

654-659

3663(12)

第17卷 第6期
1997年11月

生态学报
ACTA ECOLOGICA SINICA

No. 17, No. 6
Nov., 1997

华北棉区第三代棉铃虫对棉花为害 损失与经济阈值的研究

谢宝瑜 丁岩钦

(中国科学院动物研究所, 北京, 100080)

张占川

(河北省饶阳县病虫测报站)

5435.622.3

摘要 通过在华北棉区棉花蕾铃期阶段, 连续5a的田间蕾铃脱落原因的观察, 明确了在第三代棉铃虫的中常发生年份, 影响蕾铃期蕾铃脱落的主要因素是棉株本身的自然脱落, 其脱落率占总脱落的90%以上, 而因第三代棉铃虫为害造成的脱落率在5%以下。根据田间棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hubner) 3龄幼虫虫量与为害力的关系研究, 结合多年第三代棉铃虫田间生命表, 文中提出了三代棉铃虫的经济阈值为百株累计卵量150粒。

关键词 棉铃虫, 经济阈值。

为害损失;

棉花害虫

DAMAGE TO COTTON AND ECONOMIC THRESHOLD OF THIRD GENERATION COTTON BOLL WORM IN NORTHERN CHINA COTTON AREA

Xie Baoyu Ding Yanqin

(Institute of Zoology, Academia Sinica, Beijing 100080, China)

Zhang Zhanchuan

(Crop Pests Forecasting Station of Raoyang County, Hebei Province, 052700, China)

Abstract Observations were carried out for exploring the factors causing field shedding of reproductive organs of cotton at square-boll stage in Northern China cotton areas through a successive five years period. The results show that more than 90% of the squares and young bolls fallen off from cotton plants in this stage were due to physiological shedding, and only less than 5% of the shedding was caused by the damage of 3rd generation cotton bollworm (CBW) *Helicoverpa armigera* (Hubner). Based on the researches on the relationship between the 3rd instar larvae number and their damage capability, combined with the analysis of natural population life table of 3rd generation CBW, the economic threshold of 3rd generation CBW was suggested as 150 accumulated egg number/100 plants.

Key words: cotton bollworm, economic threshold.

收稿时间: 1995-10-29.

自本世纪80年代初期明确了棉株在蕾期脱落一定数量的棉蕾,不仅不会造成减产,反而会引起棉株的超补偿作用后^[1],大大改变了二代棉铃虫对棉株为害损失的传统观点,并将二代棉铃虫的棉田防治指标,较过去放宽了近20倍。而蕾铃期由于棉株的补偿能力下降,则对三代棉铃虫在棉田的为害损失,却给予了更大的关注。为了更确切地了解与评价三代棉铃虫在棉田的为害损失,从1988~1992年进行了一系列系统的田间试验与观测,在这5a中,既包括了棉铃虫发生为害的中常年份,亦出现了历史上特大的发生为害年。因此其试验结果,在生产实践中有一定的代表性,并对提供考虑三代棉铃虫在棉田的防治指标与控制对策,有一定的参考价值。

1 三代棉铃虫为害与蕾铃期棉株蕾铃脱落关系的分析

根据1980~1991年棉株自然生命表资料^[2],本棉区在蕾铃期(7月下旬~8月上旬)造成蕾铃脱落的因素,主要是棉株的自然生理脱落,其脱落占现蕾数的42%~52%。而由于棉铃虫 *Helicoverpa armigera* (Hubner) 为害造成的蕾铃脱落率仅3.4%~4.3%。再据1988~1992年近5a来在田间对三代棉铃虫为害与自然脱落(包括其它害虫为害脱落)造成的棉株蕾铃脱落的进一步系统观测,在1988~1991年,是三代棉铃虫的中常发生年,蕾铃期蕾铃平均脱落率占现蕾总数的47%。其中因棉铃虫为害脱落的蕾铃仅4.4%,而蕾铃的自然脱落占总脱落率的95.6%。1992年是棉田二代与三代棉铃虫的特大发生年,蕾铃期蕾铃平均脱落率占总现蕾数的47%。其中因棉铃虫为害脱落的蕾铃率为62.2%,自然脱落率为37.8%。(表1)。5a中,在自然脱落的蕾铃中,以小铃脱落为多,占65.9%,小蕾次之,占19.8%。而在三代棉铃虫为害脱落的蕾铃中,以小蕾为主,占33.2%,小铃次之,占28.4%。(表1)。若依据棉株蕾铃生长经历时间分析,7月下旬所现之蕾,称为晚蕾,晚蕾蕾期在本棉区一般需经25~27d,铃期需经60d或更多,这样,此时的小蕾多呈无效蕾,或形成霜后花,对棉花产量的贡献已很小。从表1中知,在棉铃虫的为害蕾铃中,主要是为害小蕾,占脱落率的33%,这说明,即使在4.4%左右因棉铃虫为害而脱落的蕾铃中,还有33%对棉花产量影响无经济意义。

表1 棉田第三代棉铃虫发生期定点观测棉株蕾铃脱落原因分析^①

Table 1 Reasons for cotton squares and bolls fallen off from cotton plants, observed in fixed cotton field plots during the third generation of CBW occurring

年别 Year	日期 Date (月·日) (M. D)	百株棉 ¹⁾ 铃虫幼 虫数(头)	棉铃虫为害脱落蕾铃数 ^{2)②}						自然及其它原因脱落蕾铃数 ¹⁾					
			小蕾 ⁴⁾	中蕾 ⁵⁾	大蕾 ⁶⁾	小铃 ⁷⁾	中铃 ⁸⁾	大铃 ⁹⁾	小蕾	中蕾	大蕾	小铃	中铃	大铃
1988	7.30	8	11	1	0	4	0	0	60	3	0	128	1	1
	8.5	5	2	2	0	1	0	0	29	0	0	60	3	1
	8.10	8	2	1	1	3	0	0	17	2	7	38	1	3
1989	7.30	10	1	7	4	2	2	0	223	66	2	401	19	4
	8.5	5	1	6	0	15	1	0	16	0	0	76	0	6
	8.10	8	3	16	3	25	4	0	243	66	2	589	20	11
1990	7.30	3	5	2	0	2	0	0	62	16	1	402	52	3
	8.5	4	6	0	0	0	0	1	20	0	0	167	44	3
	8.10	11	12	10	0	13	0	3	92	16	1	614	128	22
1991	7.30	1	2	1	0	0	0	0	10	0	6	82	0	0
	8.5	2	0	0	0	0	0	0	1	0	7	22	1	0
	8.10	6	3	2	0	1	0	0	7	0	2	55	5	1
1992	7.30	28	56	17	63	28	1	1	27	13	9	34	1	0
	8.5	33	66	10	25	36	2	1	10	0	27	24	1	0
	8.10	57	13	8	15	27	2	0	7	0	16	55	1	0

①1988~1991年每年定点4块田、1992年定点3块田,每块棉田固定检查50株;观察田为一类棉田,整个三代期间不进行人工防治。Fixed 50 plants were observed in fixed 4 optimum cotton fields per year, and in fixed 3 in 1992, no control by hand in the whole third generation of CBW

②5~15d为中蕾,低于5d为小蕾,高于15为大蕾;5~20d为中铃,低于5d为小铃,高于20d为大铃。The standard age of middle squares is for 5 to 15 days old, young squares age less than 5 days, longer squares than 15 days; middle bolls for 5 to 20 days, young bolls less than 5 days, old bolls longer than 20 days.

1)No. of the squares and bolls of physiological shedding. 2)No. of the squares and bolls of the shedding by the damage of cotton bollworm. 3)No. of larvae of bollworm per 100 plants; 4)Young squares. 5)Middle squares. 6)Large squares. 7)Young bolls. 8)Middle bolls. 9)Old bolls.

根据上述结果,还可进一步分析,若将棉株蕾铃自然脱落与棉铃虫为害脱落,作为两个独立变量,即它们的作用是相互独立的。经相关分析 $r=0.4659$, (而 P 在0.05水平时 $r=0.8783$)亦说明两者间无相关关

系,这样即可用概率论求积公式表示这种净作用及其交互作用。即:

$$P(m_1 \cup m_2) = P(m_1) + P(m_2) - P(m_1)P(m_2)$$

其中 $P(m_1)P(m_2)$ 项为两因素的交互作用项,若以棉铃虫中常发生年的1988~1990年3a的蕾铃期,由于自然因素与三代棉铃虫为害因素,造成的蕾铃脱落为例进行分析,则其各年的蕾铃净脱落率分别为:

$$P(88) = 0.418 - 0.034 - 0.418 \times 0.034 = 0.452 - 0.014 = 0.438$$

$$P(89) = 0.515 + 0.043 - 0.515 \times 0.043 = 0.558 - 0.022 = 0.536$$

$$P(90) = 0.451 + 0.037 - 0.451 \times 0.037 = 0.488 - 0.017 = 0.471$$

而交互作用分别为0.014、0.022、0.017,这样分别占棉铃虫为害脱落的41%、51%、46%,平均为46%。这说明在棉铃虫为害脱落的蕾铃中有46%的蕾铃,即使棉铃虫不为害,亦要自然脱落。这些结果,在分析中常年发生的三代棉铃虫经济为害与考虑三代棉铃虫的控制对策时,是很重要的科学依据。当然,在棉铃虫特大发生的1992年,三代棉铃虫造成的蕾铃脱落数,从表(2)知是很大的,但那是百年一遇的小概率事件。

表2 三代棉铃虫为害蕾铃脱落与自然脱落比较

Table 2 contrast cotton squares and bolls fallen off caused by the third generation of CBW and by the physiology

年别 Year	三代期间 ¹⁾ 蕾铃脱落数	棉铃虫为害 ²⁾ 脱落蕾铃数	棉铃虫为害 ³⁾ 脱落率(%)	自然脱落 ⁴⁾ 蕾铃数	自然蕾铃 ⁵⁾ 脱落率(%)
1988	382	28	7.3	354	92.7
1989	1834	90	4.9	1744	95.1
1990	1697	54	3.2	1643	96.8
1991	208	9	4.3	199	95.7
1992	596	371	62.2	225	37.8

1) No. of squares and bolls fallen off during the third generation of CBW. 2) No. of squares and bolls fallen off by CBW injured. 3) Percentage of squares and bolls fallen off by CBW injured. 4) No. of squares and bolls fallen off by cotton physiology. 5) Percentage of squares and bolls fallen off by cotton physiology.

再以棉田三代棉铃虫种群密度与棉株蕾铃脱落关系进行分析,在1988~1991年的4a间,是三代棉铃虫的中常发生年,棉田百株幼虫量变动在1~12头之间,田间因棉铃虫为害脱落的蕾铃数,一般呈随虫量增加而上升的趋势,而蕾铃脱落率则与幼虫数量之间无明显的相关关系,说明在中常发生年,棉铃虫为害对蕾铃脱落的作用相对较小(表1、2)。1992年是三代棉铃虫大发生年,百株幼虫数变动在28~57头,占总蕾铃脱落率的62.2%。棉花产值受到严重损失。上述结果说明,当棉田百株幼虫数在12头以下时,对棉株蕾铃脱落的影响是允许的,当棉铃虫幼虫数达20头以上,会造成对棉株严重的影响。

2 第三代棉铃虫幼期阶段为害与棉花损失的关系

棉铃虫死亡率主要发生在幼期阶段,而幼期阶段又是棉铃虫为害与防治的关键阶段^[2],因此了解棉铃虫在三代期间,主要为害的幼期阶段对棉株蕾铃期阶段的为害力有重要意义。作者于1989~1991年在田间进行了人工接虫为害试验,即在试验区内,固定棉株40株,并于每株上接刚脱皮的1龄幼虫1头,共计40头。至幼虫脱皮为4龄时,除去幼虫,统计其为害的蕾铃数。由于本项试验,既包含了幼期幼虫的为害力,亦包含了田间的幼虫死亡率,因而其结果对防治指标的确定有一定的实际应用意义。

通过3a的连续试验结果,可以看出,幼期幼虫在田间的消亡率是很高的。幼虫对蕾铃的平均为害力的变动幅度,在1.03~1.68个之间,3a平均为1.43个,即每株损失1.4个蕾铃,若将其最后总成铃数与对照组进行比较,各年之间互有不同,通过 t 值显著性检验, $t=0.189$,无显著性差异。说明其为害力对棉花产量无明显的影响(见表3)。

3 棉株蕾铃期人工模拟为害与棉花产量损失的关系

为了进一步洞察棉株蕾铃期蕾铃脱落与棉花产量损失的关系,特在三代棉铃虫发生为害期间,利用人

表3 三代棉铃虫接虫为害试验¹⁾

Table 3 Experimentation of cotton injuring due to the third generation of CBW given by hand on cotton plants

年 Year	每株接 ²⁾ 接虫 ³⁾		重复 数 ⁴⁾	总计 Total	2龄至4龄前为害数 ⁵⁾						总计 Total	9月21日检查	
	虫头数	株数			小蕾	中蕾	大蕾	小铃	中铃	大铃		成铃数 ⁷⁾	对照组 成铃数 ⁸⁾
1989	1	10	4	40	12	20	5	23	3	0	63	552	612
1990	1	10	4	40	18	16	4	3	0	0	41	452	488
1991	1	10	4	40	28	23	5	7	4	0	67	541	513

1) 试验田内排除当代4~6龄幼虫为害 No injured by the present generation of the 4th to 6th instar larvae in experimental plots. 2) No. of larvae given per plant. 3) No. of plant given larvae. 4) No. of repeats. 5) No. of injured buds and bolls by larvae from the 2ry early 4th instar. 6) No. of adult bolls checked on Sept. 21. 7) Conduct group 8) Contrast group

工模拟为害,分别在单株上摘去蕾或小铃各1~2个,以比较其对棉株产量的关系,通过3a的连续试验,其结果如表4、表5所示。从表4中知,当在7月末,每株摘去1个不同大小的蕾或1个小铃时,其最后产量与对照组比较,大多较对照组为高,经 t 值显著性检验, $t=0.1431$,差异不显著。从表5知,当每株摘去2个不同大小的蕾或2个小铃时,其最后的产量大多较对照组为低,经 t 值显著性检验, $t=0.043$,差异亦不显著。再以不同大小的蕾、小铃的试验组与对照比较,各组间互有高低。亦无明显的规律性。以上结果说明,当棉株蕾铃期损失2个以下的蕾或小铃时,对棉株产量的影响是无经济意义的。

4 棉田三代棉铃虫的经济阈值

通过上述田间综合研究的各项参数,结合三代棉铃虫的防治费用,应用改进的 Norton 的害虫经济阈

表4 三代棉铃虫发生期间人工摘去一个蕾铃对棉株产量的影响

Table 4 Effect of cotton yield of taken off one square or boll by hand during the third generation of CBW occurring

年 Year	布置试 ¹⁾ 验日期 (月、日)	处理 ²⁾ 项目	每田定 ³⁾ 点检查 株数	重复 数 ⁴⁾	检查 株数 ⁵⁾	处理前棉株发育状况 ⁶⁾				最后检 ⁷⁾ 查日期 (月、日)	大铃 数 ⁸⁾	烂铃 数 ⁹⁾	总数 Total	校正 数 ¹⁰⁾
						蕾数	花数	铃数	总数					
						Square	Flower	Bolls	Total					
1988	7.31	摘小蕾1个	20	2	40	492	25	409	926	9.22	427	26	453	455
		摘中蕾1个	20	2	40	474	47	402	923	9.22	417	23	440	444
		摘大蕾1个	20	2	40	486	37	386	909	9.22	419	21	430	440
		摘小铃1个	20	2	40	482	42	319	843	9.22	387	21	408	451
		对 照	20	2	40	514	37	380	931	9.22	359	35	394	394
1989	7.31	摘小蕾1个	20	2	40	291	46	381	718	9.22	657	10	667	638
		摘中蕾1个	20	2	40	255	48	389	692	9.22	624	29	653	653
		摘大蕾1个	20	2	40	245	74	348	667	9.22	673	30	703	724
		摘小铃1个	20	2	40	328	68	355	751	9.22	719	24	743	680
		对 照	20	2	40	240	53	394	687	9.22	628	16	644	644
1990	7.31	摘小蕾1个	20	2	40	634	50	258	942	9.22	383	52	435	423
		摘中蕾1个	20	2	40	572	50	244	866	9.22	316	68	384	405
		摘大蕾1个	20	2	40	587	51	319	957	9.22	365	74	439	419
		摘小铃1个	20	2	40	631	44	245	920	9.22	393	68	461	458
		对 照	20	2	40	607	46	262	915	9.22	324	86	406	406

1) Date of test began (m·d) 2) Conduct item 3) No. of checked plants per fixed plot 4) No. of times repeat 5) Total checked plants 6) State of plant growth before conducting 7) Date of last checked (m·d) 8) No. of old bolls 9) No. of festered bolls 10) No. of corrected bolls

表5 三代棉铃虫发生期间人工摘去2个蕾铃对棉株产量的影响
Table 5 Effect of cotton yield of taken off two squares or boll
by hand during the third generation of CBW occurring

年 Year	布置试 验日期 (月,日)	处理 项目	每田定 点检查 株数	重复 数	检查总 株数	处理前棉株发育状况				最后检 查日期 (月,日)	大铃 数	烂铃 数	总数	校正 数
						蕾数 Squares	花数 Flower	铃数 Bolls	总数 Total					
1988	7.31	摘小蕾2个 ¹⁾	20	2	40	597	31	371	999	9.22	367	53	420	343
		摘中蕾2个 ²⁾	20	2	40	493	24	313	830	9.22	391	38	429	422
		摘大蕾2个 ³⁾	20	2	40	481	32	283	796	9.22	343	43	386	396
		摘小铃2个 ⁴⁾	20	2	40	591	39	283	913	9.22	393	32	425	380
		对 照	20	2	40	481	33	303	817	9.22	399	39	438	438
1989	7.31	摘小蕾2个	20	2	40	279	44	297	611	9.22	512	26	538	625
		摘中蕾2个	20	2	40	329	58	324	711	9.22	546	27	573	572
		摘大蕾2个	20	2	40	353	58	338	749	9.22	724	18	742	703
		摘小铃2个	20	2	40	308	48	342	698	9.22	613	28	641	654
		对 照	20	2	40	322	54	334	710	9.22	637	24	661	661
1990	7.31	摘小蕾2个	20	2	40	630	44	414	1088	9.22	372	120	492	478
		摘中蕾2个	20	2	40	613	53	366	1032	9.22	367	119	486	498
		摘大蕾2个	20	2	40	571	60	396	1027	9.22	386	153	539	555
		摘小铃2个	20	2	40	557	49	398	1004	9.22	365	144	509	536
		对 照	20	2	40	583	65	410	1058	9.22	355	121	476	476

1) Taken off two young squares, 2) Taken off two middle squares,

3) Taken off two old squares, 4) Taken off two young bolls.

值模型,即可获得三代棉铃虫的经济阈值,害虫经济阈值模型,

$$N = \frac{CF}{yMP}$$

N 为害虫密度; y 为每头害虫为害造成的损失量; P 为单位价格; M 为防治后害虫死亡率; C 为防治费用; F 为生态效益调节参数, 当 $F=1$ 时, 未考虑生态效益, 根据三代棉铃虫试验知, 每头3龄幼虫平均为害蕾铃数为1.4个, 因此每头3龄幼虫实际造成的为害损失量(y)=1.4; N 为经济阈值(即每株幼期幼虫数); E 为棉田每亩棉株数(E)=3500; C 为每亩防治三代棉铃虫的费用(包括农药费5元, 人工费与药械费0.5元), $C=5.5$ 元; M 为防治后害虫死亡率($M=90\%$); P 为每个大铃的价格($P=0.015$ 元)(每500g 皮棉以5.5元计, 每375个大铃折合500g 皮棉); F 为生态效益调节参数($F=1.5$), 每亩棉田防治后挽回的收益(B), 应等于防治费用与生态效益调节参数之积, 即 $B=CF$

由上知 $B=yMNPE$

则 $yMNPE=CF$

经济阈值 $N=CF/yMPE$

代入上列数据 $N=5.5 \times 1.5 / 1.4 \times 0.9 \times 0.015 \times 3500 = 0.124 \sim 0.12$ 头

即三代棉铃虫的经济阈值为百株幼期幼虫12头, 其结果与中常发生年的田间虫口为害结果(表1)分析相吻合。

由于应用幼虫经济阈值指导田间防治, 在时间上较为紧迫, 因此将幼虫经济阈值转换为卵的经济阈值更为适宜。根据本棉区三代棉铃虫田间历年平均种群生命表资料^[3]知, 由卵至3龄幼虫末, 其累计死亡率为92%, 其三代棉铃虫卵的经济阈值, 在春播高产棉田应为百株累计卵量150粒。

在经济阈值的模型中, 由于参数 P 、 M 、 C 均是可变的, 尤其三代期间, 由于棉株高大、封垅, 防治质量难

予保证, M 出现的风险就可能会大, 在生产实践中, 为了减少这些风险的发生, 可以使 $F=1.2$, 或附以 10%~15% 风险系数, 稍将防治指标下降, 即幼虫经济阈值为百株幼期幼虫数 10~12 头, 卵的经济阈值为百株累计卵量 125~150 粒。

5 小结与讨论

通过在华北棉区棉株蕾铃期阶段, 连续 5a 的田间蕾铃脱落主要影响因素的观察, 3a 的人工接虫为害试验与人工摘除蕾铃模拟为害试验的结果如下。

5.1 在三代棉铃虫中常发生的年份, 华北棉区棉株蕾铃期, 棉株蕾铃脱落的主要影响因素是棉株自身的生理脱落, 或自然脱落其脱落率占总脱落数的 90% 以上, 而因棉铃虫为害造成的脱落率平均在 5% 以下, 若将两者的交互作用排除, 则棉铃虫为害造成的蕾铃脱落率很小。

5.2 据河北省饶阳县 1973~1993 年三代棉铃虫发生资料分析, 卵盛期在 7 月下旬至 8 月上旬, 在 21a 中卵峰在 7 月 20 日以后的年份有 19a, 在 7 月 15 日以后的仅有 2a, 而从棉花生育期分析, 7 月 20 日以后, 所现的棉蕾多为无效蕾, 而所成的棉铃已属霜后花, 品质、衣分显著下降, 因此本棉区棉株打顶, 正在此时。这样三代棉铃虫低龄幼虫取食 7 月下旬所现之蕾, 对产量已不会造成严重的威胁。

5.3 根据生产实际与生命表资料知, 幼虫 2~3 龄阶段是棉铃虫为害与防治的关键阶段, 因此了解此阶段的棉铃虫对棉株的为害力, 对于确定防治指标有重要的参考价值。通过田间接虫为害试验, 结合田间死亡率的结果, 说明整个 2~3 龄幼虫阶段, 每虫平均造成的蕾铃脱落数仅为 1.4 个, 而每株遭受平均脱落 1.4 个蕾铃时, 其产量与对照组无显著差异。

通过田间人工摘去棉蕾与小铃的模拟为害对棉花产量的影响结果表明, 当每株摘去 1~2 个蕾或小铃时, 对产量的影响, 与对照组比较, 通过统计分析, 均无显著性差异, 此结果与 2~3 龄幼虫的为害力试验相吻合。

综上所述, 棉株蕾铃期虽然其补偿能力较蕾期大为下降, 但此时正值棉株蕾铃自然脱落旺期, 因此三代棉铃虫对棉株的为害影响, 并不如近 10a 来所认为的那样大, 从而说明三代棉铃虫的防治指标可以适当放宽。

5.4 根据三代棉铃虫幼期幼虫在棉田的虫量与为害力的关系, 结合多年三代棉铃虫在华北棉区田间生命表的资料分析、计算, 提出三代棉铃虫的防治指标, 在春播高产棉田应以百株累计卵量 150 粒为宜。

参 考 文 献

- 1 盛承发, 丁岩钦等. 华北棉区药剂防治二代棉铃虫经济生态学效应分析. 生态学报, 1983, 3(1): 35~45
- 2 丁岩钦. 华北棉区棉铃虫种群动态与其为害特征分析. 昆虫学报, 1986, 29(3): 272~282
- 3 丁岩钦等. 华北棉区玉米田三代棉铃虫种群动态及其与棉田发生为害的作用分析. 昆虫学报, 1994, 37(3): 305~311