BRAGANTIA

Boletim Técnico do Instituto Agronômico do Estado de São Paulo

Vol. 18 — Outubro de 1959 — N.º 18

INTERVALOS ENTRE TRATAMENTOS INSETICIDAS (*)

LUIZ O. T. MENDES

Engenheiro-agrônomo, Seção de Entomologia, Instituto Agronômico

RESUMO

Admitindo que as populações de insetos crescem segundo a lei logística, o autor, partindo de uma equação que a descreve, apresenta uma fórmula que permite estabelecer o intervalo de tempo que deve decorrer entre os tratamentos inseticidas, para que a infestação por uma praga não exceda um limite pré-estabelecido.

O valor de *t* (intervalo, expresso em número de gerações do inseto) depende do potencial biótico da espécie, da eficiência do inseticida e do nível de infestação que se estabelecer como máximo permissível.

Os resultados teóricos são discutidos e mostram a possibilidade de sua comprovação por meio de populações de insetos mantidas em laboratório, como fase preliminar à sua aplicação no campo.

1 — TEORIA

Admitindo que uma população de insetos cresce segundo a lei logística, de acôrdo com trabalho anterior (1) podemos escrevê-la:

$$P_t = \frac{P_m p^t}{C + p^t} \qquad (1)$$

onde

P_t = tamanho da população no momento t

P_m = tamanho máximo da população

p = potencial de reprodução do inseto

t = número de gerações

$$C = (P_m - P_o) / P_o \qquad (2)$$

(*) Trabalho apresentado na IV Reunião Latinoamericana de Fitotecnia, realizada em Santiago de Chile, de 24 de novembro a 6 de dezembro de 1958.

Recebido para publicação em 30 de janeiro de 1959.

P_o = população inicial (em dado momento).

Para dados porcentuais, $P_m = 100$, isto é, a população máxima será 100%, e a equação (1) se transforma em

$$P = \frac{100\ p^t}{C + p^t} \tag{3}$$

onde

$$C = (100 - P_o) / P_o \tag{4}$$

ficando, portanto, expressos em porcentagens do tamanho máximo, os valores de P_t.

Por definição sabemos que, em dado momento, a população tem um tamanho P_o. Vamos aceitar seja êsse o tamanho máximo que admitimos possa vir a ter a população, isto é, admitamos que não queremos que o tamanho da população exceda o limite P_o.

Se, nesse momento dado, em que a população está com o tamanho P_o, fôr ela atacada com um inseticida de eficiência E (que, em têrmos porcentuais varia de 0 a 100, ou de 0,00 a 1,00) a parte da população que fôr destruída será EP_o, e a parte que escapar ao contrôle será mP_o (onde $m = 1\text{-}E$).

Logo, a partir dêsse tratamento, obedecendo à lei logística a população crescerá segundo a equação (3), na qual a constante C, com seu valor dado em (4), passará a ter a forma dada a seguir (5), pela substituição de P_o por mP_o, seu correspondente valor no momento dado:

$$C = (100 - mP_o) / mP_o \tag{5}$$

Substituindo em (3) a constante C pelo seu valor dado em (5), tem-se

$$P_t = \frac{100\ p^t}{(100 - mP_o)\ /\ mP_o + p^t} \tag{6}$$

Então, como já havíamos antes estabelecido que não queremos que essa população exceda o valor P_o, temos que saber quando voltará ela a ter êsse tamanho P_o, para que se faça novo tratamento inseticida. Isto é, temos que determinar que espaço de tempo levará essa população para restabelecer seu primitivo tamanho P_o.

Assim, dando à equação (6) o valor P_o e, para simplificar, deixando no denominador a constante C, temos,

$$P_o = \frac{100\ p^t}{C + p^t} \tag{7}$$

logo

$$P_o (C + p^t) = 100\ p^t$$

$$P_o\ C + P_o p^t = 100\ p^t \therefore P_o\ C = p^t\ (100 - P_o)$$

e

$$p^t = \frac{P_o\ C}{100 - P_o} \tag{8}$$

mas como

$$C = (100 - mP_o) / mP_o$$

tem-se

$$P_oC = \frac{P_o\,(100 - mP_o)}{mP_o} = \frac{100 - mP_o}{m} \tag{9}$$

e, substituindo em (8) P_oC pelo seu valor (9) tem-se

$$p^t = \frac{100 - mP_o}{m} \div (100 - P_o)$$

donde

$$p^t = \frac{100 - mP_o}{m\ (100 - P_o)} \tag{10}$$

e, aplicando logarítmos, vem

$$t \log\ p = \log \frac{100 - mP_o}{m\ (100 - P_o)}$$

e

$$t = \frac{\log\,[(100 - mP_o) / m\,(100 - P_o)]}{\log\ p} \tag{11}$$

A equação (11) nos dá, portanto, o valor de **t** (expresso em número de gerações, de uma praga de potencial de reprodução **p**) necessário a que a população da praga (que havia sido reduzida a um tamanho $\mathbf{mP_o}$, em virtude da aplicação de um inseticida de eficiência **E**) restabeleça seu tamanho original $\mathbf{P_o}$.

2 — EXEMPLO

Seja uma praga de potencial de reprodução $p = 10$.

Como $\log\ p = 1$ a equação (11) se simplifica em

$$t = \log \frac{100 - mP_o}{m\ (100 - P_o)} \tag{12}$$

Dando valores a **m**, de 0,005 a 1,00 e calculando os valores de **t**, para níveis de infestação (P_o) de 0,01 — 1 — 5 — 20 — 50 — 80 — 99 e 99,99, acham-se os resultados apresentados no quadro 1. Algumas das curvas representativas acham-se na figura 1.

QUADRO 1. — Valores de t, em função da eficiência do inseticida (E), para diferentes níveis máximos de infestação (P_o)

E	m	NÍVEIS MÁXIMOS DE INFESTAÇÃO = P_o							
		0,01	1	5	20	50	80	99	99,99
0,995	0,005	2,301	2,305	2,323	2,398	2,601	2,998	4,281	6,299
0,99	0,01	2,000	2,004	2,022	2,096	2,299	2,695	3,996	5,997
0,98	0,02	1,699	1,703	1,721	1,794	1,996	2,391	3,690	5,690
0,97	0,03	1,523	1,527	1,544	1,617	1,817	2,211	3,510	5,510
0,96	0,04	1,398	1,402	1,419	1,491	1,690	2,083	3,380	5,380
0,95	0,05	1,301	1,305	1,322	1,394	1,591	1,982	3,279	5,279
0,925	0,075	1,125	1,130	1,145	1,215	1,409	1,797	3,091	5,091
0,90	0,10	1,000	1,004	1,020	1,088	1,279	1,663	2,955	4,954
0,85	0,15	0,824	0,828	0,843	0,908	1,091	1,467	2,754	4,753
0,80	0,20	0,699	0,702	0,717	0,778	0,954	1,322	2,603	4,602
0,75	0,25	0,602	0,605	0,619	0,677	0,845	1,204	2,479	4,477
0,70	0,30	0,523	0,526	0,539	0,593	0,754	1,103	2,370	4,369
0,65	0,35	0,456	0,459	0,470	0,521	0,673	1,012	2,271	4,269
0,60	0,40	0,398	0,401	0,411	0,459	0,602	0,929	2,179	4,176
0,55	0,45	0,347	0,349	0,359	0,403	0,537	0,852	2,091	4,087
0,50	0,50	0,301	0,303	0,312	0,352	0,477	0,778	2,004	4,000
0,45	0,55	0,260	0,262	0,270	0,306	0,421	0,707	1,918	3,913
0,40	0,60	0,222	0,223	0,231	0,263	0,368	0,637	1,830	3,824
0,35	0,65	0,187	0,189	0,195	0,223	0,317	0,567	1,739	3,731
0,30	0,70	0,155	0,156	0,162	0,186	0,269	0,497	1,642	3,632
0,25	0,75	0,125	0,126	0,131	0,151	0,222	0,426	1,153	3,523
0,20	0,80	0,097	0,098	0,101	0,118	0,176	0,352	1,415	3,398
0,15	0,85	0,071	0,071	0,083	0,087	0,131	0,275	1,271	3,247
0,10	0,90	0,046	0,046	0,048	0,056	0,087	0,192	1,083	3,046
0,075	0,925	0,034	0,034	0,036	0,041	0,065	0,148	0,959	2,909
0,05	0,95	0,022	0,022	0,023	0,028	0,043	0,101	0,797	2,722
0,04	0,96	0,018	0,018	0,019	0,022	0,036	0,082	0,713	2,621
0,03	0,97	0,013	0,013	0,014	0,016	0,026	0,062	0,612	2,492
0,02	0,98	0,009	0,009	0,009	0,011	0,017	0,042	0,483	2,312
0,01	0,99	0,004	0,004	0,005	0,005	0,009	0,021	0,303	2,009
0,00	1,00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

Os valores de **t** apresentados no quadro 1, para serem aplicáveis a qualquer outro caso, isto é, para praga de potencial de reprodução diferente de 10, deverão ser divididos por log p.

Assim, para um inseto com p=8, basta dividir os resultados por 0,903; para p=20, dividir por 1,301 etc.

A forma das curvas apresentadas na figura 1, qualquer que seja o caso, será sempre a mesma.

3 — DISCUSSÃO

As curvas representativas de valores de **t** para baixos níveis de infestação (P_o), de 0,01 a 5%, pràticamente se sobrepõem.

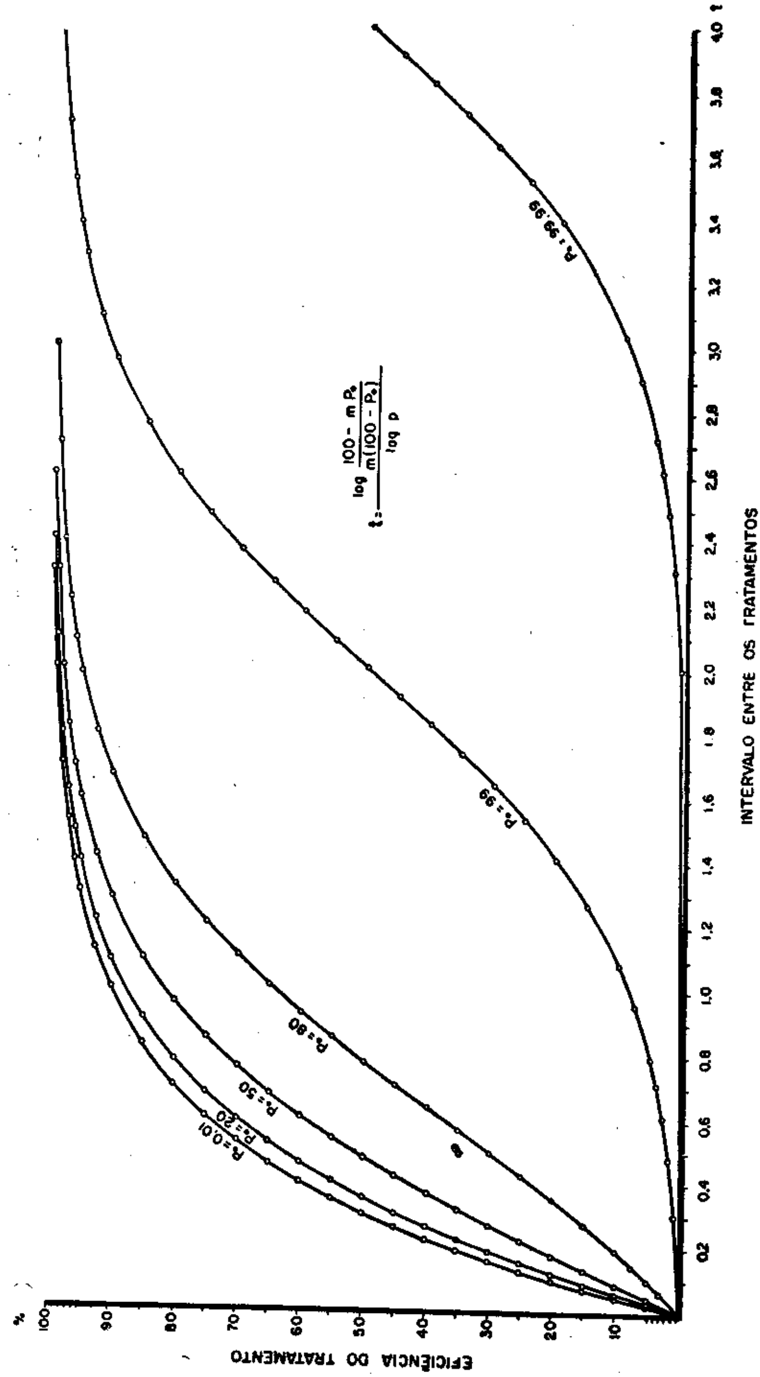

Figura 1. — Algumas curvas representativas dos diferentes valores calculados de t, em função da eficiência do tratamento inseticida, para certos valores limites de P_0.

Isto significa que a aplicação de inseticidas capazes de controlar uma praga, de tal maneira a não permitir que seu índice de infestação exceda um certo nível pré-estabelecido, deverá ser feita a intervalos que serão pràticamente iguais, seja quando aquêle nível fôr de 0,01%, seja quando 500 vêzes maior, isto é, de 5%. O intervalo dependerá quase que exclusivamente da eficiência do inseticida, pouco tendo a ver com o baixo nível de infestação que não se deseja ver excedido.

Assim, com um inseticida de 90% de eficiência, será possível evitar que uma praga, de potencial de reprodução $p = 10$, exceda o nível de infestação de sòmente 0,01%, desde que as aplicações sejam feitas a intervalos de uma geração ($t = 1{,}000$). O intervalo entre os tratamentos aumentará de muito pouco (tão sòmente 0,02 t a mais) se, com o uso do mesmo inseticida, se permitir que a praga atinja 5% de nível de infestação. Se a referida praga tiver um ciclo vital de 30 dias, para evitar que seu nível de infestação exceda de 0,01%, a aplicação do inseticida deverá ser feita a intervalos de 30 dias; já para que tal nível não exceda de 5% a aplicação deverá ser feita a intervalos de 30,6 dias.

Para inseticidas de elevada eficiência ($E = 90\%$ ou mais), um pequeno acréscimo em sua eficiência se traduz em grande aumento no valor de **t**, isto é, no intervalo que deve medear entre os tratamentos.

Assim, um acréscimo de 5% ($E = 90+5 = 95\%$) na eficiência do inseticida fará com que os intervalos entre os tratamentos (que deveriam ser de 1,000 e 1,020) se elevem para 1,301 e 1,322 (pràticamente iguais), respectivamente para 0,01 e 5% de níveis de infestação. Um acréscimo de mais 4% ($E = 95+4 = 99\%$) na eficiência do inseticida fará com que aquêles intervalos passem a ser, respectivamente, de 2,000 e 2,022, também pràticamente iguais.

Logo, para o caso em aprêço, um aumento de 9% na eficiência de um inseticida de eficiência $E = 90\%$ significará um ganho de 100% no intervalo entre os tratamentos.

Existem grandes possibilidades de se estudar a aplicabilidade da teoria exposta, por meio de populações de insetos criados em laboratório. Será preciso que se conheçam o potencial de reprodução e ciclo vital da espécie em criação. Necessário será deixar crescer sua população em ambiente limitado, para preliminarmente determinar o tamanho máximo que tal população poderá atingir naquele ambiente.

Com tais dados conhecidos, será então possível o estabelecimento de culturas do inseto, cujo crescimento será permitido até um tamanho pré-estabelecido (P_o), quando então, pela simples eliminação de parte da população obter-se-á o efeito da aplicação de um insticida de eficiência conhecida (E). Deixando a população crescer durante um intervalo de tempo determinado teòricamente (t), se ao fim dêsse tempo ela tiver restabelecido o nível P_o, estará comprovada a teoria.

INTERVAL BETWEEN INSECTICIDE TREATMENTS

SUMMARY

Based on the assumption that the growth of insect populations follows the logistic law, the author developed an equation for the determination of the time interval between insecticide treatments:

$$t = \frac{\log \dfrac{100 - P_o\ (1 - E)}{(1 - E)\ (100 - P_o)}}{\log p}$$

where

t = time interval between treatments expressed in number of generations of the species;

P_o = maximum percentage of infestation, that must not be surpassed (from 0,00 to 100,00);

E = efficiency of the insecticide (from 0,00 to 1,00);

p = reproduction potential of the species.

The theoretical results are discussed.

LITERATURA CITADA

1. Mendes, Luiz O. T. Determinação do potencial biótico da "Broca do Café" — *Hypothenemus hampei* (Ferr.) — Considerações sôbre o crescimento de sua população. VI. Uma equação que relaciona o coeficiente de sobrevivência (α) e a equação logística. Ann. Acad. bras. Sci. 23:[213]-220. 1951.