

受控与自控棉田生态系统的能量流动研究

竺锡武

汪世泽

(湖南农科院植保所,长沙 410125)

(西北农业大学植保系,陕西杨凌 712100)

摘 要 对陕西关中棉区受控与自控两类棉田生态系统的能量流动作了比较研究。结果表明: (1) 两类棉田系统的食物网结构、营养层、生态锥体、生态效率等基本特征相似,在能量分配方面有量的差异; (2) 天敌的利用效率在两类系统间有显著差异; (3) 受控棉田系统的现存量与摄能量的营养级金字塔具有更快的递降率。

关键词 棉田生态系统, 能量流动, 受控, 自控

分类号 Q141.126

群落与生态系统的能流研究,国外在水体、盐沼、弃耕地、草原等方面作过大量工作^[1~3]。国内祖元刚^[4]研究了草原的能量流动,杨贤国等^[5]报道了稻田生态系统能流研究,戈峰等^[6,7]对棉田系统的能流特征、捕食性天敌的能量动态及控制作用作了研究。

研究生态系统之目的在于认识结构、利用功能、调整结构并获得功能。作者认为不同类型棉田的生物群落组成应有不同,合理划分系统内的组分,研究各组分间的能量流动,可以更准确地揭示结构与功能的关系,并用量化的方法评价系统内各组分或营养层的作用,对于棉田生态系统的优化管理具有指导意义。作者对陕西关中棉区受控与自控两类棉田生态系统能量流动作了比较研究,现予报道。

1 研究方法

1.1 研究地点概况

以陕西关中棉区杨凌棉田和大荔县棉田作为定位研究地点。杨凌试验地 3 块,面积各 666.7 m²,连作,品种秦棉一号,直播,留苗密度 7.6 株/m²,棉田管理(肥、水、整枝)同一般大田,唯多年不施杀虫剂,属自然控制(害虫)型,简称“自控”型棉田。大荔试验地 3 块,面积各 (1/3) hm²,品种中棉 12 号,直播,密度 7.6 株/m²,棉田管理及杀虫剂使用与往年相似,属于施药型棉田,简称“受控”棉田。

1.2 调查与测定方法

节肢动物的种类与数量 全苗期始,每 10 d 查一次,定田 3 块,定点不定株,每点取样数: 苗期 25 株,蕾期 10 株,花铃期 5 株。检查整株及所属地面虫种数量。蚜虫与叶螨在田间直接记录,苗期查全株,蕾期后查上中下三叶。棉铃虫采用双对角线抽样,每田 100 株。并随机网捕 100 网,记录种类与数量。从大田采集 3 龄以上主要害虫 50 头/(种·代),按个体放入玻管养至成虫。对主要天敌的茧、卵、幼虫及被寄生成虫,每种 30 头,饲养至成虫,供鉴定。

收稿日期 1998-03-03

作者简介 竺锡武,男,1964 年生,助研,硕士

呼吸量测定 供试虫种采自大田,经室内饲养数日,用瓦勃呼吸计测定氧耗量。

个体生物量 将待测虫种快速杀死,在 58℃烘箱烘 5~ 10d至恒重,在精密天平上称重。

棉株生物量 每 10 d一次,从调查田内随机抽 5株,先测棉株各器官大小,再将棉株连根拔出,洗净,按器官分类放入 80℃鼓风烘箱烘至恒重,称量 对脱落棉叶,打顶整枝除掉的枝叶按每块田 5株样本总量统计并测干重。

土壤微生物 用氯仿熏蒸法^[8]测定生物量;用瓦勃呼吸计测定微生物的呼吸量

热值测定 在测定生物量的基础上,对节肢动物种和棉株各器官,用 GR-3500型氧弹热量计测其热值。

2 结果与分析

2.1 两类棉田系统生物群物种数的分布

棉田生态系统各物种划分为 8个组分: (1)棉花 x_1 ; (2)食棉动物(害虫) x_2 ; (3)捕食害虫的昆虫(捕食性天敌) x_3 ; (4)寄生害虫的动物(寄生性天敌) x_4 ; (5)寄生捕食性天敌和寄生性天敌的昆虫(天敌寄生蜂) x_5 ; (6)广食性蜘蛛(蜘蛛) x_6 ; (7)兼食害虫和蜘蛛的类群(蛛害兼食) x_7 ; (8)土壤微生物 x_8 。

调查统计结果列于表 1.由此可见,自控棉田由于未受杀虫剂影响,各组分的物种数和目、科数均远远多于受控棉田。

表 1 两类棉田各组分的物种数比较

类型	棉 花			害 虫			捕食性天敌			寄生性天敌			蜘 蛛			蛛害兼食			天敌寄生蜂			土 壤 微生物
	种	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目	科	种	目	科	
自 控	1	1	1	44	7	22	33	6	14	54	2	13	16	1	8	7	1	5	13	1	5	1类
受 控	1	1	1	27	6	15	19	5	11	24	1	8	11	1	6	2	1	2	7	1	5	1类

2.2 两类棉田生态系统的能量收支

受控与自控棉田各组分 ($x_1, x_2, x_3 \cdots x_7$)的能量收支依据能流平衡方程 $I= P+ R+ F$ 之关系计算,又因各组分的能量输入等于能量输出,故:

棉花组分 x_1 应为 $P_n=$ 被食量+ 死亡量 $D+$ 收获量 H ;
 $x_2 \sim x_7$ 各组分为 $P_n=$ 被食量+ 死亡量 D 。

对于土壤微生物组分 x_8 ,其摄能量假设由棉田系统各动植物群体的死亡量和排弃量构成。现将各组分的能量收支列入表 2,由此可以看出:

(1)在两类棉田系统中,由营养关系构成的食物网结构相似; (2)两类棉田系统各组分的现存量大小趋势为 $x_1> x_2> x_3> x_6> x_4> x_7> x_5$; (3)各天敌组分对害虫 x_2 的摄食量大小,在两类棉田系统中的排序均为 $x_3> x_6> x_4> x_7$,说明两类棉田各天敌组分摄食害虫量的大小顺序是一致的; (4)各天敌组分对害虫控制的绝对能力用单位摄食量估计: 单位摄食量= 摄食量/现存量。取焦耳原值计算得出两种排序(表 3),由此说明当环境改变时亦会引起某些生物组分作用的改变,从而改变一个系统。

表 2 两类棉田各组分的能量收支

项 目	现存量 <i>B</i>		摄食量 <i>I</i>		呼吸量 <i>R</i>		净生产力 <i>P_n</i>		死亡量 <i>D</i>		排弃量 <i>F</i>	
	受控	自控	受控	自控	受控	自控	受控	自控	受控	自控	受控	自控
棉花	7. 67	7. 77	8. 96	8. 90	8. 34	8. 25	8. 84	8. 79	8. 78	8. 72	7. 89	7. 99
害虫	4. 33	4. 73	6. 86	6. 62	6. 03	5. 87	6. 29	5. 90	6. 26	5. 60	6. 62	6. 42
捕食性天敌	3. 41	3. 95	4. 80	5. 49	4. 33	4. 96	4. 39	5. 06	4. 38	5. 00	4. 25	5. 01
寄生性天敌	1. 37	2. 22	3. 53	4. 08	3. 04	3. 61	3. 07	3. 63	3. 06	3. 60	3. 04	3. 56
天敌寄生蜂	0. 75	1. 34	2. 67 0. 63	3. 31(3) 1. 59(4)	2. 21	2. 85	2. 23	2. 87	2. 21	2. 85	2. 16	2. 81
蜘蛛	3. 39	3. 79	4. 40 3. 48 1. 44 0. 82	4. 84(2) 4. 06(3) 2. 33(4) 1. 45(5)	4. 25	4. 72	3. 92	4. 35	3. 91	4. 35	3. 28	3. 74
蛛害兼食	1. 38	2. 18	2. 75 1. 82	3. 60(2) 2. 67(6)	2. 34	3. 19	2. 35	3. 21	2. 35	3. 21	2. 28	3. 13
土壤微生物	2. 20	2. 43			4. 99	5. 09						

注: 1)表内数据均为对数值; 2)能量单位: 除现存量单位为 J/百株外,其余均为 J/(百株·棉季); 3)摄食量栏中的后级(2)为取食害虫的量; (3)为取食捕食性天敌的量; (4)为取食寄生性天敌的量; (5)为取食天敌寄生蜂的量; (6)为取食蜘蛛的量。

表 3 天敌对害虫控制的绝对能力

受控系统	自控系统
$x_4 \triangleright x_7 \triangleright x_3 \triangleright x_6$	$x_4 \triangleright x_3 \triangleright x_7 \triangleright x_6$
144. 5> 26. 2> 24. 5> 11. 5	72. 4> 34. 7> 29. 47> 13. 1

2.3 能量金字塔比较

根据表 2给出的关系,进一步用营养层金字塔图的形式刻划摄能量(图 1)和现存量(图 2)的变化

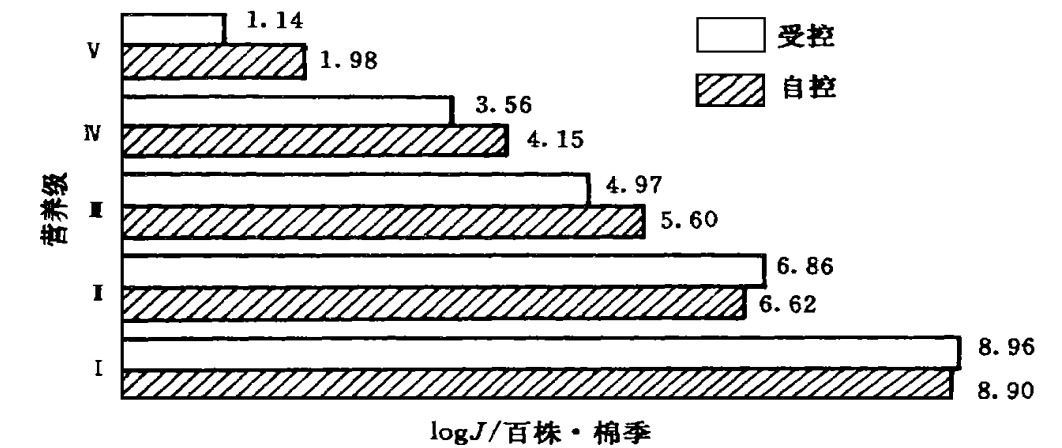


图 1 受控与自控棉田摄能量金字塔

由图 1, 2看出: 受控与自控棉田的能量金字塔均为正直立形,塔尖向上。在摄能量金字塔中(图 1),受控系统(1)较自控系统(2)的塔尖更锐,说明受控系统的能量耗损速度更

大。现存量金字塔的变化亦属如此 (图 2)。

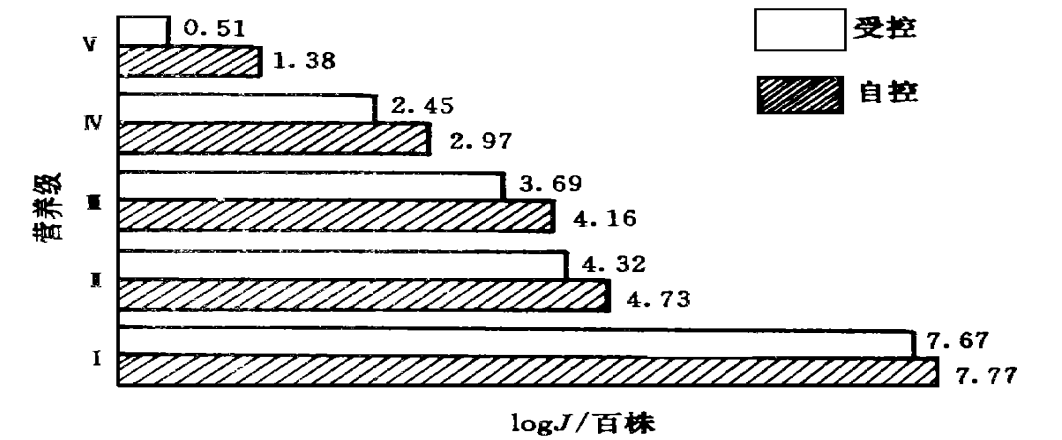


图 2 受控与自控棉田现存量金字塔

2.4 生态效率比较

引入常用的 4种生态效率:
摄食效率 $E_t = (I_t / I_{t-1}) \times 100\%$ 净生态效率 $E_c = (P_t / P_{t-1}) \times 100\%$
同化效率 $E_A = (A_t / I_t) \times 100\%$ 利用效率 $E_U = (I_t / P_{t-1}) \times 100\%$
式中: t 为营养层; A 为同化量; 其他符号同前。
计算结果见表 4. 从表 4 可以看出: (1) 各级营养水平上的摄食效率和利用效率均较低, 而净生态效率和同化效率较高 (33% ~ 90%); (2) 在第 III 营养层的摄食效率和利用效率中, 自控系统均有较大的值 (9.51% 和 50.03%), 且与 III、IV 级间的大于号相悖。说明在自控棉田系统中, 天敌营养层 III 对害虫营养层 II 有很强的作用。按生态效率之含意, 利用效率乃是后一营养层对前一营养层的生态压力。所以, 害虫对棉花的取食为害作用是: 受控系统大于自控系统 (1.03 > 0.67), 天敌对害虫的控制作用则是受控系统远远小于自控系统 (4.19 < 50.03)。

		表 4 两类棉田各营养级的生态效率								%
项目	系统	各营养等级的生态效率								
		I		II		III		IV		V
E_t	受控			0.79	<	1.29	<	3.90	>	0.38
	自控			0.52	<	9.51	>	3.59	>	0.67
E_c	受控	76.09	>	64.31	>	46.25	>	33.77	<	40.31
	自控	77.21	>	51.51	>	49.51	>	33.07	>	43.55
E_A	受控			41.82	<	77.75	<	90.12	>	81.11
	自控			36.90	<	71.43	<	88.54	>	76.82
E_U	受控			1.03	<	4.79	<	10.86	>	1.27
	自控			0.67	<	50.03	>	10.14	>	2.30

4个肉食群对害虫的利用效率列入表 5, 可见: a) 在受控与自控系统中, 4个肉食群的利用效率之排序是 $x_3 > x_6 > x_4 > x_7$, 说明各天敌对害虫控制作用之顺序在两类棉田一致; b) 4个肉食群中, 以捕食性天敌和蜘蛛对害虫的控制作用最显著, 占天敌对害虫控制作用

的比率,在受控系统中为 68. 9%和 26. 9% ,在自控系统中为 78. 49%和 17. 43% .

表 5 各天敌组分对害虫的利用效率

项目	系统	x_3		x_4		x_6		x_7
E_U	受控	3. 30	>	0. 18	<	1. 29	>	0. 03
	自控	39. 27	>	1. 52	<	8. 72	>	0. 52

3 小结与讨论

运用能量流动的理论与方法研究棉田生态系统的结构与功能是一种较为准确的定量研究方法.通过对施农药与不施农药两类棉田系统的比较研究可以看出:害虫为害棉花的生态压力是受控棉田大于自控棉田,而天敌控制害虫的生态压力则是自控棉田大于受控棉田.从各系统营养层的能量耗损来看,受控系统的能量耗损较大.说明喷洒农药会对系统的结构产生影响,并从生态效率等方面表示出量的差异.具有取食害虫功能的 4个肉食性天敌组分中,控制害虫之能力依次为捕食性天敌>蜘蛛>寄生性天敌>蛛害兼食类,这在两类棉田中有一致的趋势.由此说明捕食性天敌是系统中的重要成员.

参 考 文 献

1 Odum E. P.生态学基础.孙儒泳译.北京:高等教育出版社,1981

2 Lindeman R. L. The trophic-dynamic aspect of ecology. Ecology, 1942, 23: 399~ 418

3 Odum H. T. Systems ecology: An indroduction. New York: Jorh wiley & Son, 1984. 1~ 192

4 祖元刚.能量生态学.长春:吉林科技出版社,1990

5 杨贤国,陈常铭.稻田生物群落的能流参数.应用生态学报,1991, 2(2): 121~ 126

6 戈峰,丁岩钦.棉田生态系统的能流特征.生态学报,1996, 16(3): 225~ 231

7 戈峰,丁岩钦.不同类型棉田捕食性天敌的种群能量动态及其对害虫的控制作用.昆虫学报,1996, 39(3): 266~ 273

8 郑洪元.土壤生物化学动态研究方法.北京:科学出版社,1982

Study on the Energy Flow of Cotton Field Ecosystem
Controlled by Insecticide and by Nature

Zhu Xiwu Wang Shize

(Institute of Plant Protection, Hunan Academy of Agricultural Sciences, Changsha 410125)

(Department of Plant Protection, North western Agricultural University, Yangling, Shaanxi 712100)

Abstract The energy flow is studied in cotton field ecosystems controlled by insecticide and by nature in the middle district of Shaanxi. The food web, trophic levels, ecological pyramid and ecological efficiencies are similar in the two ecological systems. The two kinds of ecosystems differ greatly in preyer utilization efficiency. The energy pyramid sharpens down rapidly in the ecosystem controlled by insecticide.

Key words controlled, uncontrolled, cotton field ecosystem, energy flow