

梨园芳香植物间作区中国梨木虱与其天敌类群的相互作用

魏巍^{1, 2, 3}, 孔云¹, 张玉萍², 王美超¹, 李振茹⁴, 姚允聪^{1, *}

(1. 北京农学院, 北京 102206; 2. 山西农业大学, 山西太谷 030801;

3. 山西省曲沃县科学技术局, 山西曲沃 043400; 4. 北京大兴区林业局, 北京 102600)

摘要:为探讨间作芳香植物对梨园中国梨木虱与其天敌类群相互作用的影响,在梨园中设置不同种类的芳香植物间作处理,以清耕区为对照,研究不同芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌类群组成、种群消长动态、时间生态位的变化,并进行灰色关联度分析。结果表明,不同处理区中国梨木虱及其天敌类群数量和发生频率、组成及时序特征、时间生态位宽度与重叠存在明显差别。在梨树年生长周期中,薄荷间作区的中国梨木虱的时间生态位宽度明显增大,多数天敌的时间生态位宽度显著增加,中国梨木虱与天敌种群发生量分布较均匀,但发生的高峰不明显,时间生态位重叠指数均较大,表现出时序上的同步性和跟随性。孔雀草间作区、罗勒间作区、自然生草区的中国梨木虱的生态位宽度较薄荷间作区小,有明显的高峰期,天敌的生态位宽度较对照大,无明显的高峰期。一些天敌种群如跳小蜂、丽草蛉、茧蜂、姬蜂与中国梨木虱在时序上同步性较大,跟随现象明显;而龟纹瓢虫、异色瓢虫和七星瓢虫等天敌种群与中国梨木虱在时序上同步性较差,跟随现象较弱。灰色关联度分析结果表明,薄荷间作区跳小蜂、孔雀草间作区中华大草蛉、罗勒间作区龟纹瓢虫和中华大草蛉、自然生草区丽草蛉、茧蜂、赤眼蜂对中国梨木虱的影响程度较其它种群大。结果显示,梨园间作芳香植物可能通过改变中国梨木虱及其天敌类群的组成、时序特征和生态位特征等控制中国梨木虱的发生。

关键词:梨园;芳香植物;中国梨木虱;天敌;生态位特征

The interaction among *Psylla chinensis* and natural enemies in the different aromatic plants intercropping plots of pear orchard

WEI Wei^{1, 2, 3}, KONG Yun¹, ZHANG Yuping², WANG Meichao¹, LI Zhenru⁴, YAO Yuncong^{1, *}

1 Beijing University of Agriculture, Beijing 102206, China

2 Shanxi Agricultural University, Taigu, Shanxi 030801, China

3 Science and Technique Bureau of Quwo County, Shanxi Province, Quwo, Shanxi 043400, China

4 Daxing District Forestry Bureau, Beijing 102600, China

Abstract: To evaluate effects of intercropping aromatic plants on the interactions among *Psylla chinensis* and its natural enemies in pear orchard, the composition, population dynamics, time niche of *P. chinensis* and its natural enemies in different intercropping regions were investigated and analyzed by grey relational grade method during the annual growth cycle of pear. The results showed that there were obvious differences among the frequency, composition, timing characteristics, breadth and overlap of time niche in the different aromatic plant treatments. In the *Mentha haplocalyx* (Briq. var. *piperascens* Malinvaud) region the time niche breadth of *P. chinensis* and its most of natural enemies were larger than that in clean tillage (CK). Occurrence quantity distributed evenly without an obvious peak. The overlap indices were also greater than that of CK with the phenomenon of synchronization and following performance. In the intercropping *Tagetes patula* L., *Ocimum basilicum* L., and natural grass regions, the time niche breadth of *P. chinensis* was relatively smaller comparing to

基金项目:国家科技支撑重大资助项目(2008BAD92B08);北京市自然科学基金资助项目(6102004);北京市科学技术重大资助项目(D0705044040291)

收稿日期:2009-08-20; 修订日期:2009-12-11

* 通讯作者 Corresponding author. E-mail: yaoyc_20@126.com

that in the intercropping *Mentha haplocalyx* (Briq. var. *piperascens* Malinvaud) region with an obvious peak, but time niche breadth of natural enemies was greater than CK and without peak. Some natural enemies species, Encyrtidas, *Chrysopa perla*, Braconids, and Ichneumonids etc., showed synchronization following performance obviously with *P. chinensis* rather than *Harmonia axyridis*, *Coccinella Septempunctata* Linnaeus and *Chrysopa stnica* Tjeder. The results of grey relational analysis that it has a greater effect on *P. chinensis* than other species that the Encyrtidas in the intercropping *Mentha haplocalyx* (Briq. var. *piperascens* Malinvaud) region, the *Ch. stnica* Tjeder in the intercropping *T. patula* L. region, the *Propylaea Japonica* (Thunberg) and *Ch. stnica* Tjeder in the intercropping *H. axyridis* region, the *Ch. perla*, Braconids and Trichogrammatids in the natural grass area. Therefore, intercropping aromatic plants in the pear orchard may control the occurrence of *P. chinensis* through improving the group composition, timing characteristics and niche character of the pest and their natural enemies.

Key Words: pear orchard; aromatic plants; *Psylla chinensis*; natural enemies; niche characteristics

中国梨木虱(*Psylla chinensis* Yang et Li)属同翅目,木虱科,广泛分布于河北、山东、河南、山西及陕西等地。中国梨木虱食性较专一,主要为害梨树的芽、花、叶、嫩梢、幼果和成熟果面,从而导致叶片发育、花芽分化和果实发育受阻,果实品质下降,已成为我国梨产区的主要害虫^[1-5]。由于有机果品生产区不能使用化学农药,因此,如何利用草蛉、瓢虫、蓟马、寄生蜂和肉食螨等天敌对中国梨木虱进行生态调控是梨树优质安全生产迫切需要的研究课题。在果园生态系统中,节肢动物群落、害虫与天敌亚群落及种群的生态位研究是探讨果园生物群落物种之间相互关系的一种重要方法,它能够清晰地反映出果园生态系统中节肢动物群落、害虫与天敌亚群落及类群的结构和功能、相互作用、反馈协调和动态平衡等特性^[6-8]。王智等^[9]通过研究稻田蜘蛛优势种和目标害虫的时间生态位特征,发现害虫生态位宽度影响蜘蛛的生态位宽度值,晚稻田蜘蛛的生态位宽度及蜘蛛生态位重叠指数均大于早稻田。李生才等^[10]通过对棉田蜘蛛、棉蚜及棉铃虫等生态位的分析,阐明了群落中各物种对时间、空间资源的利用程度及相互关系,提出了棉花害虫综合治理的策略。

芳香植物是兼有药用和香料属性的植物类群,其含有精油、挥发油及难挥发树脂等成分,对梨园生态体系良性循环体系的建立具有积极的促进作用。吴卓珈等^[11]认为芳香植物富含抗氧化物质、抗菌物质、天然色素等,可以释放挥发性物质对其它植物、微生物和昆虫产生直接或间接的影响。王嘉祥^[12]在苹果幼树园间作薄荷的研究中发现,薄荷间作区内苹果桃小食心虫危害率降低,刺蛾危害明显减少。然而,果园中间作芳香植物对于中国梨木虱及其天敌群落和种群生态关系的影响研究还未见报道。本文以有机转换期(有机果园认证获准前的3a期间)黄金梨园为试验点,设置不同种类的芳香植物间作区为处理,对不同间作区的中国梨木虱及其天敌种群进行调查;从类群的组成、相对多度、种群消长动态、时间生态位、灰色关联度等方面进行分析,探讨梨园中国梨木虱及其天敌种群的动态及其时间生态位特征,为合理利用芳香植物和促进有机果品生产提供理论依据和技术支持。

1 材料与方法

1.1 试验地点与处理设计

供试梨园为北京市大兴区碧海林果有限公司国家级黄金梨生产基地。该园于2005年进入有机认证转换期,沙壤土。主栽品种为黄金梨[*Pyrus pyrifolia* (Burm. f.) cv. Nakai],20年生,株行距为5m×6m;树体生长健壮,按照有机转换期要求进行管理。试验共设置5个处理:处理Ⅰ(Ⅰ):薄荷[*Mentha haplocalyx* (Briq. var. *piperascens* Malinvaud)]间作区;处理Ⅱ(Ⅱ):孔雀草(*Tagetes patula* L.)间作区;处理Ⅲ(Ⅲ):罗勒(*Ocimum basilicum* L.)间作区;处理Ⅳ(Ⅳ):自然生草区;处理Ⅴ(Ⅴ,CK):清耕区。各处理面积均为5×666.7m²,间作区和自然生草区植物覆盖率为80%以上,随机区组设计,3次重复。供试的芳香植物种子购于北京市芳萱苑种子有限公司。供试芳香植物1月份在温室中育苗,待苗高长至约10cm时(3月上中旬)移植入果园行间间作,株行距0.2m×0.3m,生长期进行中耕除草,保持间作物生长区无杂草。

1.2 调查方法

试验于2006—2007年进行。每年3月至10月每隔10 d调查1次节肢动物的种类和数量,遇雨等特殊情况适当调整调查时间。梨树树冠上节肢动物的种类和数量调查:处理区分别按照五点取样法各选取树龄、树高、树势基本一致的代表性梨树5株,标记。调查时先目测2 min,调查树冠上活动性较大的节肢动物,然后每棵树取东、西、南、北4个方位,每个方位分上、中、下3层,将整个树冠分为12个资源单位,每个单位取0.5 m的1—2年生枝1条,记录所有害虫及天敌的种类和数目;梨树空间(树冠以外)节肢动物的种类和数量调查:在处理区分别按照五点取样法各选取5株树,挂糖醋液瓶。糖醋液瓶(瓶口直径12 cm,高20 cm)均挂于树东距地面0.5 m处;地面植被上节肢动物种类和数量调查:在标记的梨树附近行间的植被上用捕虫网按对角线取样法随机扫网20次(网口直径30 cm,深50 cm,用白色尼纶纱制作),将扫取的节肢动物标本连同植物茎叶一起带回室内,进行鉴定分类,统计所捕获的节肢动物的种类与数量。

1.3 数据处理

将采得的标本进行整理、分类和鉴定,以调查的数据为样本,采用计算公式以及计算机程序SAS、DPS^[13]、Excel软件处理原始数据,不同处理的多重分析采用Duncan新复极差法^[14]。

1.3.1 相对多度采用下列公式计算^[15]:

$$P_i = \frac{N_i}{N}$$

式中 N_i 为第 i 个物种数量, N 为群落内总个体数。

1.3.2 生态位宽度指数采用Hurlbert^[16]的标准生态位宽度公式计算:

$$B_A = \frac{B-1}{n-1}$$

式中, B 用Lenvin^[17]的公式计算:

$$B = 1 / \sum_{h=1}^n p_{ih}^2$$

其中, p_{ih} 为物种 i 在时间资源单位 h 中所占比例, n 为可能的资源状态总数。

1.3.3 生态位重叠指数按Hurlbert^[16]的公式计算

$$L_{ij} = \sum_{h=1}^n \frac{p_{ih} p_{jh}}{a_h}$$

式中, L_{ij} 为物种 j 和物种 i 的生态位重叠指数, p_{ih} 和 p_{jh} 分别为物种 i 和物种 j 在第 h 个资源单位的个体数量占总资源中对应物种总数的比例, a_h 为资源状态的比例数, n 为可能的资源状态总数。

1.3.4 灰色关联分析

灰色关联度计算公式^[18]为: $G(Y, X) = \frac{1}{n} \sum_{k=1}^n \zeta_i(k)$

$$\text{其中, } \zeta_i(k) = \frac{\min_i \min_k |y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x_i(k)|}{|y(k) - x_i(k)| + \rho \max_i \max_k |y(k) - x_i(k)|}$$

式中, $y(k)$ 为中国梨木虱种群数量初值化值, $x_i(k)$ 为第 i 种天敌种群数量初值化值, ρ 为分辨系数(取0.5)。采用灰色关联分析法分析不同处理条件下中国梨木虱数量与天敌数量的灰色关联度。

2 结果与分析

2.1 梨园芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群的组成及发生频率

调查结果表明,在梨园不同芳香植物间作区包含中国梨木虱及9种天敌(表1),其中包括龟纹瓢虫 [*Propylaea Japonica* (Thunberg)] (X_1)、异色瓢虫 (*Harmonia axyridis*) (X_2)、七星瓢虫 (*Coccinella septempunctata* Linnaeus) (X_3)、中华大草蛉 (*Chrysopa sinica* Tjeder) (X_4)、丽草蛉 (*Chrysopa perla*) (X_5)、姬蜂

(*Ichneumonidae*) (X_6)、茧蜂(*Braconidae*) (X_7)、赤眼蜂(*Trichogrammatidae*) (X_8)、跳小蜂(*Encyrtidae*) (X_9)等。不同种类的芳香植物间作处理区中国梨木虱及其各天敌类群个体数量与相对多度差异显著($P < 0.01$), 其中清耕区最多, 依次是自然生草区、罗勒间作区与薄荷间作区, 孔雀草间作区最少。薄荷间作区的益害比为:0.95:1, 孔雀草间作区为:1.25:1, 罗勒间作区为:0.82:1, 自然生草区为 0.49:1, 清耕区为 0.21:1。薄荷、罗勒间作区和自然生草区的天敌优势种均为中华大草蛉, 孔雀草区为七星瓢虫和中华大草蛉, 清耕区为七星瓢虫。孔雀草间作区的中国梨木虱发生频率较低; 从天敌类群的发生频率看, 薄荷、罗勒间作区的龟纹瓢虫、孔雀草间作区的龟纹瓢虫和七星瓢虫、自然生草区和清耕区的七星瓢虫的发生频率较高。说明间作芳香植物在一定程度上对梨园中的中国梨木虱及其天敌种群的组成和结构产生了影响。

表 1 梨园芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群的组成及发生频率

Table 1 The composition and generant frequency of *Psylla chinensis* and natural enemies in the treatment plots of the intercropping aromatic plants in pear orchard

	处理 Treatment	物种 Species				
		Y	X_1	X_2	X_3	X_4
个体数/(头/小区)	I	229 ± 3.03dD	40 ± 0.65aA	22 ± 0.45bB	41 ± 0.26abAB	51 ± 1.43bB
Individual number	II	168 ± 2.35eE	29 ± 0.40cC	22 ± 1.05bB	44 ± 0.60aA	44 ± 1.43cC
/(head/plot)	III	276 ± 5.07cC	36 ± 0.98bAB	20 ± 0.94bB	38 ± 1.52bB	63 ± 0.45aA
	IV	389 ± 2.03bB	27 ± 0.15cC	27 ± 0.69aA	44 ± 0.26aA	42 ± 0.60cC
	V	840 ± 6.06aA	34 ± 0.52bB	15 ± 1.41cC	39 ± 1.59bB	31 ± 0.73dD
相对多度	I	51.21	8.88	4.83	9.05	11.29
Relative	II	44.62	7.60	5.77	11.54	11.74
abundance/%	III	54.80	7.11	3.92	7.49	12.46
	IV	66.89	4.59	4.56	7.50	7.22
	V	83.60	3.42	1.48	3.84	3.10
发生频率	I	98.41	71.43	41.27	61.90	60.32
Generant	II	85.71	58.73	46.03	58.73	57.14
frequency/%	III	90.48	71.43	41.27	57.14	60.32
	IV	95.24	55.56	41.27	63.49	60.32
	V	90.48	61.90	33.33	63.49	57.14

	处理 Treatment	物种 Species				
		X_5	X_6	X_7	X_8	X_9
个体数/(头/小区)	I	13 ± 0.54aA	12 ± 0.26aA	14 ± 0.26bAB	14 ± 0.65abAB	13 ± 0.15abAB
Individual number	II	9 ± 0.54bB	14 ± 0.45aA	18 ± 0.40aA	13 ± 1.13abAB	16 ± 0.26aA
/(head/plot)	III	14 ± 0.40aA	12 ± 1.19aA	15 ± 0.52abAB	15 ± 0.75aA	15 ± 1.43aA
	IV	9 ± 0.15bB	12 ± 0.40aA	12 ± 0.30bB	9 ± 0.00cB	12 ± 0.40bAB
	V	7 ± 0.55bB	5 ± 0.32bB	13 ± 0.75bAB	11 ± 0.70bcAB	10 ± 0.82bB
相对多度	I	2.88	2.71	3.12	3.08	2.95
Relative	II	2.43	3.82	4.73	3.46	4.30
abundance/%	III	2.80	2.41	2.94	3.00	3.06
	IV	1.49	2.04	2.11	1.62	1.98
	V	0.71	0.49	1.29	1.10	0.98
发生频率	I	36.51	34.92	39.68	39.68	30.16
Generant	II	33.33	46.03	52.38	44.44	46.03
frequency/%	III	38.10	34.92	46.03	42.86	33.33
	IV	31.75	33.33	25.40	31.75	34.92
	V	28.57	25.40	49.21	36.51	38.10

注: I:薄荷间作区; II:孔雀草间作区; III:罗勒间作区; IV:自然生草区; V:清耕区。

Y:中国梨木虱; X_1 :龟纹瓢虫; X_2 :异色瓢虫; X_3 :七星瓢虫; X_4 :中华大草蛉; X_5 :丽草蛉; X_6 :姬蜂; X_7 :茧蜂; X_8 :赤眼蜂; X_9 :跳小蜂;

发生频率为物种出现次数和调查次数(63次)的百分比;

表中数据为平均数 ± 标准误差, 不同大、小写字母分别表示在 0.01 和 0.05 水平上经 Duncan 新复极差检验差异显著; 下同

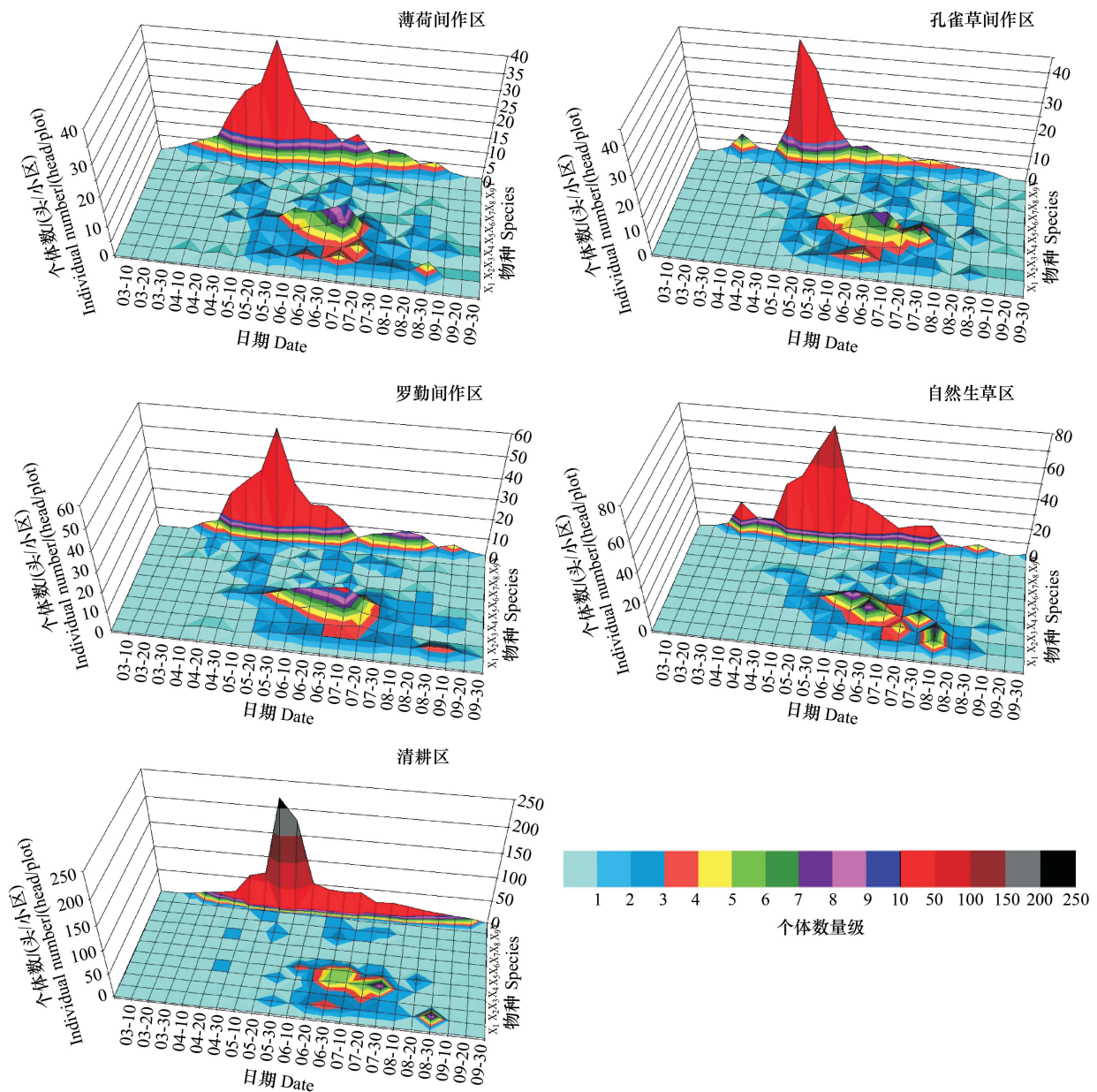


图1 梨园芳香植物间作区中国梨木虱与其天敌种群时序变化

Fig. 1 The dynamic changes of *Psylla chinensis* and natural enemies in the treatment plots of the intercropping aromatic plants in pear orchard

5 个处理中,个体数量小于 10 头/小区的以 1 头/小区为 1 个体数量级单位,个体数量大于 10 头/小区的以 50 头/小区为 1 个体数量级单位

2.2 梨园芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群的数量动态

对处理区和对照区中国梨木虱及其天敌种群在梨树年生长周期中的数量变化研究发现(图1),不同处理内中国梨木虱及其天敌种群组成及数量在时间过程中的变化呈现规律性和明显的处理间差异。中国梨木虱及其天敌类群个体数量在梨树年生长周期中的变化特点是:芳香植物间作区和自然生草区中国梨木虱有3—4次高峰,发生历期不同(30—120 d);而清耕区中国梨木虱仅发生一次高峰,在整个生长季节有一相对较长的高峰期(160 d)。薄荷、罗勒间作区与清耕区中国梨木虱发生的最大峰值均出现在5月20日左右,峰值分别39、54、218头/小区,孔雀草间作区提早10 d左右,峰值达到44头/小区,自然生草区滞后10 d左右,峰值达到74头/小区,且在3月30日左右出现了一次峰值为20头/小区的小高峰。薄荷、孔雀草、罗勒间作区七

星瓢虫和中华大草蛉的发生历期为 50—70 d, 发生最大峰值均出现在 7 月 10 日左右(孔雀草间作区的中华大草蛉为 7 月 30 日左右), 时序变化较其它天敌种群明显, 最大峰值均大于中国梨木虱的个体数量; 自然生草区龟纹瓢虫、异色瓢虫、七星瓢虫和中华大草蛉等天敌种群的个体数量在全年中变化虽有一定的波动, 但相比芳香植物间作区历期较短(20—30 d); 而清耕区的各种天敌种群的历期最短(少于 10 d)。

2.3 梨园芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群的时间生态位特征

将梨园不同芳香植物间作处理区中国梨木虱与其天敌种群的时间生态位相关参数的计算结果列表(表 2)。时间生态位宽度指数反映的是生态系统中物种发生历期的长短和数量的时序分布规律。从表 2 可以看出, 梨园不同间作处理区中国梨木虱天敌种群时间生态位宽度存在明显差别, 各种群的时间生态位宽度范围为 0.31—0.98。薄荷间作区的中国梨木虱的时间生态位宽度较大(0.53), 中华大草蛉的时间生态位宽度较小(0.48), 其它天敌物种的时间生态位宽度较大, 说明间作薄荷条件下中华大草蛉在梨树年生长周期内发生量分布不均匀, 有明显的高峰期, 中国梨木虱及其它天敌类群的发生量在梨树年生长周期内分布较均匀, 发生的高峰不明显, 利用资源额度程度较高; 孔雀草间作区、罗勒间作区、自然生草区的中国梨木虱的时间生态位宽度较小(分别为 0.31、0.46、0.44), 中华大草蛉的时间生态位宽度较小(分别为 0.47、0.45、0.48), 其它天敌物种的时间生态位宽度较大, 说明间作孔雀草、间作罗勒以及自然生草的条件下中国梨木虱和中华大草蛉在梨树年生长周期内发生量分布不均匀, 有明显的高峰期, 其它天敌种群的发生量在梨树年生长周期内分布较均匀, 发生的高峰不明显, 利用资源额度程度较高; 清耕区的中国梨木虱的时间生态位宽度较小(0.31), 七星瓢虫和中华大草蛉的时间生态位宽度较小(分别为 0.39、0.47), 其它天敌物种的时间生态位宽度较大, 说明清耕条件下中国梨木虱、七星瓢虫和中华大草蛉在梨树年生长周期内发生量分布不均匀, 有明显的高峰期, 其它天敌种群的发生量在梨树年生长周期内分布较均匀, 发生的高峰不明显, 利用资源额度程度较高。

表 2 梨园芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群时间生态位特征

Table 2 The niche characteristics of *Psylla chinensis* and natural enemies in the treatment plots of the intercropping aromatic plants in pear orchard

处理 Treatment	物种 Species	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
I	Y	0.53									
	X ₁	0.97	0.71								
	X ₂	1.08	1.69	0.60							
	X ₃	1.04	1.58	2.21	0.62						
	X ₄	1.20	1.49	2.15	1.98	0.48					
	X ₅	1.17	1.60	1.91	1.76	1.77	0.93				
	X ₆	1.41	1.29	1.52	1.43	1.56	1.53	0.89			
	X ₇	1.67	1.13	1.17	1.14	1.32	1.39	1.53	0.73		
	X ₈	1.14	1.35	1.74	1.55	1.51	1.44	1.29	1.15	0.76	
	X ₉	1.91	0.85	0.98	0.92	1.09	0.99	1.41	1.78	1.18	0.66
II	Y	0.31									
	X ₁	0.94	0.68								
	X ₂	1.11	1.92	0.77							
	X ₃	1.00	1.89	2.11	0.54						
	X ₄	1.12	1.94	2.07	2.05	0.47					
	X ₅	1.36	1.71	1.84	1.73	1.80	0.95				
	X ₆	1.34	1.35	1.50	1.43	1.45	1.50	0.98			
	X ₇	1.14	1.40	1.41	1.27	1.41	1.51	1.36	0.75		
	X ₈	1.03	1.47	1.55	1.60	1.51	1.39	1.25	1.19	0.83	
	X ₉	2.09	0.89	1.01	0.88	1.03	1.26	1.38	1.24	1.00	0.61

续表

处理 Treatment	物种 Species	Y	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Ⅲ	Y	0.46									
	X ₁	0.87	0.81								
	X ₂	1.01	1.50	0.63							
	X ₃	0.96	1.50	2.24	0.56						
	X ₄	1.21	1.40	2.14	2.08	0.45					
	X ₅	1.31	1.36	2.00	1.89	1.97	0.88				
	X ₆	1.46	1.15	1.47	1.41	1.58	1.58	0.89			
	X ₇	1.58	0.97	1.23	1.14	1.30	1.40	1.40	0.76		
	X ₈	1.06	1.29	1.84	1.72	1.70	1.57	1.40	1.15	0.77	
	X ₉	1.96	0.77	1.01	0.91	1.16	1.22	1.45	1.60	1.17	0.71
	Y		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Ⅳ	Y	0.44									
	X ₁	0.61	0.55								
	X ₂	0.85	1.97	0.74							
	X ₃	1.15	1.42	1.84	0.62						
	X ₄	1.38	1.06	1.73	1.94	0.48					
	X ₅	1.45	1.12	1.53	1.65	1.85	0.82				
	X ₆	1.48	0.70	1.14	1.42	1.72	1.56	0.95			
	X ₇	0.96	1.62	2.23	2.37	2.24	1.81	1.58	0.66		
	X ₈	1.36	1.43	1.84	2.00	1.88	1.71	1.47	2.33	0.78	
	X ₉	2.10	0.43	0.67	1.03	1.35	1.49	1.69	0.78	1.28	0.63
	Y		X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
Ⅴ	Y	0.31									
	X ₁	0.93	0.58								
	X ₂	0.84	1.65	0.59							
	X ₃	1.05	1.40	2.50	0.39						
	X ₄	0.90	1.55	2.50	1.97	0.47					
	X ₅	1.72	1.29	2.43	2.08	1.94	0.94				
	X ₆	1.49	0.86	1.00	0.91	1.22	1.20	0.89			
	X ₇	1.22	1.27	1.46	1.25	1.42	1.38	1.51	0.82		
	X ₈	1.11	1.27	2.50	2.07	2.01	2.09	1.40	1.37	0.70	
	X ₉	2.15	0.98	0.61	0.80	0.85	1.33	1.87	1.32	0.99	0.75

注:主对角线为生态位宽度指数(B_i),主对角线以下为生态位重叠度指数(L_{ij})

与清耕区相比,中国梨木虱的时间生态位宽度均较大,多数天敌的时间生态位宽度较大,薄荷间作区、孔雀草间作区的茧蜂和赤眼蜂的时间生态位宽度小,中国梨木虱及其它天敌的时间生态位宽度较大,罗勒间作区的中华大草蛉、丽草蛉、茧蜂和赤眼蜂的时间生态位宽度小,中国梨木虱及其它天敌的时间生态位宽度较大;自然生草区的龟纹瓢虫、丽草蛉、茧蜂和赤眼蜂的时间生态位宽度小,中国梨木虱及其它天敌的时间生态位宽度较大。间作明显使中国梨木虱在梨树年生长周期内发生量分布较均匀,发生的高峰不明显,利用资源额度程度较高,同时也使中国梨木虱天敌种群在梨树年生长周期内均匀分布的种类增加,以间作薄荷表现最为明显。

时间生态位重叠指数是度量物种间对时间生态位的共享程度,是建立在时序变化基础上的害虫和天敌之间相互关系如同步性、跟随性的深入分析。一般而言,果园生态系统中天敌与害虫之间(包括害虫和害虫之间、天敌和天敌之间、天敌和害虫之间)的时间生态位重叠大,则其随季节的变动趋势一致,说明天敌对害虫跟随现象明显,害虫之间、天敌之间竞争激烈,在时间的发生上同步性强,从而对害虫控制潜能较大(表

2)。从表 2 可知,薄荷间作区的中国梨木虱和天敌的时间生态位重叠指数较大的 3 种天敌种类顺序依次为跳小蜂(1.91)、茧蜂(1.67)、姬蜂(1.41);天敌之间如异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉、丽草蛉(分别为 2.21、2.15、1.91),七星瓢虫与中华大草蛉(1.98)的时间生态位重叠度指数均较大;其它物种间时间生态位重叠度指数均较小。孔雀草间作区的中国梨木虱和天敌的时间生态位重叠指数较大的 3 种天敌种类顺序依次为跳小蜂(2.09)、丽草蛉(1.36)、姬蜂(1.34);天敌之间如龟纹瓢虫与异色瓢虫、中华大草蛉(分别为 1.92、1.94),异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉(分别为 2.11、2.07),七星瓢虫与中华大草蛉(2.05)的时间生态位重叠度指数均较大,其它物种间时间生态位重叠度指数均较小。罗勒间作区的中国梨木虱和天敌的时间生态位重叠指数较大的 3 种天敌种类顺序依次为跳小蜂(1.96)、茧蜂(1.58)、姬蜂(1.06);天敌之间如异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉、丽草蛉(分别为 2.24、2.14、2.00),七星瓢虫与中华大草蛉(2.08)的时间生态位重叠度指数均较大,其它物种间时间生态位重叠度指数均较小。自然生草区的中国梨木虱和天敌的时间生态位重叠指数较大的 3 种天敌种类顺序依次为跳小蜂(2.10)、姬蜂(1.48)、丽草蛉(1.45);天敌之间如龟纹瓢虫和异色瓢虫(1.97),异色瓢虫和茧蜂(2.23)、七星瓢虫与中华大草蛉、茧蜂、赤眼蜂(分别为 1.94、2.37、2.00),中华大草蛉和茧蜂(2.24)的时间生态位重叠度指数均较大,其它物种间时间生态位重叠度指数均较小。清耕区的中国梨木虱和天敌的时间生态位重叠指数较大的 3 种天敌种类顺序依次为跳小蜂(2.15)、丽草蛉(1.72)、姬蜂(1.49);天敌之间如异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉、丽草蛉、赤眼蜂(分别为 2.50、2.50、2.43、2.50),七星瓢虫与中华大草蛉、丽草蛉、赤眼蜂(分别为 1.97、2.08、2.07),中华大草蛉与丽草蛉、赤眼蜂(分别为 1.94、2.01),丽草蛉与赤眼蜂(2.09)的时间生态位重叠度指数均较大,其它物种间时间生态位重叠度指数均较小。上述结果表明,天敌种群和中国梨木虱及天敌种群之间同步性和跟随性不同,芳香植物间作处理对这种关系的影响不同。

2.4 梨园芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群的灰色关联度分析及与时间生态位的比较

灰色关联度分析是在系统发展过程中因素之间相互关系的分析方法,如果两个因素变化的态势是一致的,即同步变化程度较高,则可以认为两者关联较大;反之,则两者关联度较小^[18]。梨园不同芳香植物间作区中国梨木虱(Y)与其天敌(X_i)的灰色关联度分析见表 3。从表 3 结果可以看出,在不同间作处理区天敌种群对中国梨木虱的影响程度不同:薄荷间作区跳小蜂作用最大,孔雀草间作区中华大草蛉作用最大,罗勒间作区龟纹瓢虫和中华大草蛉作用最大,自然生草区丽草蛉、茧蜂、赤眼蜂作用最大,清耕区天敌对中国梨木虱的作用一致。

表 3 不同处理天敌(X_i)与中国梨木虱(Y)的灰色关联度

Table 3 The Grey relational grade of *Psylla chinensis* (Y) and natural enemies (X_i) in different treatments

	处理 Treatment	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
G(Y, X _i)	I	0.76	0.86	0.78	0.76	0.91	0.91	0.90	0.91	0.92
	II	0.83	0.82	0.84	0.85	0.81	0.81	0.81	0.81	0.81
	III	0.77	0.75	0.76	0.77	0.75	0.74	0.74	0.75	0.74
	IV	0.84	0.84	0.78	0.80	0.93	0.92	0.93	0.93	0.92
	V	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80	0.80

中国梨木虱及天敌的时间生态位重叠、灰色关联度按数值大小的排序(表 4)。经进行对比发现,不同处理中天敌与中国梨木虱时间生态位重叠度和关联度的排序结果具有一定的差异。为综合评价调查的不同处理中各种天敌对中国梨木虱的影响程度,进一步采用积分的方法^[19-22],因为调查的天敌共有 9 种,规定:排序第一的得 9 分,排第二的得 8 分,依次递减 1 分,以至于排第九的得 1 分,满分为 27 分。这样可得 X_i 对 Y 在不同处理中影响程度的积分见表 4。由此可见,间作薄荷区梨园不同天敌种群对中国梨木虱的追随关系大小为:跳小蜂 > 姬蜂 > 丽草蛉 = 茧蜂 > 赤眼蜂 > 中华大草蛉 > 异色瓢虫 > 七星瓢虫 > 龟纹瓢虫;间作孔雀草区

梨园不同天敌种群对中国梨木虱的追随关系大小为:中华大草蛉 = 跳小蜂 > 丽草蛉 > 姬蜂 > 茧蜂 > 异色瓢虫 = 七星瓢虫 > 龟纹瓢虫 = 赤眼蜂;间作罗勒区梨园不同天敌种群对中国梨木虱的追随关系大小为:中华大草蛉 > 丽草蛉 = 跳小蜂 > 茧蜂 > 龟纹瓢虫 = 姬蜂 = 赤眼蜂 > 异色瓢虫 = 七星瓢虫;自然生草区梨园不同天敌种群对中国梨木虱的追随关系大小为:丽草蛉 > 跳小蜂 > 姬蜂 = 赤眼蜂 > 茧蜂 > 中华大草蛉 > 异色瓢虫 > 七星瓢虫 = 龟纹瓢虫;清耕区梨园不同天敌种群对中国梨木虱的追随关系大小为:跳小蜂 > 丽草蛉 > 姬蜂 > 茧蜂 > 赤眼蜂 > 七星瓢虫 > 龟纹瓢虫 > 中华大草蛉 > 异色瓢虫。

表 4 不同处理天敌与中国梨木虱的时间生态位重叠及灰色关联度的排序

Table 4 The ordination of time niche overlap and Grey relational grade of *Psylla chinensis* and natural enemies in different treatments

	处理 Treatment	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉
时间生态位重叠排序	I	9	7	8	4	5	3	2	6	1
Time niche overlap	II	9	6	8	5	2	3	4	7	1
ordination	III	9	7	8	5	4	3	2	6	1
	IV	9	8	6	4	3	2	7	5	1
	V	7	9	6	8	2	3	4	5	1
关联度排序	I	8	6	7	8	2	2	5	2	1
Grey relational grade	II	3	4	2	1	5	5	5	5	5
ordination	III	1	4	3	1	4	7	7	4	7
	IV	6	6	9	8	1	4	1	1	4
	V	1	1	1	1	1	1	1	1	1
时间生态位重叠积分	I	1	3	2	6	5	7	8	4	9
Time niche overlap	II	1	4	2	5	8	7	6	3	9
score	III	1	3	2	5	6	7	8	4	9
	IV	1	2	4	6	7	8	3	5	9
	V	3	1	4	2	8	7	6	5	9
关联度积分	I	2	4	3	2	8	8	5	8	9
Grey relational grade	II	7	6	8	9	5	5	5	5	5
score	III	9	6	7	9	6	3	3	6	3
	IV	4	4	1	2	9	6	9	9	6
	V	9	9	9	9	9	9	9	9	9
总积分 Total score	I	3	7	5	8	13	15	13	12	18
	II	8	10	10	14	13	12	11	8	14
	III	10	9	9	14	12	10	11	10	12
	IV	5	6	5	8	16	14	12	14	15
	V	12	10	13	11	17	16	15	14	18
总积分排序	I	9	7	8	6	3	2	3	5	1
Total score ordination	II	8	6	6	1	3	4	5	8	1
	III	5	8	8	1	2	5	4	5	2
	IV	8	7	8	6	1	3	5	3	2
	V	7	9	6	8	2	3	4	5	1

3 结论与讨论

有机转换期的梨园是一个过渡性的生态系统,由于受有机转换期各项生产制度的制约,系统内节肢动物群落的结构、功能、多样性特征既不同于传统的普通梨园,也不同于有机梨园。在这一特殊的生态系统中,群落的优势度、多样性、稳定性、种类的组成及其时序特征都极易受到外来因素的干扰,进而使系统变得脆弱,一些敏感性的类群和种类,如梨木虱、蚜虫等节肢动物在系统中常常出现继发性时序特征,发生高峰期对梨树生产造成危害。中国梨木虱即是近年来梨园生态系统中的一类危害性较强的害虫,广泛分布于河北、山东、河

南、山西及陕西等地,主要为害梨树的芽、花、叶、嫩梢、幼果和成熟果面,导致叶片发育、花芽分化、果实发育受阻,果实品质下降。人们期待着能够利用天敌如草蛉、瓢虫、蓟马、寄生蜂和肉食性螨等^[1-5]类群对中国梨木虱进行生态控制,以期顺利地通过转换期,实现有机生产,然而,在多种捕食性天敌与多种害虫共存系统中,要持续的对中国梨木虱进行有效的调控,就需要了解中国梨木虱及其天敌的组成、时序变化、生态位以及由此而反映出的相互关系,进而制定保护利用天敌、调控中国梨木虱发生的措施。

节肢动物群落生态位的研究大多与种间竞争相联系。一般来说,生态位宽度可以反映捕食性天敌的活动范围和强度。张文庆等^[23]利用生态位理论阐明稻田主要捕食性天敌的竞争关系,以及对稻飞虱的控制作用。吴进才等^[24]进行了稻田捕食性天敌与稻飞虱的栖境生态位调查,并研究了7个物种的栖境生态位与各天敌的关系。王智等^[9]通过研究稻田蜘蛛优势种和目标害虫的时间生态位的研究,发现害虫生态位宽度影响蜘蛛的生态位宽度值,晚稻田蜘蛛的生态位宽度值及蜘蛛生态位重叠指数均大于早稻田。李生才等^[10]通过对棉田蜘蛛、棉蚜及棉铃虫等生态位的分析,阐明了群落中各物种对时间、空间资源的利用程度及相互关系。本文通过对间作不同芳香植物的有机梨园中的中国梨木虱及其天敌种群研究,从类群的组成、相对多度、种群消长动态、时间生态位等方面分析了不同的芳香植物间作区中国梨木虱及其天敌种群的特点,试验证明梨园节肢动物种群中中国梨木虱个体数量在梨树年周期中保持着最大优势,自梨树发芽期至果实成熟采收期,中国梨木虱利用了时间资源序列的全部等级,个体数量年周期变化有高峰波动特点,生态位宽度指数较小。梨园不同芳香植物间作区中国梨木虱发生数量明显减少、生态位宽度指数变小,时序变化较之清耕区存在明显差异,说明间作芳香植物影响了中国梨木虱的数量、时序变化和生态位特征。同样天敌种群在梨树年生长周期中也占有一定的比例,从时间进程上出现相对于中国梨木虱的滞后性,且有些种类跳小蜂(处理区和对照区)、丽草蛉(清耕区)与茧蜂(薄荷间作区)与中国梨木虱在时序上同步性较大;而龟纹瓢虫(自然生草区、罗勒间作区)、异色瓢虫(自然生草区和清耕区)、七星瓢虫(清耕区)等天敌种群与中国梨木虱在时序上同步性较差。同时如薄荷、孔雀草、罗勒间作区的异色瓢虫与七星瓢虫、自然生草区的七星瓢虫与茧蜂、清耕区的异色瓢虫与赤眼蜂在时序上具有同步性,而自然生草区的龟纹瓢虫和跳小蜂之间同步性最差。这些天敌种群在时间生态位上宽度的大小,说明了它们对资源的竞争强弱,这种竞争也可能对中国梨木虱的数量及时序特征产生间接的影响。

时间生态位重叠指数是度量物种间对时间生态位的共同享用程度。从节肢动物群落生态位观点出发,果园生态系统中天敌与害虫之间的时间生态位重叠越大,说明天敌与害虫之间的关系越密切,同步性越强,跟随现象越明显,从而对害虫控制潜能就越大。在本研究中,各处理中跳小蜂、姬蜂、丽草蛉、茧蜂比其它种类对中国梨木虱的生态位重叠指数均较大,从生态位理论分析,说明其与中国梨木虱时序的同步性较强、跟随作用较强。芳香植物间作区和清耕区相比,茧蜂与中国梨木虱的生态位重叠指数明显较大,同时除跳小蜂之外,其它天敌种类与中国梨木虱的生态位重叠指数的大小顺序也发生了明显的变化。另外,在天敌种群之间如薄荷间作区的异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉、丽草蛉之间,七星瓢虫与中华大草蛉之间,孔雀草间作区的龟纹瓢虫与异色瓢虫、中华大草蛉之间,异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉之间,七星瓢虫与中华大草蛉之间;罗勒间作区的异色瓢虫与七星瓢虫、中华大草蛉、丽草蛉之间,七星瓢虫与中华大草蛉之间的时间生态位重叠度指数均较大,说明这些天敌种群在时序上同步作用明显,在资源利用上竞争激烈,其对于中国梨木虱的作用是通过资源竞争来间接实现的。这种影响如本研究中的灰色关联度分析结果所示,薄荷间作区跳小蜂、孔雀草间作区中华大草蛉、罗勒间作区龟纹瓢虫和中华大草蛉、自然生草区丽草蛉、茧蜂、赤眼蜂与中国梨木虱的关联度最大,说明这些种类对中国梨木虱的直接的或间接的影响较大。

果园间作芳香植物不仅可以改良土壤理化特性,增加有机质,抑制杂草生长,改善果园空气、土壤温度和湿度,防止水土流失,抗寒抗旱,提高果实品质,而且给多种天敌昆虫提供了充足的蜜源植物及良好的小生境。在这样的生境中,中国梨木虱出现数量少、时间生态位小的趋势,而天敌种群的数量、时间生态位宽度出现增大的趋势,益害比明显提高;同时,从时间生态位重叠和灰色关联度分析反映出,与中国梨木虱关系紧密的天

敌种类及数量明显增多,这些变化对于梨园中华梨木虱的生态调控无疑具有积极的作用。然而,梨园间作芳香植物并不能完全抑制中国梨木虱的危害,或者在较短的时间内还不能够达到最佳的生态调控效果,需要不断地在种植的模式、芳香植物种类的选择上以及与其它生物防治措施的配合上继续进行深入探讨。从本研究的结果上看,在有机转换期的梨园更应注意芳香植物的间作时期与间作方法,使植株在梨树生长初期尽早地达到间作物的覆盖度,诱集和提高天敌种群的数量,加大天敌种群的生态位宽度,对中国梨木虱的发生可能起到进一步的调控作用。

References:

- [1] Blomquist C L, Kirkpatrick B C. Frequency and seasonal distribution of pear *psylla* infected with the pear decline *Phytoplasma* in California pear orchards. *Phytopathology*, 2002, 92(11):1218-1226.
- [2] Horton David R, Guédot Christelle, Landolt Peter J. Attraction of male summer form pear *psylla* to volatiles from female pear *psylla*: effects of female age, mating status, and presence of host plant. *Canadian Entomologist*, 2008, 140(2):184-190.
- [3] Vamosi S M. On the role of enemies in divergence and diversification of prey a review and synthesis. *Canadian Journal of Zoology*, 2005, 83(7):894-910.
- [4] Pan C J, Du X G. Research on the occurrence regulation and control technology of *Psylla chinensis* in organic pear orchard. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2006, 22(10):303-305.
- [5] Wang L R, Xu S Q, Xu Y J, Yu Q E, Chen T H. Spatial distribution and sampling technique of *Psylla chinensis*. *Plant Protection*, 2004, 30(1):69-71.
- [6] Wang F, Ju R T, Li Y Z, Du Y Z. Niche concept and its application in insect ecology. *Chinese Journal of Ecology*, 2006, 25(10):1280-1284.
- [7] Li D Z, Shi Q, Zang R G, Wang X P, Sheng L J, Zhu Z L, Wang C A. Models for niche breadth and niche overlap of species or population. *Scientia Silvae Sinicae*, 2006, 42(7):95-103.
- [8] Yu S X, Orlioci L. Multivariate measure of niche breadth. *Acta Ecologica Sinica*, 1994, 14(1):32-39.
- [9] Wang Z, Song D X, Zhu M S. Study on the ecological niches of spiders and target pests in rice field. *Journal of South China Agricultural University*, 2005, 26(2):7-51.
- [10] Li S C. Ecology of Arthropod Community in Orchards. Taigu, Shanxi:Shanxi Agricultural University, 2004.
- [11] Wu Z J, Xu Z M, Li C T. Study and summary of aromatic plant. *Journal of Anhui Agricultural Science*, 2005, 33(12):2393-2396.
- [12] Wang J X. High yield and high economic returns practices of intercropping peppermint. *Chinese Agricultural Science Bulletin*, 2004, 20(3):204-206.
- [13] Tang Q Y, Feng M G. DPS Data Processing System — Experimental Design, Statistical Analysis and Data Mining. Beijing: Science Press, 2007:444-448, 644-650, 907-913.
- [14] Ming D X. Field Experiment and Statistical Analysis. Beijing: Science Press, 2005:114-115.
- [15] Li B. Ecology. Beijing: Higher Education Press, 2005:346.
- [16] Hurlbert S H. The measurement of niche overlap and some relatives. *Ecology*, 1978, 59(1):67-77.
- [17] Levins. R. Evolution in changing environments: some theoretical explorations. USA: Princeton University Press, 1968:14-16.
- [18] Deng J L. Grey systems and agriculture. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 1985(5):34-37.
- [19] Deng J L. Grey systems and agriculture. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 1985(6):29-33.
- [20] Zou Y D, Bi S D, Meng Q L, Geng J G, Chen G C, Wang G M, Li J L. Influence of natural enemies on populations of wheat aphid and green bug. *Chinese Journal of Applied Ecology*, 1998, 9(6):613-616.
- [21] Bi S D, Zou Y D, Chen G C, Meng Q L, Wang G M. Influence of natural enemies on populations of wheat aphid and green bug. *Journal of Anhui Agricultural University*, 2000, 27(2):112-115.
- [22] Hu C X, Zhang G H, Yang P, Ding L B, Zhu S W. Studies on spatial and temporal niches of *Schizaphis piricola* and its natural enemies. *Jiangsu Agricultural Sciences*, 2006(6):175-178.
- [23] Hu C X, Zhu J, Peng L H, Ding L B. Spatial and temporal niches of *Uroleucon gobonis* and its natural enemies. *Journal of Henan Agricultural Sciences*, 2007(5):66-70.
- [24] Zhang W Q, Zhang G R, Gu S X. Niche analysis of rice planthopper and its main arthropod predators. Supplement to the Journal of Sun Yatsen University, 1995(2):21-26.
- [25] Wu J C, Lu Z Q, Yang J S, Shu Z L. Habitat niche and predation effect of natural enemies of insect pests in paddy fields. *Acta Entomologica*

Sinica, 1993, 36(3):332-331.

参考文献:

- [4] 潘成杰,杜相革. 有机梨园中国梨木虱发生规律与综合防治技术的研究. 中国农学通报, 2006, 22(10):303-305.
- [5] 王立如,徐绍清,徐永江,余乾儿,陈庭华. 中国梨木虱的空间分布和抽样技术. 植物保护, 2004, 30(1):69-71.
- [6] 王凤,鞠瑞亭,李跃忠,杜予州. 生态位概念及其在昆虫生态学中的应用. 生态学杂志, 2006, 25(10):1280-1284
- [7] 李德志,石强,臧润国,王绪平,盛丽娟,朱志玲,王长爱. 物种或种群生态位宽度与生态位重叠的计测模型. 林业科学, 2006, 42(7):95-103.
- [8] 余世孝, L. 奥罗西. 物种多维生态位宽度测度. 生态学报, 1994, 14(1):32-39.
- [9] 王智,宋大祥,朱明生. 稻田蜘蛛和害虫的生态位研究. 华南农业大学学报, 2005, 26(2):47-51.
- [10] 李生才. 果园节肢动物群落生态学研究. 山西太谷:山西农业大学, 2004
- [11] 吴卓珈,徐哲民,李春涛. 芳香植物的研究进展. 安徽农业科学, 2005, 33(12):2393-2396.
- [12] 王嘉祥. 薄荷间作高产高效栽培技术研究. 中国农学通报, 2004, 20(3):204-206.
- [13] 唐启义,冯明光. DPS 数据处理系统——实验设计、统计分析及数据挖掘. 北京:科学出版社, 2007: 444-448, 644-650, 907-913.
- [14] 明道绪. 田间试验与统计分析. 北京:科学出版社, 2005. 114-115.
- [15] 李博主编. 生态学. 北京:高等教育出版社, 2005: 346.
- [18] 邓聚龙. 灰色系统与农业. 山西农业科学, 1985(5):34-37.
- [19] 邓聚龙. 灰色系统与农业. 山西农业科学, 1985(6):29-33.
- [20] 邹运鼎,毕守东,孟庆雷,耿继光,陈高潮,王公明,李甲林. 天敌对麦长管蚜和麦二叉蚜种群数量影响程度的分析. 应用生态学报, 1998, 9(6):613-616.
- [21] 毕守东,邹运鼎,陈高潮,孟庆雷,王公明. 各类天敌对麦长管蚜和麦二叉蚜种群数量影响程度的研究. 安徽农业科学, 2000, 27(2):112-115.
- [22] 胡长效,张广花,杨培,丁梁斌,朱守卫. 梨二叉蚜及其天敌类群时空生态位研究. 江苏农业科学, 2006(6):175-178.
- [23] 胡长效,朱静,彭兰华,丁梁斌. 红花田红花指管蚜及其天敌生态位研究. 河南农业科学, 2007(5):66-70.
- [24] 张文庆,张古忍,古德祥. 稻飞虱及其节肢类捕食者的生态位关系研究. 中山大学学报论丛, 1995(2):21-26.
- [25] 吴进才,陆自强,杨金生,束兆林. 稻田主要捕食性天敌的栖境生态位与捕食作用分析. 昆虫学报, 1993, 36(3):332-331.