

对于棉花早期蕾损失的补偿作用分析*

盛 承 发

(中国科学院动物研究所)

摘 要

1981—1984年在河北省饶阳县三种肥力水平地块上,以4个陆地棉*Gossypium hirsutum* L.品种为材料,进行了11次人工模拟第二代棉铃虫*Heliothis armigera*(Hübner)对棉蕾的为害试验,旨在确定受害株在繁殖器官水平上的补偿途径。每两天记录一次每处理各10株棉花各节位的发育状况。数据表明,每株去除8个左右的早期蕾的影响是:1)始花日推迟9.32天但不引起皮棉减产;2)有效花期缩短5.95天,这对产量有不利影响;3)现蕾总数(包括去除数)增加15.31%,合每株7.07个,这奠定了补偿的基础;4)开花速度加快17.21%,致使每株总花数比对照多0.43朵;5)幼铃脱落率降低9.85%;6)成铃数增加15.28%,合每株2.34个;7)果枝数、每铃籽棉重以及皮棉百分率都无显著变化。由此可以清楚看出,这些受害株能够基本上弥补损失的蕾数,同时开花速度显著加快,使得总花数略有增加,幼铃脱落率显著降低,结果成铃数显著增多。这些正作用的总效应远超出缩短有效花期造成的负作用。因此,遭受一定程度早期蕾损失的植株在一般情况下都能增产。这一认识动摇了华北棉区控制棉铃虫的通常对策,该对策把防治重点放在第二代上。

已有报道,受到害虫取食的作物具有一种反作用于取食损害的能力即补偿能力(Eaton, 1931; Banks等1967; Scotto, 1970)。在华北棉区,第二代棉铃虫对棉蕾的为害甚烈。被害株损失了一部分早期棉蕾,但最后未必减产。在肥水条件较好时,只要植株顶心基本不受害,每株损失2—10个早期蕾导致显著增产(盛承发, 1984; 1985)。

棉花产量是由植株密度、每株成铃数、铃重及衣分四个直接组分构成的。二代棉铃虫的为害一般不影响植株密度。理解它的为害对于铃数、铃重及衣分的影响,弄清受害株的补偿作用在繁殖器官水平上是如何构成的,有助于制定包括栽培管理措施在内的合理的综合防治对策,同时减少当前生产上大量施药的盲目性及其引起的一系列严重的经济生态学问题。

由于二代棉铃虫在卵量较大时还会为害植株顶心,造成一些复杂情况,因此本文的讨论仅限于棉株对于早期蕾损失的补偿反应。

一、材料与方 法

1981—1984年在河北省饶阳县,以陆地棉*Gossypium hirsutum* L.中熟种冀棉4号(曾名衡棉1号)、鲁棉1号、冀棉7号及乌干达3号为材料,在高、中、低三种不同肥力类型的地块上,于二代棉铃虫为害盛期(6月下旬至7月上旬),人工模拟幼虫对蕾的为害,摘除不同数量的早期棉蕾。每个处理不少于50株棉花,试验小区对比法排列。摘蕾前和摘蕾后每两天调查一次各处理的10株棉花,分节位记载发育状况(蕾、花、小铃、大铃、脱落),考察去蕾对于成铃过程的影响。秋后分期收获,测定各处理的铃重和衣分。

* 本项工作是在马世骏教授指导下进行的,试验调查中得到乔运周、李同跃,李爱君、杨月玲和张秀菊等同志的大力协助。特此致谢。

本文于1985年12月10日收到。

试验区通过施药和人工捉虫,保持基本不受二代为害。其他害虫的防治以及栽培管理措施按常规技术进行。

4年中,共进行了11次试验,见表1。

表 1 棉株对于早期蕾损失的补偿反应试验的每株去蕾数(饶阳县,1981—1984)

Table 1 Number of squares removed per plant in experiments on cotton's compensation for square loss in the early season(Raoyang County, 1981—1984)

年 份	肥力类型	品 种	编 号	处 理 (每株去蕾数)
1981	高 肥	冀 4	1	0 , 12
	低 肥	乌 3	2	0 , 8
1982	高 肥	冀 4	3	0 , 8
		鲁 1	4	0 , 8
	中 肥	冀 4	5	0 , 8
1983	高 肥	冀 4	6	0 , 8
		冀 4	7	0 , 8
		鲁 1	8	0 , 8
1984	高 肥	冀 7	9	0 , 6
		冀 7	10	0 , 6
	中 肥	鲁 1	11	0 , 8

二、结果与分析

1. 早期去蕾对成铃数的影响

单株成铃数是由每株蕾数、蕾脱落率以及铃脱落率三个直接组分构成的。果枝数和开花期对这三个组分往往也有影响。早期去蕾对它们的影响如下。

1) 对果枝数的影响 表2给出蕾与不去蕾处理果枝数的比较。在总共11次试验中,去蕾处理的果枝数有5次增加,5次减少,一次相平。可见早期去蕾对果枝数无甚影响。

表 2 去蕾处理与对照(不去蕾)每株果枝数比较(饶阳县,1981—1984)

Table 2 Comparison of numbers of fruit branches per plant in removal treatments and controls(Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
对 照	13.0	12.7	18.2	14.6	10.4	15.3	16.8	13.7	14.4	13.4	12.4	14.08
处 理	13.2	12.9	15.5	14.6	11.1	15.1	16.6	14.4	14.3	13.1	13.4	14.02
处理—对照	0.2	0.2	-2.7	0.0	0.7	-0.2	-0.2	0.7	-0.1	-0.3	1.0	-0.06*

* 用配对法 t 检验, $t = -0.217$, 差异不显著。

2) 对现蕾数的影响 早期去蕾对现蕾数的影响见表3。由表3, 去蕾处理每株现蕾总数(包括去蕾数, 以下同)比对照多7.07个, 而试验时的去蕾数一般也仅8个。

3) 对有效花期的影响 二代棉铃虫为害盛期, 每株去8个左右早期蕾, 推迟棉株的始

表 3 去蕾处理与对照每株现蕾数比较 (饶阳县, 1981—1984)

Table 3 Comparison of number of squares produced per plant in removal treatments and controls (Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
对照	46.8	34.1	63.2	44.9	39.0	53.8	57.2	38.9	57.3	42.7	30.1	46.18
处理	42.8	35.9	64.5	58.3	44.3	60.5	69.3	53.4	63.4	47.1	46.2	53.25
处理-对照	-4.0	1.8	1.3	13.4	5.3	6.7	12.1	14.5	6.1	4.4	16.1	7.07*

* 用配对法 t 检验, $t=3.718$, 差异极显著 ($p<0.01$)。

花日达9.32天, 尽管终花日 (构成产量的最后一朵花的开花日期) 也推迟3.37天, 有效花期仍缩短5.95天 (表4)。

表 4 早期去蕾试验对有效花期的影响 (饶阳县, 1981—1984)

Table 4 Effect of removal of early squares on duration of effective florescence (Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
始花日 (7月)	对照	12.7	19.1	3.4	6.3	15.2	6.0	10.0	9.0	7.1	9.6	13.5	10.17
	处理	26.8	32.6	12.3	17.7	25.7	15.9	12.9	21.7	10.9	11.1	26.8	19.49
	处理-对照	14.1	13.5	8.9	11.4	10.5	9.9	2.9	12.7	3.8	1.5	13.3	9.32*
始花日 (8月)	对照	24.3	22.6	25.9	17.1	38.4	31.1	25.4	21.3	30.3	15.8	19.2	24.67
	处理	21.0	25.1	26.8	33.0	42.8	35.6	26.4	28.1	30.4	10.8	28.5	28.04
	处理-对照	-3.3	2.5	0.9	15.9	4.4	4.5	1.0	6.8	0.1	-5.0	9.3	3.37**
有效花 期 (天)	对照	42.6	34.5	53.5	41.8	54.2	56.1	46.4	43.3	54.2	37.2	36.7	45.50
	处理	25.2	23.5	45.5	46.3	48.1	50.7	44.5	37.4	50.5	30.7	32.7	39.55
	处理-对照	-17.4	-11.0	-8.0	4.5	-6.1	-5.4	-1.9	-5.9	-3.7	-6.5	-4.0	-5.95***

* 用配对法 t 检验, $t=6.539$, 差异极显著; ** $t=1.907$, 差异不显著; *** $t=3.317$, 差异极显著。

4) 对开花速度的影响 损失了8个左右早期蕾的植株, 有效花期缩短了, 但其每株每日开花数比对照多0.131朵, 致使总开花数比对照反而多0.43朵, 不过总花数的差异远未达显著水准 (表5)。

表 5 去蕾与不去蕾处理开花速度的比较 (饶阳县, 1981—1984)

Table 5 Comparison of rates of florescence in removal treatments and controls (Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
每株有 效花数	对照	27.7	17.4	51.6	34.9	25.6	41.9	43.5	32.1	50.6	31.5	27.3	34.92
	处理	20.8	15.4	46.6	42.8	26.3	37.5	47.9	38.8	47.9	28.1	36.7	35.35
	处理-对照	-6.9	-2.0	-5.0	7.9	0.7	-4.4	4.4	6.7	-2.7	-3.4	9.4	0.43*
每株每 日开花 数	对照	0.650	.504	.964	.835	.472	.747	.938	.741	.934	.847	.744	0.761
	处理	0.825	.655	1.024	.924	.547	.740	1.076	1.037	.949	.915	1.122	0.892
	处理-对照	0.175	.151	.060	.089	.075	-.007	.138	.296	.015	.068	.378	0.131**

* 用配对法 t 检验, $t=0.247$, 不显著; ** $t=3.704$, 极显著。

5) 对蕾铃脱落率的影响 11次试验结果平均,去蕾处理的蕾脱落率比对照下降1.50%,不显著;铃脱落率比对照下降5.46%,极显著;蕾铃脱落率比对照下降5.18%,极显著(表6)。

表 6 早期去蕾对蕾铃脱落率(%)的影响 (饶阳县, 1981—1984)

Table 6 Effect of removal of early squares on percentage of shedding of fruits (Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
蕾脱 落率	对照	40.8	49.0	18.4	22.3	34.4	22.1	24.0	17.5	11.7	26.2	9.3	25.06
	处理	32.5	44.8	17.5	14.9	27.5	28.6	21.9	14.5	16.6	31.6	3.9	23.12
	处理-对照	-8.3	-4.2	-0.9	-7.4	-6.9	6.5	-2.1	-3.0	4.9	5.4	-5.4	-1.94*
铃脱 落率	对照	48.0	53.4	61.4	52.4	61.7	47.7	52.0	51.7	68.6	59.7	53.1	55.43
	处理	37.5	50.6	48.7	46.7	57.4	39.2	46.9	45.4	65.8	58.0	53.4	49.96
	处理-对照	-10.5	-2.8	-12.7	-5.7	-4.3	-8.5	-5.1	-6.3	-2.8	-1.7	0.3	-5.46**
蕾铃脱 落率	对照	69.2	76.2	68.5	63.0	74.9	59.3	63.5	60.2	72.3	70.3	57.5	66.81
	处理	57.8	72.8	57.7	54.7	69.1	56.6	56.9	53.3	71.4	71.3	56.3	61.63
	处理-对照	-11.4	-3.4	-10.8	-8.3	-5.8	-2.7	-6.6	-6.9	-0.9	1.0	-1.2	-5.18***

* 用配对法t检验, $t=0.829$, 不显著; ** $t=4.667$, 极显著; *** $t=4.205$, 极显著。

6) 对成铃数的影响 去蕾处理株每株成铃数比对照多2.34个,显著性检验 $t=2.711$ (表7)。若除开在低肥地中进行的2号试验,则去蕾处理每株成铃数比对照多2.62个, $t=2.913$,差异更显著些。

表 7 每株摘去8个左右早期蕾对成铃数的影响 (饶阳县, 1981—1984)

Table 7 Effect of removal of early squares on number of large bolls(Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
对 照	14.4	8.1	19.9	16.6	9.8	21.9	20.9	15.5	15.9	12.7	12.8	15.31
处 理	13.0	7.6	23.9	22.8	11.2	22.8	26.4	21.2	16.4	11.8	17.1	17.65
处理-对照	-1.4	-0.5	4.0	6.2	1.4	0.9	5.5	5.7	0.5	-0.9	4.3	2.34*

* 用配对法t检验, $t=2.711$, 差异显著。

2. 早期去蕾对铃重的影响

铃重在产量构成中的作用不容忽视。在这些试验中,早期去蕾处理的单铃重比对照增大0.074克,差异未达显著(表8)。

表 8 早期去蕾对每铃克数的影响 (饶阳县, 1981—1984)

Table 8 Effect of removal of early squares on seed weight (g/boll)
(Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
对 照	4.310	3.073	4.973	4.344	3.374	4.284	4.463	4.116	4.656	4.991	3.878	4.224
处 理	4.620	3.065	4.706	4.553	3.247	4.346	4.585	4.065	5.099	4.992	3.993	4.297
处理-对照	0.310	-0.008	-0.267	0.209	-0.127	0.062	0.122	-0.051	0.443	0.001	0.115	0.074*

* 用配对法t检验, $t=1.222$, 不显著。

3. 去蕾对衣分的影响

在所有11次试验中, 早期去蕾对衣分的影响甚小。比起相应的对照, 去蕾处理的衣分有6次下降, 平均下降1.33%, 另外5次上升, 平均上升1.63% (表9)。

表 9 早期去蕾对衣分(%)的影响 (饶阳县, 1981—1984)

Table 9 Effect of removal of early squares on lint percentage
(Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
对照	32.53	34.13	32.93	34.54	30.32	32.85	31.48	32.72	34.60	38.95	37.44	33.86
处理	32.46	33.07	29.74	32.68	30.90	31.91	32.97	34.74	38.41	38.07	37.71	33.88
处理-对照	-0.07	-1.06	-3.19	-1.86	0.58	-0.94	1.49	2.02	3.81	-0.88	0.27	0.02*

* 用配对法 t 检验, $t=0.026$, 不显著。

4. 去蕾对皮棉产量的影响

早期每株去蕾8个左右, 只要肥水条件较好, 是可以增产的(表10)。表10中, 试验2是在低肥中进行的, 其去蕾处理减产的结果与其他试验结果(盛承发, 1985)一致。若将试验2除外, 表10中剩下10次试验, 去蕾处理每亩增产皮棉25.4斤, $t=2.845$ 显著性提高。

表 10 早期去蕾处理与对照每亩皮棉斤数比较 (饶阳县, 1981—1984)

Table 10 Comparison of lint yields (0.5kg/mu) produced in treatments
with early squares removed and controls (Raoyang County, 1981—1984)

试 验 号	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	X
对照	133.3	67.9	169.5	129.5	76.2	184.9	176.2	133.6	158.8	153.1	118.9	136.5
处理	128.7	61.6	173.9	176.4	85.4	189.7	239.4	191.6	199.4	139.0	164.8	159.1
处理-对照	-4.6	-6.3	4.4	46.9	9.2	4.8	63.2	58.0	40.6	-14.1	45.9	22.6*

* 用配对法 t 检验, $t=2.626$, 差异显著。

5. 去蕾引起的各种差异与皮棉产量的关系

虽然损失了部分早期蕾的棉株在后来产量形成的各方面均呈现出补偿性反应, 但就“补偿”的本来意义说, 它应指受害株对抗于为害造成的子代损失的适应性, 或者受害株在繁殖方面的抗干扰能力。种子重量是棉花繁殖能力的重要指标, 而在其他条件不变时, 种子重量又与皮棉产量高度相关。因此, 为了了解棉株的各种补偿性反应的补偿贡献, 以便有目的地在产量形成的各阶段施以促、控措施, 需要考察早期去蕾在前述的不同方面造成的差异对于皮棉产量的影响。由于这些方面构成了一个完整的发育过程, 真正区别某一方面的产量贡献是不实际的。为简便起见, 让我们取去蕾处理在蕾、花、铃等方面造成的增加量 x 与每亩皮棉增产斤数 y 之间的单相关系数来了解这些差异量的产量贡献。 x 与 y 间的关系见表11。

表11中, b 及 a 分别是回归式 $y=a+bx$ 的参数。现蕾数、有效花数以及成铃数的增加量与增产量之间的相关系数均达极显著水准, 而有效花期的增加量与增产量之间的相关系数仅达显著水准。去蕾处理极显著地增加现蕾数(表3)并显著增加成铃数(表7)。因此, 虽然去蕾缩短了有效花期(表4), 但是由于增加现蕾数和成铃数与增产之间的关系更密切, 结果去蕾株仍能增产。

表 11 去蕾在不同方面造成的增加量 x 与每亩皮棉增量 y 间的关系 (饶阳县, 1981—1984)
 Table 11 Relationships between increments in lint yield(0.5kg/mu), Y , and increments
 in thirteen aspects caused by removal of early squares, X (Raoyang County, 1981—1984)

增量来源	果枝数	现蕾数	始花日	终花日	有效花期	日开花数	有效花数	蕾脱落率	铃脱落率	蕾铃脱落率	成铃数	单铃重	衣分
r	0.280	0.836	-0.184	0.558	0.654	0.388	0.802	-0.176	0.230	-0.058	0.818	0.281	0.5336
r 的显著性*		0.01			0.05		0.01				0.01		
b		3.779			3.424		3.986				8.141		
a		-4.15			42.90		20.84				3.50		

* 数字为显著性水准, 未填数字表示相关系数不显著。

三、小结与讨论

损失部分早期蕾的棉株的补偿作用是一个完整的、连续的过程。通过对此过程的不同阶段进行分析, 知道每株去除 8 个左右早期蕾显著推迟始花日并缩短有效花期。推迟始花日对产量无不利影响 (相关系数 $r = -0.184$)。缩短有效花期, 如果其他条件不变, 将引起显著减产。然而这些去蕾株通过进一步产生新蕾, 在 88.38% 程度上弥补了去蕾造成的着生蕾数的减少 (表 3)。而且开花速度加快 17.21% (表 5), 使有效花数增加 1.23% (未达显著水准, 表 5), 并降低幼铃脱落率 9.85% (表 6), 结果成铃数增加 15.28% (表 7)。因此, 遭受一定程度的早期蕾损失的植株在一般情况下可以显著增产。

该地区去蕾株的有效花的终花日平均为 8 月 28 日 (表 4), 此时棉蕾的历期约为 25 天。由于去蕾株的现蕾总数或去蕾株在蕾数方面的补偿程度对于增产与否的影响很大 ($r = 0.836$, $b = 3.779$, 表 11), 因此, 7 月底以前获得必要的蕾数, 乃是管理好去蕾棉田的关键性指标之一。

按一般说法, 棉株损失了早期蕾, 座不住伏前桃, 在肥水较大时, 易引起徒长。然而这里的分析却不支持这种观点。在试验的 4 年中, 7、8 月雨量变化幅度较大, 从 1983 年的 177.3 到 1981 年的 506.9 毫米 (常年均值为 336.8 毫米), 但去蕾处理并不增加果枝数。

在低肥条件下, 虽然去蕾也能增加现蕾数和开花速度, 并降低脱落率, 但这些改变的幅度较小, 尚不足以完全补偿去蕾缩短的有效花期对产量的不利影响, 结果导致减产。然而即使在此情况下, 部分补偿还是存在的。为了满足完全补偿和超越补偿对物质条件的需要, 考虑到不必担心徒长, 对于受二代棉铃虫为害的植株, 应当予以适当补充肥水。

受害后的植株蕾铃脱落率显著下降, 这一事实表明棉花产生过剩的蕾。这一特性可能是棉花在与波动的环境条件 (恶劣天气、蕾铃害虫等) 的长期博弈中产生的适应性, 它有助于减小不利条件的损害性影响。同时, 适当推迟初花日, 有时还可增产, 这一事实反映棉花繁殖过早, 不利于产生更多的种子。这种特性也可看作是对环境的适应性: 适当牺牲种子数量以换得较长的繁殖时间有助于承受暂时的不利条件, 使物种存活的机会变大。

华北棉区, 生产上长期以来强调伏前桃, 将二代棉铃虫作为防治重点。本文的分析, 动摇了这种技术策略的基础。

参 考 文 献

- 盛承发 1984 提高二代棉铃虫经济阈值辅以合理摘蕾示范成功. 昆虫知识21(4): 156—157.
- 盛承发 1985 华北棉区第二代棉铃虫的经济阈值. 昆虫学报28(4): 382—389.
- Banks, C.J. et al. 1967 Effect of *Aphis fabae* Scop. and of its attendant ants and insect predators on yields of field beans (*Vicia faba*). *Ann. appl. Biol.* 60:445—453.
- Eaton, F.M 1931 Early defoliation as a method of increasing cotton yields and the relationship of fruitfulness to fiber and boll characters. *J. Agr. Res.* 42 (8):447—462.
- Scott, D.R. 1970 Feeding of *Lygus* bugs(Hemiptera:Miridae) on developing carrot and bean seed:Increased growth and yields of plants grown from that seed. *Ann. Ent. Soc. Am.* 63:1604—1608.

AN ANALYSIS OF COMPENSATION OF COTTON FOR LOSS OF SQUARES DURING THE EARLY SEASON

Sheng Chengfa

(Institute of Zoology, Academia Sinica)

To determine the ways of cotton's compensation at the level of reproductive organs for the simulated damage to the early squares, 11 on the site experiments were conducted on 4 varieties of upland cotton, *Gossypium hirsutum* L. at 3 levels of soil fertility in Raoyang county, Hebei Province during 4 growing seasons (1981—1984). The developmental states were recorded once every two days. The data collected show that the removal of about 8 early squares per plant produced several impacts: 1) The date of flower first appearing was delayed 9.32 days but not causing a decrease in lint yield; 2) The period of effective florescence was shortened 5.95 days which impaired yield; 3) The total of squares (including those removed) was increased by 15.31% or 7.07 per plant, laying a foundation of the compensation; 4) The rate of blossom was increased by 17.21% resulting in 0.43 more flowers per plant occurred; 5) The percentage of small bolls shedded was reduced by 9.85%; 6) The sum of large bolls was increased by 15.28% or 2.34 per plant; and 7) neither the number of fruit branches, the weight of seed cotton per boll nor the percentage of lint was changed significantly. It can be seen from above that the damaged plants could basically recruit the squares lost, and significantly raise the rate of blossom with a little increase in total of flowers, decrease the percentage of young bolls shedded, and in result, increase the sum of large bolls. The combination of these positive effects was much greater than that of the negative effect of shortening of florescence. Consequently, in general, the plants which inflicted a certain loss of early squares could have an increase in yield. This knowledge undermines the usual strategy for controlling the cotton bollworm, *Heliothis armigera* (Hubner), in North China in which control stress is put on the second generation.