

УДК 595.752.2:591.525 (477.54)

© 1999 г. В. Л. ЧЕРНЕНКО

МАТЕМАТИЧНІ МОДЕЛІ КОРОТКОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ РОЗВИТКУ БАШТАННОЇ ПОПЕЛИЦІ В ЛІВОБЕРЕЖЖІ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Довго- та короткостроковий прогнози є передбаченням за більш-менш тривалий період інтенсивності розвитку хвороби або шкідника в наступному чи даному вегетаційному періоді (Дрейпер, Смит, 1985).

Для розробки короткострокового прогнозу поширення і чисельності попелиць в агроценозах необхідна значна кількість специфічної інформації, яка характеризує стаціональний розподіл, фенологію, інтенсивність льоту, щільність заселення, наявність ентомофагів в досліджуваній агроєкосистемі.

Баштанній попелиці притаманна досліджена нами циклічність масових розмножень, але моделей прогнозів поведінки популяції, як і визначення найбільш впливових предикторів (метеоінформація, кількісні параметри біоценотичних зв'язків), за якими вони повинні розроблятися, немає.

З точки зору сучасності, кращим за результатом (вірогідністю) є метеобіологічне прогнозування (Нескорожений, Скибинська, Зеленська, 1994), оскільки воно включає не тільки однобічний аналіз метеорологічних чинників, що є характерним для стандартних прогнозів (Поляков, Персов, Смирнов, 1984), а й дозволяє всебічно проаналізувати кількісні параметри стану популяції шкідливого організму з урахуванням і біотичних факторів. Щодо математичного вирішення проблеми, значна перевага надається методам статистичного моделювання (Уланова, Забелін, 1990), бо вони найбільш природно описують існуючі залежності та легше реалізуються у практичному використанні (Брусилівський, 1989).

Для раціонального використання хімічних заходів захисту баштанних культур від попелиць необхідно мати прогноз чисельності виду з урахуванням окремих фаз його розвитку. Для Лівобережжя Лісостепу України до них належать: початок заселення посівів крилатими мігрантами (для своєчасної організації захисту методом крайового обприскування) і масове відродження личинок самками-засновницями.

Весь період з моменту первинного заселення посівів до масового розповсюдження виду на рослинах агроценозів, тобто цікавлячий і в подальшому прогнозованій нами рівень подій, зумовлюється тільки комплексом факторів навколишнього середовища. Початковий набір метеопредикторів для аналізу мав такі параметри: тривалість сонячного сяйва, кількість опадів, гідротермічні коефіцієнти. Крім цього використовували показники: мінімального температурного режиму ґрунту, суми температур поверхні ґрунту нижче -10 , вище 0°C в період, несприятливий для розвитку виду, та середньомісячних температур. Але кожен з цих факторів має вузьконаправлене значення і не повинен розглядатись окремо від сукупності умов навколишнього середовища (Михайлов, Тимченко, Бейдер, 1985).

Комплексним об'єднуючим показником у нашому випадку виступала тривалість сонячного сяйва (ТСС), як безпосередній прояв сонячної активності – глобального коректора температурного і вологосного режимів у конкретному регіоні.

Підтвердженням цього факту є сучасні уявлення про циклічність змін сонячної активності і погодно-кліматичних факторів, які свідчать про залежність від неї багаторічного ходу кліматоутворюючих чинників, метеорологічних елементів, урожайності сільськогосподарських культур, родючості ґрунту, які першочергово зумовлюють і регулюють динаміку чисельності популяції комах (Дружинин, Хамьянова, 1969; Белецький, 1985; Галкін, 1992; Коринець, 1992).

Метеорологічні параметри брали з річних звітів метеостанції Інституту овочівництва і баштанництва УААН і Харківського Гідрометеоцентру, інформацію про особливості розвитку популяції баштанної попелиці одержано з безпосередньої спостережень на посівах протягом 1994–1999 рр. Фактичний матеріал обробляли за допомогою варіаційно-статистичного аналізу. Алгоритм розробки математичних моделей прогнозів міграційної активності і чисельності баштанної попелиці в агроценозах проводили за наступною схемою: відбір предикторів за коефіцієнтами кореляції на рівні значущості не менше 95%; відбір кращих рівнянь регресії, керуючись наступними критеріями: кінцеве рівняння повинно пояснювати не менше 90% варіацій

фактичних даних; інтервали значень загального коефіцієнту кореляції підсумкового рівняння повинні бути статистично достовірними на рівні не нижче 99%; проведення верифікації моделей шляхом підставлення чисельних значень відповідних предиктантів у рівняння з порівнянням фактичних (облікових) і теоретичних (розрахованих) значень.

У випадку позитивного результату (відхилення фактичних і в подальшому прогнозованих параметрів не повинні виходити за межі 10–15 %) моделі рекомендують до виробничої перевірки пунктам сигналізації та прогнозу.

Визначена нами суттєвість зв'язків конкретних елементів навколишнього середовища зі змінами динаміки чисельності баштаної попелиці зумовлюють відсутність будь-яких математичних моделей прогнозів цього фітофага на посівах баштаних культур і послужила основою для їх розробки.

Математичний аналіз довів наявність статистично достовірного зв'язку ($r=0,98\pm 0,26$) між показниками максимальної щільності заселення рослин польових сівозмін і кількістю крилатих мігрантів баштаної попелиці.

Результати первинної варіаційно-статистичної обробки і парного кореляційного аналізу довели, що для наступного аналізу і створення рівнянь регресії (прогнозу) кількості крилатих мігрантів у агроценозах (Y) доцільно використовувати такі предиктори: показник тривалості сонячного сяйва в серпні (ТССс) та кількість опадів у жовтні попереднього року (ОПж), показник гідротермічного коефіцієнту в червні поточного року (ГТКч). Парні коефіцієнти визначених предикторів з предиктантом знаходились в межах 0,98–0,99.

Розрахунки рівнянь лінійного зв'язку між двома перемінними параметрами за незгрупованими даними (залежність кількості крилатих мігрантів від ТССс, ОПж і ГТКч) мали наступний вигляд:

$$Y = 2317 - 8,47 \times \text{ТССс} \pm 49 \quad (1),$$

$$Y = 16,23 \times \text{ОПж} - 287 \pm 30 \quad (2),$$

$$Y = 636,59 - 226,97 \times \text{ГТКч} \pm 20 \quad (3).$$

Після одержання потенційних прогностичних рівнянь, оцінка суттєвості їх коефіцієнтів кореляції дозволила визначити вагому достовірну залежність впливу показника ГТКч на кількість крилатих самок-розселеного баштаної попелиці (рівняння 3).

Прогностичні рівняння, які моделювані з урахуванням максимально можливих комбінаційних поєднань впливу на предиктант сукупності екологічних умов навколишнього середовища (але не більше двох предикторів), мали наступний вигляд:

$$Y = 780,19 + 9,75 \times \text{ОПж} - 3,5 \times \text{ТССс} \pm 30 \quad (4),$$

$$Y = 172,23 + 8,36 \times \text{ОПж} - 116,9 \times \text{ГТКч} \pm 37 \quad (5),$$

$$Y = 1400,7 - 138,2 \times \text{ГТКч} - 3,7 \times \text{ТССс} \pm 53 \quad (6).$$

Статистична оцінка показників коефіцієнтів детермінації, вірогідних помилок і порівняння інтервалів значень коефіцієнтів кореляції цих рівнянь доводить, що максимально достовірно досліджувану нами специфіку фази розвитку популяції баштаної попелиці описує рівняння 4.

Складність (наявність специфічного обладнання і кваліфікації спостерігача), а в деяких випадках і неможливість будь-якого якісного моніторингу льоту крилатих мігрантів зумовили розробку алгоритму прогнозу стану поведінки популяції шкідника з урахуванням конкретної фази багаторічного циклу розвитку виду.

Для побудови вихідного динамічного ряду використовували дані максимальної абсолютної щільності баштаної попелиці в період максимального заселення агроценозів. Для кількісного визначення взаємозв'язку і взаємообумовленості між показниками щільності шкідника залежно від фази багаторічного циклу розвитку і початковим набором предикторів провели парний кореляційний аналіз. Він дозволив нам визначити статистично незначні параметри, які були виключені з наступних математичних процедур. За доцільністю і репрезентативністю до вагомих регуляторів темпів розвитку і поведінки виду в межах чотирирічного циклу розвитку нами віднесено наступні предиктори: показник тривалості сонячного сяйва в серпні (ТССс) та кількість опадів в грудні попереднього року (ОПгр) і показник гідротермічного коефіцієнту в червні поточного року (ГТКч). Парні коефіцієнти цих предикторів з предиктантом знаходились в межах 0,96–0,98.

На основі всіх можливих комбінаційних поєднань цих предикторів нами, згідно пошукової схеми, розраховано моделі регресії між аналізованими параметрами.

Рівняння лінійного зв'язку між двома перемінними параметрами за незгрупованими даними (тобто залежність максимального значення щільності виду від ТССс, ОПгр і ГТКч) мали наступний вигляд:

$$Y = 3156,8 - 10,8 \times \text{ТССс} \pm 41 \quad (7),$$

$$Y = 16,6 \times \text{ОПгр} - 345,7 \pm 60 \quad (8),$$

$$Y = 981,7 - 279,5 \times \text{ГТКч} \pm 67 \quad (9).$$

Оцінка потенційних прогностичних рівнянь за рівнем суттєвості (t-критерій розподілення Стьюдента), показником помилки і інтервалами можливих значень коефіцієнтів кореляції не дозволяє статистично достовірно визначити вагомість окремого конкретного предиктора як глобально впливового регулятора, який би чітко відповідав за підйом або спад чисельності досліджуваного об'єкта.

Прогностичні рівняння, які описують лінійну залежність показника максимальної щільності баштаної попелиці в агроценозах і побудовані з урахуванням всіх можливих комбінаційних поєднань визначених предикторів, мали наступний вигляд:

$$Y = 1022,07 - 4,55 \times \text{ТССс} + 11,64 \times \text{ОПгр} \pm 32 \quad (10),$$

$$Y = 9,3 \times \text{ОПгр} - 134,9 \times \text{ГТКч} + 258,9 \pm 36 \quad (11),$$

$$Y = 2489,7 - 7,5 \times \text{ТССс} - 94,36 \times \text{ГТКч} \pm 29 \quad (12).$$

За статистичною оцінкою ряду важливих математичних показників обрахованих рівнянь високий лінійний зв'язок максимальної щільності баштаної попелиці достовірно описується рівняннями 10 і 12.

Таким чином, в умовах Лівобережжя Лісостепу України для прогнозу максимальноочікуваної щільності попелиць в агроценозах баштаних культур доцільно використовувати наступні прогностичні рівняння: короткострокового (сезонного) – $Y = 1022,07 - 4,55 \times \text{ТССс} + 11,64 \times \text{ОПгр} \pm 32$; короткострокового (уточнюючого): $Y = 2489,7 - 7,5 \times \text{ТССс} - 94,36 \times \text{ГТКч} \pm 29$.

Перевірка моделей в 1999 р. показала, що розрахований показник кількості крилатих мігрантів баштаної попелиці за рівняннями 3 і 4 коливався в межах 323–416 особин на посудину при фактичній – 362. Високий показник міграційної активності виду пояснюється еволюційно визначеним стимулом розширення ареалу виду за рахунок максимального розподілу і насичення первинних ареалів мешкання в рік спалаху чисельності (1998).

Варифікаційна перевірка математичних моделей максимальної щільності баштаної попелиці за рівнянням 10 показує, що максимальна чисельність цього шкідника в агроценозах 1999 р. буде не високою – 168 ± 32 екз./м². Фактична облікова чисельність попелиць 1999 р. становила 181 екз./м², що відповідало розрахунковій.

Прийнята для практики достовірність прогнозу дає можливість використовувати ці моделі спеціалістам обласної служби прогнозів у своїй повсякденній практиці.

Таким чином, алгоритм і математичні методи створення прогностичних рівнянь динаміки чисельності баштаної попелиці з відповідним аналізом впливу на популяцію конкретних предикторів можна рекомендувати для всіх регіонів України. Визначений нами набір предикторів (зокрема тривалість сонячного сьйва, гідротермічний коефіцієнт, кількість опадів) і фактичні показники кількості крилатих мігрантів і максимальної щільності баштаної попелиці в агроценозах за останні чотири роки, дозволить фахівцям обласних пунктів сигналізації та прогнозу за визначеною схемою статистичного моделювання скласти прогностичні рівняння короткострокових і сезонних регіональних прогнозів поведінки популяції цього шкідника і чітко регламентувати ступінь загрози агроценозам.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Белецкий Е. Н. Цикличность динамики численности популяций – теоретическая основа прогноза массового появления насекомых // Защита растений. – 1986. – № 12. – С. 16–18.
- Брусиловский Л. М. Прогнозирование численности популяций. – М.: Знание, 1989. – С. 11–15.
- Галкин Г. И. Периодичность массовых размножений // Защита растений. – 1992. – № 12. – С. 37–39.
- Дрейпер М., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ: Пер. с англ. – М.: Финансы и статистика, 1985. – 348 с.
- Дружинин И. П., Хамьянова Н. В. Солнечная активность и переломы хода природных процессов на Земле. – М.: Наука, 1969. – 224 с.

- Коринец В. В. Солнечная радиация и плодородие почвы. – СПб.: Гидрометеиздат, 1992. – С. 100–105.
- Михайлов О. М., Тимченко В. Й., Бейдер О. М. Прогноз з'явлення переноспорозу на насінниках цибулі // Овочівництво і баштанництво. – 1985. – Т. 30. – С. 44–46.
- Нескорожений Б. Ф., Скибинська Р. М., Зеленська О. Б. Розробка моделей довго- та короткострокового прогнозу з використанням стандартних метеопказників // Захист рослин. – К.: Урожай, 1994. – Вип. 41. – С. 3–7.
- Поляков И. Я., Персов М. П., Смирнов В. А. Прогноз развития вредителей и болезней сельскохозяйственных культур (с практикумом). – Л.: Колос, 1984. – 317 с.
- Уланова Е. С., Забелин В. Н. Методы корреляционного и регрессионного анализа в агрометеорологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1990. – 204 с.

Український науково-дослідний інститут овочівництва і баштанництва УААН

V. L. CHERNENKO

**MATHEMATICAL MODELS OF THE SHORT-TERM FORECAST OF DEVELOPMENT
OF APHIS GOSSYPHII IN THE FOREST-STEPPE OF UKRAINE**

*Ukrainian Research Institute of Vegetable- and Melon-Growing,
Ukrainian Academy of Agrarian Sciences*

S U M M A R Y

The results of research on mathematical models of *Aphis gossypii* behaviour for the agrocenosis are presented.

A scheme of making short-term forecasts of the pest number using standard mathematical procedures is proposed. The forecast of populating water-melons with *Aphis gossypii* in 1999 is given as an example.