

间作对甜玉米田主要害虫与天敌动态的影响

田耀加 梁广文 曾 玲* 陆永跃

(华南农业大学昆虫生态研究室, 广州 510642)

摘要: 为明确甜玉米间作不同作物对害虫的控制作用, 采用目测法系统调查了甜玉米单作、甜玉米与绿豆、菜豆、甘薯或花生间作生境玉米主要害虫和天敌种群发生动态, 并比较了不同生境亚洲玉米螟的为害情况。间作生境中捕食性天敌蜘蛛和瓢虫类群的个体数量均明显增加, 其中甜玉米间作绿豆或甘薯生境蜘蛛类群增长21%以上, 瓢虫类群增长83%以上, 显著高于甜玉米单作生境; 不同生境间玉米螟赤眼蜂发生量差异不显著, 对亚洲玉米螟卵的寄生率均达到86%以上。间作生境玉米生育期内亚洲玉米螟落卵量、斜纹夜蛾及玉米蚜发生量均与甜玉米单作无显著差异, 但收获期甜玉米间作生境玉米螟为害率低于单作生境, 其中以甜玉米间作绿豆生境最低, 总蛀孔数和活虫数分别比单作生境下降55.72%和76.70%。表明间作不同作物对甜玉米田具有一定的控害增益作用。
关键词: 甜玉米; 间作; 种群动态; 亚洲玉米螟

Influence of intercropping on dynamics of insect pests, natural enemies and the damage of *Ostrinia furnacalis* in sweet corn field

Tian Yaojia Liang Guangwen Zeng Ling* Lu Yongyue

(Laboratory of Insect Ecology, South China Agricultural University, Guangzhou 510642, Guangdong Province, China)

Abstract: In order to confirm the effect of pest control using intercropping with different crops, investigation was conducted to study the population dynamics of insect pests of maize and their natural enemies in the habitat of sweet corn monoculture or intercropping with other crops (mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut) by the method of eyeballing. Damage by Asian corn borer (ACB), *Ostrinia furnacalis* (Guenée) between different habitats was also be analyzed and discussed. Results indicated that the amounts of two predator groups, spiders and ladybirds, increased in sweet corn intercropping habitats significantly. Individual number of spiders in the fields when sweet corn intercropped with mung bean and number of ladybirds in habitat of sweet corn intercropped with sweet potato were over 21% and 83% respectively more than that in sweet corn monoculture. The number of *Trichogramma ostrinae* Pang et Chen showed no significant difference between different habitats, with the parasitic rates of ACB eggs were over 86%. No significant differences was observed in number of ACB eggs, *Spodoptera litura* (Fabricius) or *Rhopalosiphum maidis* Fitch between sweet corn monoculture and intercropping habitats. However, the ACB damage rate in sweet corn intercropping habitats was less than that in sweet corn monoculture at harvest, with the least in sweet corn intercropped with mung bean habitat, in which the number of holes and larvae was decreased by 55.72% and 76.70% respectively. Study suggested that sweet corn intercropping with other crops could be beneficial to conservation of natural enemies and control of insect pests in

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

作者简介: 田耀加, 男, 1983年生, 博士研究生, 研究方向为昆虫生态学与化学生态学, email: tiantian19830912@163.com

* 通讯作者 (Author for correspondence), email: zengling@scau.edu.cn

收稿日期: 2011-06-07

some extents.

Key words: sweet corn; intercropping; population dynamics; *Ostrinia furnacalis*

随着公众食品安全意识的日益强化,农产品的无公害生产乃至有机种植已成为一种趋势,而有害生物的生态控制是现代农业生产中病虫害防治的关键技术。人为地创造多样化的作物生境是生态控制的主要措施之一,在很大程度上有利于农产品生产过程中害虫的综合治理^[1-2],如非作物生境的设置^[3]或作物的间作混种^[4]均可对病虫害起到调控作用,其原理在于,相对单一化作物生境而言,多样化的作物生态系统具有较高的物种丰富度和稳定性^[5],尤其有利于害虫自然天敌种类和个体数量的增长^[6-7],在一定程度上可压低害虫的种群密度^[8],从而减少对靶标作物的为害。

玉米不仅是人们喜爱的食物,也是加工饲料的主要原料,在我国南北方均广泛种植。有关玉米与其它作物的间作套种对害虫的控制作用国内外已有一些研究。蒋佩兰等^[9]认为与单作玉米相比,间作套种的玉米生境亚洲玉米螟 *Ostrinia furnacalis* (Guenée) 为害率降低、天敌数量增多,如玉米套种红薯生境比玉米单作生境被害株率减少 27.18%、蜘蛛数量增加 27.69%。鲁新等^[10]通过对玉米清种区与混种区的亚洲玉米螟发生情况比较,认为混种对降低一代玉米螟卵量有明显的作用。周大荣等^[11]研究发现,玉米间作匍匐型绿豆能提高玉米螟赤眼蜂 *Trichogramma ostrinae* 对亚洲玉米螟卵的寄生率。玉米与菜豆间作比例在 1:1~2:1 时能显著降低玉米禾螟 *Chilo partellus* (Swinhoe) 的种群密度^[12]。甜玉米为新兴的蔬果类玉米,糖分含量高于普通玉米,在生长发育期间易受玉米螟为害^[13]。随着甜玉米种植面积不断扩大,亚洲玉米螟为害日趋严重^[14]。为探索作物多样性对甜玉米田亚洲玉米螟等害虫和天敌的生态控制,本研究以南方甜玉米为研究对象,调查分析了甜玉米单作和间作生境主要害虫和天敌发生动态。

1 材料与方法

1.1 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宁西本地栽培种。

1.2 方法

1.2.1 试验设计

试验在华南农业大学教学科研基地增城宁西进

行,试验地共 3 块,每块面积约 2 200 m²。每块试验地设 5 个处理小区:甜玉米单作(CK)、甜玉米-绿豆间作(Tr1)、甜玉米-菜豆间作(Tr2)、甜玉米-甘薯间作(Tr3)和甜玉米-花生间作(Tr4)。采用随机区组设计,小区面积 25 m×10 m,小区之间设置 4 m 宽的玉米单作隔离带。每处理重复 3 次。

甜玉米单作及间作小区均起垄种植,其中甜玉米间作小区每垄玉米行间种植 1 行间作作物。绿豆、菜豆、花生采用直播,甘薯采用薯藤扦插,于 2010 年 7 月中下旬种植;玉米采用育苗移栽,于 7 月 27 日开始育苗,8 月 10 日移栽定植。整个试验期间不施用化学农药,采用人工方法除草。

1.2.2 田间调查方法

田间调查自 2010 年 8 月 24 日开始,每 7 天调查 1 次,如遇雨天适当调整,共调查 7 次。采用“Z”形抽样调查法,每处理小区各选 6 点,每点取 10 株玉米,目测法系统调查整株玉米植株上害虫和天敌数量、玉米蛀茎数量。玉米收获期以 5 点取样法每小区取 20 株玉米检查玉米茎秆和果穗上的蛀孔数,并解剖统计活虫数。以落卵量作为玉米螟田间种群动态的指标,以玉米螟卵的寄生率作为玉米螟赤眼蜂发生量的评价指标,以玉米蛀茎率、玉米茎秆和果穗上蛀孔数、活虫数评价玉米螟为害情况。

1.3 数据分析

数据采用 Excel 软件整理,在 DPS v7.05 平台上采用 Duncan 氏新复极差多重比较法进行方差分析及差异显著性检验。

2 结果与分析

2.1 间作对主要天敌发生动态的影响

调查结果表明,田间瓢虫种类主要包括六斑月瓢虫 *Menochilus sexmaculata* (Fabricius)、龟纹瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg) 和稻红瓢虫 *Verania discolor* (Fabricius) 等。瓢虫类群田间发生动态在玉米生长期呈逐渐上升趋势,个体数量在玉米生长后期明显高于前期(表 1)。甜玉米与不同作物间作对瓢虫均具有一定的诱集作用,间作生境中瓢虫发生量明显增加。其中,9 月 28 日甜玉米间作甘薯生境瓢虫类群发生量显著高于单作生境,个体数量比单作增长 192%;10 月 5 日甜玉米间作绿豆或甘薯生境中玉米上的瓢虫数量分别为 52 头/百株和 51

表 1 甜玉米单作与间作生境瓢虫(成虫+幼虫)类群发生动态

Table 1 Dynamics of ladybirds (adults + larvae) in maize monoculture or intercropping habitats

日期(月-日) Date (month-day)	发生动态(头/百株) Number dynamics (individual/100 plants)				
	CK	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4
08-24	0.00 aC	0.00 aC	0.00 aC	0.00 aB	0.00 aC
09-01	1.11 ± 1.11 aC	3.33 ± 1.67 aC	2.78 ± 0.55 aC	0.56 ± 0.56 aB	5.00 ± 1.92 aC
09-07	3.33 ± 1.93 aC	7.22 ± 2.94 aC	7.22 ± 3.09 aC	3.33 ± 1.67 aB	2.78 ± 1.47 aC
09-14	0.00 aC	5.00 ± 3.47 aC	7.22 ± 4.75 aC	2.22 ± 1.47 aB	3.33 ± 0.96 aC
09-24	6.11 ± 0.56 aC	8.33 ± 2.55 aC	5.56 ± 1.47 aC	8.89 ± 3.89 aB	5.00 ± 3.33 aC
09-27	14.44 ± 1.47 bB	25.56 ± 1.47 abB	20.00 ± 2.55 abB	42.22 ± 17.65 aA	20.00 ± 1.67 abB
10-05	30.56 ± 4.84 bA	52.22 ± 8.19 aA	46.67 ± 5.00 abA	51.11 ± 3.64 aA	36.67 ± 6.01 abA

注:表中数据为平均数±标准误。同行数据后不同小写字母、同列数据后不同大写字母表示经 Duncan 氏新复极差多重比较差异显著($P < 0.05$)。CK 为甜玉米单作,Tr1、Tr2、Tr3 及 Tr4 分别代表甜玉米与绿豆、菜豆、甘薯或花生间作。Note: The data are mean ± SE. Different lowercase letters in the same low or capital letters in same column meant significant difference by Duncan's new multiple range test ($P < 0.05$). CK meant sweet corn monoculture; Tr1, Tr2, Tr3 and Tr4 meant sweet corn intercropping with mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut respectively.

头/百株,而单作生境为 30 头/百株。

蜘蛛类群田间发生动态较为稳定,个体发生量在玉米生长中期稍高于前期和后期(表 2)。蜘蛛类群主要包括拟环纹狼蛛 *Lycosa pseudoannulata* (Boesenberg et Strand)、八斑球蛛 *Coleosoma octomaculatum* (Boesenberg et Strand)、锥腹肖蛸 *Tetragnatha maxillosa* Thorell、四斑锯螯蛛 *Dyschiriognatha quadri-*

maculata Boesenberg et Strand 和斜纹猫蛛 *Oxyopes sertatus* L. Koch 等。与甜玉米单作生境相比,间作生境中蜘蛛类群个体数量有所提高。其中,9 月 7 日甜玉米间作绿豆或甘薯生境蜘蛛发生量显著高于单作生境,增长 25% 以上;高峰期(9 月 14 日)甜玉米间作菜豆或甘薯生境蜘蛛数量达 70 头/百株以上,单作生境为 57 头/百株,但各生境差异不显著。

表 2 甜玉米单作与间作蜘蛛类群发生动态

Table 2 Dynamics of spiders in maize monoculture or intercropping habitats

日期(月-日) Date (month-day)	发生动态(头/百株) Number dynamics (individual/100 plants)				
	CK	Tr1	Tr2	Tr3	Tr4
08-24	11.11 ± 1.47 aC	11.67 ± 2.55 aB	11.11 ± 1.47 aD	10.00 ± 0.96 aB	8.89 ± 0.56 aB
09-01	45.00 ± 6.73 aAB	59.44 ± 3.09 aA	38.33 ± 4.41 aC	47.78 ± 1.11 aA	43.89 ± 3.89 aA
09-07	47.22 ± 1.47 cAB	63.89 ± 3.38 aA	57.22 ± 2.00 abcB	59.44 ± 4.55 abA	52.22 ± 4.01 bcA
09-14	57.22 ± 10.29 aA	56.11 ± 2.94 aA	72.22 ± 2.00 aA	71.11 ± 6.76 aA	53.33 ± 9.77 aA
09-24	55.00 ± 5.85 aAB	58.33 ± 6.31 aA	61.67 ± 7.26 aAB	70.56 ± 5.56 aA	54.44 ± 6.55 aA
09-27	43.89 ± 5.47 aAB	61.11 ± 7.47 aA	60.00 ± 0.96 aAB	57.78 ± 10.81 aA	54.44 ± 1.47 aA
10-05	37.22 ± 1.47 aB	48.89 ± 11.07 aA	54.44 ± 5.88 aB	47.78 ± 8.94 aA	42.22 ± 9.09 aA

注:表中数据为平均数±标准误。同行数据后不同小写字母、同列数据后不同大写字母表示经 Duncan 氏新复极差多重比较差异显著($P < 0.05$)。CK 为甜玉米单作,Tr1、Tr2、Tr3 及 Tr4 分别代表甜玉米与绿豆、菜豆、甘薯或花生间作。Note: The data are mean ± SE. Different lowercase letters in the same low or capital letters in same column meant significant difference by Duncan's new multiple range test ($P < 0.05$). CK meant sweet corn monoculture; Tr1, Tr2, Tr3 and Tr4 meant sweet corn intercropping with mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut respectively.

综合整个调查期蜘蛛和瓢虫类群个体发生总量,这两类天敌种群数量在甜玉米间作生境均有不同程度的增加。甜玉米与绿豆、菜豆或甘薯间作生境蜘蛛类群种群数量显著高于甜玉米单作,分别增长了 21.16%、19.66% 和 22.85%;甜玉米与绿豆或甘薯间作生境瓢虫类群分别比单作生境提高 83%

和 95% (图 1)。

甜玉米单作和间作生境中玉米螟赤眼蜂对亚洲玉米螟卵的卵块寄生率达 90% 以上,其中甜玉米单作生境为 94.12%,各甜玉米间作生境平均为 94.98%;卵粒寄生率均达 86% 以上,其中,单作生境为 87.20%,各间作生境平均为 90.78%。表明甜

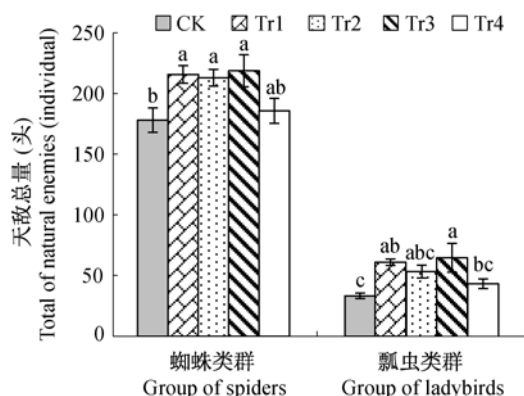


图1 不同生境蜘蛛与瓢虫类群发生量

Fig. 1 Total number of spiders and ladybirds in different habitats

注:同类天敌不同处理间字母不同表示经 Duncan 氏新复极差多重比较差异显著 ($P < 0.05$)。CK 为甜玉米单作, Tr1、Tr2、Tr3 及 Tr4 分别代表甜玉米与绿豆、菜豆、甘薯或花生间作。Note: Different letters between treatments in the same group of natural enemies meant significant difference by Duncan's new multiple range test ($P < 0.05$). CK meant sweet corn monoculture; Tr1, Tr2, Tr3 and Tr4 meant sweet corn intercropping with mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut respectively.

玉米单作和间作生境中玉米螟赤眼蜂种群发生量均较大。

2.2 间作对主要害虫发生动态的影响

亚洲玉米螟和玉米蚜 *Rhopalosiphum maidis* Fitch 主要为害时期是玉米生长中后期, 9 月 14 日以后调查显示, 两者发生量都明显升高, 而斜纹夜蛾 *Spodoptera litura* 主要在玉米生长前期发生为害 (图 2)。

甜玉米与其它几种作物间作对亚洲玉米螟落卵量、玉米蚜和斜纹夜蛾发生为害没有明显的影响。甜玉米单作和间作生境百株玉米螟落卵量分别为 4.05 (CK)、3.49 (Tr1)、3.02 (Tr2)、5.00 (Tr3) 和 3.63 块 (Tr4)。9 月 21 日以后即玉米生长大喇叭期之后玉米螟落卵量明显增加, 以甜玉米间作甘薯生境发生量最大, 间作菜豆生境最小。玉米蚜种群高峰发生在 9 月 27 日, 甜玉米单作生境玉米蚜发生量介于各间作生境之间, 种群数量为 2 300 头/百株, 各间作生境分别为 4 200 (Tr1)、1 500 (Tr2)、3 300 (Tr3) 和 2 380 头 (Tr4)。田间玉米植株上斜纹夜蛾卵块及幼虫常群集为害, 极少发现高龄幼虫, 玉米生长后期也基本没有发生。高峰期发生在 9 月 1 日, 其中甜玉米间作甘薯生境斜纹夜蛾幼虫发生量为 40 头/百株, 间作花生生境为 11 头/百株, 甜玉米单

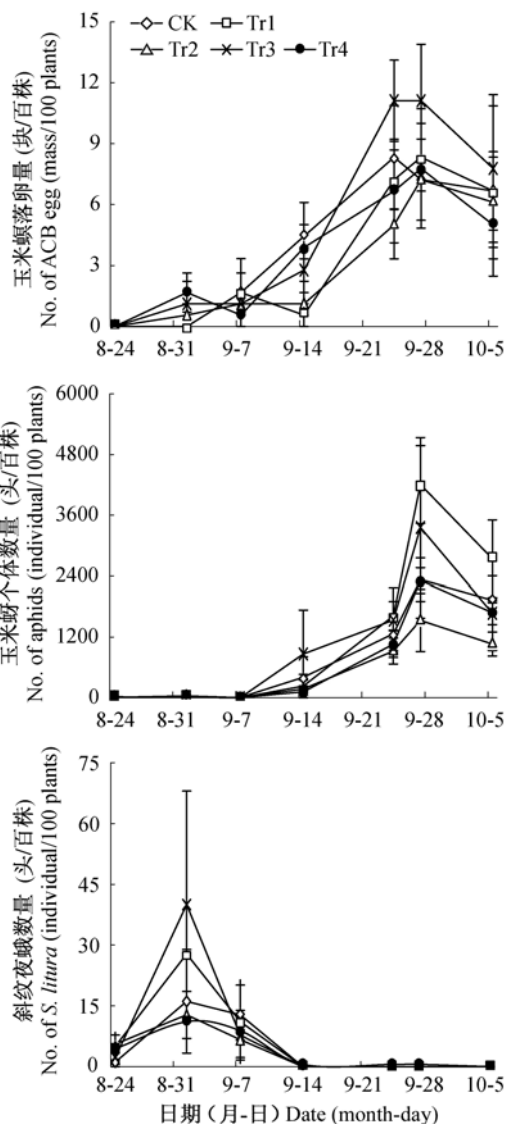


图2 甜玉米单作和间作生境玉米螟落卵量及玉米蚜、斜纹夜蛾发生动态

Fig. 2 Dynamics of *Ostrinia furnacalis* eggs, *Rhopalosiphum maidis* and *Spodoptera litura* in sweet corn monoculture and intercropping habitats

注:图中 CK 为甜玉米单作, Tr1、Tr2、Tr3 及 Tr4 分别代表甜玉米与绿豆、菜豆、甘薯或花生间作。Note: CK meant sweet corn monoculture; Tr1, Tr2, Tr3 and Tr4 meant sweet corn intercropping with mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut respectively.

作生境发生量为 16 头/百株。经方差分析及差异显著性检验, 甜玉米单作生境与各间作生境间玉米螟落卵量、玉米蚜和斜纹夜蛾发生量均无显著差异。

2.3 间作对亚洲玉米螟为害的影响

收获期甜玉米单作生境和各间作生境亚洲玉米螟为害情况如表 3 所示。玉米植株受玉米螟为害蛀茎率平均达 19%, 其中甜玉米单作生境玉米蛀茎率稍高于间作生境, 至玉米生长末期, 甜玉米单作生境

表 3 甜玉米单作和间作生境亚洲玉米螟为害情况
Table 3 Damage of *Ostrinia furnacalis* in sweet corn monoculture and intercropping habitats

处理 Treatment	蛀茎率(%)	蛀孔数(个) Damage holes (individual)			活虫数(头) Number of larvae (individual)		
	Rate of damaged stems	茎秆蛀孔数 Holes of stems	果穗蛀孔数 Holes of cobs	总蛀孔数 Total of holes	茎秆活虫数 Larvae of stems	果穗活虫数 Larvae of cobs	总活虫数 Total of larvae
Tr1	17.36 ± 1.20 a	5.00 ± 1.73 b	5.33 ± 0.88 a	10.33 ± 0.88 b	1.67 ± 1.20 a	0.67 ± 0.33 a	2.33 ± 1.33 a
Tr2	15.28 ± 0.67 a	5.00 ± 2.51 b	7.33 ± 0.88 a	12.00 ± 2.08 ab	2.33 ± 1.20 a	2.00 ± 1.15 a	4.33 ± 1.86 a
Tr3	18.06 ± 1.20 a	7.00 ± 1.15 ab	4.67 ± 1.45 a	11.67 ± 1.45 ab	2.33 ± 0.88 a	2.33 ± 0.88 a	4.67 ± 1.76 a
Tr4	20.14 ± 2.02 a	8.00 ± 2.51 ab	6.67 ± 0.67 a	14.67 ± 1.86 ab	2.33 ± 0.88 a	2.00 ± 0.00 a	4.33 ± 0.88 a
CK	24.31 ± 3.28 a	18.00 ± 7.37 a	5.33 ± 1.86 a	23.33 ± 7.51 a	7.00 ± 3.21 a	3.00 ± 2.08 a	10.00 ± 4.51 a

注:表中数据为平均数±标准误。同列数据后不同字母表示经 Duncan 氏新复极差多重比较差异显著($P<0.05$)。CK 为甜玉米单作,Tr1、Tr2、Tr3 及 Tr4 分别代表甜玉米与绿豆、菜豆、甘薯或花生间作。Note: The data are mean ± SE. Different letters in the same column meant significant difference by Duncan's new multiple range test ($P<0.05$). CK meant sweet corn monoculture; Tr1, Tr2, Tr3 and Tr4 meant sweet corn intercropping with mung bean, kidney bean, sweet potato or peanut respectively.

玉米蛀茎率最高,为 24.31%,甜玉米间作菜豆生境最低,比单作生境降低约 37%。玉米茎秆蛀孔数和总蛀孔数在甜玉米单作生境和间作生境间具有显著差异,其中甜玉米间作绿豆或菜豆生境玉米茎秆蛀孔数均比甜玉米单作生境下降 72%;总蛀孔数在各甜玉米间作生境均有所减少,其中以甜玉米间作绿豆生境最低,比甜玉米单作生境减少 55.72%,差异显著;但果穗蛀孔数在各生境间无显著差异。茎秆活虫数和果穗活虫数在各甜玉米间作生境均小于甜玉米单作生境,间作生境总活虫数比单作生境减少 53.3%~76.7%。整体而言,亚洲玉米螟为害在甜玉米间作生境比单作生境有所下降,幼虫虫口数量和危害孔洞数量均明显减少。

3 讨论

作物多样性的生境系统对节肢动物类群的影响及其对害虫的控制作用已有许多研究^[15-16],较为复杂的生态系统可压低害虫的种群密度,也可助长其繁衍为害^[17]。解释多样性作物布局控害的理论主要包括资源集中假说和天敌假说。前者认为特定植物的组合种植能直接影响植食性害虫对寄主植物的发现和利用^[18];后者认为植物多样性增大可为天敌提供更多的庇护场所和其它资源,使天敌种类和数量更加丰富,从而提高对害虫的控制力^[19]。

通过在主栽作物田间作或邻作其它作物可调控自然天敌的发生动态及数量^[20-21]。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^[22];小麦间作豌豆可增加田间瓢虫类群和蚜茧蜂类群的种群数量,明显提高天敌群落的丰富

度^[23]。本研究表明,两类捕食性天敌瓢虫和蜘蛛的发生量在甜玉米间作生境中均有明显提高,以甜玉米间作绿豆生境的种群数量增长最为显著,这似乎与天敌假说相吻合。广食性的蜘蛛在田间可捕食多种昆虫,本研究的间作作物先于主栽作物玉米种植,在玉米移栽前后已为间作生境建立了较丰富的猎物源,尤其是叶蝉等中性昆虫可供蜘蛛类群捕食,从而对蜘蛛类群起到诱集作用,使间作生境蜘蛛类群个体数量明显提高。关于赤眼蜂对作物生境的选择性,周大荣等^[24]研究表明,玉米螟赤眼蜂在春甘薯、花生等生境中对亚洲玉米螟卵的寄生率高于玉米平作生境。然而,本研究中玉米螟赤眼蜂在玉米单作和间作各生境间对玉米螟卵的寄生率都较高,但无显著差异,这是否与玉米单作和间作小区间隔较小有关,或是间作作物的种类和品种本身对赤眼蜂不具有吸引作用,还有待深入探讨。

亚洲玉米螟、玉米蚜、斜纹夜蛾等害虫在甜玉米间作生境的发生量相比玉米单作没有显著降低,甚至在部分间作生境中具有更高的种群数量,如斜纹夜蛾在甜玉米间作绿豆或甘薯生境的发生量稍高于甜玉米单作生境,这可能由于斜纹夜蛾自身多食性所致,即间作生境中绿豆和甘薯均为斜纹夜蛾的寄主植物,在一定程度上对斜纹夜蛾具有吸引作用。昆虫的生境定位主要靠寄主植物的物理结构和化学信息^[25-26],玉米螟落卵量在玉米间作和单作生境间无显著差异,说明矮生的绿豆、菜豆、甘薯、花生等间作作物对玉米螟的寄主定位没有影响。捕食性天敌尤其是蜘蛛类群在田间可捕食包括鳞翅目幼虫在内的多种害虫^[27-29]。本研究调查发现,甜玉米间作生

境玉米蛀茎率、蛀孔数及活虫数量低于甜玉米单作生境,尤以甜玉米间作绿豆生境最为明显。甜玉米间作生境天敌发生动态综合分析表明,捕食性天敌蜘蛛和瓢虫类群的数量增加是间作生境中控制玉米螟为害的主要因素之一。

参考文献(References)

- [1] 耿金虎,沈佐锐. 农田生态系统生物多样性与害虫综合治理. 植保技术与推广,2003,23(11):30-32
- [2] 尤民生,刘雨芳,侯有明. 农田生物多样性与害虫综合治理. 生态学报,2004,24(1):117-122
- [3] 尤民生,侯有明,刘雨芳,等. 农田非作物生境调控与害虫综合治理. 昆虫学报,2004,47(2):260-268
- [4] 沈君辉,聂勤,黄得润,等. 作物混植和间作控制病虫害研究的新进展. 植物保护学报,2007,34(2):209-216
- [5] 李素娟,刘爱芝,茹桃勤,等. 小麦与不同作物间作模式对麦蚜及主要捕食性天敌群落的影响. 华北农学报,2007,22(1):141-144
- [6] Pluess T, Opatovsky I, Gzish-Regev E, et al. Non-crop habitats in the landscape enhance spider diversity in wheat fields of a desert agroecosystem. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2010, 137(1/2): 68-74
- [7] 王伟,姚举,李号宾,等. 新疆麦棉间作布局及麦棉比例与棉田捕食性天敌发生的关系. 植物保护,2009,35(5):43-47
- [8] Ma K Z, Hao S G, Zhao H Y, et al. Strip cropping wheat and alfalfa to improve the biological control of the wheat aphid *Macrosiphum avenae* by the mite *Allothrombium ovatum*. Agriculture, Ecosystems and Environment, 2007, 119(1/2): 49-52
- [9] 蒋佩兰,刘隆旺,章志英,等. 不同种植方式玉米田玉米害虫及其天敌与产量关系的研究. 江西农业大学学报,1995,17(1):25-27
- [10] 鲁新,李丽娟,刘宏伟,等. 玉米不同种植方式对玉米螟的控制作用研究. 玉米科学,2007,15(6):114-117
- [11] 周大荣,宋彦英,王振营,等. 玉米螟赤眼蜂适宜生境的研究与利用Ⅱ:夏玉米间作匍匐型绿豆对玉米螟赤眼蜂寄生率的影响. 中国生物防治,1997,13(2):49-52
- [12] Belay D, Schulthess F, Omwega C. The profitability of maize-haricot bean intercropping techniques to control maize stem borers under low pest densities in Ethiopia. Phytoparasitica, 2009, 37(1): 43-50
- [13] 胡学难,梁广文,庞雄飞. 甜玉米地亚洲玉米螟为害的生态控制系统. 生态学报,2004,24(11):2573-2578
- [14] 胡学难,梁广文,庞雄飞. 利用生命表技术评价甜玉米品种对亚洲玉米螟的抗性. 中国农业科学,2001,34(5):465-468
- [15] 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. 应用生态学报,2008,19(6):1331-1336
- [16] Wale M, Schulthess F, Kairu E W, et al. Effect of cropping systems on cereal stemborers in the cool-wet and semi-arid ecozones of the Amhara region of Ethiopia. Agricultural and Forest Entomology, 2007, 9(2): 73-84
- [17] Andow D A. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology, 1991, 36: 561-586
- [18] 侯茂林,盛承发. 农田生态系统植物多样性对害虫种群数量的影响. 应用生态学报,1999,10(2):245-250
- [19] Root R B. Organization of a plant-arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (Brassica; Oleaceae). Ecological Monographs, 1973, 43: 95-124
- [20] Landis D A, Wratten S D, Gurr G M. Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture. Annual Review of Entomology, 2000, 45: 175-201
- [21] 张娟,梁广文,曾玲. 不同稻田生态系统中稻纵卷叶螟、稻飞虱及其天敌密度的差异. 植物保护学报,2011,38(1):1-8
- [22] Lin R, Liang H, Zhang R, et al. Impact of alfalfa/cotton intercropping and management on some aphid predators in China. Journal of Applied Entomology, 2003, 127(1): 33-36
- [23] 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. 昆虫学报,2009,52(7):775-782
- [24] 周大荣,宋彦英,何康来,等. 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. 中国生物防治,1997,13(1):1-5
- [25] Kühnle A, Müller C. Relevance of visual and olfactory cues for host location in the mustard leaf beetle *Phaedon cochleariae*. Physiological Entomology, 2011, 36(1): 68-76
- [26] 雷宏. 昆虫对宿主植物的嗅觉定向. 生物学通报,1995,30(3):9-11
- [27] 张桂芬. 稻田蜘蛛对稻纵卷叶螟初龄幼虫捕食作用的初步研究. 植物保护,1987,13(5):33-34
- [28] 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. 植物保护,2001,27(4):1-3
- [29] Gavish-Regev E, Rotkopf R, Lubin Y, et al. Consumption of aphids by spiders and the effect of additional prey: evidence from microcosm experiments. BioControl, 2009, 54(3): 341-350