

多样化的棉田生态系统控害保益功能特征研究^{*}

戈 峰 丁岩钦 (中国科学院动物研究所, 北京 100080)

【摘要】 应用数量分析与能量测定相结合的方法, 定量地分析和比较了华北棉区多样化的套间作棉田生态系统与单作棉田生态系统中主要害虫、天敌的种群动态及其天敌对害虫的控制作用。结果表明, 多样化的套间作系统中苗蚜与2代棉铃虫发生轻, 而伏蚜与3代棉铃虫发生重; 套间作系统有利于天敌群落能量的生产, 尤其是利于捕食性蜘蛛类群的能量生产; 从棉田生态系统棉株-害虫-天敌相互作用关系来看, 尽管间套作系统内天敌群落生产力增加, 保护益虫(天敌)作用好, 同时也增加了害虫群落生产力, 其控害功能较差。

关键词 棉田生态系统 多样性 天敌 害虫

Functional features of preserving natural enemies to control insect pests in intercropped cotton field ecosystems. Ge Feng and Ding Yanqin (Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing 100080). *Chin. J. Appl. Ecol.*, 1997, 8(3): 295~298.

The population dynamics of insect pests and their natural enemies in single and intercropped cotton field ecosystems are analyzed, and the controlling effects of natural enemies in these ecosystems are compared. The results show that the population densities of cotton seedling aphids (*Aphis gossypii*) and 2nd generation cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*) are lower in intercropped than in single cotton field ecosystem, but those of summer aphids and 3rd generation cotton bollworms as well as the energy production of natural enemies (especially that of predacious spiders) are converse. From the viewpoint of function, the preservation effect on natural enemies is greater in intercropped than in single cotton field ecosystem, but the controlling effect of natural enemies on insect pests is converse.

Key words Cotton field ecosystem, Diversity, Natural enemy, Insect pest.

1 引言

生态系统多样性与稳定性关系一直是生态学研究的热点。实验结果易使人们相信多样性导致稳定性^[4,5], 而理论研究则倾向于越多多样化的系统越不稳定^[3,6]。当前, 由于农业耕作制度的改变, 华北农区生态系统结构与功能发生了很大变化, 出现了以套间作系统为主的多类型棉田。在这多样化的套间作棉田生态系统中, 主要害虫发生特点和系统的控害保益功能如何? 这既是生态学的重要理论问题, 也是农业生产中急需解决的问题。目前有关研究很

少。本文试图从区域性生态系统整体功能出发, 从密度动态与能量动态两方面, 分析和比较华北棉区套间作系统中害虫与天敌发生的特点, 探讨棉田生态系统多样性与其控害保益功能关系, 为区域性作物布局及害虫的生态调控提供理论依据。

2 材料与方法

2.1 试验田选择与处理

1991~1992年在河北省饶阳县五公镇选择4种试验棉田为: 春季播种(4月27日)与小麦套种

^{*} 国家自然科学基金资助项目(39670128)。

1995年3月24日收稿, 12月28日接受。

的棉田(简称为春套棉田,下同)、春季播种与绿豆间作棉田(豆间棉田)、夏季(5月30日)播种与小麦套种的棉田(夏套棉田)和作为对照的春季播种的单作棉田(单作棉田)。每种类型棉田重复2次,面积不低于0.13 hm²,全年不施药防治。

2.2 调查方法

自6月中旬开始,每5 d 1次,5点取样,每点1 m²(相当于6株棉花),详细记载各处理棉田所有害虫、天敌种群数量、棉株及地面害虫与天敌调查采用直接计数法,寄生性天敌调查采用φ33 cm的纱布网捕法,对主要害虫与天敌分龄记载。

2.3 棉株、小麦及绿豆生产力测定

每15 d 1次,随机地从各类型棉田连根取回8株棉花;从套间作棉田连根取回8兜小麦或10株绿豆,进行生产力测定。

2.4 生物量与热值测定

将田间采回的棉田主要害虫、天敌迅速放入红外线烘干箱内杀死烘干至恒重,在TG-328 B光电分析天平上称重,在日产岛津燃研式自动热量计上测定热值。

2.5 种群能流参数估计^[2]

呼吸量

$$R = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_{i,k-1} + W_{i,k}}{2} \right) \cdot R_i \cdot \alpha_i \cdot b \cdot f(T_k) \cdot Dk$$

生产量

$$P = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_{i,k-1} + W_{i,k}}{2} \right) \cdot R_i \cdot \left(\frac{\alpha_i}{1 - \alpha_i} \right) \cdot \alpha_i \cdot b \cdot f(T_k) \cdot Dk$$

摄入量

$$I = \sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n \left(\frac{W_{i,k-1} + W_{i,k}}{2} \right) \cdot R_i \cdot \left(\frac{1}{\alpha_i \beta_i} \right) \cdot \alpha_i \cdot b \cdot f(T_k) \cdot Dk$$

同化量

$$A = P + R$$

式中, m 、 n 分别为棉田捕食性天敌的调查次数与种类数; $W_{i,k-1}$ 、 $W_{i,k}$ 分别为第 i 种捕食性天敌第 $k-1$ 次和第 k 次调查时的生物量(mg); R_i 、 α_i 、 β_i 分别为第 i 种捕食性天敌的呼吸代谢速率(O_2 ml·mg⁻¹·d⁻¹)、净生态学效率($\frac{P}{P+R}$)和同化率(A/I),其部分数据由作者测定,部分数据引自于有关参考文献¹⁾; a 为氧卡系数($J \cdot ml^{-1} O_2$); b 为田间呼吸耗氧量修正系数,取 $b = 2.58$ ¹⁾; $f(T_k)$ 为第 k 次调查时温度的变化所引起的作用函数,通常以温度系数 $Q_{10} = 2$ 来校正, Dk 为从

第 $k-1$ 次到第 k 次调查时的时间间隔(d)。

2.6 摄食利用效率

摄食利用效率 = 摄入量(I)/较低一级营养层的生产力(P)

2.7 农业生产状况分析

详细记载各种类型棉田的农事操作,按有关折能系数与折算系数^[1,7]进行分析。

3 结果与分析

3.1 套间作系统主要害虫种群密度动态

3.1.1 棉铃虫种群发生特点 春套棉田与小麦套作时间较久,前期生长非常缓慢,至6月底开始现蕾,故第一代棉铃虫发生量很少,其累积虫量为单作棉田的32.80%;7月下旬后,春套棉田各器官的能量累积非常迅速,很快进入开花结铃盛期,第三代棉铃虫幼虫发生始见于7月下旬,在8月10日有一个明显高峰,其累积虫量比单作棉田略高(7.7%);9月份后,棉株衰老非常快,该代幼虫发生相对较轻,仅为单作棉田的53.33%。

夏套棉田是华北棉区的一种主要套作棉田,它在5月下旬播种,7月上旬开始现蕾,第二代棉铃虫幼虫发生较晚,发生量也很轻,累积虫量为单作棉田的28.12%;第三代棉铃虫幼虫发生量比其它任何一种类型棉田均高,是单作棉田的2.10倍;第四代幼虫发生量仍比其它任何一种类型棉田要高,为单作棉田的1.89倍。

棉豆间作是近年来开始实施的一种耕作方式,间作的绿豆于5月初播种,7月中旬收获,该类型田内第二、三代棉铃虫发生量均比单作棉田要低,分别为它的77.79%和79.41%;而第四代发生较重,为单作棉田的1.33倍。

结果表明,多样化的套间作系统中第二代棉铃虫发生轻,第三代发生重,而第四

1) 戈 峰. 1993. 棉田生态系统结构、功能及其生态调控的研究, 中国科学院动物研究所博士论文.

代则在春套棉田发生轻,在夏套棉田和豆间棉田发生重.

表 1 套间作棉田与单作棉田棉铃虫各代幼虫累积调查量(头·株⁻¹)

Table 1 Accumulative numbers of cotton bollworm in intercrop and monocrop cotton fields (head·plant⁻¹)

世代 Generation	单作棉田 A	春套棉田 B	夏套棉田 C	豆间棉田 D
第二代 2nd	10.67	3.50	3.90	8.30
第三代 3rd	27.20	29.30	57.30	21.60
第四代 4th	7.50	4.0	14.20	10.00

A: Cotton field in spring planting, B: Cotton-wheat intercropping field in spring planting, C: Cotton-wheat intercropping field in summer planting, D: Cotton-bean intercropping field in spring planting. 下同 The same below.

3.1.2 棉蚜种群发生特点 表 2 结果表明,春套棉田苗蚜发生量很低,其累积蚜量分别为单作棉田的 19.18%;伏蚜自 7 月中旬开始迅速上升,至 8 月 10 日达到高峰,其累积蚜量为单作棉田的 2.18 倍;秋蚜期间,其数量相对较低,为单作棉田的 43.67%.夏套棉田苗蚜数量很少,整个调查期间仅见蚜虫 9 头,其中 3 头为成蚜;伏蚜初期(7 月 15 日之前)的蚜虫数量增长较慢,后期(8 月 15~20 日)为连续高峰日,其累积数量为单作棉田的 1.32 倍;秋蚜的数量较低,为单作棉田的 63.08%(表 2).豆间棉田苗蚜与伏蚜发生的数量与单作棉田接近,分别为春播棉田的 96.10%和 116%;秋蚜数量略少,为单作棉田的 51.82%(表 2).套间作系统可减轻苗蚜和秋蚜的发生,有利于伏蚜发生.

3.2 套间作系统中主要天敌种群生产力及其对害虫的控制作用

3.2.1 捕食性瓢虫类 捕食性瓢虫类天敌表 2 套间作棉田与单作棉田棉蚜的累积发生量(头/6 株)(河北饶阳,1991)

Table 2 Accumulative numbers of cotton aphid in intercrop and monocrop cotton fields

发生期 Periods	单作棉田 A	春套棉田 B	夏套棉田 C	豆间棉田 D
苗蚜 Seedling aphids	443	85	9	426
伏蚜 Summer aphids	37605	81821	49625	43874
秋蚜 Autumn aphids	858	419	605	497

是棉田的主要优势种天敌.由表 3 可知,套作棉田有利于瓢虫种群的能量生产,其生产力增加,且以夏套棉田的种群生产力增加幅度较大;由于春套棉田棉蚜种群的生产力也增加,且增加幅度较大,故其内瓢虫对棉蚜的摄食利用效率相对减少;夏套棉田的棉蚜种群增长幅度较小,故其内的摄食利用效率仍然很高;豆间棉田不利于瓢虫种群的生产,其生产力与其对害虫的摄食利用效率均比单作棉田低.

表 3 套间作棉田与单作棉田主要天敌的种群生产力(kJ·m⁻²·a⁻¹)和摄食利用效率(%)

Table 3 Population productivity and ingestion-utilization efficiency of major natural enemies in intercrop and monocrop cotton fields

参数 Parameters		单作棉田 A	春套棉田 B	夏套棉田 C	豆间棉田 D
a	I	21.46	22.31	24.81	9.45
	II	12.85	7.68	12.06	5.07
b	I	4.43	2.33	2.38	1.50
	II	2.44	0.67	0.79	0.55
c	I	9.82	29.81	10.38	29.98
	II	4.79	7.58	5.04	9.86
d	I	0.23	0.12	0.07	0.13
	II	0.14	0.046	0.035	0.069

a. 食性瓢虫类 Predacious lady beetles, b. 捕食性蜡类 Predacious bugs, c. 捕食性蜘蛛类 Predacious spiders, d. 寄生性天敌类 Parasites. I. 生产力 Productivity, II. 摄食利用效率 Ingestion-utilization efficiency.

3.2.2 捕食性蜡类 捕食性蜡类是华北棉田的重要捕食性天敌.由表 3 可知,各类套间作系统内捕食性蜡类与其对害虫的摄食性利用效率均比单作棉田低,且以春套棉田下降幅度最大,说明套间作不利于摄食性蜡类的能量生产.

3.2.3 捕食性蜘蛛类 捕食性蜘蛛是华北棉田的另一类重要捕食性天敌.由表 3 可知,套间作有利于棉田捕食性蜘蛛种群的生产和对害虫的控制作用,其中春套棉田、豆间棉田和夏套棉田的生产力分别为单作棉田的 3.04、3.05 和 1.05 倍;它们对害虫的摄入利用效率分别为单作棉田的 1.58、2.06 和 1.05 倍.

3.2.4 寄生性天敌 生性天敌系指华北棉区各类寄生蜂的总称.种群生产力及其对

害虫摄食效率研究(表3)表明,套间作系统内寄生蜂种群生产力及其对害虫的摄食利用效率均比单作棉田要低,说明套间作不利于寄生蜂种群的能量生产。

3.3 套间作系统控害保益功能的特征

由表4可见,春季实行棉麦套作和棉豆间作,既使棉田的天敌群落生产力增加,也使害虫群落生产力增加,两者最终作用结果表明,套间作系统内天敌对害虫的摄食作用效率下降,害虫对棉株的为害利用效率增加。在夏季播种套种的夏套棉田,尽管播种较晚,其天敌群落生产力减少,但其害虫群落生产力却增加,因而仍表现出相同的相互作用结果。由于害虫的为害和间套作系统前期棉株光照减弱等多因素的作用,套作棉田系统中棉株经济生产力下降,但下降幅度较小;而豆间棉田中,由于绿豆固N作用增加了土壤中的N肥,因而其经济生产力增加。综合考虑套间作系统内各种初级生产力的总和可知,套间作系统的生产力总和、投产比都增加,说明套间作系统能量利用与分配比单作系统高。

表4 套间作棉田与单作棉田天敌、害虫及棉田系统生产力(kJ·m⁻²·a⁻¹)和摄食利用效率

Table 4 Ingestion-utilization efficiency and the production of natural enemies community, insect pests community and cotton agroecosystem of intercrop and monocrop cotton fields

种 类 Types	项目 Items	单作 棉田 A	春套 棉田 B	夏套 棉田 C	豆间 棉田 D
天敌 enemies	I	43.45	52.98	34.94	44.63
	II	20.98	15.25	11.58	16.88
害虫 pests	I	756.70	1454.11	1262.73	1106.20
	II	8.25	8.64	10.24	8.96
棉田 field	III	4410	4300	4270	5570
	IV		5350	4720	2370
	V	4410	9650	8990	7940
	VI	1:0.898	1:0.983	1:1.145	1:0.977

I. 生产力 Productivity, II. 摄食利用效率 Ingestion-utilization efficiency, III. 皮棉生产力 Productivity of ginned cotton, IV. 麦粒、豆粒生产力 Productivity of wheat and bean, V. 总和 Total, VI. 投产比 Input/Output.

4 结 论

4.1 多样化的套间作系统可减轻苗蚜与第二代棉铃虫的为害,加重伏蚜与第三代棉铃虫的为害。因此,在进行棉田害虫管理过程中,应特别注重加强对套间作棉田的伏蚜与第三代棉铃虫的管理。

4.2 套间作对不同类群的天敌作用不同,套作有利于棉田瓢虫和摄食性蜘蛛种群的能量生产与控害作用,不利于摄食性蜡类的能量生产与控害作用;豆间作使棉田摄食性蜘蛛生产力与控害作用增加,而瓢虫和摄食性蜡类生产力与控害作用减小。

4.3 从整个棉田天敌群落的能量生产来看,多样化的套间作棉田系统中该值增加,这与通常认为的套间作可增加天敌数量的观点一致。但是,套间作系统也增加了害虫群落的能量生产,尤其是第三代棉铃虫与伏蚜种群的生产力。两者作用的结果表明,套间作系统天敌对害虫的摄食利用效率减少,害虫对棉株的摄食利用效率增加。

参考文献

1 戈 峰等. 1990. 农业专业户生产发展中的经济生态学效益分析. 湖南农学院学报, 16(1): 9~14.

2 戈 峰、丁岩钦. 1996. 棉田生态系统中害虫、天敌群落结构与功能关系的研究. 生态学报, 16(5): 535~540.

3 Goodman, D. 1975. The theory of diversity-stability relations in ecology. The Quarterly Review of Biology, 50(3): 237~266.

4 Hutchison, G. E. 1959. Hamage to santa rosalia or why are there so many kinds of animal. Am. Nat., 93: 145~159.

5 MacArthur, R. H. 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. Ecology, 36: 533~536.

6 May, M. R. 1973. Qualitative stability in model ecosystems. Ecology, 54(3): 638~541.

7 Mittal, J. P. et al. 1989. Energy parameters for raising crops under various migration treatment in Indian agriculture. Agri. Ecosystems Envir., 25: 11~25.