

KRZYSZTOF PIEKARCZYK  
Instytut Ochrony Roślin w Poznaniu

## STATYSTYCZNO-MATEMATYCZNE METODY PROGNOZOWANIA SZKODNIKÓW ROŚLIN UPRAWNYCH \*)

W ostatnich latach obserwuje się duże zainteresowanie statystyką matematyczną i jej zastosowaniem przy rozwiązywaniu szeregu problemów naukowych i praktycznych w różnych dziedzinach życia gospodarczego, społecznego itp. Nie pozostała w tyle również tak specjalistyczna i wąska dziedzina jaką jest prognozowanie występowania chorób i szkodników roślin uprawnych. Znane są publikacje na temat zastosowania metod statystycznych w przewidywaniu nasilenia różnych chorób roślin i gryzoni (Szifman, Pestinskaja, Czumakow, Sergejew, Sawosta, Schrödter H., Ulrich J.). One też inspirowały nasze badania prowadzone w latach 1969—1972 w Pracowni Prognoz i Sygnalizacji Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu. Opracowana tam została metoda, która w oparciu o wzór regresji wielokrotnej pozwala postawić prognozę terminu pojawu względnie nasilenia szkodników. Metodę wypracowano na przykładzie mszycy trzmielinowo-burakowej (*Aphis fabae* Scop.). Mszyca ta jest szkodnikiem wielu roślin uprawnych głównie buraków cukrowych i występuje na obszarze całej Polski w zmiennym nasileniu. Gatunek ten wymaga stałej kontroli a plantacje buraków muszą być corocznie chronione za pomocą pestycydów. Mimo systematycznej bowiem ochrony chemicznej zdarzają się lata klęskowego wystąpienia mszycy (np. w roku 1959).

Istotą metody statystyczno-matematycznej jest zjawisko zależności zachowania się danego gatunku, stanowiącego przedmiot prognozy od określonych czynników środowiskowych, głównie meteorologicznych. Zależność tę należy rozumieć w ten sposób, że na zachowanie się gatunku tzn. na jego różnorodne przejawy życiowe jak składanie jaj, wyląg larw, płodność itp. wpływ mają czynniki środowiska, w którym żyje organizm, głównie temperatura i wilgotność. Istotny jest także ten fakt, że szereg czynników abiotycznych kształtuje przebieg określonych procesów rozwojowych na długo przed ich wystąpieniem co pozwala wykorzystać tę me-

---

\*) Publikacja omawiająca wyczerpująco zagadnienia zastosowania metod statystyczno-matematycznych w prognozowaniu mszycy trzmielinowo-burakowej (*Aphis fabae* Scop.) ukaże się w druku w Pracach Instytutu Ochrony Roślin.

tość do prognozowania. Zależność między zjawiskami meteorologicznymi a biofenologicznymi owadów rozpatrywano w dwóch aspektach:

1) siły zależności i 2) charakteru zależności to znaczy czy jest ona dodatnia czy ujemna (np. czy wyższe od normalnych temperatury lutego wpływają na przyspieszenie lub opóźnienie wylęgu larw itp.).

Zastosowanie metody regresji wielokrotnej możliwe było po spełnieniu trzech warunków:

1. Dysponowanie odpowiednio licznym i wieloletnim materiałem wyjściowym zawierającym: a) dane o terminach poszczególnych faz rozwojowych gatunku prognozowanego z różnych rejonów kraju i możliwie jak największej liczby lat (są to tzw. zmienne zależne), b) dane meteorologiczne, w tym przypadku średnie temperatury miesięczne lub dekadowe, oraz sumy opadów z tych lat z których dysponuje się materiałem biofenologicznym (tzw. zmienne wpływające).

2. Wszystkie zmienne zależne i wpływające muszą być przedstawione w liczbach, aby mogły być zaprogramowane dalsze obliczenia.

3. Konieczne jest zastosowanie elektronicznych maszyn liczbowych pozwalających na szybkie i dokładne przetwarzanie danych liczbowych i wyliczenie wzoru regresji wielokrotnej.

A oto w dużym skrócie tok postępowania jaki przyjęto przy wypracowaniu metody statystycznej na przykładzie mszycy trzmielinowo-burakowej (*Aphis fabae* Scop.). Jako zmienne zależne uwzględniano  $Y_1$  termin wylęgu larw na trzmielinie — (*Evonymus europea* L.)

$Y_2$  — termin pojawu mszyc uskrzydłych na trzmielinie,

$Y_3$  — termin przelotu mszyc na buraki cukrowe,

$Y_4$  — liczebność populacji zimującej mszycy,

$Y_5$  — termin składania jaj na trzmielinie,

$Y_6$  — nasilenie (liczebność) na burakach cukrowych.

### Hipoteza badawcza

Szczegółowe założenia podjętych badań przedstawiają się następująco:

1. Istnieje korelacja między układem czynników meteorologicznych a liczebnością zimujących jaj mszycy na trzmielinie (*Evonymus* sp.) i nasileniem występowania mszyc na plantacjach buraków w sezonie wegetacyjnym.

2. Zachodzi korelacja pomiędzy układem czynników meteorologicznych w okresie spoczynku zimowego mszycy trzmielinowo-burakowej, a terminem pojawu określonych stadiów rozwojowych tego gatunku jak: wylęg larw na trzmielinie, pojaw mszyc uskrzydłych na trzmielinie, przelot mszyc uskrzydłych na burakach cukrowych.

3. Termin pojawu późniejszych stadiów rozwojowych mszycy, zależy ponadto od terminu pojawu stadiów wcześniejszych. Tak na przykład ter-

min wylęgu mszyc uskrzydłych na trzmielinie uzależniony jest od terminu wylęgu pierwszych larw na tej roślinie, czyli od początku rozwoju populacji mszycy na gospodarzu zimowym — trzmielinie po zakończeniu diapauzy zimowej.

Przelot mszyc na buraki natomiast jest uzależniony zarówno od terminu rozpoczęcia aktywnego życia mszyc, jak i od terminu pojawienia się pierwszych uskrzydłych mszyc na trzmielinie.

Przedstawiona hipoteza opiera się na stwierdzeniach wielu badaczy, którzy jak to już zaznaczono, ustalili tego rodzaju korelację dla niektórych chorób roślin uprawnych i jednego gatunku gryzoni (Czumakow 1961, Pestinskaja 1963, Szifman 1964, Sergejew 1965).

Autorzy ci stwierdzili istnienie korelacji, jednak nie podali jej istoty i mechanizmu działania. Więcej światła na tę sprawę rzucił Less (1955), który widział zjawisko wpływu określonych warunków środowiska, zwłaszcza temperatury powietrza na zimujące jaja przedziorków (*Tetranychidae*) w przesłance natury fizjologicznej. Autor utrzymuje mianowicie, że termin wylęgania przedziorków z zimowych jaj zdeterminowany jest temperaturą panującą w czasie 5 miesięcy od (października do marca) poprzedzających wyląg larw. Przez cały ten okres trwa bowiem proces diapauzy, której długość uzależniona jest od wystąpienia i czasu trwania optymalnych temperatur. Rzecz jasna, że poza temperaturą jak wykazano w dalszej części badań, odgrywa tu rolę również wilgotność środowiska, w którym jajo zimuje oraz inne nie znane nam bliżej czynniki.

Wyniki badań Lessa w znacznej mierze tłumaczyłyby realność istnienia poszukiwanej korelacji między meteorologicznymi czynnikami działającymi w środowisku na zimujące stadia mszycy, a terminami pojawu pierwszych stadiów rozwojowych wiosennej populacji tego gatunku.

Poszukiwanie korelacji między zmiennymi zależnymi i wpływającymi przeprowadzono wstępnie metodą graficzną. Analiza diagramów korelacyjnych umożliwiła zorientowanie się czy korelacja między badanymi zjawiskami rzeczywiście istnieje i które ze zmiennych niezależnych najsilniej wpływają na zmienne zależne. Następny etap badań polegał na przeprowadzeniu zaprogramowanych obliczeń statystyczno-matematycznych, za pomocą elektronicznych maszyn cyfrowych. W obliczeniach uwzględniano wszystkie czynniki fenologiczne i meteorologiczne nawet jeżeli graficznie nie wykazywały korelacji ze sobą. Istniało bowiem przypuszczenie, że współdziałanie poszczególnych czynników ze sobą w różnych kombinacjach może dać całkowicie inny obraz korelacji. Zaprogramowane obliczenia miały definitywnie potwierdzić istnienie względnie brak tej korelacji.

Obliczenia prowadzono etapami, eliminując w każdym następnym etapie te zmienne, które nie dawały pozytywnych wyników.

Do analizy i interpretacji wyników końcowych badań i obliczeń zesta-

wiono następujące dane: 1) cząstkowe współczynniki regresji i testy  $t$  dla określenia ich istotności, 2) kwadrat współczynnika korelacji wielokrotnej, czyli tzw. współczynnik determinacji, 3) wyniki analiz wariancji, 4) wyniki weryfikacji prognoz z uwzględnieniem średnich kwadratów odchyłeń oraz odpowiednich testów istotności.

W wyniku przeprowadzonych w trakcie realizacji etapów selekcji zmiennych ostateczny zestaw zmiennych zależnych i niezależnych przedstawiał się następująco: zmienne zależne ( $Y$ ).

$Y_1$  — wyląg larw na trzmielinie,

$Y_2$  — pojaw mszyc uskrzydłych na trzmielinie,

$Y_3$  — przelot mszyc na buraki cukrowe.

Zmienne niezależne ( $x$ ):

$x_1$  — średnia temperatura stycznia,

$x_2$  — średnia temperatura lutego,

$x_3$  — opady lutego,

$x_4$  — średnia temperatura III dekady marca,

$x_5$  — opady grudnia,

$x_6$  — opady listopada,

$x_7$  — opady października,

$x_8$  — opady września.

Na podstawie danych pochodzących z 9 lat wyliczony został wyjściowy wzór regresji wielokrotnej

$$Y = \bar{y} + b_1 (x_1 - \bar{x}_1) + b_2 (x_2 - \bar{x}_2) + \dots + b_k (x_k - \bar{x}_k)$$

gdzie

$Y$  = zmienna zależna,

$\bar{y}$  = średnia wielkość obserwowanych zmiennych zależnych,

$x$  = zmienna niezależna,

$\bar{x}$  = średnia wielkość obserwowanych zmiennych niezależnych,

$b$  = cząstkowy współczynnik regresji.

Po podstawieniu do wzoru odpowiednich wartości można otrzymać dane o przewidywanym terminie wylęgu larw na trzmielinie, pojawu mszyc uskrzydłych na trzmielinie względnie przelotu mszyc uskrzydłych na buraki.

*Sposób praktycznego wykorzystania wzorów regresji wielokrotnej do prognozowania pojawów mszycy trzmielinowo-burakowej*

Przystępując do opracowania prognozy wystąpienia mszycy trzmielinowo-burakowej w danym roku, należy wstawić do odpowiedniego wzoru wartości liczbowe dla poszczególnych zmiennych niezależnych dotyczące

rejonu, dla którego opracować mamy prognozę. Analogiczną prognozę możemy postawić dla dowolnego rejonu Polski pod warunkiem, że do wzoru wstawiane będą wartości  $x$  i  $y$  z okresu poprzedzającego bezpośrednio wiosnę danego roku, dla której opracowana ma być prognoza.

Wyniki przeprowadzonych badań wyjaśniły szereg problemów dotyczących prognozowania i stworzyły możliwości rozwinięcia dalszych poszukiwań w tej dziedzinie. W zakończeniu chciałbym przytoczyć kilka ciekawszych i bardziej istotnych wniosków.

1. Zastosowana w pracach badawczych metoda równania regresji wielokrotnej wykazała istnienie wyraźnej zależności między niektórymi czynnikami klimatycznymi, występującymi w okresie jesieni i zimy a rozwojem mszycy trzmielinowo-burakowej w okresie wiosennym następnego roku. Zależność ta ma swoje źródło we wpływie czynników klimatycznych na zimującą populację mszyc.

2. Metoda regresji wielokrotnej pozwoliła nie tylko znaleźć korelację między czynnikami meteorologicznymi jesieni i zimy a rozwojem wiosennym mszycy, ale także ustalić kierunek i siłę tej zależności.

3. Metoda regresji wielokrotnej, dzięki możliwości ujęcia zależności we wzory liczbowe, pozwala wypracować prognozę, w której dokładnie można ustalić terminy pojawu niektórych stadiów rozwojowych mszycy trzmielinowo-burakowej co ma szczególne znaczenie w zwalczaniu tego szkodnika jako wektora chorób wirusowych.

Jak każda prognoza, kryje ona w sobie ryzyko niesprawdzalności, z którym zawsze należy się liczyć. Niemniej jednak jak wykazano w pracy, w licznych przypadkach prognoza wskazywała terminy pojawu określonych stadiów rozwojowych z dokładnością do jednego dnia co uznać należy za wynik bardzo dobry. Wcześniejsze ustalenie terminu pojawu uskrzydłych mszyc na plantacjach buraków cukrowych pozwoli zastosować chemiczne środki ochrony roślin w optymalnym terminie a tym samym gwarantuje skuteczną ochronę przed chorobami wirusowymi roznoszonymi przez mszyce.

4. Wstępne etapy badań wykazały, że na liczebność jaj na trzmielinie oraz liczebność mszyc na burakach cukrowych nie ma istotnego wpływu pogoda (temperatura i opady) poprzedzającego o kilka tygodni do kilku miesięcy okresu czasu.

Decydujący wpływ na oba te zjawiska ma niewątpliwie pogoda okresu poprzedzającego o kilka dni dane zjawiska lub występująca w czasie ich trwania.

5. Ujawnienie w pracy wartości i przydatności metod statystyczno-matematycznych w badaniach ekologicznych otwiera szerokie możliwości rozwiązywania nieznanych do tej pory lub niemożliwych dotąd do udowod-

nienia zależności i prawidłowości występujących między owadami i środowiskiem. Są to zagadnienia niezwykle skomplikowane gdyż wynikają z bardzo dużej liczby kombinacji współdziałania wielu czynników środowiska, odgrywających istotną rolę w oddziaływaniu na organizm i zachowanie owadów. Nie w każdym przypadku jednak, przynajmniej do tej pory, daje się owe zależności i prawidłowości przedstawić w liczbach i ująć w sztywne ramy wzorów matematycznych co świadczy raczej o ich niedoskonałości lub braku w tej dziedzinie odpowiednich badań naukowych. Wykrycie i udowodnienie współdziałania czynników środowiska na owady jak również praktyczne wykorzystanie tegoż współdziałania przez człowieka regulowaniu zjawisk biofenologicznych u owadów jest kwestią czasu i w dużej mierze będzie zależało od rozwoju metod statystyczno-matematycznych w problematyce entomologii stosowanej i ekologii.