, 春季逐渐回升, 夏季达到最高, 秋季又趋下降。此外, 优势种对多样性、均匀性的影响大。本文提出了一个经过修改的生态位宽度公式 $B = \sum P_i^2 / S$, 其运用结果与实际情况相吻合, 并对4种生态位重叠指数公式作了比较。

关键词: 种-多度关系, 多样性, 均匀性, 生态位, 生态位重叠。

柑桔园野生植物层节肢动物群落

桔园生态系统是在人类活动参与下所形成的生态体系。野生植物作为组成群落小生境的主要成分, 它的作用不容忽视。野生植物在桔园确实有不利的一方面。它们与柑桔竞争光、水、肥, 因此传统的观点认为野生植物是有害的, 故称“杂草”, 在农事操作中主张全部铲除野生植物。然而野生植物能引起生境的异质性, 使资源的质与量作相应的改变, 增大了栖境的多样性, 并且使各种生物的生态位作相应的调整, 整个群落的结构状态得以改观。野生植物的明显作用是填补了桔园空白生态位; 调节小气候; 作为天敌的栖息场所, 补充或提供“中间寄主”; 增强桔园生态系统对农药的耐受度, 增大了生态容量。在建立以丰富的天敌为基础、改造环境为核心的桔园生态系统中, 野生植物的作用不可低估。

国内已有研究表明: 桔园中可适当地保留和人工栽培野生植物或其他覆盖作物, 使天敌及时得到补充寄主^[1-4]; 苹果园种植覆盖作物, 创造优良而稳定的环境, 能增殖、保护田间天敌^[5]。这几项研究, 都是从单一的种群和单一的覆盖作物的角度出发, 至于从整个群落和多样化的野生植物方面着手的则未见报道。

国外学者认为, 节肢动物群落生境的边界决定了该群落的边界^[6], 一定地区内栖居于多种植物上的节肢动物的组合体组成了一个复合的群落^[7], 植物区系结构组织越复杂, 就能容纳更多的种类, 因为有一个大的物种生境与多样化的食物资源^[8]。Williamson(1981)认为影响物种丰富度关系的主要因子是一些诸如环境异质性等生物因子。无论植物物种多样性或植被复杂性均是昆虫群落多样性很好的指示者^[9], 群落生境的发展是决定节肢动物群落组织及结构的季节变化的主要因子^[10]。

把群落作为一个整体来考虑, 就必须检验群落中种及个体的位置——生态位。生态位宽度是有机体开拓资源的度量。生态位重叠可以认为是资源紧张而种群相互竞争的结果。

本文中有关标本由施达三、陈之祥、王洪全等先生鉴定, 周晓峰、沈健全等协助调查, 林爱莲同志代为复墨, 在此一并致谢。

本文于1990年7月12日收到

一、研究设计及方法

实验区设置于长兴岛,该岛是在长江入海口由于泥沙冲积而成,具有岛屿生态学特点,同时亦是柑桔生长的北缘地区。岛上大多数桔园种植历史不长,本实验区树龄为15a左右。

选取两个外界环境(如大气候)相同的实验区,分两种处理,对照区采取常规除草法,称除草区,生草区则采用生草法。实验期间,两区均处于全年不施药的自然状况下。两区隔路相对,区边界均有防护林。

取样方法:每区按5点取样法各随机调查15个样方,样方面积为 $0.4\text{m} \times 0.4\text{m}$ 分别记数各样方内野生植物种类、数量及节肢动物种类、数量,并以扫网方法辅以调查寄生蜂等,即每区随机扫100网(直径30cm,网眼32筛目)。对于柑桔上节肢动物调查,采用S形取样法,各选10株树,每树分东、南、西、北、中5个方位,每方位调查5片叶,共计20株树,500片叶。

该实验于1988年7月中旬开始,每周调查1次(冬季野生植物枯死,停止调查),到1989年7月底结束,持续时间为1a。

二、结果与分析

1. 桔园野生植物及其节肢动物种类组成

桔园内野生植物种类繁多,共有17科41种,主要有一年蓬、龙葵、萝藦、小藜、铁苋菜、婆婆纳等。其节肢动物有植食性种类19科37种,捕食性(包括蜘蛛类)19科57种,共计38科94种,另外有腐生性蝇类10科。

2. 种-多度关系

本文采用Pielou(1975)提出的以e为底的对数,即 $\ln r$,将生草区与除草区内野生植物层及柑桔层的数据加以整理,绘成图1、图2。

图1、图2均反映了群落组成的结构趋势和物种共存于群落中的原则:可容纳大量的稀有种,只容纳较少的富集种。从图1可知野生植物层生草区内总种类数比除草区多,其种类频率分布也有明显差别。柑桔层上生草区与除草区在这方面的差异更加明显(见图2)。而同一生草区(或除草区)内的野生植物层与柑桔层在种-多度分布图上有质的差别(如图1A与图2A比较),这主要是前者是一个异质性资源库,能吸引或容纳较多的物种,即生态容量大,而后者是单一性的资源库。从而初步说明,野生植物可以适当地引起群落种-多度关系的变化,朝有利于IPM的方向发展。

3. 多样性、均匀性、丰富度及其相互关系

本文采用Shannon-Weaner指数分析两区内野生植物层上节肢动物群落多样性,并结合种类数 S 、个体数 N 等进行害虫-天敌群落、亚群落的格局分析,均匀性指数(J)的测定采用此式 $J = H' / \ln N$,并将结果绘成图3、图4。从图3、图4知,两区内野生植物上的丰富度差别极显著($P < 0.01$),多样性差别为极显著($P < 0.01$, 1988)和显著($P < 0.05$, 1989),且生草区内的多样性和丰富度高于除草区,这说明野生植物的保留有利于丰富度和多样性的积累和增大,均匀性的变化格局与多样性相一致。总之,丰富度、多样性的总变化趋势是上半年由低到高(图4),下半年由高到低(图3)发展,说明上半年随着气候等生态因

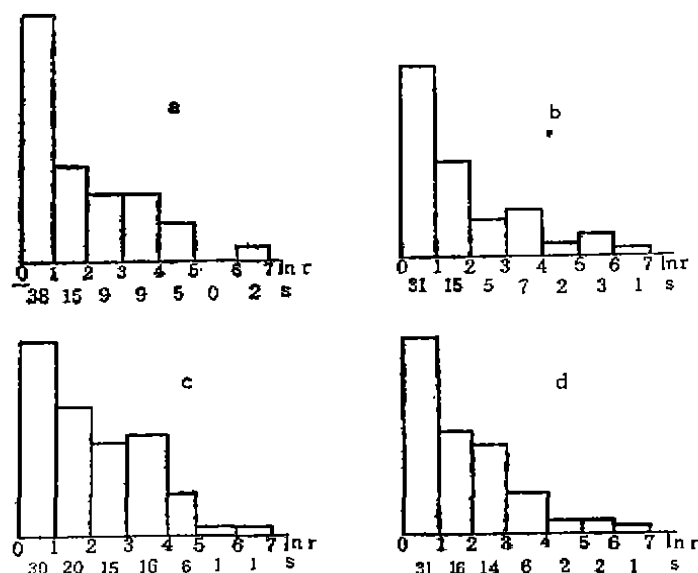


图 1 野生植物亚群落种-多度分布图 (lnr 代表级数, S 代表属于该级的所有种)
(a) 生草区(1989) (b) 除草区(1989) (c) 生草区(1988) (d) 除草区(1988)

Fig.1 Distribution of species-abundance of cover-crops subcommunity (lnr, the order of log-series, s, the number of species belong to the certain series)
(a) cover-crops growing region (1989)
(b) herbicide-treated region (1989)
(c) cover-crops growing region (1988)
(d) herbicide-treated region (1988)

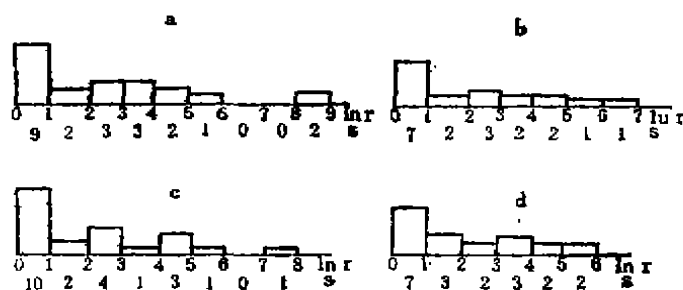


图 2 柑桔亚群落种-多度分布图
(a) 生草区(1989) (b) 除草区(1989) (c) 生草区(1988) (d) 除草区(1988)

Fig.2 Distribution of species-abundance of citrus subcommunity
(a) covercrops growing region (1989)
(b) herbicide-treated region (1989)
(c) cover-crops growing region (1988)
(d) herbicidet-reated region (1988)

子的变化, 多样性是一个逐渐积累恢复的过程, 下半年则是由顶峰到衰退的过程。

4. 优势种对多样性的影响

在多样性分析过程中, 我们发现优势种对群落的各项指标产生一系列影响。从图 5 知, 跗线螨若作为一个优势种群, 则大大地降低了多样性与均匀性, 其影响是十分明显的, 这说明

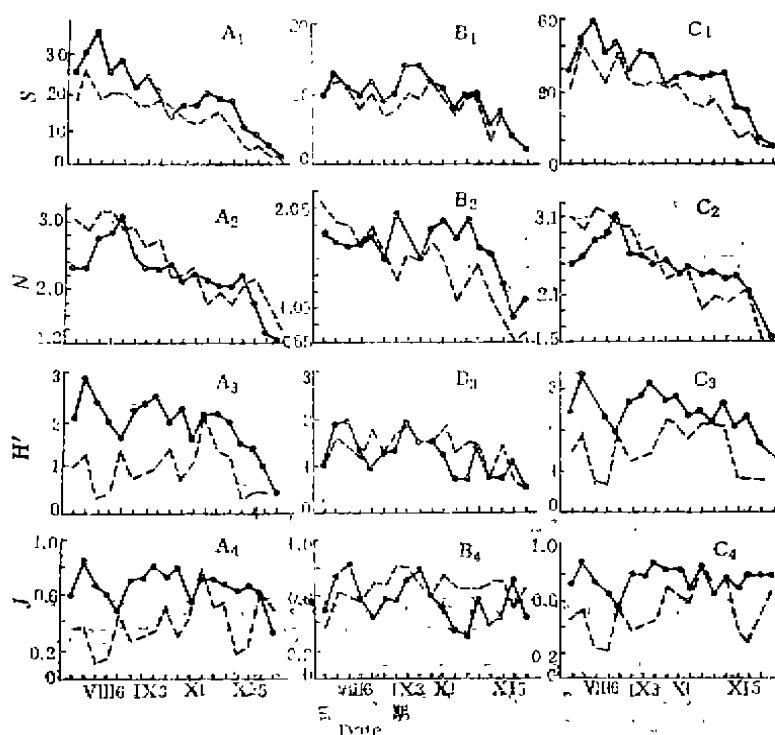


图 3 野生植物层群落种类丰富度 S 个体数 N 多样性 H' 均匀性 J 的时间格局图(1988)
(A) 害虫类亚群落 (B) 天敌类亚群落 (C) 害虫-天敌群落

Fig.3 Graph depicting time-pattern tendency of cover-crops community species (S), individual numbers (N , log-values), species diversity (H') and evenness (J) (1988)
---- Cover-crops growing region
---- Herbicide-treated region

群落中优势种的作用不能低估,群落中各种群的作用不能等同看待。然而就文中的附线螨而言,它本身是一种很小、作用各异的螨类,所以,若仅仅从数量上定义优势种,则不太精确,而应结合其在群落中的地位与作用来综合定义。

5. 主要种的生态位

生态位宽度 (niche breadth) 简单地说是—一个有机体单位所利用的各种多样不同资源的总和。

$$B = 1 / \sum_{i=1}^i P_{ia}^2 \text{ (after simpson, 1949)}$$

$$B = - \sum_{i=1}^i P_{ia} \log P_{ia} \text{ (Shannon-weaner index)}$$

$$B = - \sum_{i=1}^i \ln P_{ia} / (-\ln N)$$

上式中 P_{ia} 代表第 i 种与资源 a 相关的个体比例,一些学者从几方面对这些指数提出了质疑^[11]——这些指数是十分依赖于所考虑的资源数量,认为在以下两种情况下比较生

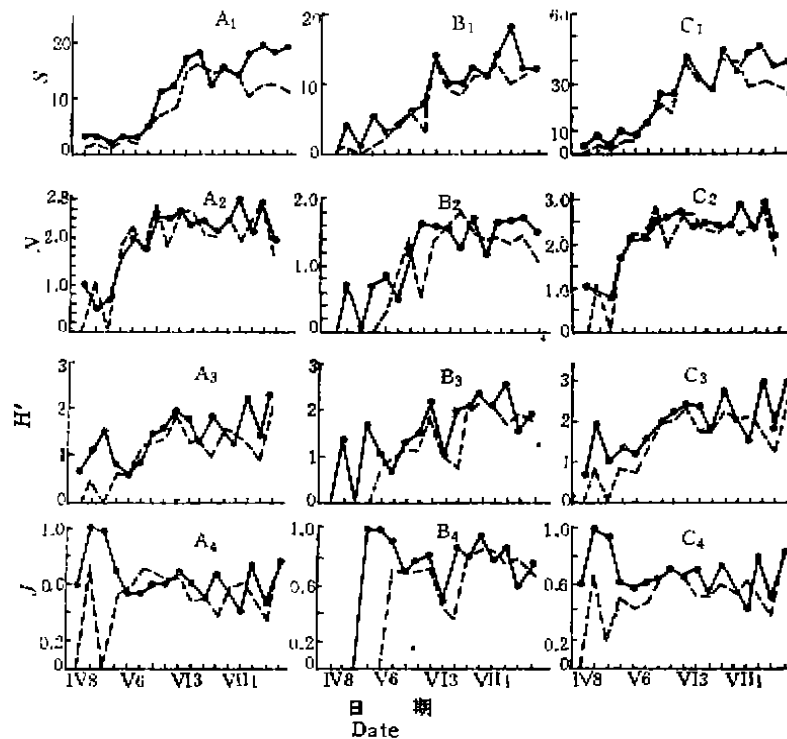


图 4 野生植物层群落种类丰富度 S 个体数 N 多样性 H' 均匀性 J 的时间格局图(1989)
(A) 害虫类亚群落 (B) 天敌类亚群落 (C) 害虫-天敌群落

Fig.4 Graph depicting time-pattern tendency of cover-crops community species(S), individual numbers (N , log-values), species diversity (H') and evenness (J) (1989)
----- Cover-crops growing region
----- Herbicide-treated region

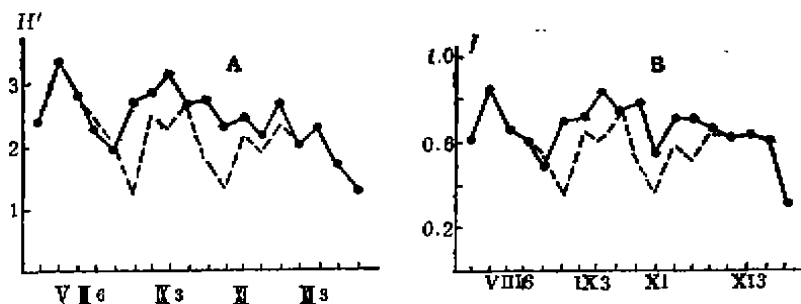


图 5 优势种对多样性 H' (A)和均匀性 J (B)的影响
----- 无附线螨 ----- 有附线螨

Fig.5 The influence of dominating species to diversity (A) and evenness (B)
----- no *Phyllocoptrura oleivora* ----- with *P.oleivora*

态位标准 (niche metrics)：一个群落内的种间及不同群落内种与种间的生态位，突出的困难是比较程序难以标准化，对于不同的种及不同的群落难以比较。Colwell 和 Futuyma 进一步发展了生态位宽度的测定方法，这些方法已经重新评介和定义^[12]，但对于一般情况下使用则会变得相当复杂，其它测定亦被提出来^[13]。本文提出一个经过修改的生态位宽度指数：

$$B = \Sigma P_i^2 / S$$

S 为单位资源的总数, P_i 同上 $P_{i.}$ 的意义。此公式可初步解决生态位宽度比较过程的标准化问题, 本文令 $B_1 = 1/\Sigma P_i^2$ 和 $B_2 = \Sigma P_i^2 / S$, 对此作一比较, 使用1989年生草区柑桔上捕食螨资料, 以样方为资源单位, 见表1, 两指数的大小序列不一样, 按 B_1 指数的序列难以解释捕食螨的数量高峰与高比例资源的关系, B_2 的序列与实际情况相符, B_1 指数只有在考虑到资源在无限多的情况下才能做到这一点, 对于 $B = -\Sigma P_i \ln P_i$ 及 $B = -\Sigma \ln P_i / (-\ln N)$, 由于有时某一种 i 对资源 j 的占有频率 $P_{ij} = 0$, 在计算机上运算不大方便, 故不太实用。

用 $B = \Sigma P_i^2 / S$ 测定一些主要种的生态位, 见图6, 柑桔亚群落生草区的捕食螨生态位大于除草区 ($P < 0.05$, 图6A), 这一点在野生植物亚群落上表现得更明显 ($P < 0.01$, 图6D), 且两者的动态变化趋势相一致, 这说明野生植物可以扩大一些天敌的生态位。柑桔上生草区内的柑桔粉虱生态位比除草区低 ($P < 0.01$, 图6C) (其上的叶螨例外, 图6B), 野生植物上的蚜虫类亦为生草区的生态位比除草区低 (图6E), 这一点对IPM是有益的。柑桔的内腔与外围的空间差别及白天与夜晚的时间差别可能影响捕食螨等的搜寻, 也就影响它们的生态位; 单个个体的生态位可能缩小的同时, 一个种群的生态位可能扩大。

6. 生态位重叠

本文应用 $O_{ij} = \sum_{a=1}^n P_{ia} P_{ja} / \sqrt{\sum_{a=1}^n P_{ia}^2 \cdot \sum_{a=1}^n P_{ja}^2}$ (Pianka, 1973) (其中 P_{ia} 为第 i 种利用的第 a 种资源的比例) 来测定1989年主要种群之间的生态位重叠 (见图7)。天敌与害虫之间的生态位重叠 (图7A、7B、7C) 均是生草区高于除草区, 而害虫之间的生态位重叠 (图7D) 亦是生草区高于除草区。天敌—害虫之间生态位重叠大, 就意味着它们相遇的机率大, 天敌控制害虫的机会就高 (天敌与害虫的捕食、寄生关系是其前提条件), 害虫之间生态位重叠大, 就意味着害虫之间相互排斥, 干扰的程度高; 所有这些均有利于IPM计划。

7. 几种生态位重叠指数公式的比较

众多的生态位重叠的测定通常是基于资源的划分, 大多数是 $\sum_{a=1}^n P_{ia}$ 的函数: 第 i 种利用的第 a 种资源的比例或相对地说第 i 种利用资源 a 的个体数。它们是:

$$O_1: O_{ij} = 1 - 1/2 \sum_{a=1}^n |P_{ia} - P_{ja}| \quad (\text{Schoener, 1968})$$

$$O_2: O_{ij} = \sum_{a=1}^n P_{ia} P_{ja} / \sqrt{\sum_{a=1}^n P_{ia}^2 \cdot \sum_{a=1}^n P_{ja}^2} \quad (\text{Pianka, 1973})$$

表1 两个生态位指数公式的序列

Table 1 the order of width of niches with two different indices of niches widths

$B_1 = 1/\Sigma P_i^2$	序列 Order	$B_2 = \Sigma P_i^2 / S$	序列 Order
13.44	10	0.007000	4
6.88	11	0.015000	3
2.77	12	0.036000	2
6383.66	2	0.000016	12
912.13	7	0.000110	7
3478.24	4	0.000029	10
0.80	13	0.125300	1
2182.70	5	0.000458	9
139.46	8	0.000720	6
19.52	9	0.005000	5
10443.94	1	0.000010	13
3627.47	3	0.000028	11
1328.03	6	0.000075	8

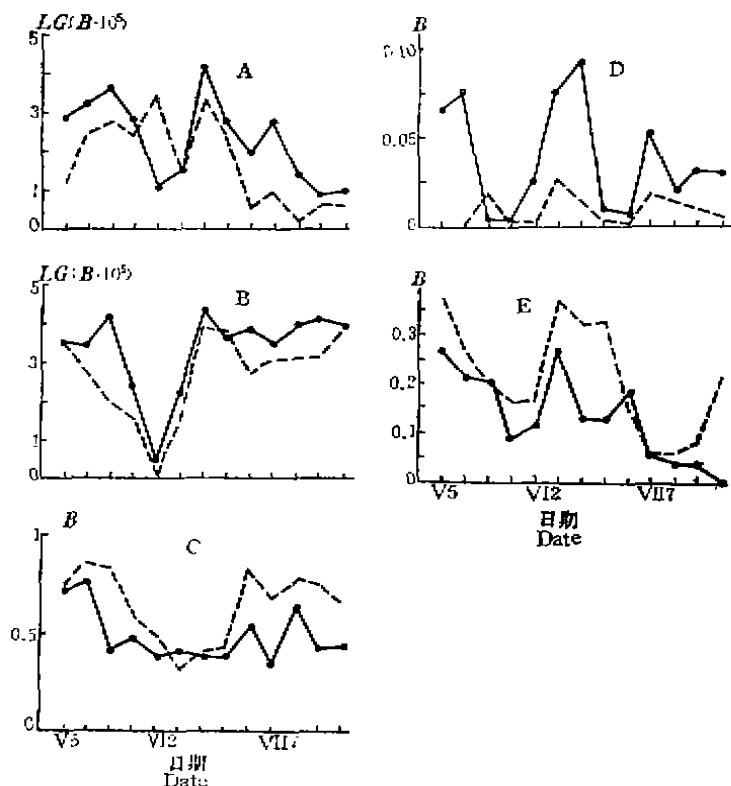


图 6 主要种的生态位动态变化

--- 生草区 ---- 除草区

(A) 柑桔上捕食螨的生态位 (B) 柑桔上叶螨的生态位 (C) 柑桔上柑桔粉虱的生态位
(D) 野生植物上捕食螨的生态位 (E) 野生植物上蚜虫类的生态位

Fig. 6 Dynamics of width of niches for some dominating species (1989)

(A) predacious mites' B in citrus subcommunity

(B) red mites' B in citrus subcommunity

(C) white fliers' B in citrus subcommunity

(D) predacious mites' B in cover-crops subcommunity

(E) aphids' B in cover-crops subcommunity

--- Cover-crops growing region

---- Herbicide-treated region

$$O_3: O_{ij} = \sum_{i=1}^n P_{i,j} P_{j,i} / \sum_{i=1}^n P_{i,i}^2 \quad (\text{Levins, 1968; MacArthur, 1972})$$

$$O_4: O_{ij} = P_{i,j} = \sum j \min(P_{i,j}, P_{j,i})$$

其它测定方法已经有所发展和评介^[14-15]。

应用1989年柑桔亚群落的资料测定捕食螨——叶螨的以上几种生态位重叠指数值,列表2,其大小序列各不一样。对 O_1 而言,其值出现正负变化,当两种群的 P_{ia} 较低时,其值为正,当两种之中任一种 P_{ia} 特别高时就为负值,这与其生物学意义相反。事实上此公式只有在两种中每种占有的资源频率或数量相近时,才能有效地分析,故 O_1 指数应用范围受到限制; O_2 指数与实际情况相吻合;而同一 O_3 指数,两种群的生态位重叠值对于每一种均不同,并且

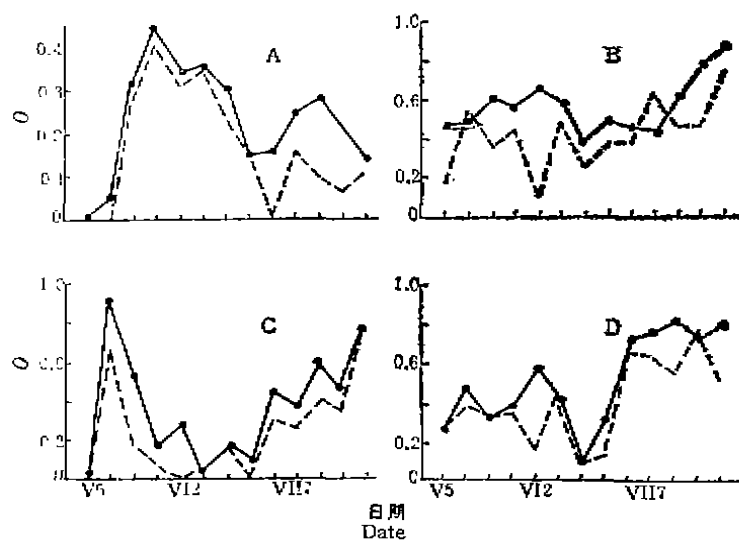


图 7 主要种的生态位重叠值动态变化

--- 生草区 ---- 除草区

(A) 野生植物亚群落的捕食螨——蚜虫 (B) 柑桔亚群落的捕食螨——叶螨

(C) 柑桔亚群落的捕食螨——柑桔粉虱 (D) 柑桔亚群落的叶螨——柑桔粉虱

Fig. 7 Dynamics of overlapping of niches for some dominating species

(A) predacious mites—aphids in cover-crops subcommunity

(B) predacious mites—red mites in citrus subcommunity

(C) predacious mites—white flier in citrus subcommunity

(D) red mites—white flier in citrus subcommunity

--- Cover-crops growing region

---- Herbicide-treated region

表 2 3种生态位重叠指数公式的序列

Table 2 The order of overlapping of niches with three different indices

O_1 公式	序 列 Order	O_2 公式	序 列 Order	O_3 公式*	序 列 Order	O_3 公式**	序 列 Order
0.534	7	0.039	12	0.062	13	0.024	7
0.856	4	0.923	1	1.186	7	0.722	1
-0.091	11	0.524	4	0.983	8	0.279	3
0.901	3	0.181	9	1.911	6	0.014	10
0.960	1	0.281	7	0.133	12	0.515	2
0.916	2	0.032	13	0.231	10	0.004	12
0.817	5	0.162	8	0.212	11	0.125	4
0.493	8	0.074	11	2.119	5	0.003	13
0.050	10	0.436	6	3.955	4	0.048	8
0.297	9	0.156	10	0.373	9	0.085	6
0.615	6	0.593	3	17.783	3	0.020	9
-0.668	13	0.448	5	32.187	1	0.006	11
-0.380	12	0.769	2	27.586	2	0.021	8

* 对捕食螨而言; ** 对叶螨而言。

变异大, 不利分析; O_4 指数实际上是一种百分率相似性, 仅以两种中最小频率的累加值作为重叠值, 利用的信息太少, 因此, 对于大多数情况而言, O_2 指数较为合适。

三、讨 论

1. 在无外界干扰的情况下, 大多数群落长期内保持稳定状态, 或经过一个包括许多相继阶段有秩序的进展而最终达到稳定状态。然而, 也会偶尔地出现惊人的种群暴发, 一个种它可能是群落中本来的一员或一个偶然入侵者, 在数量上急速增长, 以致对它周围环境产生了深刻的、有时是不可逆转的变化。如果从人类的观点看, 这种变化是有害的, 那么按照定义, 并结合其防治指标或经济阈值, 这个暴发的物种就是一种害虫, 从数量上定义, 亦就上升为优势种。害虫控制就在于防治任何种的种群上升到会造成一定的经济损失水平。在群落实际结果分析中, 大多数使用单一的Berger-Parker优势度指数来度量, 然而仅从数量上取得优势并不能全面判定, 某些种可能数量特多, 但在群落中所起的作用与功能不是决定性的, 如龙葵上的跗线螨, 则不能确定为优势种, 而一些数量居次要地位但在群落中起巨大作用者, 则不得不考虑它的优势作用。

2. Thorman (1982) 指出在河口湾鱼类组合中生态位宽度的减少伴随物种种数的增加, 同样亦发现了“减少生态位的重叠伴随种类增加”的证据^[16], 然而也存在正好相反的结论: 发现在一个群落内邻近生态位的重叠伴随多样性的增加而增加^[17]。事实上, 这两种原则均能在大自然中存在, 如在桔园生态系统中不同种群之间的生态位重叠伴随多样性的增加完全可能表现出相反的趋势。增加群落的适合性在很多情况下可很好地由生态位的增加来得到反映^[16], 在其它情况下, 一个给定资源空间内物种数的增加可以不增加生态位重叠而被很好地安顿, 但受生态位宽度的限制。

参 考 文 献

- [1] 广东昆虫所等, 利用钝绥螨为主综合防治柑桔红蜘蛛的研究, 昆虫学报, 1978, 21(3):260—270.
- [2] 凌秀霞等, 生态因素与钝绥螨种群数量关系及应用于桔爪螨的研究, 植物保护学报, 1984, 11(1):29—34.
- [3] 张格成, 利用捕食螨防治柑桔红蜘蛛, 《中国生物防治进展》, 农业出版社, 1984, 278—309.
- [4] 黄明度, 柑桔园水热条件与钝绥螨数量的关系, 昆虫天敌, 1979, 1(1):61—65.
- [5] 严毓华, 段建军, 苹果树叶螨的生物防治 I. 苹果园种植覆盖作物保护和增殖天敌的研究初报, 华北农学报, 1988, 1(2):93—104.
- [6] Banerjee, B., Arthropod accumulation on tea in young and old habitats, Ecol. Entomol., 1983, 8:117—123.
- [7] Root, R.B., Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (*Brassica oleracea*), Ecol. Monogr., 1973, 43:95—124.
- [8] Lawton, J. H., Plant architecture and the diversity of phytophagous insects, Ann. Rev. Entomol., 1983, 28:28—39.
- [9] Putman, R.J., et al., Principles of ecology, Billing & Sons Ltd., 1989, 333—353.
- [10] Gut, L.J., Arthropod community organization and development in pear, PhDthesis, Oregon State Univ., Corvallis, 1984.
- [11] Colwell, R.K., et al., On the measurement of niche breadth and overlap, Ecology, 1970, 52:567—576.
- [12] Hurlbert, S.H., The measurement of niche overlap and some derivatives, Ecology, 1978, 59: 67—77.
- [13] Feinsinger, P., Spears, E. E. et al., A Simple measure of niche breadth, Ecology, 1981, 62: 27—32.
- [14] Abrams, P., Some comments on measuring niche overlap, Ecology, 1980, 61:44—49.
- [15] Lawlor, L.R., Overlap, similarity and competition coefficients, Ecology, 1980, 61:245—251.
- [16] Pianka, E.R., The structure of lizard communities, Ann. Rev. Ecol. Syst., 1973, 4:58—74.
- [17] Cody, M.L., Competition and the structure of Bird Communities, Princeton University Press, 1974.

STUDIES ON ARTHROPOD COMMUNITY IN COVER-CROPS OF CITRUS OF CITRUS ORCHARD

Tao Zheng-Liang Luo Zhi-Yi

(Shanghai Institute of Entomology, Academia Sinica, 200025)

This paper deals with species-abundance distributions and diversity in two regions, one cover-crops-growing region and one herbicide-treated region.

There are significant differences in species-abundance distributions between cover-crops and citrus subcommunity. Significant difference in species richness, diversity and existed between two regions both for cover-crops and citrus. The diversity of arthropod community is the lowest in winter, the highest in summer, and it increases in spring, decreases in fall. The dynamics of evenness show the same pattern as diversity does. And the influence of dominant species to diversity and evenness is important. This paper also provides a revised index of niches, and four kinds of indexes of niches overlapping are discussed.

Key words species-abundance, diversity, evenness, niche breadth, niche overlapping.