

甜玉米间作不同作物对蜘蛛群落结构的影响

田耀加, 梁广文, 曾玲, 陆永跃

(华南农业大学 资源环境学院, 广东 广州 510642)

摘要:采用陷阱法、扫网法及植株系统调查法研究了甜玉米间作不同作物(绿豆、菜豆、甘薯、花生)对蜘蛛群落结构的影响。田间调查共采集到蜘蛛26种,隶属于10科。玉米单作与间作生境蜘蛛群落结构组成相似,均以拟环纹狼蛛 *Lycosa pseudoannulata* 和八斑球蛛 *Coleosoma octomaculatum* 为优势种;但玉米间作生境有助于蜘蛛类群数量增长,其中玉米间作绿豆、玉米间作菜豆的蜘蛛总体数量显著高于玉米单作,玉米间作甘薯和玉米间作花生的蜘蛛数量也有所提高。研究表明,玉米间作生境通过增加作物多样性,对蜘蛛具有较好的诱集作用,从而提高蜘蛛类群数量。

关键词:甜玉米; 间作; 蜘蛛; 群落结构

中图分类号: Q968.1

文献标志码: A

文章编号: 1001-411X(2012)03-0342-04

Influence of Intercropping Sweet Maize with Different Crops on the Structure of Spider Community

TIAN Yao-jia, LIANG Guang-wen, ZENG Ling, LU Yong-yue

(College of Natural Resources and Environment, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, China)

Abstract: Investigation was conducted to study the influence of sweet maize intercropping with different crops (mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut) on the spiders community structure in field by the sampling methods of pitfall, net and full plant investigation. Ten spider families, including 26 species, were found in all maize fields. Composition of spiders community in maize monoculture habitat was similar to those in intercropping habitats, in which the dominant species were *Lycosa pseudoannulata* and *Coleosoma octomaculatum*. However, maize intercropping habitats appeared to be helpful to the growth of spider groups. The numbers of spider in maize field intercropped with mung bean and kidney bean were significantly larger than that of monoculture maize habitat. The similar result was also found in maize-sweet potato or maize-peanut intercropping habitat. The results indicated that intercropping habitats could attract more spiders and therefore resulted in a higher spider density due to the increase of crop diversity.

Key words: sweet maize; intercropping; spider; community structure

作物生境调控是现代农业害虫治理的主要措施之一, Landis 等^[1]报道指出, 通过生境调节可为天敌提供食物源、庇护场所或合适的微气候、替代猎物或寄主。因此, 植物多样性有利于增加害虫天敌物种丰富度及种群数量^[2-3], 从而提高对害虫的控制作用^[4-5]。如棉花-苜蓿间作田中适时割苜蓿可增加棉花地蜘蛛和草蛉种群数量^[6]; 小麦间作系统相比小

麦单作, 瓢虫类和蚜茧蜂类有较高的种群数量, 天敌群落的丰富度明显提高, 麦长管蚜种群密度显著下降^[7-8]。不同的天敌类型对不同生境具有一定的选择性^[9-10], 通过合理布置作物生境, 可在害虫防治方面收到良好的效果^[11]。

蜘蛛食性广、适应力强, 对农业生境中的多种害虫具有捕食作用^[12-13]。Hooks 等^[14]调查发现, 西兰花

收稿日期: 2011-05-26

作者简介: 田耀加(1983—), 男, 博士研究生; 通信作者: 曾玲(1949—), 女, 教授, E-mail: zengling@scau.edu.cn

基金项目: 国家科技支撑计划项目(2008BADA5B01, 2008BADA5B04)

单作与间作系统之间菜粉蝶种群密度差异的影响因子主要包括有蜘蛛、寄生蜂及昆虫病原物. Symondson 等^[15]综合多个生境调控案例,指出 75% 的广谱性捕食性天敌能控制害虫的种群密度. 蜘蛛是农业生境害虫天敌的一大类群,在害虫生物防治上具有重要意义. 本文研究了玉米间作不同作物对蜘蛛种群动态的影响,旨在明确玉米田间蜘蛛群落结构,为蜘蛛类群在生物防治中的应用提供理论基础.

1 材料与方法

1.1 供试材料

玉米:粤甜 9 号;菜豆:矮生种,美国春秋无架豆;绿豆、甘薯、花生均为广东省增城市宁西镇本地栽培种.

1.2 试验方法

1.2.1 试验设计 试验在华南农业大学宁西教学基地进行,试验地共 3 块,每块面积约 2 200 m²,设为 3 个重复. 每块试验地布置 5 个处理小区:玉米单作(CK)、玉米间作绿豆(Tr1)、玉米间作菜豆(Tr2)、玉米间作甘薯(Tr3)和玉米间作花生(Tr4),采用随机区组设计,每小区之间设置 4 m 宽的玉米单作隔离带. 玉米单作及间作小区均起垄种植,每垄种植玉米 3 行,间作区每垄玉米行间种植 1 行间作物.

1.2.2 调查方法 田间调查自 2010 年 8 月 24 日开始,每 7 d 调查 1 次,如遇雨天适当调整,共调查 7 次. 试验以陷阱法、扫网法和植株系统调查法相结合. 陷阱法每试验小区设置 6 个陷阱,当天设置,隔 1 d 取出,将样品带回实验室鉴定统计. 陷阱制作方法:2 个一次性塑料杯相叠加,加入约 1/2 杯洗洁精水埋入土中,杯面与土表相齐;底杯杯底边缘剪 4 个小孔,上杯杯壁约 2/3 高处剪 4 个小孔,使陷阱水面过高时可从杯底流出. 扫网法和植株系统调查法采用“Z”形抽样法,各选 6 点,扫网法每点在玉米叶片间来回扫网 10 网,植株系统调查法每点取玉米 10 株,系统检查并收集整株植株蜘蛛类群,将采集到的样品浸泡于 φ 为 75% 酒精中,带回实验室鉴定统计.

1.3 数据统计与分析

陷阱法、扫网法和植株系统调查法调查结果分别以 6 个陷阱、60 网和 60 株玉米植株所得蜘蛛个体数评价. 数据采用 Excel 整理,利用 DPS 软件进行 Duncan's 方差分析及差异显著性测验. 群落结构特征采用以下参数进行描述^[16-18]:

1) 物种丰富度(S):即一个群落所含的物种数.

2) 种群优势度(D):即某物种在群落中所占优势的程度, $D = n_i/N$, n_i 为抽样中第 i 个物种个体的

数量, N 为群落中所有物种的总个体数.

当 $D \geq 0.10$ 时,为优势种;当 $0.05 \leq D < 0.10$ 时,为丰盛种;当 $0.01 \leq D < 0.05$ 时,为常见种;当 $D < 0.01$ 时,为偶见种或稀有种.

3) 多样性指数(H'):用于衡量群落的稳定性,采用 Shannon-Wiener 多样性指数分析方法.

$$H' = -\sum_{i=1}^S p_i \ln p_i \quad (i = 1, 2, 3, \dots, S), \text{ 其中 } p_i = n_i/N.$$

4) 均匀度指数(J):群落中不同物种多度分布的均匀程度.

$$J = H'/H'_{\max} = H'/\ln S.$$

5) 优势集中性指数(C):采用 Simpson 优势集中性指数分析.

2 结果与分析

2.1 蜘蛛群落结构组成

蜘蛛群落结构组成如表 1 和表 2 所示. 田间调查共采集到蜘蛛 26 种,隶属于 10 个科. 玉米单作及与不同作物间作生境均以拟环纹狼蛛 *Lycosa pseudoannulata* (Boesenberg et Strand) 和八斑球蛛 *Coleosoma octomaculatum* (Boesenberg et Strand) 为优势种,两者在各生境中的优势度分别为 0.38 ~ 0.45 和 0.22 ~ 0.26;蜘蛛群落结构中主要的丰盛种或常见种有:锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* Thorell、四斑锯螯蛛 *Dyschiriognatha quadrimaculata* Boesenberg et Strand、斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* L. Koch、斑管巢蛛 *Clubiona reichlini* Schenkel、白条锯足蛛 *Runcinia albobstriata* Boesenberg et Strand 等(表 1).

玉米单作与间作生境蜘蛛群落结构组成相似. 如表 2 所示,蜘蛛群落多样性指数以玉米间作绿豆最高,优势集中性指数以玉米单作最低,且在间作各生境间多样性指数和优势集中性指数均差异不显著;均匀度指数只在玉米单作和玉米间花生生境间表现出差异性,其余生境间差异不显著. 各生境蜘蛛物种数量分别为:玉米间作绿豆(22) > 玉米间作菜豆(21) > 玉米单作(20) = 玉米间作甘薯(20) > 玉米间作花生(19),绝大部分的蜘蛛种类为不同生境的共有种. 但玉米与不同作物间作生境分别采集到单独的种,如玉米间绿豆的花蛛叶属 *Synaema* sp. 和狡蛛属 *Dolomedes* sp. 各 1 种,玉米间菜豆的叶斑谊蛛 *Yaginomia sia* (Strand) 和球腹蛛属 *Theridion* sp. 1 种,玉米间甘薯的鳃哈莫蛛 *Harmochirus brachiatus* (Thorell) 及玉米间花生的盖蛛属 *Neriene* sp. 1 种(表 1).

表1 玉米单作与间作生境蜘蛛种类及优势度

Tab. 1 Species and dominance of spiders in maize monoculture and intercropping habitats

科	种类	不同处理优势度(D)				
		CK	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4
狼蛛科	1. 拟环纹狼蛛	0.385	0.403	0.4384	0.387	0.450
	2. 狼蛛属1种	0.008	0.040			0.013
园蛛科	3. 叶斑园蛛			0.003		
	4. 园蛛属1种	0.029	0.021	0.022	0.034	0.033
肖蛸科	5. 锥腹肖蛸	0.051	0.045	0.045	0.035	0.045
	6. 条纹隆背蛸	0.008	0.011	0.005	0.008	0.016
球蛛科	7. 四斑锯螯蛛	0.022	0.031	0.029	0.031	0.027
	8. 八斑球蛛	0.236	0.224	0.224	0.256	0.229
皿蛛科	9. 双钩球蛛	0.005	0.029	0.027	0.009	0.011
	10. 球腹蛛属1种			0.003		
皿蛛科	11. 草间小黑蛛	0.036	0.021	0.030	0.014	0.010
	12. 食虫瘤胸蛛	0.010	0.010	0.011	0.003	0.003
猫蛛科	13. 盖蛛属1种					0.001
	14. 微蛛属1种	0.001	0.001	0.002	0.001	
管巢蛛科	15. 线纹猫蛛	0.006	0.005	0.006	0.008	0.003
	16. 斜纹猫蛛	0.038	0.032	0.041	0.033	0.019
蟹蛛科	17. 斑管巢蛛	0.074	0.025	0.054	0.071	0.050
蟹蛛科	18. 白条锯足蛛	0.027	0.039	0.021	0.029	0.029
	19. 三突花蛛	0.006	0.006	0.004	0.008	0.009
跳蛛科	20. 蟹蛛属1种	0.003	0.003	0.004	0.007	0.005
	21. 花叶蛛属1种		0.009			
跳蛛科	22. 猎蛛属1种	0.005	0.009	0.002	0.013	0.005
	23. 微菱头蛛	0.026	0.029	0.014	0.026	0.018
狡蛛科	24. 纵条蝇狮	0.036	0.016	0.014	0.027	0.024
	25. 鳃哈莫蛛				0.002	
	26. 狡蛛属1种		0.002			

表2 玉米单作与间作生境蜘蛛群落结构特征¹⁾

Tab. 2 Structure characteristics of spider community in maize monoculture and intercropping habitats

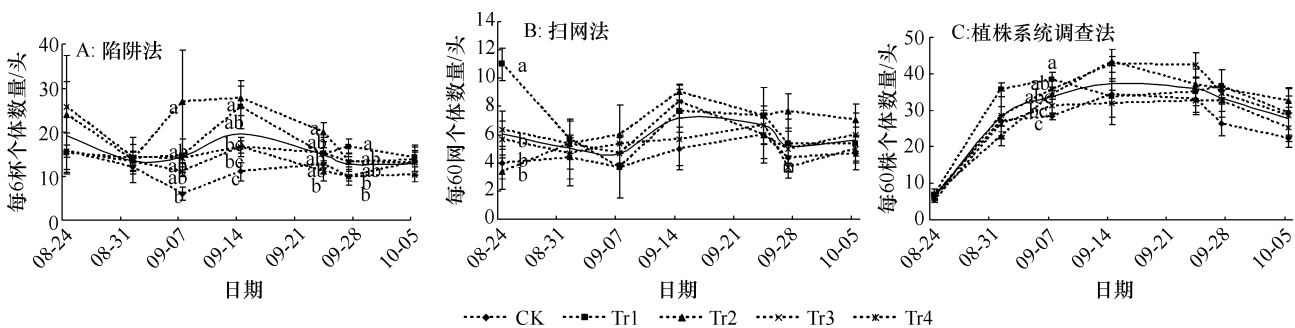
处理	物种丰富度(S)	多样性指数(H')	均匀度指数(J)	优势集中性指数(C)
Tr1	22	2.026 ± 0.044a	0.692 ± 0.012ab	0.227 ± 0.011a
Tr2	21	1.888 ± 0.016a	0.663 ± 0.016ab	0.258 ± 0.006a
Tr3	20	1.954 ± 0.064a	0.691 ± 0.022ab	0.230 ± 0.015a
Tr4	19	1.850 ± 0.094a	0.648 ± 0.029b	0.268 ± 0.025a

1) 同列数据后凡是有一个相同小写字母者,表示经 Duncan's 新复极差检验差异不显著($P > 0.05$)。

2.2 蜘蛛类群发生动态

图1 均值线示所有生境蜘蛛类群数量平均值的时序动态,由该趋势线可以看出,玉米地蜘蛛发生动态整体上呈单峰型,在玉米生长中期出现一次高峰,尤以植株系统调查法所得结果明显,且蜘蛛数量在玉米生长后期较前期高。

地表活动的蜘蛛数量在玉米生长期整体波动较小,高峰期以玉米间作菜豆和玉米间作绿豆数量最大,均在25头以上,显著高于玉米单作;玉米生长后期各处理生境蜘蛛类群数量有所下降,其中玉米间作甘薯蜘蛛数量低于玉米单作(图1A)。玉米与不同作物间作生境玉米植株上的蜘蛛类群数量较玉米单作有明显增加,扫网法和植株系统调查法显示,玉米间作绿豆和玉米间作甘薯在8月24日和9月7日(图1B和1C)分别高于玉米单作,差异显著;高峰期玉米间作菜豆和玉米间作甘薯生境中玉米植株上的蜘蛛数量最大,扫网和植株系统调查分别达8和40头以上。



图中实线“—”示所有生境蜘蛛类群数量平均值的时序动态;同一方法相同日期中凡是有一个相同小写字母者,表示经 Duncan's 新复极差检验差异不显著($P > 0.05$)。

图1 玉米单作与间作生境蜘蛛类群发生动态

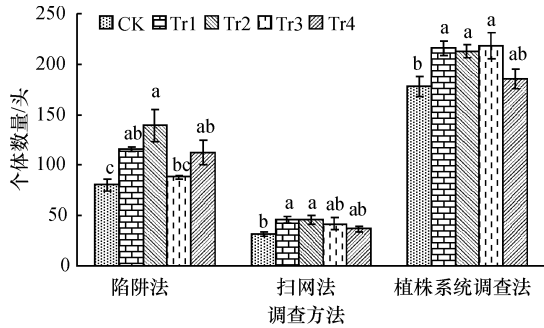
Fig. 1 Dynamics of spider groups in maize monoculture and intercropping habitats

2.3 蜘蛛类群数量比较

图2 为玉米生育期不同生境所调查的蜘蛛总量,其中陷阱法和扫网法所得蜘蛛个体数量在玉米间绿豆和玉米间菜豆处理生境显著高于玉米单作,

玉米间甘薯处理与玉米单作差异不显著;从植株系统调查法可得,玉米间绿豆、玉米间菜豆和玉米间甘薯有利于蜘蛛类群在玉米上活动或定殖,三者个体数量(>210 头)均显著高于玉米单作,玉米间花生

与玉米单作差异不显著;综合不同方法调查结果可以看出,蜘蛛类群在不同处理生境分布差异为:玉米间作绿豆 \approx 玉米间作菜豆 $>$ 玉米间作甘薯 \approx 玉米间作花生 $>$ 玉米单作。



同种方法不同柱子上凡是有有一个相同小写字母者,表示经 Duncan's 新复极差检验差异不显著($P > 0.05$)。

图2 不同生境蜘蛛总量

Fig. 2 Total number of spiders in different habitats

3 讨论与结论

作物多样性布局对自然天敌及其控害能力的调控作用已有较为广泛的报道,天敌假说(Enemies hypothesis)认为,植物多样性增大可为天敌提供更多的庇护场所和其他资源,使天敌种类和数量更加丰富,从而更能抑制害虫的发生^[19]。研究表明,非作物生境的布局可提高小麦田间蜘蛛群落丰富度及种群数量^[20],Samu^[21]发现,田间保留苜蓿带可使蜘蛛种群数量增加50%以上。

本文研究结果表明,玉米单作与玉米间作不同作物生境蜘蛛群落结构特征相似,由于蜘蛛本身具有较强的活动能力,多数蜘蛛种类成为不同生境中的共有种。然而,在玉米间作生境中均采集到单独的蜘蛛种类(玉米间绿豆的花叶蛛属和狡蛛属各1种,玉米间菜豆的叶斑谊蛛和球腹蛛属1种,玉米间甘薯的鳃哈莫蛛及玉米间花生的盖蛛属1种),这可能与物种对不同作物生境的选择性有关。

蜘蛛的食性范围较广,可猎食同翅目的飞虱、蚜虫、叶蝉,双翅目的蚊类及鳞翅目幼虫等,能在不同的生境寻找合适的猎物。作物多样性生境繁衍了较为丰富的节肢动物类群,为蜘蛛提供可靠的食物源,有利于蜘蛛栖息和繁育。本试验结果表明,玉米间作生境蜘蛛种群数量显著高于玉米单作,以玉米间作绿豆和玉米间作菜豆最高;与玉米单作生境相比,玉米-作物间作生境蜘蛛种群在玉米生长前期便表现出较高的密度,这可能取决于间作系统中间作作物先于玉米种植,在玉米移栽定植时已有多种蜘蛛猎物存在,从而吸引蜘蛛捕食。其中玉米-甘薯间作生境在玉米生长后期通过陷阱法所得蜘蛛种群数量略低于玉米单作,可能是由于甘薯匍匐爬地的性状,甘

薯藤密集于地表不利于蜘蛛活动所致。

本文结合陷阱法、扫网法和植株系统调查法系统研究了甜玉米单作生境和间作生境蜘蛛群落结构组成及其种群数量动态,明确了玉米与矮生作物间作有利于提高蜘蛛类群数量,但蜘蛛类群是否对间作生境具有较高的偏好性、优势蜘蛛种对不同生境的选择机制及其控害潜能如何有待进一步研究。

致谢:华南农业大学资源环境学院昆虫系张维球教授在蜘蛛鉴定工作中提供了大量的帮助,在此表示感谢!

参考文献:

- [1] LANDIS D A, WRATTEN S D, GURR G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture[J]. Annual Review of Entomology, 2000, 45: 175-201.
- [2] JONES G A, GILLET J L. Intercropping with sunflowers to attract beneficial insects in organic agriculture[J]. Florida Entomologist, 2005, 88: 91-96.
- [3] MATHEWS C R, BOTTRELL D G, BROWN M W. Habitat manipulation of the apple orchard floor to increase ground-dwelling predators and predation of *Cydia pomonella*(L.) (Lepidoptera: Tortricidae)[J]. Biological Control, 2004, 30: 265-273.
- [4] MA Ke-zheng, HAO Shu-guang, ZHAO Hui-yan, et al. Strip cropping wheat and alfalfa to improve the biological control of the wheat aphid *Macrosiphum avenae* by the mite *Allothrombium ovatum*[J]. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2007, 119: 49-52.
- [5] GODHANI P H, PATEL R M, JANI J J, et al. Impact of habitat manipulation on insect pests and their natural enemies in hybrid cotton[J]. Karnataka Journal of Agricultural Sciences, 2009, 22: 104-107.
- [6] LIN R, LIANG H, ZHANG R, et al. Impact of alfalfa/cotton intercropping and management on some aphid predators in China[J]. Journal of Applied Entomology, 2003, 127: 33-36.
- [7] 周海波, 陈巨莲, 程登发, 等. 小麦间作豌豆对麦长管蚜及其主要天敌种群动态的影响[J]. 昆虫学报, 2009, 52(7): 775-782.
- [8] 王万磊, 刘勇, 纪祥龙, 等. 小麦间作大蒜或油菜对麦长管蚜及其主要天敌种群动态的影响[J]. 应用生态学报, 2008, 19(6): 1331-1336.
- [9] QURESHI S A, MIDMORE D J, SYEDA S S, et al. A comparison of alternative plant mixes for conservation bio-control by native beneficial arthropods in vegetable cropping systems in Queensland Australia[J]. Bulletin of Entomological Research, 2010, 100: 67-73.
- [10] 周大荣, 宋彦英, 何康来. 玉米螟赤眼蜂适宜生境的研究和利用: I: 玉米螟赤眼蜂在不同生境中的分布与种群消长[J]. 中国生物防治, 1997, 13(1): 1-5.

需果心温度达到 47.0 °C 后持续处理 10 min^[17]. 参照这些研究, 采用高温、低温交替处理检疫除害效率更高. 因此, 针对番石榴实蝇的检疫处理, 是今后需要进一步开展的工作.

在高温对卵存活影响的试验中, 44.0 °C 时处理 12.0 h 以上所有卵可全部孵化, 而处理时间短于 6.0 h 时死亡率增大至 20% ~ 40%. 出现这种现象可能的原因是在高温处理较长时间过程中, 卵发育速度加快, 全部孵化了. 如果未孵化, 将卵转入常温下后其死亡率应该更高些.

参考文献:

- [1] KANG L, CHEN B, WEI J N, et al. Roles of thermal adaptation and chemical ecology in *Liriomyza* distribution and control[J]. *Annual Review of Entomology*, 2009, 54:127-45.
- [2] LEE R E, DENLINGER D L. *Insects at low temperature* [M]. London: Chapman and Hall, 1991.
- [3] BALE J S. Insect cold hardiness: A matter of life and death[J]. *European Journal of Entomology*, 1996, 93:369-382
- [4] DANKS H V. The wider integration of studies on insect cold-hardness[J]. *European Journal of Entomology*, 1996, 93:383-403.
- [5] SINCLAIR B J, ADDO-BEDIAKO A, CHOWN S L. Climatic variability and the evolution of insect freeze tolerance [J]. *Biological Review*, 2003, 78:181-195.
- [6] VANNIER G. Mesure de la thermotempérature chez les insectes [J]. *Bull Soc Ecophysiol*, 1987, 12: 165-186.
- [7] NEVEN L G. Physiological responses of insects to heat

[J]. *Postharvest Biol Technol*, 2000, 21(1):103-111.

- [8] DENLINGER D L, YOCUM G D. Physiology of heat sensitivity [M] // HALLMAN G J, DENLINGER D L. Temperature sensitivity in insects and application in integrated pest management. Colorado: West-View Press, 1998:7-54.
- [9] 杜尧, 马春森, 赵清华, 等. 高温对昆虫影响的生理生化作用机理研究进展 [J]. *生态学报*, 2007, 27(4):1565-1572.
- [10] WHITE I M, ELSON-HARRIS M M. *Fruit flies of economic their identification and bionomics* [M]. Wallingford: CAB International, 1992.
- [11] LIU X F, YE H. Effect of temperature on development and survival of *Bactrocera correcta* (Diptera: Tephritidae) [J]. *Scientific Research and Essay*, 2009, 4(5):467-472.
- [12] 陈乃中. 2002 年度进口水果截获害虫统计分析 [J]. *植物检疫*, 2003, 17(6):354-356.
- [13] 郑建中, 张卫东, 万民伟. 2004—2006 年上海口岸进境水果和辣椒中截获的实蝇类害虫 [J]. *植物检疫*, 2007, 21(5):328-329.
- [14] 管维, 王章根, 梁献祥, 等. 中山口岸从芒果中检出番石榴实蝇 [J]. *植物检疫*, 2008, 22(5):335.
- [15] 林盛才, 吴毓南, 许玲, 等. 对泰国入境旅客携带植物及其产品的检疫监管 [J]. *植物检疫*, 2009, 23(4):59-60.
- [16] 梁广勤, 梁帆, 姚文国, 等. 荔枝蒸热和冷藏综合杀虫检疫处理试验 [J]. *江西农业大学学报*, 1994, 16(3):243-252.
- [17] 梁广勤, 梁帆, 杨国海等. 低温接入龙眼桔小实蝇杀虫试验研究 [J]. *江西农业大学学报*, 1999, 21(1):33-36.

【责任编辑 周志红】

(上接第 345 页)

- [11] KHAN Z R, AMPONG-NYARKO K, CHILISWA P, et al. Intercropping increases parasitism of pests [J]. *Nature*, 1997, 388:631-632.
- [12] 赵冬香, 陈宗懋, 程家安. 迷宫漏斗蛛对假眼小绿叶蝉的捕食功能反应 [J]. *植物保护*, 2001, 27(4):1-3.
- [13] 沈斌斌, 徐宇斌, 邹一平. 拟水狼蛛和食虫沟瘤蛛雌蛛对稻褐飞虱的捕食作用研究 [J]. *江西农业大学学报*, 2006, 28(2):191-194.
- [14] HOOKS C R R, JOHNSON M W. Population densities of herbivorous lepidopterans in diverse cruciferous cropping habitats: Effects of mixed cropping and using a living mulch [J]. *Biological Control*, 2006, 51:485-506.
- [15] SYMONDSON W O C, SUNDERLAND K D, GREENSTONE M H. Can generalist predators be effective biocontrol agents [J]. *Annual Review of Entomology*, 2002, 47:561-594.
- [16] 刘雨芳, 古德祥, 张古忍. 广东省稻田生态系统中蜘蛛群落多样性研究 [J]. *蛛形学报*, 2003, 12(1):27-31.

- [17] 宋备舟, 王美超, 孔云, 等. 梨园芳香植物间作区节肢动物群落的结构特征 [J]. *中国农业科学*, 2010, 43(4):769-779.
- [18] 刘长仲, 王刚, 严林. 蚜鼠净对苜蓿田节肢动物群落结构及动态的影响 [J]. *应用生态学报*, 2007, 18(10):2379-2383.
- [19] ROOT R B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (Rrassica: Oleraceae) [J]. *Ecological Monographs*, 1973, 43:95-124.
- [20] PLUESS T, OPATOVSKY I, GAVISH-TEGEV R, et al. Non-crop habitats in the landscape enhance spider diversity in wheat fields of a desert agroecosystem [J]. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 2010, 137:68-74.
- [21] SAMU F. Can field-scale habitat diversification enhance the biocontrol potential of spiders [J]. *Pest Management Science*, 2003, 59:437-442.

【责任编辑 周志红】