

盘锦稻区蜘蛛群落的建立与多样性分析

马晓慧*, 桑海旭, 王井士, 刘郁, 邢亚楠, 车喜庆

(辽宁省盐碱地利用研究所, 盘锦 124010)

摘要 采用吸虫器抽吸法,系统调查了盘锦稻区蜘蛛物种组成及群落的建立过程,并分析了单季稻区蜘蛛群落多样性特点。结果表明,盘锦稻区共采集到 10 科 37 种蜘蛛,种类较丰富,其中横纹金蛛 *Argiope bruennichii*、棕管巢蛛 *Clubiona japonicola* 和草间钻头蛛 *Hylyphantes graminicola* 3 种为优势种蜘蛛。随着水稻插秧,蜘蛛逐渐从非稻田生境向稻田生境迁移,至 8 月上旬(8 月 10 日前后),种类数达到最大值 26 种,完成群落建立过程。Shannon-Wiener 指数表明,6 月初蜘蛛多样性水平最低,8 月下旬蜘蛛多样性水平最高,指数最高值为 3.0697,而均匀度指数、丰富度指数与其呈正相关,优势度指数与其呈负相关。

关键词 稻田; 蜘蛛; 群落建立; 多样性

中图分类号: S 476 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3969/j.issn.0529-1542.2017.06.029

Community establishment of spiders and diversity analysis in paddy field of Panjin

Ma Xiaohui, Sang Haixu, Wang Jingshi, Liu Yu, Xing Yanan, Che Xiqing

(Liaoning Saline or Alkaline Land Utilization and Research Institute, Panjin 124010, China)

Abstract Species composition and community establishment of spiders were investigated with the suction sampler and the community diversity of spider was analyzed in single harvesting area. The results showed that there were 37 species belong to 10 families. The dominant species were *Argiope bruennichii*, *Clubiona japonicola* and *Hylyphantes graminicola*. The number of spider species was increasing gradually since rice was planted. The number of spider species reached 26 in early August, then community establishment finished. Shannon-Wiener index indicated the level of diversity was the highest in late August with the index number of 3.0697. Pielou's index and Margalef's index were positively correlated with Shannon-Wiener index, while Simpson's index was negatively correlated with it.

Key words paddy field; spider; community establishment; diversity

稻田生态系统包括稻田生境和非稻田生境两部分,未种植水稻期间所有稻田生态系统中的节肢动物以及水稻生长期间非稻田生境中节肢动物构成了稻田节肢动物群落的种库^[1]。蜘蛛是稻田内仅次于昆虫的种类多、数量大的节肢动物类群,全部为捕食性,也是水稻害虫的重要天敌之一^[2]。盘锦稻区属于典型的盐碱地,长年以水稻栽培为主,是辽宁省水稻主产区,但多年大面积种植单一品种,导致农田系统中植物群落结构简单。农田植被的简单化必然导致农田生物群落的种类组成和结构也趋向单一化^[3]。了解并掌握蜘蛛资源的组成及

动态情况,对实施稻田生物防治措施具有重要的意义。本文主要针对稻田蜘蛛群落的组成、建立及多样性进行调查研究,以期为稻田害虫生物防治提供基础物种数据。

1 材料与方法

1.1 试验地概况

试验在辽宁省盐碱地利用研究所试验基地完成,调查田块为连续 3 年人工投放螟黄赤眼蜂防治水稻害虫的生防田,面积约 2 000 m²(南北长 38 m,东西长 50 m),南侧是上水线,北邻一狭长的杂草区

收稿日期: 2017-03-31 修订日期: 2017-04-23

基金项目: 辽宁省科学事业公益研究基金(2011005010)

* 通信作者 E-mail: jodiexiaohui@163.com

(从未施药),面积约 25 m²。水稻品种为盘锦主栽品种‘盐丰 47’,每年药剂防治病害 3 次,全年不施用杀虫药剂。田内主要害虫为二化螟及稻飞虱,二化螟每年发生 2 代,以 7 月中下旬发生较严重,为害率达 15%;稻飞虱以灰飞虱为主,8 月中下旬不同程度迁入白背飞虱与褐飞虱,3 种飞虱密度最大时达到 80~130 头/穴。田内杂草种类以稗 *Echinochloa crusgalli*、水葱 *Scirpus validus*、牛毛毡 *Eleocharis yokoscensis*、扁秆蔗草 *Scirpus planiculmis*、水绵 *Spirogyra communis* 和苦草 *Vallisneria natans* 6 种为主,插秧前施用除草剂控制,插秧后不施药。

1.2 调查时间与方法

调查时间为 2016 年 6—9 月。盘锦稻区为单季稻,每年 5 月底插秧,2016 年插秧时间为 5 月 29 日,试验区全部人工插秧。稻田上水后,田间没有蜘蛛,全部蜘蛛来源于稻田周边的埝埂和杂草区,杂草种类主要为稗 *Echinochloa crusgalli*、柳叶刺蓼 *Polygonum bungeanum*、苍耳 *Xanthium sibiricum*、反枝苋 *Amaranthus retroflexus*、金狗尾草 *Setaria glauca*、藜 *Chenopodium album* 等,多数为一年生,发生频率最高为稗草,100% 发生,其他种类发生频率也在 50% 以上。优势动物仍为捕食性蜘蛛。待水稻插秧后,蜘蛛逐渐转移至稻田活动,故采集从 6 月 1 日起,每月 1、4、7、11、14、17、21、24、27 日共 9 次采集,至 9 月 27 日结束,水稻在 10 月 1 日前后收割,调查期间共 36 次采集。

蜘蛛采集采用手提式干湿两用吸尘器,于调查日早 7:00 或晚 5:00,在稻株的上、中、下部分别抽吸。采取 5 点法取样,每样方 1 m²,约 22 穴(成熟期约 350 株水稻),采集的蜘蛛样本用 75% 乙醇(个体大者用 95% 乙醇)保存,参照陈孝恩等的鉴定方法清样及鉴定,统计蜘蛛种类数与个体数^[4-9],分别记录采集日期,并将各月调查结果按上旬、中旬、下旬进行物种数和个体数统计。

1.3 数据统计与分析

群落多样性分析以优势度指数 D 、多样性指数 H' 、均匀度指数 J 和物种丰富度指数 D_{Ma} 表述,各指数的计算利用 Excel 2010 完成。具体公式为:

(1)优势度分析采用 Simpson 优势度指数:

$$D = 1 - \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)} \quad (n_i \text{ 为第 } i \text{ 个物种的个体数, } N \text{ 为所有物种个体数, } S \text{ 为物种数。})$$

(2)物种多样性分析采用 Shannon-Wiener (香农-威纳)多样性指数:

$$H' = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i, P_i = \frac{n_i}{N} \quad (P_i \text{ 为第 } i \text{ 种个体数占总个体数的比率, } N \text{ 为全部物种的个体总数, } S \text{ 为物种数。})$$

(3)均匀度分析采用 Pielou 指数:

$$J = H' / H_{\max} \quad (H_{\max} = \ln S, S \text{ 为群落中总物种数。} H' \text{ 为 Shannon-Wiener 指数, } J \text{ 为均匀度指数。})$$

(4)物种丰富度分析采用 Margalef 指数:

$$D_{Ma} = (S - 1) / \ln N \quad (S \text{ 为物种数, } N \text{ 为全部物种的个体总数。})$$

2 结果与分析

2.1 蜘蛛群落的组成

调查历时 4 个月,共采集蜘蛛个体样本 12 823 头,隶属于 10 科,共 37 种,详见表 1。其中,园蛛科是物种数量和个体总数量最多的类群,物种数为 7 种,个体总数为 4 564 头,多于样本个体总数的 1/3。各物种中,数量最多的是横纹金蛛 *Argiope bruennichi*,比例为 26.41%,其次为棕管巢蛛 *Clubiona japonicola*,比例为 25.82%,第三是草间钻头蛛 *Hylyphantes graminicola*,比例为 17.45%,这 3 种蜘蛛总比例为 69.68%,是盘锦稻区的优势蜘蛛;斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* 和三突花蛛 *Ebrechtella tricuspoidatus* 的比例分别为 7.20% 和 6.52%,数量也较多;黄褐新园蛛 *Neoscona adianta*、黑斑亮腹蛛 *Singa hamata* 等 5 种,个体数量比例介于 5% 至 1% 之间,也是稻田常见种;其余 27 种稻田蜘蛛,比例小于 1%,是稻田少见或偶见的物种。

2.2 蜘蛛群落的重建

水稻移植后,稻田内节肢动物群落的重建过程随之开始,当其种类数或密度达到最大时,重建过程结束^[10]。研究发现,在物种数达到最大值后,物种数变化相对稳定,群落一旦稳定,可视为重建过程结束。蜘蛛物种数随调查日期变化情况见图 1,可以看出,6 月 1 日水稻插秧后,蜘蛛物种数逐渐增多,呈波动式递增,至 8 月 10 日前后,物种数达到最大值 26 种,随后进入波动式的维持阶段。随后进入稳定的维持阶段,可见,盘锦稻区 8 月 10 日前后(8 月上旬)蜘蛛群落的重建过程结束,历时 70 d 左右。

表 1 盘锦稻田蜘蛛物种组成¹⁾

Table 1 Composition of spider species in paddy field in Panjin

| 科名 Family | 种名 Species | 个体数量/头 Individual number | 比例/% Percentage |
|---|--|---|--------------------|
| 卷叶蛛科 Dictynidae | 芦苇卷叶蛛 <i>Dictyna arundinacea</i> Linnaeus | 36 | 0.28 |
| | 黑斑卷叶蛛 <i>Dictyna felis</i> Bösenberg & Strand | 13 | 0.10 |
| 园蛛科 Araneidae | 大腹园蛛 <i>Araneus ventricosus</i> (L. Koch) | 2 | — |
| | 横纹金蛛 <i>Argiope bruemichi</i> (Scopoli) | 3 386 | 26.41 |
| | 八瘤艾蛛 <i>Cyclosa octotuberculata</i> Karsch | 5 | — |
| | 角类肥蛛 <i>Larinioides cornutus</i> (Clerck) | 10 | — |
| | 黄褐新园蛛 <i>Neoscona adianta</i> (Walckenaer) | 377 | 2.94 |
| | 黑斑亮腹蛛 <i>Singa hamata</i> (Clerck) | 503 | 3.92 |
| | 四点高亮腹蛛 <i>Hypsosinga pygmaea</i> Sundevall | 281 | 2.19 |
| | 四斑锯螯蛛 <i>Dyschiriognatha quadrimaculata</i> (Bösenberg & Strand) | 10 | — |
| 肖蛸科 Tetragnathidae | 柔弱锯螯蛛 <i>Dyschiriognatha tenera</i> Karsch | 16 | 0.13 |
| | 克氏粗厚螯蛛 <i>Pachygnatha clercki</i> Sundevall | 13 | 0.10 |
| | 锥腹肖蛸 <i>Tetragnatha maxillosa</i> Thorell | 10 | — |
| | 直伸肖蛸 <i>Tetragnatha extensa</i> Linnaeus | 13 | 0.10 |
| | 前齿肖蛸 <i>Tetragnatha praedonia</i> L. Koch | 3 | — |
| | 球蛛科 Theridiidae | 横带希蛛 <i>Achaearanea angulithorax</i> (Bösenberg & Strand) | 187 |
| 八斑鞘腹蛛 <i>Coleosoma octomaculatum</i> (Bösenberg & Strand) | | 6 | — |
| 皿蛛科 Linyphiidae | 花腹盖蛛 <i>Neriene radiata</i> (Walckenaer) | 9 | — |
| | 日本盖蛛 <i>Neriene japonica</i> (Oi) | 5 | — |
| | 草间钻头蛛 <i>Hylyphantes graminicola</i> (Sundevall) | 2 238 | 17.45 |
| | 齿螯额角蛛 <i>Gnathonarium dentatum</i> Wider | 21 | 0.16 |
| | 食虫沟瘤蛛 <i>Ummeliata insecticeps</i> Bösenberg & Strand | 410 | 3.20 |
| | 漏斗网蛛科 Agelenidae | 机敏异漏斗蛛 <i>Allagelena difficilis</i> (Fox) | 10 |
| 狼蛛科 Lycosidae | 迷宫漏斗蛛 <i>Agelena labyrinthica</i> (Clerck) | 11 | — |
| | 中华狼蛛 <i>Lycosa sinensis</i> (Schenkel) | 6 | — |
| | 拟环纹豹蛛 <i>Pardosa pseudoannulata</i> (Bösenberg & Strand) | 7 | — |
| | 星豹蛛 <i>Pardosa astrigera</i> L. Koch | 3 | — |
| | 沟渠豹蛛 <i>Pardosa laura</i> Karsch | 4 | — |
| | 真水狼蛛 <i>Pirata piraticus</i> (Clerck) | 12 | — |
| | 拟水狼蛛 <i>Pirata subpiraticus</i> (Bösenberg & Strand) | 6 | — |
| 猫蛛科 Oxyopidae | 斜纹猫蛛 <i>Oxyopes sertatus</i> L. Koch | 923 | 7.20 |
| 管巢蛛科 Clubionidae | 棕管巢蛛 <i>Clubiona japonicola</i> (Bösenberg & Strand) | 3 311 | 25.82 |
| | 近邻管巢蛛 <i>Clubiona propinqua</i> L. Koch | 100 | 0.78 |
| 蟹蛛科 Thomisidae | 三突花蛛 <i>Ebrechtella tricuspidatus</i> (Fabricius) | 836 | 6.52 |
| | 刺跗逍遥蛛 <i>Philodromus spinitarsis</i> Simon | 15 | 0.12 |
| | 红棕逍遥蛛 <i>Philodromus rufus</i> Walckenaer | 15 | 0.12 |
| | 圆花叶蛛 <i>Synema globosum</i> (Fabricius) | 10 | — |

1) “—”表示该物种个体数占总个体数的比例小于0.1%。
 “—” The proportion of species accounted for less than 0.1%.

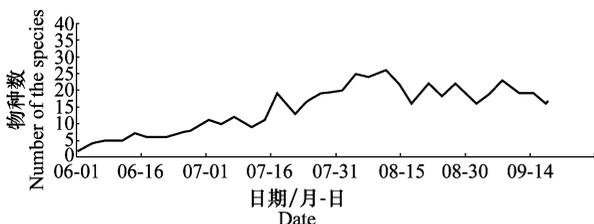


图 1 稻田蜘蛛物种数随时间的变化

Fig. 1 Change of spider species number with time in paddy field

2.3 稻田蜘蛛群落多样性指数分析

各调查阶段蜘蛛群落多样性参数见表 2。由表

可知,香农-威纳指数从调查开始的最小值 1.559 7, 逐渐增加至 7 月上旬 2.417 0, 出现第一个小高峰, 随后递减至 8 月上旬, 8 月中旬开始再次上升, 到 8 月下旬达到最高值 3.069 7, 之后递减至调查结束。这表明, 6 月蜘蛛多样性水平最低, 群落组成较为单一, 7 月上旬和 8 月下旬多样性水平较高, 物种较丰富。

优势度指数变化较为明显, 6 月上中旬优势度指数最高, 6 月下旬开始至调查结束, 优势度指数基本在 0.2 上下波动, 这表明, 优势种蜘蛛仅在水稻插

秧后的一段时间内,优势地位突出,随着不同蜘蛛种类逐渐向稻田迁入后,优势种的突出地位下降。

均匀度指数变化趋势同 Shannon-Wiener 指数变化趋势一致(是 Shannon-Wiener 指数的函数),6 月初均匀度指数较低,最低值为 0.431 9,8 月下旬出现最高值 0.850 1,均匀度指数间接反映了蜘蛛群落中优势种的突出程度,即 6 月初优势种突出地位明显,至 8 月下旬,其突出地位降至最低。

丰富度指数变化趋势同 Shannon-Wiener 指数一致,最低值 1.125 1 出现在 6 月上旬,最高值出现在 8 月上旬,为 4.853 8,之后直到 9 月上旬物种丰富度指数均高于 4.000,9 月下旬丰富度指数也达到 3.244,可见,8、9 月是稻田蜘蛛物种较为丰富的时期,此时期,稻田水层较浅或无水,稻株密度较前期高,稻飞虱等食物充足,更适宜多种农田蜘蛛迁入稻田生境中,因而增加了蜘蛛的物种数量。

表 2 稻田蜘蛛群落多样性指数、优势度指数、均匀度指数和丰富度指数

Table 2 Shannon-Wiener index, Simpson's index, Pielou's index and Margalef's index of spider in paddy field

| 调查时间 Survey time | 香农-威纳指数 H' Shannon-Wiener index | 优势度指数 D Simpson's index | 均匀度指数 J Pielou's index | 物种丰富度 D_{Mn} Margalef's index |
|---------------------|--------------------------------------|------------------------------|-----------------------------|------------------------------------|
| 6月上旬 | 1.559 7 | 0.879 0 | 0.431 9 | 1.125 1 |
| 6月中旬 | 1.773 3 | 0.825 6 | 0.491 1 | 1.157 9 |
| 6月下旬 | 1.830 9 | 0.174 2 | 0.507 1 | 1.196 1 |
| 7月上旬 | 2.417 0 | 0.143 1 | 0.669 4 | 1.628 0 |
| 7月中旬 | 2.080 1 | 0.170 1 | 0.576 1 | 2.618 1 |
| 7月下旬 | 1.948 2 | 0.200 0 | 0.539 5 | 2.850 4 |
| 8月上旬 | 1.916 5 | 0.226 8 | 0.530 8 | 4.853 8 |
| 8月中旬 | 2.031 8 | 0.186 6 | 0.562 7 | 4.199 7 |
| 8月下旬 | 3.069 7 | 0.195 3 | 0.850 1 | 4.417 2 |
| 9月上旬 | 2.466 7 | 0.193 2 | 0.683 1 | 4.038 6 |
| 9月中旬 | 2.293 7 | 0.179 2 | 0.635 2 | 2.953 0 |
| 9月下旬 | 1.772 2 | 0.189 2 | 0.490 8 | 3.244 0 |

盘锦稻区蜘蛛多样性随时间变化的规律见图 2, 香农威纳指数随时间的变动规律,反映出蜘蛛种群从迁入稻田至水稻近收割期间群落多样性水平整体的

变动趋势。当蜘蛛群落多样性程度较高的阶段,均匀度和物种丰富度程度相应地也较高,而优势度指数则较低,即优势种在群落中突出地位越不明显。

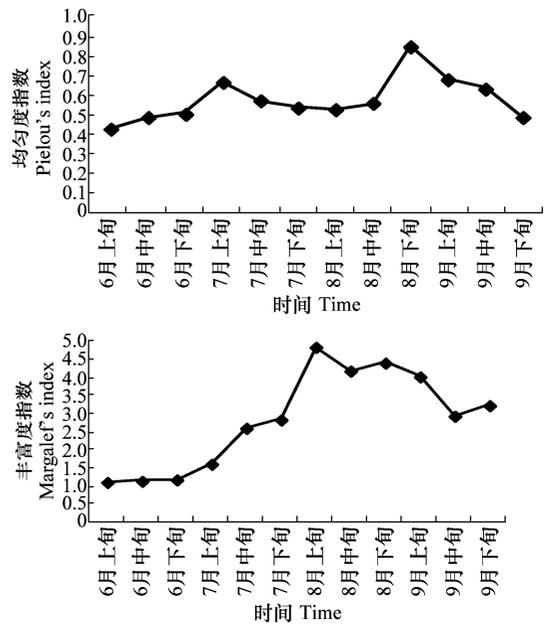
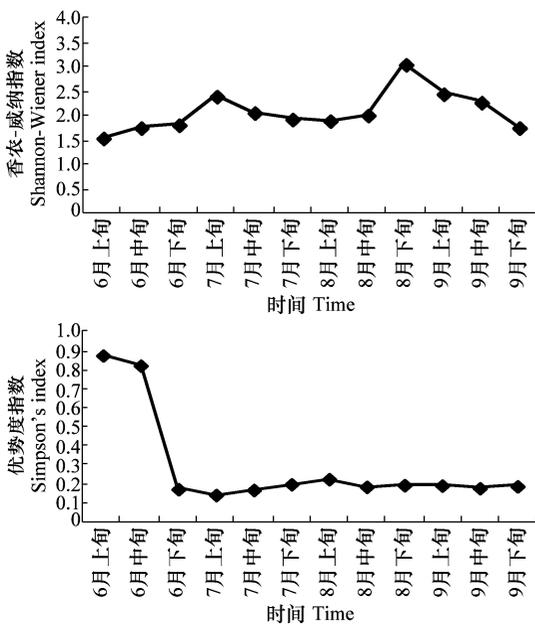


图 2 蜘蛛多样性随时间的变化规律

Fig. 2 Time distribution of spider diversity

3 结论与讨论

研究表明,盘锦稻区蜘蛛种类较丰富,调查期共采集到 11 科 37 种蜘蛛,优势种为横纹金蛛、棕管巢蛛和草间钻头蛛,斜纹猫蛛、三突花蛛、黄褐新园蛛等近 10 种蜘蛛也是稻田常见种类,这与王井士等^[11]的调查结果一致。蜘蛛迁入稻田即开始群落重建,当种类数或密度达到最大时,群落重建结束,在北方单季稻区,重建持续时间较长,从插秧起,2 个月后种类数达到最大,这可能由于前期稻田水层较深,稻苗相对稀疏矮小,不适宜蜘蛛结网或在稻株间游猎,而 8 月份稻田内水层较浅或处于晒田模式,湿润的土壤裸露,且稻飞虱等蜘蛛猎物的数量激增,使得更多的农田蜘蛛迁入稻田生境,优势种蜘蛛的突出地位随之下降。毛润乾等^[12]研究认为,稻田中害虫种类和数量、种库距稻田的远近也影响群落的重建和维持。如果能利用生态调控技术^[13],在天敌重建期间,充分保护和利用稻田周围生境中的天敌,使天敌进田时间提早,重建速度加快,重建完成时间缩短,那么,天敌的自然控制作用便会进一步加强。

蜘蛛群落多样性研究表明,8 月下旬多样性指数最高,香农-威纳指数、均匀度指数、丰富度指数及优势度指数依次为 3.069 7、0.850 1、4.417 2、0.195 3,多样性水平随时间呈不规则的变化,6 月初,水稻插秧不久,需要经历一段时间缓苗,多样性水平最低。而由于盘锦稻区特有的盐碱地特性,水质 pH 较其他地区偏高,尤其在后期晒田阶段,这对田间杂草种类及害虫种类的分布有一定影响,从而

在一定程度上间接影响蜘蛛群落的结构组成、多样性及动态变化。

参考文献

- [1] Liss W J, Gut L J, Westgard P H. Perspectives on arthropod community structure, organization and development in agricultural crops [J]. *Annual Review Entomology*, 1986, 31: 455 - 478.
- [2] 马晓慧, 桑海旭, 刘郁. 辽宁盘锦稻区杂草地与稻田中蜘蛛动态[J]. *植物保护*, 2015, 41(3): 165 - 168.
- [3] 庞雄飞, 尤民生. 昆虫群落生态学[M]. 北京: 中国农业出版社, 1996: 147.
- [4] 陈孝恩, 高君川. 四川农田蜘蛛彩色图册[M]. 成都: 四川科学技术出版社, 1990: 41 - 195.
- [5] 李永禧, 周玉宏, 王助引, 等. 广西经济昆虫图册(捕食性昆虫)[M]. 南宁: 广西科学技术出版社, 1990: 1 - 95.
- [6] 彭贤锦, 谢莉萍, 肖小芹, 等. 中国跳蛛(蛛形纲: 蜘蛛目)[M]. 长沙: 湖南师范大学出版社, 1993: 21 - 250.
- [7] 尹长民, 彭贤锦, 谢莉萍, 等. 中国狼蛛(蛛形纲: 蜘蛛目)[M]. 长沙: 湖南师范大学出版社, 1997: 23 - 289.
- [8] 宋大祥, 朱明生. 中国动物志无脊椎动物第八卷(蛛形纲: 蜘蛛目: 蟹蛛科, 逍遥蛛科)[M]. 北京: 科学出版社, 1997: 136 - 149.
- [9] 朱明生. 中国动物志无脊椎动物 第十三卷(蛛形纲: 蜘蛛目: 球蛛科)[M]. 北京: 科学出版社, 1998: 69 - 73.
- [10] 毛润乾, 张文庆, 张古忍, 等. 稻田稻飞虱卵寄生蜂群落的重建和维持[J]. *昆虫学报*, 2002, 45(1): 96 - 101.
- [11] 王井士, 马晓慧, 桑海旭. 辽河三角洲稻区优势天敌种类调查分析[J]. *植物保护*, 2015, 41(1): 163 - 165.
- [12] 毛润乾, 张文庆, 张古忍, 等. 非稻田生境飞虱卵寄生蜂群落的结构和动态[J]. *中山大学学报*, 1999, 38(5): 72 - 76.
- [13] 俞晓平, 胡萃, Heong K L. 非作物生境对农田害虫及天敌的影响[J]. *中国生物防治*, 1996, 12(3): 130 - 133.

(责任编辑: 杨明丽)

(上接 146 页)

- [16] Roditakis E, Grispou M, Morou E, et al. Current status of insecticide resistance in Q biotype *Bemisia tabaci* populations from crete [J]. *Pest Management Science*, 2009, 65(3): 313 - 322.
- [17] 姚明德. B 型烟粉虱抗吡虫啉品系的交互抗性谱及抗性生化机理[D]. 南京: 南京农业大学, 2007.
- [18] 封云涛. B 型烟粉虱入侵种群对噻虫嗪抗性机理的研究[D]. 北京: 中国农业科学院, 2009.
- [19] 郭天凤, 史雪岩, 高希武, 等. 棉蚜吡虫啉、啉虫脒不同品系解毒酶活性测定和增效作用的研究[J]. *环境昆虫学报*, 2014, 36(3): 388 - 394.
- [20] Cui Li, Qi Haoliang, Yang Daibin, et al. Cycloxyprid: a novel cis-nitromethylene neonicotinoid insecticide to control imidacloprid-resistant cotton aphid (*Aphis gossypii*) [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2016, 132: 96 - 101.
- [21] Valles S M, Yu S J. Detection and biochemical characterization of insecticide resistance in the German cockroach (Dictyoptera: Blattellidae) [J]. *Journal of Economic Entomology*, 1996, 89(1): 21 - 26.
- [22] 刘喃喃, 朱芳, 徐强, 等. 昆虫抗药性机理: 行为和生理改变及解毒代谢增强[J]. *昆虫学报*, 2006, 49(4): 671 - 679.
- [23] Gao Congfen, Ma Shaozhi, Shan Caihui, et al. Thiamethoxam resistance selected in the western flower thrips *Frankliniella occidentalis* (Thysanoptera: Thripidae): Cross-resistance patterns, possible biochemical mechanisms and fitness costs analysis [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2014, 114(5): 90 - 96.
- [24] Zhu Yucheng, Blanco C A, Portilla M, et al. Evidence of multiple/cross resistance to Bt and organophosphate insecticides in Puerto Rico population of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* [J]. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 2015, 122: 15 - 21.

(责任编辑: 杨明丽)