

枣园昆虫群落及其与日本龟蜡蚧发生的关系*

梁隐泉¹ 高宝嘉^{1**} 臻志先¹ 王江柱¹ 刘志群² 牛建忠²

(¹河北农业大学,保定 071001; ²邢台市林业局,邢台 054000)

【摘要】 利用群落特征指数和典型相关分析方法,分析了枣园昆虫群落的结构特征以及日本龟蜡蚧发生程度与昆虫群落之间的关系。结果表明,根据群落相异系数(0.20水平),不同样地昆虫群落可划分为平原和丘陵为两类。平原地区日本龟蜡蚧发生程度高,其多样性和物种数较低,而植食性类群优势度较高;丘陵地区日本龟蜡蚧发生程度低,其多样性和物种数较高,而天敌类群优势度较高。典型相关分析表明,在0.05水平下,日本龟蜡蚧发生性状和群落性状的第1对和第2对典型变量相关系数分别为0.9904、0.8538,说明日本龟蜡蚧的发生状况与枣园昆虫群落性状显著相关。其中,群落多样性(3.4893)、物种数(5.8060)和优势度(6.9353)对日本龟蜡蚧的发生程度有重要影响。

关键词 日本龟蜡蚧 昆虫群落 典型相关分析

文章编号 1001-9332(2006)03-0472-05 **中图分类号** S718.55 **文献标识码** A

Insect community and its relationship with *Ceroplastes japonicus* occurrence in jujube orchards. LIANG Yin-quan¹, GAO Baojia¹, ZHEN Zhixian¹, WANG Jiangzhu¹, LIU Zhiqun², NIU Jianzhong² (¹Hebei Agricultural University, Baoding 071001, China; ²Forestry Bureau of Xingtai City, Xingtai 054000, China). -*Chin. J. Appl. Ecol.*, 2006, 17(3):472~476.

Employing community character indices and canonical correlation analysis, this paper studied the insect community structure and its relationship with the occurrence degree of *Ceroplastes japonicus* in jujube orchards. The results showed that based on the community discrepancy coefficient of 0.20, the insect community in various sampling fields could be categorized into two groups, i.e., plain and hill. The occurrence of *C. japonicus* in plain region was heavier, with lower insect community diversity, smaller species number, and higher dominance of phytophagous insects, while that in hill region was lighter, with higher insect community diversity, more abundant species, and higher dominance of natural enemy insects. Canonical correlation analysis indicated that at the significant level of 0.05, the first and second pairs of canonical correlation coefficients of *C. japonicus* occurrence characters and insect community characters were 0.9904 and 0.8538, respectively, suggesting that the occurrence of *C. japonicus* was significantly correlated with the characters of insect community. Community diversity (with the coefficient of 3.4893), species number (with the coefficient of 5.8060), and dominance (with the coefficient of 6.9353) had most important effects on the occurrence of *C. japonicus*.

Key words *Ceroplastes japonicus*, Insect community, Canonical correlation analysis.

1 引言

针对特定生境中的昆虫群落研究,大多集中于群落特征和时序动态,主要包括药剂、作物品种、不同耕作类型、管理方式造成的环境差异对群落特征指数和能流关系的影响等内容^[1~10,12~24,25],重点着眼于合理的群落结构、功能等特性对综合控制某种作物或果树的害虫整体发生水平的理论意义和影响,而针对某种特定目标害虫的发生程度与昆虫群落特性的相互关系研究则相对较少。对特定害虫的控制作为生产实践中最常见的问题,其实际操作往往不仅有针对性,还会对昆虫群落产生显著作用。因此,研究具体害虫发生与群落特性之间的相互关系,可以为害虫综合治理提供必要的理论补充。作为枣

树的主要害虫之一,日本龟蜡蚧(*Ceroplastes japonicus*)在河北邢台、衡水等地连年大发生,致使数千公顷枣树严重减产,甚至绝收。本研究针对日本龟蜡蚧的持续大发生状况,以探讨对其生态调控策略与技术为目的,从群落学角度分析枣园昆虫群落的结构特征与日本龟蜡蚧发生程度之间的关系,以期制定该虫的生态调控策略提供必要的理论依据。

2 研究地区与研究方法

2.1 研究地区概况

研究地区位于邢台市广宗县和内丘县,两地同属暖温带

* 国家自然科学基金项目(3920019)和河北省自然科学基金资助项目(300133)。

** 通讯联系人。

2005-04-12收稿,2005-09-06接受。

大陆性季风气候.在两县共设6块样地.广宗1号地位于广宗平原地带,土质为轻度盐化潮土,树龄35年,株行距5 m×8 m.枣园管理水平低下,未进行化学防治,树势较弱.广宗2号地位于广宗平原地带,土质为轻度盐化潮土,树龄35年,株行距5 m×8 m;针对枣尺蠖等进行过化学防治,管理水平较高,树势良好.张麻位于内丘县平原地区,土质为沙壤质褐土,树龄约55年,株行距5 m×10 m,未进行管理,树势较弱.仙人村位于内丘县丘陵与平原交界地带,土质为少砾石褐土,树龄5~10年,株行距4 m×5 m,管理水平较高,但未针对日本龟蜡蚧进行过防治,树势良好.黄店沟位于内丘县丘陵地带,土质为少砾石褐土,树龄50年以上,株行距3 m×10 m,未经管理,长势衰弱.西阳寨位于内丘县丘陵与山地交界地带,土质为多砾石褐土,树龄50年以上,株行距3 m×15 m,曾进行过化学防治,现多年未管理,长势良好.以上样地除仙人村枣树品种为赞皇大枣外,其他均为婆枣.

2.2 研究方法

2.2.1 日本龟蜡蚧的调查方法 在不同枣园,随机抽取10株枣树作为样株,每树按东、西、南、北4个方向和上下内外4个部位共取16个组样,各抽取长约10 cm的枝条,统计枝条上的日本龟蜡蚧数量.

2.2.2 树冠昆虫群落的调查方法 在不同类型的枣园中,以5点式抽样法选取枣树5株,于2001年4~10月,每隔10 d调查1次.每株树分东、西、南、北4个方位,内、外、上、下4个层次,先环树1周,通过目测、惊飞网捕和震落,统计活动于树冠上的昆虫数量,而后检查栖息于枝干叶片上的昆虫.调查蚜虫时,按不同方位和层次各抽取10个叶片,数正反两面的虫数;调查食叶类和枝干害虫时,则在不同层次和方位各选取10 cm长枝段,记录生活在上面的昆虫种类与数量.

2.2.3 枣园空间内和地面植被上的昆虫调查 在枣园空间内以5点式抽样法随机扫取30网,在选取的5株枣树下的地表植被上各扫取10网,将捕虫网内的昆虫连同植物碎屑一同放入毒瓶内杀死,带回室内分检,记录其中的昆虫种类和数量.

2.2.4 群落多样性分析方法 采用 Shannon-Wiener 平均信息量指数(H'),均匀性指数(EN),Berger-Parker 优势度指数,优势集中性指数(C),丰盛度(P_i)^[24].

2.2.5 群落相似系数的计算方法 采用 Jaccard 系数^[11].

3 结果与分析

3.1 枣园昆虫群落基本组成

通过调查,在各样地中共采集昆虫13目67科157种.6块标准地的群落基本组成见表1.由表1可见,在不同样地中广宗1号、2号地有较高的昆虫个体数量,但物种数量最低,而西阳寨物种数量最高,个体数量最少.总之,平原样地个体数特别是植食性类群个体数多,但种类数少,而丘陵地区样地昆虫个体数少,种类数多,捕食性和寄生性种类较多.

表1 枣园昆虫群落基本组成

Table 1 Basic components of insect community in jujube orchards

样地 Sampling field	物种数 Species number	个体数 Individual number	植食性类群 Phytophagous group (%)	捕食性类群 Predacity group (%)	寄生性类群 Parasitical group (%)	中性昆虫 Neutral insects (%)
广宗1 GZ1	73	15307	95.1	3.0	1.5	0.5
广宗2 GZ2	73	12145	95.0	2.9	0.9	1.2
张麻 ZM	89	11943	93.5	4.1	1.1	1.3
黄店沟 HDG	107	9457	87.6	6.8	3.1	2.5
仙人村 XRC	95	8753	85.3	9.3	3.0	2.4
西阳寨 XYZ	146	5803	74.5	14.3	6.5	4.7

GZ1:Guangzong 1; GZ2: Guangzong 2; ZM: Zhangma; HDG: Huangdiangou; XPC: Xianrencun; XYZ: Xiyangzhai. 下同 The same below.

3.2 枣园昆虫群落多样性指数的时序动态

不同样地群落多样性指数的变化趋势反映了各样地昆虫群落的时空变化特征,也能够区分不同样地间昆虫群落的差异,因而可作为研究其内在规律的重要指标.各样地昆虫群落不同月份多样性指数见图1.由图1可见,各样地昆虫群落多样性指数的变化趋势类似,4月最低,到5月逐渐升高,6月升高迅速,7月达到峰值后开始下降,8~9月降幅较大,10月降至略高于4月的低水平.4月份,寄主植物开始发育,许多昆虫正在解除休眠或滞育,种类相对较少,只有少数植食性种类(如枣尺蠖等)数量多,因而多样性指数低;7月是寄主植物和昆虫的快速生长发育时期,物种数量迅速增加,昆虫群落多样性指数也最高;7月以后昆虫群落经历了一个由发育成熟到逐渐衰退的阶段,多样性指数呈下降趋势.各样地间多样性指数的波动范围存在差异.广宗两样地多样性指数为0.52~2.91,波动位差仅为2.39;西阳寨多样性指数为1.5~4.71,波动位差高达3.21;其他样地的波动范围是前二者之间,由高到低分别是黄店沟、仙人村和张麻,变化幅度相对较小.整体上丘陵样地的多样性指数均高于平原样地的多样性指数.

3.3 枣园昆虫群落均匀性指数时序动态

各样地群落均匀性指数的时序动态,可以反映

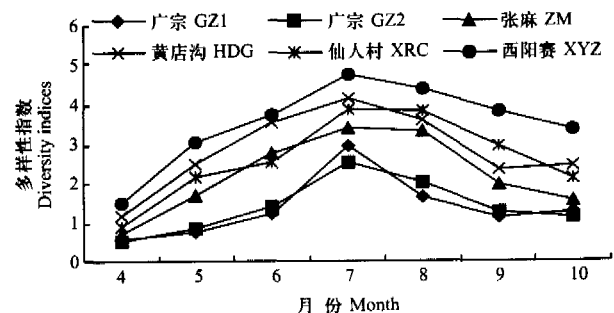


图1 枣园昆虫群落多样性指数时序动态

Fig.1 Time sequential dynamics of insect community diversity in jujube orchards.

群落组成结构的特性.不同月份各样地的昆虫群落均匀性指数见图2.由图2可知,各样地群落均匀性指数动态曲线走势平缓,不同月份间变化幅度不大,7月略高一些,最高的西阳寨可达0.9以上.不同样地群落均匀性指数的总体水平存在差异.广宗两样地的群落均匀性指数较低,为0.4~0.6;内丘样地中西阳寨的群落均匀性指数较高,为0.65~0.91;其余样地的群落均匀性指数大小顺序为黄店沟>仙人村>张麻.

此外,同多样性变化趋势相比,均匀性指数年变化趋势平缓、幅度小.这是由于这一地区群落组成种类较贫乏,年中优势种群数量的变化幅度大,且不同季节均有明显的优势种,而种类数量的变化幅度较小的缘故.

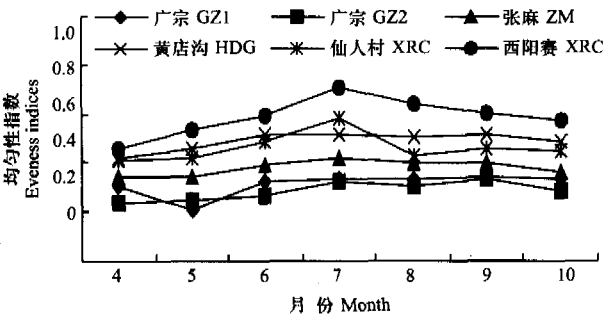


图2 枣园昆虫群落均匀性指数时序动态
Fig.2 Time sequential dynamics of insect community evenness in jujube orchards.

3.4 枣园昆虫群落优势度指数的时序动态

群落优势度指数反映了优势种群的变化动态以及各样地间的差异(图3).由图3可知,各样地昆虫群落优势度指数的变化趋势基本相同,4月较高,6~7月较低,而后又逐渐升高.春季少数植食性害虫出蛰活动较早,种群数量大、优势度高,夏季由于食物丰富,昆虫种类增加,群落的多样性和均匀性提高,种间竞争趋于平衡,因而重要害虫的优势度降

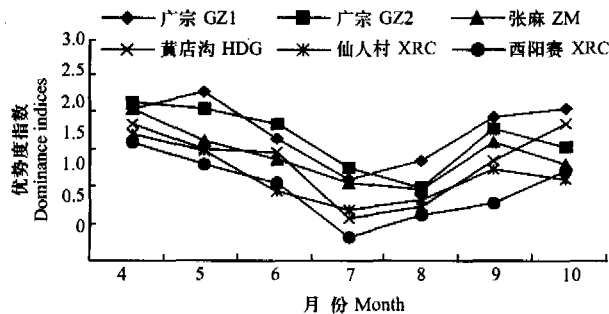


图3 枣园昆虫群落优势度指数时序动态
Fig.3 Time sequential dynamics of insect community dominance in jujube orchards.

低.秋季随着许多种群由于休眠或死亡,而逐渐衰退,少数优势种群又占据主导地位,群落优势度有所回升.各样地间群落优势度也存在差异.全年范围内广宗两样地的优势度均较高.植食性害虫种类特别是日本龟蜡蚧种群数量高,而优势度较低,西阳寨,由于优势种类较少,且种群数量低,从平原到丘陵群落优势度也存在递减的趋势.

3.5 不同样地昆虫群落的相似性

根据不同样地昆虫群落的种类组成,分别计算各样地间的群落相似系数,并以最大值0.95计算出样地间的相异系数(表2).由表2可见,广宗两样地间相似系数最高,而张麻与西阳寨间相似系数最低.

表2 不同样地昆虫群落相似(异)系数

Table 2 Insect community similarity coefficients from various sampling fields

样地 Sampling field	广宗1 GZ1	广宗2 GZ2	张麻 ZM	黄店沟 HDG	仙人村 XRC	西阳寨 XYZ
广宗1 GZ1	1	0.85	0.81	0.72	0.74	0.63
广宗2 GZ2	0.10	1	0.83	0.71	0.75	0.61
张麻 ZM	0.14	0.12	1	0.69	0.71	0.57
黄店沟 HDG	0.23	0.24	0.26	1	0.79	0.77
仙人村 XRC	0.21	0.20	0.22	0.16	1	0.68
西阳寨 XYZ	0.32	0.34	0.38	0.18	0.27	1

为了进一步分析其群落相似性差异,根据各样地群落相异系数,将不同样地的群落按最近邻体法进行聚类(图4).在相异系数0.20水平下,各样地昆虫群落可分为两大类:1)在相异系数0.12水平下归为一类的广宗1、广宗2、张麻,代表平原地区枣园昆虫群落.由于多为种植结构相近的农田和果园,其昆虫群落共有种类较多,尤其是以龟蜡蚧为代表的植食性害虫发生状况相似.2)在相异系数0.18水平下归为一类的黄店沟、仙人村和西阳寨,代表丘陵地区枣园昆虫群落的特点.由于野生植物种类丰富,适于多种昆虫的栖息繁衍,捕食性、寄生性昆虫种类和数量比平原地区有所增加,因而与平原地区群落相

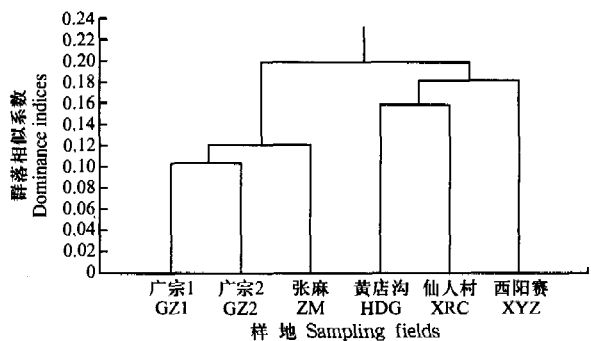


图4 不同样地昆虫群落相似性聚类
Fig.4 Cluster of insect community similarities from various sampling fields.

异性较大.平原与丘陵昆虫群落的相似性差异,与日本龟蜡蚧发生程度平原重于丘陵的规律相吻合,说明两者有内在联系.

3.6 日本龟蜡蚧及其主要天敌类群群落特征

日本龟蜡蚧的主要天敌类群包括鞘翅目的瓢甲类、脉翅目的草蛉类、膜翅目的小蜂类等,在各地分布的数量和种类也有差别.通过其多样性、优势度的比较,能够反映各样地中日本龟蜡蚧及其主要天敌类群的群落特征(表3).由表3可见,西阳寨的日本龟蜡蚧优势度最小,发生程度最轻,而广宗和张麻的样地优势度高,发生较重;天敌类群中以西阳寨多样性、优势度最高,种类丰富,广宗样地多样性、优势度较低,说明其天敌种类贫乏、数量少.天敌类群与日本龟蜡蚧的优势度在各样地间的变化趋势相反,从平原到丘陵的样地天敌类群种类和数量增加,多样性和优势度提高,而日本龟蜡蚧的种群数量下降,优势度降低,表明了天敌类群对日本龟蜡蚧的控制作用.

表3 日本龟蜡蚧及其主要天敌类群群落特征比较

Table 3 Comparison of community features between *Ceroplastes japonicus* and its natural enemies

类群 Groups	广宗1 GZ1	广宗2 GZ2	张麻 ZM	黄店沟 HDG	仙人村 XRC	西阳寨 XYZ
日本龟蜡蚧优势度 Dominance of <i>Ceroplastes japonicus</i>	0.1147	0.1025	0.0931	0.0724	0.0115	0.0074
天敌优势度 Dominance of natural enemy	0.0574	0.0421	0.0739	0.1013	0.0874	0.1401
天敌种类数 Species number of natural enemy	3	3	5	9	7	11
天敌多样性 Diversity of natural enemy	0.0954	0.0738	0.1949	0.3401	0.2028	0.6907

3.7 昆虫群落对日本龟蜡蚧的影响

典型相关分析是用若干对典型变量间的相关关系来综合地描述两组变量间关系的一种数学方法.为了分析昆虫群落对日本龟蜡蚧的影响程度,将各样地表征日本龟蜡蚧发生程度的有虫株率(x_1)、有虫样方比率(x_2)、样本均数(x_3)、优势度(x_4)作为发生性状(w),以昆虫群落多样性(y_1)、均匀性指数(y_2)、物种数(y_3)、日本龟蜡蚧天敌类群优势度(y_4)作为群落性状(k),对两组性状进行典型相关分析.结果表明,在0.05水平下两组性状的第1对和第2对典型变量相关系数分别为0.9904、0.8538,累积相关信息占两组指标间总相关信息的99.04%.因此,只对第1对和第2对典型变量进行了分析.结果表明,日本龟蜡蚧的发生状况与枣园昆虫群落性状显著相关.第1对典型变量是:

$$w_1 = 1.1455 x_1 - 0.1440 x_2 + 0.5558 x_3 -$$

$$0.5671 x_4 \quad (1)$$

$$k_1 = 3.4893 y_1 + 0.5696 y_2 - 5.8060 y_3 +$$

$$0.9056 y_4 \quad (2)$$

由第1对典型变量中各变量的相关系数可见,在发生性状中起主要作用的是日本龟蜡蚧的有虫株率(x_1);在群落性状中群落多样性(y_1)和物种数(y_3)起主要作用,表明群落多样性和物种丰度对日本龟蜡蚧的发生程度有重要影响.第2对典型变量是:

$$w_2 = 0.7874 x_1 + 5.3061 x_2 - 4.3315 x_3 -$$

$$1.6866 x_4 \quad (3)$$

$$k_2 = 2.6451 y_1 + 1.4354 y_2 - 5.7369 y_3 +$$

$$6.9353 y_4 \quad (4)$$

由各变量的相关系数可知,第2对典型变量中,有虫样方比率(x_2)、样本均数(x_3)成为发生性状中起主要作用的因素,优势度(x_4)的作用也有所提高;群落性状中物种数和天敌类群优势度的作用显著.

4 讨 论

昆虫群落多样性、均匀性、优势度的变化规律能够反映不同群落结构和功能的差异.日本龟蜡蚧作为主要的植食性害虫,其发生程度受天敌控制作用和其他植食性害虫种间竞争的影响,与群落特征指数的变化有内在联系.结果表明,在多样性高、物种数量丰富的群落中日本龟蜡蚧发生量较小,天敌类群优势度较高;在多样性较低、物种数量少、植食性类群优势度较高的群落中,日本龟蜡蚧发生程度较高.因而,针对日本龟蜡蚧的防治措施必须考虑对群落整体的影响,特别是在生产实践中,针对某些害虫的防治措施要考虑对整个群落和相关物种的影响.

在未防治日本龟蜡蚧的不同样地中,其发生程度和相应的群落特征指数存在差异.除管理水平略有差别外,景观变化与昆虫群落特性的变化存在一定的联系.在从平原到丘陵的过渡中,景观的改变,除了地势的起伏外,还出现了斑块种类和数量的变化.荒地和林地所占比例增加,相应增加了野生植物的种类和数量.野生植物为捕食性和寄生性类群的昆虫提供了重要的庇护所和营养源,从而改变了昆虫群落的结构特性.野生植物的引入和景观类型的调配对昆虫群落的作用机制,有待于进一步研究,并由此建立害虫生态调控的新模式.

参考文献

- 1 Chen Y-G(陈亦根), Xiong J-J(熊锦君), Huang M-D(黄明度). 2004. Diversity and stability of arthropod assemblage in tea orchard. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 15(5): 875~878 (in Chinese)
- 2 Cui J-J(崔金杰), Xia J-Y(夏敬源). 2000. Studies on the components of diversity of the community in transgenic Bt cotton. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 20(5): 824~829 (in Chinese)
- 3 Gao C-Q(高彩球), Gan D-J(甘德俊), Bi S-D(毕守东). 2004. Effect of crude composite pest incide from plant(KKY) on structure of arthropod community at jujube orchard. *J Anhui Agric Univ* (安徽农业大学学报), 31(2): 148~150 (in Chinese)
- 4 Ge F(戈峰), Ding Y-Q(丁岩钦). 1997. Functional features of preserving natural enemies to control insect pests in intercropped cotton field ecosystems. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(3): 295~298 (in Chinese)
- 5 Han B-Y(韩宝瑜), Jiang C-J(江昌俊), Li Z-M(李卓民). 2001. Components of arthropod communities in tea gardens with four different cultivation types. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 21(4): 646~652 (in Chinese)
- 6 Hao S-G(郝树广), Zhang X-X(张学羲) Cheng X-N(程遐年). 2000. Vertical distribution and quantitative dynamics of dominant functional groups of arthropod community in rice fields and estimation o natural enemy effects. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 11(1): 103~107 (in Chinese)
- 7 Hou M-L(侯茂林), Sheng C-F(盛承发). 1999. Effect of plant diversity in agro-ecosystems on insect pest populations. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 10(2): 245~250 (in Chinese)
- 8 Hou Y-M(侯有明), Pang X-F(庞雄飞), Liang G-W(梁广文). 2001. Effect of chemical insecticides on the diversity of arthropods in vegetable fields. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 21(8): 262~268 (in Chinese)
- 9 Huang J-H(黄建辉), Bai Y-F(白永飞), Han X-G(韩兴国). 2001. Effects of species diversity on ecosystem functioning: Mechanisms and hypotheses. *Biodiver Sci* (生物多样性), 9(1): 1~6 (in Chinese)
- 10 Li J-R(李建荣), Shi W-C(石万成), Liu X(刘旭). 1995. Studies on the influences of the management strategies on the structure and stability of the insect community of apple plantations. *J Sichuan Agric Univ* (四川农业大学学报), 13(2): 121~126 (in Chinese)
- 11 Li J-W(李景文). 1994. Forest Ecology. Beijing: China Forestry Press. 251 (in Chinese)
- 12 Liao Y(缪勇), Zou Y-D(邹运鼎), Sun S-J(孙善教). 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)
- 13 Liu Y-F(刘雨芳), Zhang G-R(张古忍), Gu D-X(古德祥). 2000. Effect and the acting mechanisms of the habitats and vegetational diversity on arthropod community in agroecosystem. *J Xiangtan Normal Univ* (湘潭师范学院学报), 21(6): 74~78 (in Chinese)
- 14 Liu D-G(刘德广), Liang W-G(梁伟光), Ding Y(丁勇). 1999. Studies on dynamics of arthropod community in two kinds of litchi orchard habitats. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 19(6): 885~889 (in Chinese)
- 15 Liu D-G(刘德广), Xiong J-J(熊锦君), Tan B-L(谭炳林). 2001. Diversity and stability analyses of arthropod community in litchi-herbage complex system. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 21(10): 1596~1601 (in Chinese)
- 16 Liu W-X(刘万学), Wan F-H(万方浩), Guo J-Y(郭建英). 2002. Structure and seasonal dynamics of arthropods in transgenic Bt cotton field. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 22(5): 729~735 (in Chinese)
- 17 Lou Y-G(娄永根), Cheng J-A(程家安). 1997. Interactions among host plants, phytophagous insects and natural enemies and relevant research methods. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 8(3): 325~331 (in Chinese)
- 18 Mo J-C(莫建初), Wang W-X(王问学), Liao F-Y(廖飞勇). 1998. Effects of dimilin on the insect community diversity of masson's stands. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 18(5): 511~515
- 19 Su L(苏丽), Ge F(戈峰), Liu X-H(刘向辉). 2003. Effects of chemical insecticides on populations of insect pests and natural enemies in different cotton fields. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 23(12): 2631~264 (in Chinese)
- 20 Su L(苏丽), Ge F(戈峰), Liu X-H(刘向辉). 2002. Effects of chemical control on diversity of insect pests and predatory natural enemy communities in cotton fields under different cultivating regimes. *Acta Ent Sin* (昆虫学报), 45(6): 777~784 (in Chinese)
- 21 Wan F-H(万方浩), Liu W-X(刘万学), Guo J-Y(郭建英). 2002. Comparison analyses of the functional groups of natural enemy in transgenic Bt-cotton field and non-transgenic cotton fields with IPM, and chemical control. *Acta Ecol Sin* (生态学报), 22(6): 935~942 (in Chinese)
- 22 Wang G-H(王国华), Liang Y-F(梁远发), Tian Y-H(田永辉). 2004. Effect of chemical insecticides on the diversity of arthropods in tea garden. *J Tea Sci* (茶叶科学), 24(2): 99~104 (in Chinese)
- 23 Wen J-H(文菊华), Yan H-M(颜亨梅). 2004. Analysis on the biodiversity and its influential factors of the spider community in rice field of different habitats of Sichuan. *J Hunan Normal Univ* (Nat Sci) (湖南师范大学学报·自然科学版), 27(1): 79~82 (in Chinese)
- 24 Zhao Z-M(赵志模), Guo Y-Q(郭依泉). 1990. Principle and Method of Community Ecology. Chongqing: Chongqing Branch of Scientific and Technological Document Press. 147~169 (in Chinese)
- 25 Zou Y-D(邹运鼎), Bi S-D(毕守东), Chen G-C(陈高潮), et al. 1998. Influence of natural enemies on population of *Aphis gossypii*. *Chin J Appl Ecol* (应用生态学报), 9(5): 499~502 (in Chinese)

作者简介 梁隐泉,男,1972年生,硕士.主要从事有害生物控制、园林生态和美学研究. E-mail: hidingspring@yahoo.com.cn

责任编辑 肖红