

大豆食心虫发生数量预测 预报技术的研究

顾成玉 李长祥 梁艳春 张广芝

(黑龙江省农业科学院嫩江农业科学研究所)

摘 要

本文是以周期图分析方法研究分析了大豆食心虫数量消长规律,阐明了大豆食心虫数量消长随时间序列呈七年为周期变化,并建立了数量消长的数学模式。

以周期消长规律作大豆食心虫发生量的趋势预报的依据,同时引入当年七月份降水和平均相对湿度作为发生量判别式的主导因子。建立了发生量的预报方程,以预报方程作发生量的预报工具,经实际预报指导大面积防治,检验其预报的效果。实践证明发生量预报方法简单、易行、准确可靠。

前 言

大豆食心虫是我国北方大豆产区的主要害虫之一。黑龙江省嫩江地区属于中等发生危害区,一般虫食率10—20%,严重时可达50%以上,造成产量下降,品质降低,严重影响出口和经济收益。

大豆食心虫一年仅发生一代,食性单一,历年发生时期又相对的稳定和集中。但其消长规律迄今不甚清楚,用豆田目测蛾量的多少预报虫食率并以此确定防治与否,准确性较差,致使防治工作带有一定的盲目性。因此,发生量的预报则成为大豆食心虫防治成败的关键。

目前国内尚没有大豆食心虫发生数量的预测预报方法和通过预报指导大面积防治食心虫的实践,因此生产上需要尽快地研究出一种准确可靠、简单易行的预测预报方法。

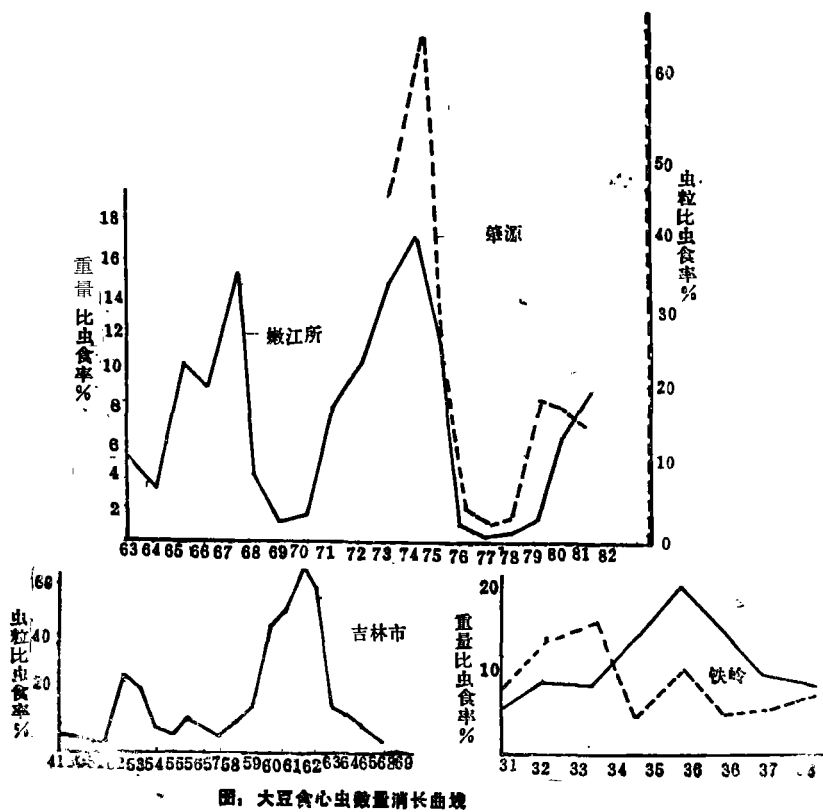
二、大豆食心虫发生数量的周期消长规律

1. 大豆食心虫数量消长的特点

大豆食心虫数量有逐年上升和逐年下降的现象(见图)。

* 本文承中国科学院动物研究所生态室副研究员丁岩钦先生和黑龙江省农科院植保所李景安所长,嫩江所李国桢副研究员审阅,特此致谢。

从图看出,不论从辽宁、吉林、黑龙江省不同地区,还是从三十年代到七十年代不同时期,大豆食心虫发生数都有量逐年上升和逐年下降的特点,经过数理统计分析,就会发现大豆食心虫数量消长有一定的规律性,这种规律性表现为数量消长与时间序列呈周期性变化。



2. 大豆食心虫周期消长的分析统计方法

我们以嫩江农科所系统观测资料(重量百分比)来说明大豆食心虫数量消长的统计和表示方法。

根据原始资料确定大豆食心虫数量消长的多年变化周期,首先是普查寻找周期。将原始资料分别按2、3、4...n/2年排列,通过普查找出并选用显著的周期。从本列资料目测以7年为好,以7年为周期,用周期图分析方法计算。

年 序	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
虫 食 率	4.7	3.3	10.1	9.5	15.5	4.0	1.5	1.9	8.0	10.4	14.4	17.0	11.0	1.5

	1	2	3	4	5	6	7
	4.7	3.3	10.1	9.5	15.5	4.0	1.5
	1.9	8.0	10.4	4.4	17.0	11.0	1.5
合 计	6.6	11.3	20.5	23.9	32.5	15.0	3.0
平 均	3.3	5.7	10.3	12.0	16.3	7.5	1.5
		3.3	5.7	10.3	12.0		
			1.5	7.5	16.3		
相 加a		3.3	7.2	17.8	28.3		
相 减b			4.2	2.8	-4.3		

$$A_0 = \frac{3.3 + 7.2 + 17.8 + 28.3}{7} = \frac{56.6}{7} = 8.07$$

$$A_1 = \frac{2}{7} \left[3.3 + 7.2 \cos \frac{2\pi}{7} + 17.8 \cos \frac{4\pi}{7} + 28.3 \cos \frac{6\pi}{7} \right]$$

$$= \frac{2}{7} [3.3 + 4.49064 - 3.9582 - 25.4983]$$

$$= \frac{2}{7} [-21.66638] = -43.33276 \div 7 = -6.190394$$

$$B_1 = \frac{2}{7} \left[4.2 \sin \frac{2\pi}{7} + 2.8 \sin \frac{4\pi}{7} + (-4.37 \sin \frac{6\pi}{7}) \right]$$

$$= \frac{2}{7} [3.28356 + 2.73 - 1.8662]$$

$$= \frac{2}{7} \times 4.14736 = 8.29472 \div 7 = 1.18496$$

$$A_2 = \frac{2}{7} [3.3 + 7.2 \cos 102^\circ 5' + 17.8 \cos 205^\circ 42' + 28.3 \cos 308^\circ 34']$$

$$= \frac{2}{7} [3.3 + 7.2(-2.224) + 17.8(-0.9011) + 28.3(0.6834)]$$

$$= \frac{2}{7} [3.3 - 1.60128 - 16.03958 + 17.64222]$$

$$= 6.60272 / 7 = 0.913245$$

$$B_2 = \frac{2}{7} [4.2 \sin 102^\circ 51' + 2.8 \sin 205^\circ 42' + (-4.3) \sin 308^\circ 34']$$

$$= \frac{2}{7} [4.2(0.975) - 2.8(0.4337) + 4.3(0.7819)]$$

$$= \frac{2}{7} (6.2481) = 12.48562 / 7 = 1.78366$$

$$y = 8.09 - 6.19 \cos \frac{2\pi \cdot t}{7} + 1.18 \sin \frac{2\pi \cdot t}{7} + 0.943 \cos \frac{4\pi \cdot t}{7} + 1.185 \sin \frac{4\pi \cdot t}{7}$$

表 1

t	$\frac{2\pi \cdot t}{7}$	变锐角	cos	值	sin	值	$\frac{4\pi \cdot t}{7}$	角锐角	cos	值	sin	值
1	51°26'	50°26'	cos 51°26'	0.6234	sin 51°26'	0.7819	102°51'	180—77°9'	-cos 77°9'	-0.224	sin 77°9'	0.975
2	102°51'	180°—77°9'	cos 77°9'	-0.2224	sin 77°9'	0.975	205°42'	180—25°45'	-cos 25°43'	-0.901	-sin 25°43'	-0.434
3	154°47'	180°—25°45'	cos 25°45'	-0.901	sin 25°45'	0.434	308°34'	180—51°26'	-cos 51°26'	0.6237	-sin 51°26'	-0.789
4	205°48'	180°—28°43'	cos 28°43'	-0.911	sin 28°43'	0.434	114°26'	180—51°26'	-cos 51°26'	0.6234	-sin 51°26'	-0.789
5	257°4'	180°—77°9'	cos 77°9'	-0.2224	sin 77°9'	-0.975	514°51'	180—25°43'	-cos 54°3'	0.901	sin 25°43'	0.434
6	308°34'	180°—51°24'	cos 51°24'	0.6234	sin 51°24'	-0.7819	617°6'	180—77°9'	-cos 77°9'	0.224	sin 77°9'	-0.975
7	360°00'	0	cos 0	1.000	sin 0	0	720°5'	0	cos 0	1.00	sin 0	0.00
8	411°26'											

- t; 1. 8.09+3.8588+0.1922642-0.2097232+1.7355=6.68
2. 8.09+1.376656+1.1505-0.849643-0.77252=9.00
3. 8.09+5.57719+0.51212+0.5878662-1.391782=13.3
4. 8.09+5.57719+0.51212+0.5878662-1.391782=15.13
5. 8.09+1.376656+1.1505-0.849643+0.77252=8.24
6. 8.09+3.8588-0.922642-0.2097232-1.735=1.38
7. 8.09-6.19+0.0+0.943+0.0=2.84

表 2

年 代	实际 y 值	理论 y 值	偏差 (y _理 - y _实)	周 期 显 著 性 测 定			均 方 差	振 幅 的 平 方
				N	x	Δx	Δx^2	
1963	4.7	2.8	-1.9	1	4.7	-3.4	11.50	$R^2 = A_1^2 + B_1^2$ $= 6.19^2 + 1.18^2$ $= 39.7085$
1964	3.3	6.7	3.3	2	3.3	-4.8	23.04	
1965	10.1	9.0	-1.1	3	10.1	2.0	4.00	
1966	9.5	13.4	3.9	4	9.5	1.4	1.96	
1967	15.5	15.1	-0.4	5	15.5	-7.4	54.86	$R_1 = 6.302$ 或 $R_1 = \frac{1}{2} (16.3 - 15)$ $= 7.4$
1968	4.0	8.2	4.2	6	4.0	-4.1	16.81	
1969	1.5	1.4	-0.1	7	1.5	-6.6	43.56	
1970	1.9	2.8	0.9	8	1.9	-6.2	38.44	
1971	8.0	6.7	-1.3	9	8.0	-0.1	0.0	显著性测定 $\frac{4\sigma^2}{N} \ln(20 \times n)$ $= \frac{4 \times 26.45}{14} \ln(20 \times 2)$ $= \frac{4 \times 26.45}{14} \times 3.6889$ $= 27.87 < R_1^2 = 39.71$
1972	10.4	9.0	-1.4	10	10.4	2.3	5.2	
1973	14.4	13.4	-1.0	11	14.4	6.3	39.09	
1974	17.0	15.0	-1.9	12	17.0	8.9	79.21	
1975	11.0	8.2	-2.8	13	11.0	2.9	8.41	
1976	1.5	1.4	-0.1	14	1.5	-6.6	43.56	
				Σ	112.8	-0.6	370.3	

平均 8.1

故周期 T=7 显著

统计分析结果表明大豆食心虫呈七年周期消长。

3. 大豆食心虫周期消长规律的影响因子

据冈田氏 1943 年报告, 有两种寄生蜂对东北大豆食心虫数量影响很大。据他五年调查结果, 寄生蜂数量逐年增长 16.7→21.2→42.4→65.0→73.5%, 而大豆食心虫数量逐年降低 40.6→39.0→17.2%。

1973—1977 年黑龙江省农科院植保所调查, 这两种寄生蜂是中国齿腿姬蜂 (*Prastonerus chinyis*) 和食心虫白茧蜂 (*Phanertama planisos*) 其寄生率从 62.1% 增加到 77.7%。则虫食率由 28% 降到 0.5%。可见天敌寄生蜂对大虫食心虫数量影响极大。

在自然条件下, 食心虫与寄生蜂之间相互依赖相互制约的关系, 食心虫数量依寄生蜂的多少而定。因此, 当食心虫大量繁殖以后, 便为寄生蜂创造了大量的食料来源, 寄生蜂数量随之急剧的增加, 食心虫数量减少。食心虫数量减少, 寄生蜂食料来源减少, 使之数量减少, 食心虫数量又开始增加。由于寄生蜂和食心虫相互依赖相互制约的结果, 使之大豆食心虫数量消长呈周期性变化。

必须指出的是大豆食心虫消长, 受寄生蜂为主的许多因子的综合影响, 其中气象因子, 幼虫上升结茧化蛹期的降水和相对湿度尤为重要。因而使周期消长规律出现了复杂的局面, 所以直接用周期消长规律只能做长期趋势的预报。

三、大豆食心虫发生量长期趋势的预报

以 7 年为大豆食心虫消长周期, 按其消长规律作大豆食心虫发生量长期趋势的预报工具, 我们的试验证明效果较好。

首先按时间序列 (年代顺序) 和对应的虫食率级别与值列表 3。

表 3

项 目	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
虫食率的级	1	2	3	5	6	7	4	1	2	3	5	6	7	4
重量比虫食率	< 2	2—5	5—8	9—13	13—15	> 15	8—9	< 2	2—5	5—8	9—13	13—15	> 15	8—9
虫粒比虫食率	< 3	3—8	8—10	13—17	17—20	> 20	10—13	< 3	3—8	8—10	13—17	17—20	> 20	10—13

预报时将当年秋天调查得到的虫食率, 按表 3 找出虫食率的对应年序, 年序向后推移到下一年序所对应的虫食率的级和值, 为下一年大豆食心虫虫食率的理论数值。如果下一年调查的虫食率达到预报理论值即预报准确, 再预报后年的虫食率时, 只需将年序推移即可。如果下一年调查虫食率未达到理论值, 预报有误差, 等于停留一年, 后年预报值应仍停留在上一年水平上, 不必再推移年序。

例如: 1976 年虫食率 1.5, 年序为 1。预报 1977 年虫食率时, 将年序 1 推移到 2, 虫食率理论值为 2—5% 实测为 0.2, 未达到理论值, 停留一年, 预报 1978 年虫食率的年序应仍停留在 2 上, 虫食率仍为 2—5%。

用 19 年历史资料回报检验, 准确率为 92.7%, 参阅表 7。

四、大豆食心虫发生量中期预报方法

用大豆食心虫周期消长规律作大豆食心虫发生量长期趋势预报工具, 方法简单易行, 有一定的准确性, 但是分析得出的 7 年周期是平均周期, 而且随时间推移周期不是周而复始的简单重复。因此每一个周期是有差异的, 这就造成了以周期作预报工具产生误差的所在。为此必须筛选出影响周期变化的其他因子, 判别周期变化幅度, 才能提高预报的准确性。

1. 影响大豆食心虫周期变化的因子

大豆食心虫数量消长除主要受寄生蜂影响外, 与大豆食心虫幼虫上移结茧化蛹期的降水和温度有很大关系, 高温特别是干旱, 幼虫死亡率显著地增加。

分析结果表明: 7 月份降水低于 100 毫米时, 对发生量就有影响, 当低于 50 毫米时更为明显。7 月份平均相对湿度低于 70% 时, 对发生量产生不利的影响, 当两个因素同时出现时, 对发生量的影响则更加显著。我们选用这两个因子建立中期预报的判别式。

2. 发生量中期预报的数学模式的建立

我们采用二级条件频率差法, 其运算步骤如下:

(1) 选取预报因子。 X_1 代表 7 月份降水, X_2 代表 7 月份平均相对湿度, 其预报因子和预报量的数值列成表。

(2) 气象预报量 Y 出现理论级别为 0, 偏差为 1; $X_1 < 70\text{mm}$ 为 1, $> 70\text{mm}$ 为 0; $X_2 < 70\%$ 为 1, $> 70\%$ 为 0。将历年预报量和预报因子代换为 0.1 数码, 列表 4。

表 4

年 代	63	64	65	66	67	68	69	70	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81
Y	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
X_1	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	1	0	1	0	1	1	0	0
X_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0
X_1X_2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0

根据表 4 的 0.1 数码, 统计各预报因子和各因子交差项与预报量相应的数码频率, 组成表 5。

表 5

因 子	予 报 量	Y		nk
		0	1	
X_1	0	8	3	11
	1	5	3	8
X_2	0	12	3	15
	1	1	4	5
X_1X_2	0	12	3	15
	1	1	3	4

(3) 计算二级条件频率差。由二级条件频率

差公式为, $\gamma_{p1} = \frac{n_{11}}{n_{10}} = \frac{n_{01}}{n_{00}}$ 。式中 γ_{p1} 为予报因子

(x_1, x_2) 和交差项 x_1x_2 。

由列联表所示, 代入各项因子的二级条件, 频率差为: $\gamma_{p1} = 3/8 - 3/11 = 0.102$, $\gamma_{p2} = 3/4 - 3/15 = 0.55$, $\gamma_{p1 \cdot 2} = 3/4 - 3/5 = 0.55$

(4) 建立预报方程。二级条件频率差予报方程

公式为: $Yp = \sum_{i=1}^m \gamma_{pi} - x_i + \sum_{j=1}^m \gamma_{pij} x_j$ 式中 m 表示因

表 6

年 代	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
yk	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0
yp	0	0	-0.03	-0.03	-0.03	-1.20	-0.03	0	0.666	0.102
理论值	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0
偏 差	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0
11	12	13	14	15	16	17	18	19		
0	0	0	0	1	1	1	0	0		
0.102	0.634	0	1.703	0.03	1.703	1.703	0	0		
0	0	0	1	0	1	1	0	0		
0	0	0	1	1	0	0	0	0		

子数目, γp_1 为 x 的二级条件频率差, γp_{ij} 为因子组合 $x_2 x_1$ 的二级条件频率差。

代入公式得 $yp = 0.102 x_1 + 0.55 x_2 + 0.55 x_1 x_2$

(5) 确定预报临界值。将各年 0.1 数码代入预报方程, 计算出历年 yp 值列表 6。

由表 6 看出, 对应于预报量 y 为 1 的最小的 yp 值为 0, 对应于预报量 y 为 0 的最大的 yp 值为 1.703, 将两值的平均数作预报临界值, 即 $yp_c = (0 + 1.703)/2 = 0.85$

当测得的 $yp < yp_c$ 时, 预报为 0, 预报理论值出现; 当测得 $yp > yp_c$ 时, 则预报 y 为 1, 预报有偏差, 停留 1 级。

(6) 预报方程的使用方法及效果。发出量中期预报方法是在周期消长规律上结合使用预报方程。

例如 1980 年实测虫食率为 3 级 7.4, 推移到 1981 年应为 5 级, 发出长期趋势预报。同时在获得 7 月降水 $181.4\text{mm} > 70\text{mm}$, $x_1 = 0$; 平均相对湿度 $78\% > 70\%$, $x_2 = 0$, 将 x_1 和 x_2 值代入预报方程, 求得临界值 $yp = 0.102x_1 + 0.55x_2 + 0.55x_1x_2 = 0$

表 7

年 代	重 量 比 虫 食 率	长 期 趋 势 予 报			中 期 予 报		
		理 论 级	实 测 级	符 合	理 论 级	实 测 级	符 合
1963	4.7	2	2	0	1	2	1
1964	3.3	2	2	0	2	2	0
1965	10.1	5	5	0	5	5	0
1966	9.5	6	5	1	5	5	0
1967	15.5	7	7	0	7	7	0
1968	4.0	4	2	2	2	2	0
1969	1.5	1	1	0	1	1	0
1970	1.9	2	1	1	2	1	1
1971	8.0	3	4	1	4	4	0
1972	10.4	5	5	0	5	5	0
1973	14.4	6	6	0	6	6	0
1974	17.0	7	7	0	7	7	0
1975	11.0	4	5	1	5	5	0
1976	1.5	1	1	0	2	1	1
1977	0.2	2	1	1	2	1	1
1978	0.5	2	1	1	1	1	0
1979	1.1	2	1	1	1	1	0
1980	7.4	2	3	1	3	3	0
1981	9.1	5	5	0	5	5	0

因为 $yp < yp_0 = 0 < 0.85$, 预报 y 值为 0, 即 1982 年按周期消长规律出现虫食 5 级 9—13, 实测结果 9.1 预报准确。

为了方便不必将降水量和湿度实测值代入公式可直接预报, 如果 7 月降水低于 70mm 或湿度低于 70%, 虫食率停留在上年的水平上, 相反虫食率则是年序后推一年的值。

经十九年回报检验准确 96.8%, 见表 7。1982 年开始在嫩江地区实际预报指导防治检验其准确性, 经 30 万亩大面积防治证明效果很好, 预报 1982 年虫食率 13—17%。实测两个县 30 余点平均虫食率 16.3%, 每亩纯收益 5 元, 净增收 150 万元,

六、小 结 与 讨 论

1. 大豆食心虫数量消长长期趋势预报是以周期图分析为工具, 中期预报是在周期消长规律基础上结合使用二级条件频率差方法, 用历史资料检验, 效果好, 经大面积实际预报指导防治证明是准确可靠的。

2. 大豆食心虫数量消长时间序列呈周期变化, 变化原因系生物因素影响和制约的结果。因而进一步研究天敌生物因素的变化及对大豆食心虫数量消长制约的关系, 是说明周期规律及其能否应用于长期预报上的关键之一。

3. 大豆食心虫周期消长规律为发生量长期趋势预报提供依据和可能, 预报误差来源于周期的波动幅度, 而周期波动幅度与气象条件有关系。

4. 大豆食心虫数量消长与幼虫脱茧入土期及幼虫上升结茧化蛹时的降低, 湿度有一定的关系。当气象因子出现极端值时, 才对数量变动有较明显的影响, 一般变化幅度内影响不明显。这一方面是由于大豆食心虫抗外界环境条件能力强, 另一方面则由于外界条件同时作用于大豆食心虫和天敌的结果。

参 考 文 献

1. 马世骏: 1955, 论害虫大发生及其预报 (一), 《昆虫学报》5 (4) 351—371。
2. 庞雄飞: 1961, 对猖獗周期性和害虫数量的平衡现象问题——对马世骏“论害虫大量发生及其预测 (一) 的意见”《昆虫学报》11(2)
3. 马世骏: 1961, 对猖獗周期性和害虫发生数量的平衡现象问题一文的商榷, 《昆虫学报》11 (4)
4. 徐庆丰等: 1959, 大豆食心虫简单介绍, 《昆虫知识》5 (7)
5. 石川正示: 1949, 东北大豆改良食问题《农试通讯》5 期
6. 内田登一: 1937, 东北大豆食心虫生活史《昆虫》第 2 卷。
7. 内田登一: 1910, 满洲大豆食心虫蛾防除上习性及其的主要研究上的绪问题《农事试验研究时报》1940, 32 号。
8. 内田登一: 1942, 满洲大豆食心虫的天敌, 《满洲农学会志》3 (34)
9. 内田登一: 1940, 寄生大豆食心虫姬蜂一种的生态观察, 《满洲生物学报》3。
10. 谭冠日: 1978, 气象数理统计预报方法, 科学出版社
11. 华尧南: 1980, 农业病虫害统计预报 山东科学出版社

STUDIES ON CALCULATION AND PREDICTION TECHNIQUE
OF THE POPULATION OF SOYBEAN POD BORER

(*Legumini Vora glycinivorella* (Mats.) Obra.)

Gu Chengyu Li Changxiang Liang Yanchun Zhang Guangzhi

(*Nenjiang Agricultural Institute, Heilongjiang*

Academy of Agricultural Sciences)

Abstract

The regularity of growth and decline of the population of soybean pod borer has been studied by analysis of periodic diagram. It has been shown that the population of the insect varied with a lapse of every seven years. A mathematic model of growth and decline has been established.

The A calculation and prediction method is simple, available and easy to operate in practice. The method is not only based on the periodic regularity of growth and decline of the insect, and also based on the rainfall in July and the mean relative humidity. A prediction equation might indicate the population that could occur. Indicating the population of soybean pod borers that could occur and using as prediction means, the prediction equation was won approval by their control in a large area.