

棉铃虫自然种群生命表的研究及其应用*

吴子江 薛智华 张治

(江苏省南通县植保站, 南通, 226500)

S435.622.9

摘 要 本文通过跟踪观察24593个有效样本, 归纳为24个消亡因子, 组建了18个世代生命表和3个平均生命表。剖析了长江下游棉区棉铃虫自然种群数量变动规律, K-值分析和组分(M(s))值分析说明种群数量变动最大的阶段是在生命前期(即卵至2龄期)。b、r²值综合分析表明影响第2、3、4代种群数量消亡的关键虫期分别为4龄、6龄和蛹期。b值分析和K-值图解表明影响种群数量消亡的关键因子: 2代为龄期、蛹期和土壤含水量、风雨冲刷, 3代为胡蝶和三突花蛛、小花蛛, 4代为滞育和随蕾花脱落、三突花蛛。参考Morris(1963)关键因子逼近法探索了棉铃虫数量预测式。

关键词: 棉铃虫, 生命表, 数量预测。

预测

70年代, 棉铃虫(*Heliothis armigera* Hübner)在长江流域棉区两度暴发危害后, 引起国内昆虫学界的高度重视。为摸清长江下游棉区棉铃虫种群数量变动规律, 以期为测报和防治提供依据, 作者于1979—1984年进行了棉铃虫自然种群生命表的研究, 计18个世代。

1 材料和方法

1.1 设置自然观察区 每个世代均选具代表性棉田作观察区, 并选取同类型田作生态观察区, 小区面积 1×667 — $1.5 \times 667\text{m}^2$, 不施杀虫剂, 其他培管措施同一般大田。

1.2 设立虫源补给站 在观察区一隅竖立 $5 \times 3 \times 2\text{m}^3$ 大罩笼, 每个世代饲养3000—5000头, 作为虫源补给站。补充时坚持接刚孵化或刚蜕皮的幼虫。

1.3 起始观察数量 发生量小的第2、3代采用长罩笼迫蛾产卵于棉株, 次晨尽量按自然分布型选留, 第4代采取逐晨查找自然卵。18个世代起始观察卵量为203—866粒, 其他虫期起始观察量为59—447头(除1979年第2代5龄以后各虫期不足此数外), 总计挂牌观察24593个有效样本。

1.4 观察方法 对各卵、虫采取挂牌编号, 跟踪追迹, 日夜观察; 对蛹采用大、小样结合, 标记入土老熟幼虫至预计羽化后3—4d挖查; 成虫生殖力采用大玻罐配对饲养、观察。

1.5 建立个体档案 对各卵、虫每隔1—2h观察1次, 昼夜详细记载转移部位、发育历期、死亡时间、死亡原因及危害情况等。

1.6 棉田生态观察 在生态观察区每5d一期, 系统调查天敌和其它害虫消长动态。1981年开始固定不同类型棉花, 逐日对图记载, 建立单株发育模型。1983年开始观察自然卵、虫量, 与生命表观察区相对照。

1.7 防治指标研究 1982—1985年结合生命表研究, 进行了危害损失和防治指标研究。

2 结果与分析

2.1 组建生命表 根据观察结果, 共组建了18个世代自然种群生命表和3个平均生命表(同

*本课题系全国测报总站下达。工作中蒙束炎南、刘培元高级农艺师、丁岩钦、曹赤阳研究员、马世骏教授给予指导, 又蒙丁岩钦研究员审阅本稿, 特此一并致谢。

本文于1991年11月7日收到, 修改稿于1992年5月13日收到。

表 1 第2代棉蚜虫自然种群平均寿命表(1979—1984江苏南通)

Table 1 Average life-table of natural population of cotton bollworm for the 2nd generation (Jiangsu Nanong)

虫期 x	存活个体数 lx	死亡因子 dx_F	死亡数 dx	死亡率 (%) qx	ki	虫期 x	存活个体数 lx	死亡因子 dx_F	死亡数 dx	死亡率 (%) qx	ki
卵期	1000	自然消失	61.349	9.1349	0.0416	3	35.9345	自然消失	5.2212	14.5299	0.0682
幼虫	908.651	小花蜂	410.844	41.0844	0.2813	龄	30.7133	小花蜂	0.9544	2.6569	0.0137
1	497.807	三笑花	52.279	5.2279	0.0482	龄	29.7589	草	0.0785	0.2185	0.0012
2	445.528	三笑花	0.392	0.0392	0.0004	龄	29.6804	胡	0.0530	0.1475	0.0008
3	445.136	三笑花	5.497	0.5497	0.0054	龄	29.6274	三笑花	0.0413	0.1149	0.0008
4	439.639	三笑花	8.423	8.423	0.0084	龄	29.5861	三笑花	0.0530	0.1475	0.0008
5	431.216	三笑花	0.392	0.0392	0.0004	龄	29.5331	三笑花	4.9108	12.8310	0.0737
6	430.824	三笑花	45.945	4.5945	0.0489	龄	24.9223	三笑花	1.4504	4.0362	0.0260
7	384.879	三笑花	35.046	3.5046	0.0415	龄	23.4719	三笑花	0.8589	2.3846	0.0162
8	349.833	三笑花	85.0167	85.0167	0.4561	龄	22.6150	三笑花	0.0413	0.1149	0.0008
9	289.4704	三笑花	80.3626	22.9717	0.1133	龄	22.5737	三笑花	2.7984	7.7820	0.0574
10	252.7166	三笑花	16.7588	4.7891	0.0279	龄	19.7773	三笑花	1.0328	2.8741	0.0233
11	196.4208	三笑花	56.2858	16.0822	0.1084	龄	18.7445	三笑花	0.4359	1.2131	0.0102
12	194.0846	三笑花	2.3362	0.6678	0.0052	龄	17.9259	三笑花	17.9259	49.0501	0.2929
13	193.8935	三笑花	0.3911	0.1118	0.0004	龄	15.5245	三笑花	2.7840	15.2057	0.0717
14	154.8404	三笑花	38.7531	11.0776	0.0870	龄	15.0311	三笑花	0.4935	2.6957	0.0140
15	131.3571	三笑花	23.5833	6.7413	0.0717	龄	14.8394	三笑花	0.1917	1.0472	0.0056
16	126.0911	三笑花	5.2660	1.5053	0.0178	龄	14.8394	三笑花	0.0315	0.1718	0.0009
17	73.5000	三笑花	52.5911	15.0332	0.2344	龄	14.8394	三笑花	0.0197	0.1075	0.0006
18	278.9043	三笑花	0.5713	0.1633	0.0034	龄	14.7882	三笑花	1.8794	10.2849	0.0590
19	72.9287	三笑花	79.1533	79.1533	0.6810	龄	12.9088	三笑花	0.3860	2.1086	0.0132
20	60.3282	三笑花	12.6005	17.2779	0.0824	龄	12.9088	三笑花	0.3628	1.9818	0.0128
21	58.1001	三笑花	2.2881	3.0852	0.0164	龄	12.1600	三笑花	1.2549	6.8644	0.0473
22	55.8775	三笑花	1.2226	1.8764	0.0092	龄	10.9051	三笑花	5.2200	28.5110	0.2839
23	45.5379	三笑花	1.0400	1.4261	0.0080	龄	6.6851	三笑花	0.0197	0.1075	0.0015
24	42.2116	三笑花	10.2986	14.1228	0.0886	龄	5.6654	三笑花	0.4473	2.4431	0.0357
25	41.4294	三笑花	3.3283	4.5611	0.0329	龄	5.2181	三笑花	0.3182	1.7380	0.0273
26	40.5706	三笑花	0.7822	1.0725	0.0081	龄	4.8999	三笑花	13.4087	73.2372	0.5725
27	40.5706	三笑花	0.8588	1.1778	0.0091	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
28	36.2537	三笑花	4.3169	5.9189	0.0489	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
29	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.2350	4.7952	0.0272
30	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
31	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
32	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
33	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
34	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
35	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
36	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
37	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
38	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
39	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
40	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
41	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
42	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
43	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
44	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
45	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
46	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
47	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
48	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
49	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
50	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
51	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
52	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
53	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
54	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
55	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
56	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
57	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
58	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
59	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
60	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
61	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
62	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
63	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
64	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
65	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
66	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
67	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
68	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
69	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
70	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
71	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
72	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
73	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
74	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
75	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
76	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
77	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
78	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
79	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
80	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
81	36.2537	三笑花	0.4377	0.4377	0.0038	龄	3.8764	三笑花	0.3350	4.7952	0.0272
82	36.2537	三笑花	0.3192	0.4377	0.0038	龄	3.6354	三笑花	0.0283	0.5783	0.0034
83	36.2537	三笑花	50.7266	50.7266	0.3074	龄	4.8999	三笑花	0.8245	16.9263	0.0800
84	36.2537	三笑花	36.9942	36.9942	0.3074	龄	4.0754	三笑花	0.2050	4.1847	0.0224
85	36.2537	三笑花	0.								

表 2 第3代棉铃虫自然种群平均寿命表(1979—1984江苏南通)

出 期	存 活 个 体 数	消 亡 因 子	消 亡 数	消 亡 率 %	ki	虫 期	存 活 个 体 数	消 亡 因 子	消 亡 数	消 亡 率 %	ki
x	lx	dxF	dx	qx		x	lx	dxF	dx	qx	
卵 期	1000	自然消失	33,3013	3.3013	0.0146		65,4901	衰 亡	0.2257	0.2412	0.0018
	966,967	风 雨	46,2668	24,8268	0.1288		66,2644	其它蜘蛛	0.8637	0.9230	0.0068
幼 期	718,719	小花蜂	215,4068	11,5486	0.0761		54,4007	疾病	4,3427	4.5412	0.0361
	603,253	草 蛉	139,828	3,9829	0.0297		60,0680	阿普花脱毒	1,1113	1.1877	0.0098
	563,424	其它捕虫	0,577	0,0577	0.0004			小 计	44,6227	47,6894	0,2814
2 龄	562,847	三交花蜂	0,259	0,0259	0.0002						
	562,588	嫩 蛛	5,848	0,5848	0.0045	3	48,9467	自然消失	4,4294	9.0495	0.0412
	565,742	其它蜘蛛	0,783	0,0783	0.0006		44,5173	风 雨	0,1487	0,2978	0.0014
3 龄	966,969	三交花蜂	1,284	0,1284	0.0010		44,3716	小花蜂	0,5105	1,0430	0.0060
	564,695	赤眼蜂	39,608	3,9608	0.0322	除	43,8611	瓢 虫	0,3817	0,7708	0.0038
	510,088	赤眼及陪死	54,286	5,4286	0.0484		43,4794	草 蛉	0,3318	0,6779	0.0033
	460,763	阿普花脱毒	8,868	0,8868	0.0086		43,1478	胡 蝶	0,4641	0,9481	0.0047
小 计	548,105		54,8105		0.3450		42,6855	三交花蜂	5,0822	10,3423	0.0648
1 龄	461,8950	自然消失	113,9848	25,1131	0.1258		37,6213	嫩 蛛	0,1893	0,3807	0.0022
	338,4102	风 雨	19,8640	4,3957	0.0263		37,4360	其它蜘蛛	0,1974	0,4032	0.0023
	318,5462	小花蜂	138,6132	29,5873	0.2361		37,2378	阿普花脱毒	1,1526	2,3549	0.0137
	184,9330	草 蛉	16,7876	3,4862	0.0387		36,0850	疾病	1,0089	2,0571	0.0123
	189,1666	其它捕虫	2,0923	0,4630	0.0054		35,0781	阿普花脱毒	0,6300	1,3055	0.0080
	167,0732	三交花蜂	1,3945	0,3086	0.0036			小 计	14,5078	29,6396	0.0527
2 龄	166,6787	三交花蜂	16,3455	3,6171	0.0461	4	34,4391	自然消失	1,4288	4,1488	0.0184
	149,9332	嫩 蛛	10,1383	2,2485	0.0305		33,0103	草 蛉	0,2743	0,7964	0.0036
	139,1949	其它蜘蛛	2,9166	0,5797	0.0083		32,7360	胡 蝶	2,071	6,0147	0.0284
	136,6753	疾病	38,9511	8,6195	0.1458		35,6846	蜘蛛及步甲	0,0792	0,2299	0.0011
	97,6242	阿普花脱毒	4,0546	0,8973	0.0185		30,5854	三交花蜂	3,8813	11,2701	0.0589
小 计	358,3566		79,2940		0.6839		28,7041	其它蜘蛛	0,1998	0,5797	0.0033
3 龄	93,5914	自然消失	12,9821	13,8422	0.0647		26,5046	嫩 蛛	0,1979	0,5747	0.0033
	80,6173	风 雨	3,5558	3,8003	0.0198		26,3068	阿普花脱毒	8,9949	20,3109	0.1342
	77,0914	小花蜂	5,4452	6,8194	0.0316		19,3117	疾病	1,3586	3,9448	0.1317
	71,8162	瓢 虫	4,7651	6,0926	0.0299		17,9531	阿普花脱毒	0,8986	2,5092	0.0233
	68,8511	草 蛉	2,2038	2,3660	0.0146			小 计	17,3846	60,4792	0.3052
	64,6475	其它捕虫	0,1075	0,1149	0.0007	5	17,0540	自然消失	1,3299	7,7982	0.0353
	84,5400	三交花蜂	9,0489	9,6719	0.0656	除	15,7246	草 蛉	0,0183	0,1075	0.0004
							16,7063	胡 蝶	2,4691	14,4699	0.0742
								小 计	1,2909	7,7982	0.0353
									0,0183	0,1075	0.0004
									2,4691	14,4699	0.0742

[illegible]

Notes: 1) Adult, 2) General $\text{Q} \times \text{?}$, 3) Generation

表 3 第4代棉蚜由自然种群平均生命表(1979—1986江苏南通)
Table 3 Average life-table of natural population of cotton bollworm for the 4th generation (Jiangsu Nantong)

虫期 x	存活个体数 l_x	死亡因子 dx_F	死亡率 (%) qx	k_i	虫期 x	存活个体数 l_x	死亡因子 dx_F	死亡率 (%) qx	k_i	死亡数 dx	死亡率 (%) qx	k_i
卵期	1000	自然消失	4.5053	0.0200	13.2103	13.2103	胡蝶	0.0545	0.0021	0.0545	0.4461	0.0021
幼虫期	854.947	风	18.7257	0.0948	13.1458	13.1458	三突花蛛及步甲	0.0531	0.0018	0.0531	0.3673	0.0018
1龄	787.690	小花蜘蛛	11.3320	0.0694	13.0927	13.0927	其它蜘蛛	0.1408	0.0047	0.1408	0.9743	0.0047
2龄	654.370	草蛉	8.847	0.0059	12.9519	12.9519	其它蜘蛛	0.0217	0.0007	0.0217	0.1501	0.0007
3龄	645.523	草蛉	7.785	0.0052	12.8519	12.8519	其它蜘蛛	0.0141	0.0005	0.0141	0.0975	0.0005
4龄	637.738	其它捕虫	0.268	0.0004	12.8161	12.8161	草蛉	0.0141	0.0005	0.0141	0.0975	0.0005
5龄	637.440	三突花蛛	0.9968	0.0068	12.8020	12.8020	齿唇姬蜂	0.5273	0.0181	0.5273	3.2352	0.0181
6龄	627.474	其它蜘蛛	1.488	0.0010	11.9071	11.9071	随落花脱落	0.4676	0.0167	1.0293	7.1210	0.0167
7龄	625.886	赤眼蜂	0.298	0.0002	小计	34.4871	51.2434	0.3120	12.9020	12.9020	0.0141	0.0005
8龄	625.888	赤眼蜂	11.547	0.0080	自然消失	2.4264	7.3945	0.0334	12.3747	12.3747	0.0141	0.0181
9龄	614.141	不孕及死亡	1.1058	0.0079	小花蜘蛛	0.0719	0.2193	0.0035	11.9071	11.9071	0.0141	0.0181
10龄	603.083	随落花脱落	2.2475	0.0165	草蛉	0.1653	0.5039	0.0024	小计	3.5772	24.7475	0.1235
小计	419.392	41.9392	0.2361	32.8135	三突花蛛	3.7868	11.5708	0.0615	10.8778	10.8778	1.8803	0.0873
1龄	580.608	自然消失	17.5889	0.0840	28.7564	0.1918	0.5848	0.0033	8.9975	8.9975	0.1080	0.0050
2龄	478.4854	风	38.8177	0.0867	24.9598	0.1918	0.5848	0.0033	8.7945	8.7945	0.0206	0.0010
3龄	439.6677	小花蜘蛛	204.6544	0.2720	24.7877	0.7397	2.2055	0.0131	8.7739	8.7739	0.0134	0.0007
4龄	235.0133	草蛉	19.9781	0.0388	24.3987	0.7237	2.2055	0.0131	8.7739	8.7739	0.0134	0.0007
5龄	215.0352	草蛉	8.0902	0.0388	23.6750	2.0116	8.1300	0.0386	8.7739	8.7739	0.0134	0.0007
6龄	206.8450	胡蝶	0.6625	0.0014	21.8635	1.0235	3.1191	0.0210	8.7739	8.7739	0.0134	0.0007
7龄	206.2835	三突花蛛及步甲	0.3611	0.0008	小计	12.1735	37.0882	0.2013	4.9302	4.9302	0.0283	0.0025
8龄	205.8214	其它捕虫	0.8680	0.0018	自然消失	1.3878	6.6271	0.0288	4.4995	4.4995	0.2201	0.0218
9龄	205.0634	三突花蛛	69.3734	0.1794	19.2732	0.1083	0.5249	0.0044	小计	6.5983	60.6589	0.4051
10龄	135.6800	三突花蛛	1.7035	0.0328	19.1639	0.0386	0.1773	0.0008	4.2795	4.2795	0.3212	0.0339
11龄	125.7893	其它蜘蛛	3.6439	0.0128	19.1039	0.0234	0.1134	0.0005	3.9583	3.9583	0.0310	0.0034
12龄	122.1454	疾病	48.6155	0.2204	17.1848	1.9191	9.2978	0.0460	3.9273	3.9273	0.0402	0.0045
小计	473.6299	随落花脱落	6.2283	0.0384	17.0765	0.1083	0.5249	0.0010	3.8871	3.8871	0.5110	0.0312
2龄	67.3006	自然消失	513.3074	0.8359	17.0340	0.0325	0.2058	0.0008	3.3761	3.3761	2.1977	0.4355
3龄	60.7851	风	6.5055	0.0441	17.0016	0.9723	4.7107	0.0255	小计	3.0411	71.0818	0.5385
4龄	58.4863	小花蜘蛛	2.3288	0.0170	16.0292	0.7254	3.5147	0.0201	1.2384	1.2384	-0.0191	-0.0056
5龄	54.8519	草蛉	3.6144	0.0277	15.3038	0.3488	4.1124	0.0247	1.2545	1.2545	0.3405	0.1375
6龄	53.8917	草蛉	0.8602	0.0077	小计	6.1850	29.9662	0.1547	0.9140	0.9140	399.0860	3.0391
7龄	53.8917	草蛉	2.8268	0.0234	自然消失	1.2687	8.3616	0.0378	小计	3.5772	24.7475	0.1235

期望寿命 Expect eggs, $0.914/2 \times 1655 = 756.335$; 种群趋势指数, Population tendency index, $I = 0.7583$
Notes: 1) Adult, 2) General Σx^2 , 3) generation

表 1、2、3)^[1,2]。从组建的世代生命表来看, 种群趋势指数 (I): 2 代为 0.0198—1.0845, 平均 0.2611, 3 代为 0.0053—5.8334, 平均 1.0827, 4 代为 0.1855—0.931, 平均 0.7563。总的趋势是第 2 代种群消长下降(若加上玉米田虫源, 则有 2/3 的年份上升), 第 3 代种群消长绝大部分年份上升, 第 4 代由于蛹滞育而均下降, 反映了本地区种群数量变动趋势。

2.2 自然种群数量动态 根据第 2、3、4 代棉铃虫自然种群平均生命表, 和对照 Price 所概括的许多种类昆虫种群的存活率曲线属 A 型的结论^[1,2], 说明棉铃虫自然种群数量变动最大的阶段是在各世代的生命前期(即卵至 2 龄期), 第 2、3、4 代 2 龄以前的平均累计死亡率分别达到 96.41%、95.11%、96.72%。同时根据各虫期 k_i 值大小和组分 ($M(s_i)$ 值) 分析, 也说明对种群趋势指数 (I) 作用最大的虫期是 1 龄期, 第 2、3、4 代 k_i 值分别为 0.681、0.6839、0.9359, $M(s_i)$ 值分别为 4.80、4.82、8.63, 均显著大于其它各虫期。

2.3 关键虫期的检定 鉴于采用前人用于检定关键虫期的各种方法各有其优越性, 但分析结果往往并不趋向一致。为此, 本文根据 Podoler and Rogers 所提出的回归系数 b 值法, 和 Morris-Watt 所提出的决定系数 (r^2) 分析法^[1,3], 统一进行 b 、 r^2 值综合分析, 方法是将 (I) 值改作自变量, s_i 改作应变变量, 统一于公式两端取对数: $\lg I = \lg S_E + \lg S_L + \lg S_P + \lg S_A + \lg P\phi + \lg F$ 求得。这样既不改变相关程度和决定系数值, 同时又导出 b 值, 分析结果见图 1。

二代	$b = 0.0461$ $r^2 = 0.3069$	$b = -0.1312$ $r^2 = 0.7515$	$b = 0.0448$ $r^2 = 0.0412$	$b = 0.2301$ $r^2 = 0.2924$	$b = 0.194$ $r^2 = 0.6906$
2nd generation					
三代	$b = 0.122$ $r^2 = 0.3708$	$b = 0.1458$ $r^2 = 0.6328$	$b = 0.0544$ $r^2 = 0.1521$	$b = 0.0292$ $r^2 = 0.7837$	$b = 0.1261$ $r^2 = 0.9803$
3rd generation					
四代	$b = 0.0933$ $r^2 = 0.284$	$b = -0.1881$ $r^2 = 0.0684$	$b = -0.0332$ $r^2 = 0.0343$	$b = -0.0949$ $r^2 = 0.1863$	$b = 0.0641$ $r^2 = 0.2112$
4th generation					
	卵期	1 龄	2 龄	3 龄	4 龄
	Egg stage	1 instar	2 instar	3 instar	4 instar

$b = 0.1673$ $r^2 = 0.2952$	$b = 0.1867$ $r^2 = 0.17$	$b = 0.1722$ $r^2 = 0.5490$	$b = 0.0155$ $r^2 = 0.1718$	$b = 0.0471$ $r^2 = 0.3996$	$b = 0.0388$ $r^2 = 0.1424$
$b = 0.1753$ $r^2 = 0.9972$	$b = 0.3596$ $r^2 = 0.713$	$b = -0.0122$ $r^2 = 0.0274$	$b = -0.0875$ $r^2 = 0.0711$	$b = 0.0045$ $r^2 = 0.0079$	$b = 0.004$ $r^2 = 0.0016$
$b = 0.0919$ $r^2 = 0.4512$	$b = 0.3723$ $r^2 = 0.2353$	$b = 0.6507$ $r^2 = 0.3239$	$b = -0.0014$ $r^2 = 0.0008$	$b = 0.005$ $r^2 = 0.0014$	$b = -0.0067$ $r^2 = 0.0031$
5 龄	6 龄	蛹期	♀ 雄比例	♀ 雄 × 2	标准卵量
5 instar	6 instar	Pupa stage	♀ proportion	♀ × 2	Standard eggs

图 1 棉铃虫自然种群数量变动关键虫期 b 、 r^2 值综合分析(江苏南通)

Fig.1 b and r^2 -value comprehensive analysis of key developmental stage of fluctuation enatural population of cotton bollworm(Jiangsu Nantong)

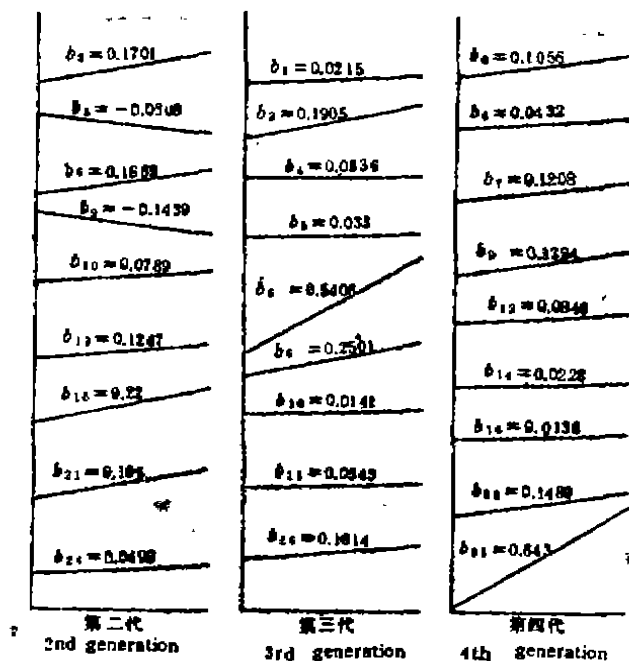


图2 棉铃虫自然种群数量变动关键因子b值分析(江苏南通)

Fig. 2 b-value analysis of key factors to fluctuate natural population of cotton bollworm (Jiangsu Nantong)

Notes: b_1 风雨冲刷 Weather (such as wind and rain) b_2 小花蝽 *Orius similis* Zheng b_3 瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg) b_4 草蛉 *Chrysopa* spp. b_5 胡蜂 *Vespoidea* spp. b_6 螳螂及步甲 *labidur* sp. and *Carabidae* spp. b_7 三突花蛛 *Misumenopos tricuspidata* (Fabricius) b_8 螯蛛 *Enigonidae* spp. b_9 泽蛙 *Rana limnocharis* b_{10} 赤眼蜂 *Trichogramma confusum* Viggiani b_{11} 齿唇姬蜂 *Campoletis chloridae* Uchida b_{12} 随落花脱落 drop of flower and bud b_{13} 土壤含水量 moisture content of soil b_{14} 滞育 diapause b_{15} 生殖力减退 Proagation weerken

S_E ——卵的存活率; S_L ——各龄幼虫存活率; S_P ——蛹的存活率;

S_A ——雌蛾 $\times 2$ 存活率; PQ ——雌蛾比例; F ——标准产卵量。

由图1示 b 、 r^2 值综合判断,影响棉铃虫自然种群数量变动的关键虫期:2代为4龄期, $b=0.1940$, $r^2=0.6605$,其次为蛹期, $b=0.1722$, $r^2=0.5499$ 。而1龄期虽 r^2 值最大,但 b 值却很小,3龄期 b 值虽最大, r^2 值却较小,均不宜确认为关键虫期;3代为6龄期, $b=0.3596$, $r^2=0.713$,其次为4、5龄期;4代为蛹期, $b=0.6567$, $r^2=0.3295$,其次为6龄期。

2.4 关键因子的检定 本项研究实践证明,影响棉铃虫自然种群数量变动的因子多是跨虫期的,而 ki 值分析又存在着 ki 值大小随消亡因子排列次序的变动而变动的不稳定缺点。为尽量减少误差,除固定消亡因子排列次序外,并针对所组建的各虫期、多因子的生命表,采取将各消亡因子各期 ki 值累计数作为应变量,总 K 值作为自变量,进行回归分析 b 值判断(见图2)。除不明原因的自然消失外,第2代以齿唇姬蜂寄生致死的 b 值最大 $b_{10}=0.22$,且相关程度最好,决定系数 $r^2=0.5799$,故可确认为关键因子,其次为土壤含水量造成蛹的死亡及风雨冲刷卵和幼龄虫。第3代以胡蜂为关键因子, $b_5=0.5406$,相关显著($p<0.05$), $r^2=0.7644$,其次为三突花蛛和小花蝽的捕食。第4代则以滞育为关键因子,回归系数呈绝

对优势, $b_{22} = 0.643$, $r^2 = 0.3639$, 其次为随蕾花脱落和三突花蛛捕食。

同时, 根据 Varley and Gradwell (1960) K -值图解法绘制的关键因子 K -值分析图^[11] (图 3), 亦可目测第 2 代以 k_{10} (齿唇姬蜂)、 k_{21} (土壤含水量)、 k_3 (泽蛙) 的曲线与总 K 相似; 第 3 代以 k_{10} (胡蜂)、 k_{12} (三突花蛛)、 k_3 (小花蝽) 与总 K 的曲线相似; 第 4 代以 k_{22} (滞育) 与总 K 的曲线最相似, 皆可认为关键因子, 与 b 值法判断基本一致。

3 应用探讨

本地区棉铃虫以 4 代为主害代, 次为 3 代, 故开展 2 代预测 3 代、3 代预测 4 代就具有十分重要的经济意义。根据第 2、3 代生命表关键虫期和关键因子的检定, 参考 Morris 关键因子逼近法^[11,12], 进行了棉铃虫数量预测式的探讨。

N_{n+1} ——前一代某虫期数量;

N_{n+1} ——后一代某虫期数量;

c ——4 龄未被齿唇姬蜂寄生存活率(%); m ——4 龄未被三突花蛛捕食存活率(%);

i ——卵至 1 龄期风雨冲刮后残存率(%); s ——蛹期未因土壤含水致死的残存率(%);

p ——7 月中旬降雨量(mm);

w ——8 月中旬降雨量(mm)。

3.1 由 2 代预测 3 代 由 1979—1984 年第 2 代实测百株累计卵量(粒), 加上关键因子的逐步补正, 建立了相关程度最好的数量预测式: $\lg N_{n+1} = -1.2616 + 0.588 \lg N_{n+1} + 0.9831 \lg p \pm 0.0931$, 相关系数 $R = 0.9847 (P < 0.01)$, 决定系数 $r^2 = 0.9696$ 。经验证, 历史拟合率完全符合, 唯 1984 年以后各年均轻微发生, 无法作预测验证(下同)。在应用时还可运用下列亚模式, 即风雨强度指数(w)与其所致消亡率(e)的关系式:

$$2 \text{ 代卵 } e = -2.0966 + 0.3704w \quad \text{相关系数 } r = 0.8043 (p < 0.001)$$

$$2 \text{ 代 1 龄幼虫 } e = -0.5816 + 0.1996w \quad \text{相关系数 } r = 0.8128 (p < 0.001)$$

求得卵至 1 龄幼虫期风雨冲刮后的残存率(%)。至于 4 龄幼虫期未被齿唇姬蜂寄生存活率(%), 只需分期采集并饲养观察即可获得, 甚为简便。

3.2 由 3 代预测 4 代 由 1979—1984 年实测第 3 代 3、4 龄幼虫盛期平均百株虫量(头), 加上关键因子及次要因子的逐步补正, 建立了相关程度最好的数量预测式: $\lg N_{n+1} = 2.2026 + 1.7023 \lg N_{n+1} - 0.2619 \lg w \pm 0.0862$, 相关系数 $R = 0.9816 (P < 0.01)$, 决定系数 $r^2 = 0.9635$ 。经验证, 历史拟合率完全符合。在应用中还可运用下列亚模式:

3.2.1 蛹期未因土壤含水致死的存活率(s), 可先以检测蛹死亡率前 10d 的降雨量(f)与 10cm 土壤自然含水量(h)的关系式求得(h):

$$h = 14.7855 + 0.1405f, \quad \text{相关系数 } r = 0.8182 (P < 0.01),$$

再以 10cm 土壤自然含水量(h)与蛹因土湿的死亡率(d)的关系式求得(d):

$$d = -25.1104 + 2.2846h \quad \text{相关系数 } r = 0.9659 (P < 0.001), \quad \text{而后以 } 100\% - d = s^{-1}$$

3.2.2 4 龄幼虫期未被三突花蛛捕食存活率(m), 可通过与 4 龄幼虫期经各种消亡因子作用后的残存率(x)的关系式求得:

$$m = 56.8535 + 0.6336x, \quad \text{相关系数 } r = 0.9788 (P < 0.001)。$$

故只需观察 4 龄幼虫期自然存活率(%)即可导出。

本项研究是在轻微至偏轻发生年的生态环境中, 以较高密度做出的结果, 本拟再选大发生年做 1—2 a, 但迄今未遇, 故难免存在一些局限, 有待于进一步的实践检验。

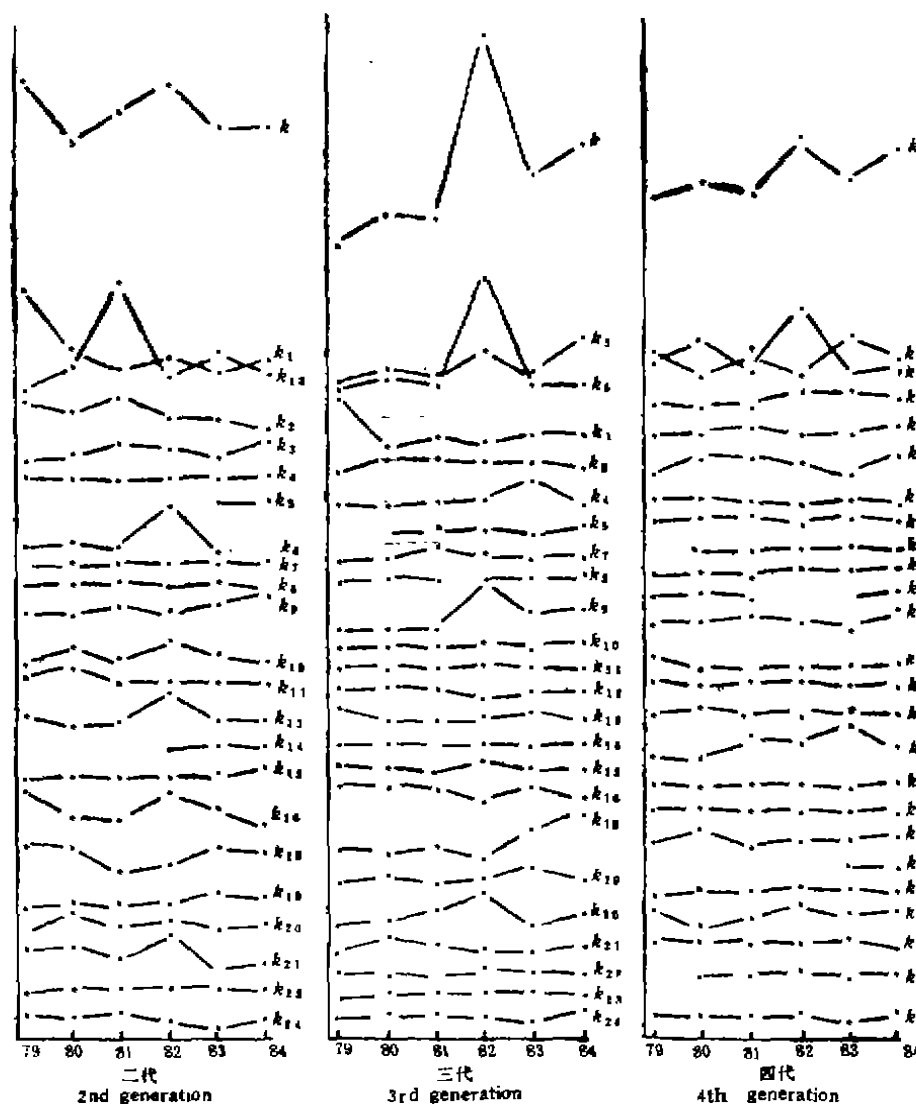


图 3 棉铃虫自然种群数量变动关键因子K-值图解(江苏南通)

Fig. 3 K-value curves analysis of key factors to fluctuate natural population of cotton bollworm (Jiangsu Nantong)

Notes, k_1 自然消失 Natural disappear k_2 风雨冲刷 Weather (such as wind and rain) k_3 小花蝽 *Orius similis* Zheng k_4 瓢虫 *Propylaea japonica* (Thunberg) k_5 草蛉 *Chrysopa* spp. k_6 胡蜂 *Vespoidea* spp. k_7 螳螂及步甲 *labidur* sp. and *Carabidae* spp. k_8 其它捕食性昆虫 Other catchable insects k_9 三突花蛛 *Misumenopos tricussidata* (Fabricius) k_{10} 蜘蛛 *Erigonidae* spp. k_{11} 其它蜘蛛 Other spiders k_{12} 麻雀 *Passer montanus* k_{13} 泽蛙 *Rana limnochris* k_{14} 蟾蜍及雨蛙 *Buto buto gargarizans* Cantor and *Hyla arborea immacutata* (Bettgen) k_{15} 赤眼蜂 *Trihogramma confusum* Viggiani k_{16} 齿唇姬蜂 *Campoletis chlorideae* Uchida k_{17} 其它寄生性昆虫 Other parasitic pests k_{18} 侵染及生理病死 Infection and physiological withering k_{19} 不孕及胎死 Dysgenesis and dieel emoryo k_{20} 随蕾花脱落 drop of flower and bud k_{21} 土壤含水量 moisture content of soil k_{22} 滞育 diapause k_{23} 性比 proportion of sex k_{24} 生殖力减退 Progenation weaken

参 考 文 献

- [1] 尹汝湛. 昆虫生命表的制作与分析. 植物保护, 1980 6(1):31—38, 6(2):31—37
 [2] Peter W Price 著. 北京大学生物系昆虫教研室译. 昆虫生态学. 北京: 人民教育出版社, 193—161
 [3] 赵志模, 周运新编著. 生态学引论. 重庆: 科学技术文献出版社重庆分社, 1984, 53—78
 [4] 吴子江. 大田土壤含水量与棉铃虫蛹期数量变动规律的相关分析. 昆虫知识, 1992, 29(2):77—79

A STUDY ON THE NATURAL POPULATION LIFE TABLE OF COTTON BOLLWORM AND ITS APPLICATION IN THE PEST PREDICTION

Wu Zi-Jiang Xue Zhi-Hua Zhang Zhi
(The Plant Protection Station of Nantong County, 226300)

In this paper, 18 generation life tables and 3 average life tables of cotton bollworm (*Heliothis armigera* Hübner) were established in Nantong county, Jiangsu province, by continuous observation of 24593 effective samples. The results showed that there were 24 main factors to fluctuate natural population of this pest insect on the lower reaches region of Changjiang River. The results of *K*-value analysis and composition analysis showed that the most fluctuating dynamics in population density occurred in the early stage of the insect life cycle, namely, the egg stage and the 1st-2nd instar of larvae. The results from the *b*-value and *r*-value comprehensive analysis showed that the key developmental stages within the first generation to fluctuate the 2nd, 3rd and 4th generation populations were the 4th and 6th instar, and pupal stages, respectively. The results of *b*-value analysis and *k*-value curves analysis showed that the key factors for the 2nd generation were *Campoplex chlorideae* Uchida, and moisture content of soil, and weather (such as wind and rain); those for the 3rd generation were *Vespoidea* spp., *Misumenops tricuspidatus* (Fabricius) and *Orius similis* Zheng, those for the 4th generation were diapause, and drop of flower and bud, and *Misumenops tricuspidatus* (Fabricius). Based on the key factors approach analysis (Morris 1963), the equation using data of the 2nd generation to predict the 3rd generation was expressed as,

$\lg N_{n+1} = 1.2616 + 0.588 \lg N_{n-1} + 0.9831 \lg p \pm 0.0931$ and that for the 4th generation relying on the 3rd generation was expressed as,

$$\lg N_{n+1} = 2.2026 + 1.7023 \lg N_{n-1} - 0.2679 \lg w \pm 0.0862.$$

Key words: *Heliothis armigera* Hübner, life table, numerical prediction,