Выводы. Таким образом, при планировании фунгицидных обработок посевов яровой пшеницы для защиты от болезней необходимопринимать во внимание поражаемость возделываемого сорта и особенности развития болезней. Так, в посевах сорта Дарья из-за раннего наступления порогового уровня развития болезней потребовалось двукратное применение фунгицидов: для защиты листового аппаратаи колоса. В то время как в посевах сортов Рассвет, Тома, Бомбона, Василиса, Мунк, Сабина, Контесав условияхболее позднего появления болезней на листьях и медленного нарастания степени поражения, возможно совмещение защиты листового аппарата и колоса в одну фунгицидную обработку.

Список использованных литературных источников

1. Болезни зерновых культур / С. Д. Здрожевская [и др.] // Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / Ин-т защиты растений; под ред. С. Ф. Буга. – Несвиж, 2007. – С. 61-99.

2. Жук, Е.И. Вредоносность септориоза колоса яровой пшеницы / Е.И. Жук // Землеробства і ахова раслін. – 2010. – № 6. – С. 45-49.

3. Результаты испытания сортов озимых, яровых зерновых, зернобобовых и крупяных культур на хозяйственную полезность в Республике Беларусь за 2008-2010 годы Ч. 1 / МСХ и прод. РБ, ГУ «Гос. инспекция по испытанию и охране сортов»; сост. П. В. Николаенко [и др.].–Минск, 2011. – 289 с.

Annotation. The results of spring wheat protection efficiency evaluation against the diseases considering varieties severity are presented. In crops of cvDariya two fungicide treatments are necessary, at the same time for leaf apparatus and ear protection of the varieties Rassvet, Toma, Bombona, Vasilisa, Munk, Sabina, Kontesa one fungicide treatment is necessary.

УДК 635.21:632(477.41/.42)

І.А. ЖУРАВСЬКА, аспірант
Житомирський національний агроекологічний університет

ПРОГНОЗУВАННЯ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАРІОЗУ КАРТОПЛІ НА ПОЛІССІ УКРАЇНИ

Розроблено математичні моделі для прогнозування розвитку альтернаріозу картоплі, які пов'язують рівень його розвитку з середньодобовою температурою та вологістю повітря в липні-серпні, часткою раси М-30 гриба Alternaria solani, рівнем розвитку хвороби за два попередні роки. Здійснено об'єднання результатів прогнозування за усіма зазначеними чинниками, що дозволяє зменшувати похибку прогнозу. На основі вирішення завдання прогнозування розвитку альтернаріозу для Полісся України розроблено загальний підхід до такого прогнозування для будь-якого заданого району вирощування картоплі.

Вступ. Альтернаріоз (рання суха плямистість) є широко розповсюдженою хворобою картоплі в Україні. Втрати врожаю в сприятливі для цієї хвороби роки сягають 40%. Збудниками альтернаріозу картоплі є два види грибів роду Alternaria: Alternaria solani (Ell. et Mart.) та Alternaria alternata Keissler [1]. Одним із основних шляхів зменшення втрат врожаю від альтеранірозу є хімічний метод на основі використання відповідних фунгіцидів [2]. Але інтенсивність їх використання кожного року необхідно адаптувати, оскільки ураження картоплі альтернаріозом у різні роки коливається досить суттєво (до 9,5 разів). Тому якісне вирішення завдання захисту картоплі від альтернаріозу неможливе без прогнозування розвитку цієї хвороби, яке дозволяє визначати оптимальні строки та об'єми проведення обробок. Таким чином, розроблення методів прогнозування розвитку альтернаріозу картоплі є важливим та актуальним науково-практичним завданням, вирішення якого дозволить оптимально використовувати фунгіциди, забезпечувати максимальне збереження врожаю при мінімальному об'ємі хімічних обробок та шкоді навколишньому середовищу.

Матеріали та методика досліджень. На даний час публікацій, у яких безпосередньо вирішуються завдання щодо прогнозування рівня розвитку альтернаріозу картоплі в поточному році, не відомо. Дослідження з прогнозування ураження картоплі цією хворобою [3] ґрунтуються на штучному зараженні та відділенні листків від рослини, тому їх результати не зовсім відповідають сутності розглянутої задачі. Відомі підходи до прогнозування розвитку фітофторозу [4] не можуть бути безпосередньо використані для альтернаріозу, оскільки між їх збудниками є істотні відмінності. Прогнозування захворювань деяких овочевих культур на основі математичного моделювання [5] безпосередньо для альтернаріозу картоплі не виконувалось. У найбільш узагальнених працях з альтернаріозу картоплі [6, 7] зазначено про рівномірність наростання цієї хвороби та вплив ряду чинників на її розвиток, проте порядок їх практичного використання для прогнозування не досліджено, відповідні методики прогнозування відсутні.

Розвиток альтернаріозу також суттєво залежить від кліматичних, агротехнічних, фітосанітарних та інших умов, що призводить до появи специфічних особливостей патогена на конкретний момент часу в кожному регіоні вирощування картоплі [6], зокрема й у Поліссі України. Відповідно, задача прогнозування розвитку альтернаріозу має конкретний розв'язок лише щодо заданого району вирощування. Всебічні дослідження альтернаріозу картоплі в Поліссі України [8] також не містять питань щодо прогнозування рівня його розвитку в поточному році.

Мета досліджень. Не вирішеною раніше частиною загальної проблеми є прогнозування рівня розвитку альтернаріозу картоплі в умовах Полісся України. Відповідно, метою досліджень є розв'язання задачі такого прогнозування на основі обґрунтування чинників, від яких залежить рівень розвитку альтернаріозу картоплі в поточному році.

Результати досліджень. Перевіримо спочатку гіпотезу про залежність рівня розвитку альтернаріозу картоплі від дати його появи в поточному році. Для цього узагальнимо всі наявні дані про ці два параметри відповідно до найбільшого безперервного (1968-2002 рр.) статистичного ряду [7] з цього захворювання (рис. 1).

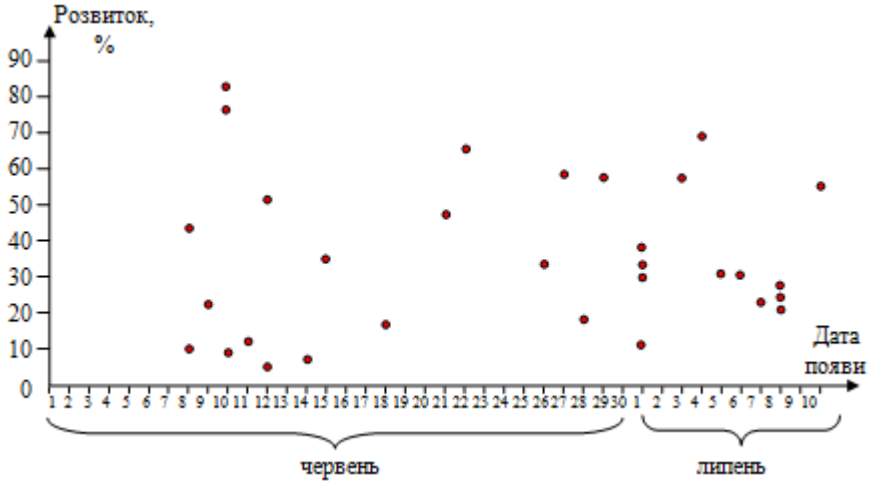

Рис. 1. Залежність розвитку альтернаріозу від дати його появи

Аналіз рис. 1 показує, що статистична залежність між наведеними параметрами відсутня. Наприклад, при появі 10 червня в різні роки розвиток хвороби коливається від 10 до 85 %. Таким чином, можна стверджувати, що задачі прогнозування появи та розвитку альтернаріозу є окремими і непов'язаними між собою, оскільки статистичний зв'язок між датою появи альтернаріозу та його розвитком у цьому році відсутній.

При обґрунтуванні основних чинників, які впливають на рівень розвитку альтернаріозу картоплі в поточному році [6 – 8] визначено, що основними такими чинниками, як і традиційно для більшості грибних хвороб рослин [9], є:

середня температура повітря липня-серпня – $t_{лс}$;

середня відносна вологість повітря липня-серпня – $w_{лс}$;

кількість короткочасних дощів у липні-серпні – $d_{лс}$.

Тип та гранулометричний склад ґрунту, кислотність середовища також певним чином впливають на рівень розвитку альтернаріозу [7]. Але, оскільки дослідження виконуються в межах окремого регіону (Полісся України), то цей вплив опосередковано враховується тим, що взаємозв'язок між розвитком хвороби встановлюватиметься для значень параметрів ($t_{лс}$, $w_{лс}$, $d_{лс}$), отриманих саме для цього району вирощування картоплі.

Відповідно до зазначеного вище переліку параметрів здійснено узагальнення наявних початкових даних щодо прогнозування рівня розвитку альтернаріозу картоплі в умовах Полісся України. Для аналізу взаємозв'язків між рівнем розвитку альтернаріозу картоплі P та чинниками, які на неї впливають, побудовано відповідні графічні залежності, що зображено на рис. 2.

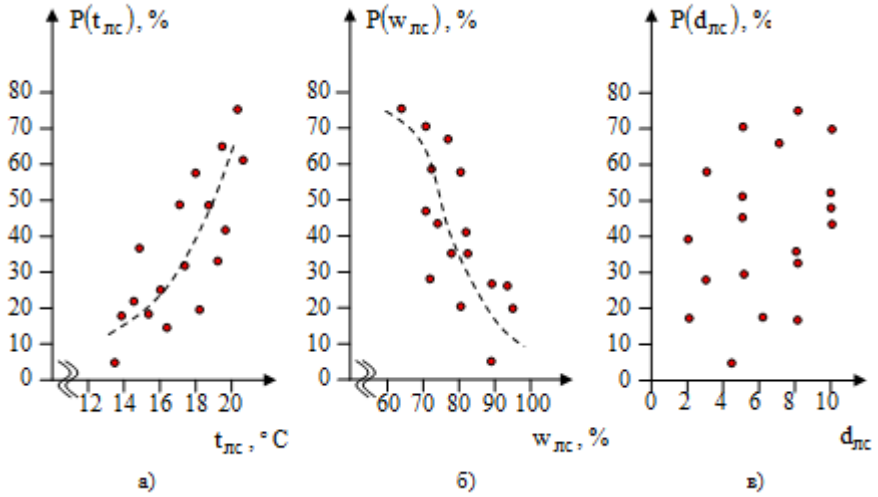

Рис. 2. Залежність рівня розвитку альтернаріозу картоплі від впливу чинників (1970-2011 рр. з розривами**)**

Як видно з рис. 2.а (залежність рівня розвитку альтернаріозу від середньодобової температури повітря в липні - серпні), альтернаріоз сильніше розвивається в роки з теплішим літом. Такий результат також опосередковано підтверджується тим, що збудник Alternaria solani є досить теплолюбним, оптимальна температура для його розвитку становить +22...29 ^{o} С [6, 7]. Висока (більше 80%) середньодобова вологість повітря влітку приводить до слабшого розвитку альтернаріозу (рис. 2.б), що також пов'язано з оптимальним діапазоном вологості для збудника Alternaria solani, який становить 70...80% [7]. Можна розгледіти невеликий прямий зв'язок між рівнем розвитку альтернаріозу картоплі та кількістю короткочасних дощів у липні-серпні (рис. 1.в), але статистична залежність між ними є досить слабкою (точки розподілені майже випадково, а не навколо якоїсь кривої). Отже, здійснювати надійний прогноз рівня розвитку альтернаріозу картоплі за залежністю $P(d_{лс})$ неможливо, тому в подальшому такий чинник враховувати недоцільно.

Аналіз рис. 2.а та 2.б також свідчить, що отримані дві залежності відрізняються від лінійних, тому для їх апроксимації неможливо використовувати лінійну регресію. У даному разі доцільно застосовувати поліноміальну регресію. Для залежності $P(t_{лс})$ достатньо використовувати поліном 2-го ступеня (наявна одна точка перегину), а для $P(w_{лс})$ – 3-го (дві точки перегину) [10]. У результаті зазначеної апроксимації методом найменших квадратів [11] отримаємо функції, які показано на рис. 2 а і 2 б пунктирними кривими та аналітично описуються таким чином:

$$P(t_{лс}) = 0{,}98t_{лс}^2 - 25{,}05t_{лс} + 172{,}25, \quad (1)$$

$$P(w_{лс}) = 0{,}003w_{лс}^3 - 0{,}69w_{лс}^2 + 51{,}38w_{лс} - 1159{,}42. \quad (2)$$

Окрім зазначених вище, “традиційних” для більшості грибних хвороб рослин, в ході аналізу відповідної літератури було додатково виявлено ще й специфічні чинники, які впливають на розвиток тільки альтернаріозу, а саме:

частка раси М-30 гриба Alternaria solani;

рівень розвитку альтернаріозу за два попередні роки.

Щодо першого специфічного чинника, то на даний час у Європі обґрунтовано наявність п’яти рас гриба Alternaria solani (М-10, М-30, М-40, М-69, М-78), з яких найбільш високоагресивною є М-30. Графічне відображення статистичного взаємозв’язку між рівнем розвитку альтернаріозу в поточному році та часткою раси М-30 (m_{30}) показано на рис. 3.

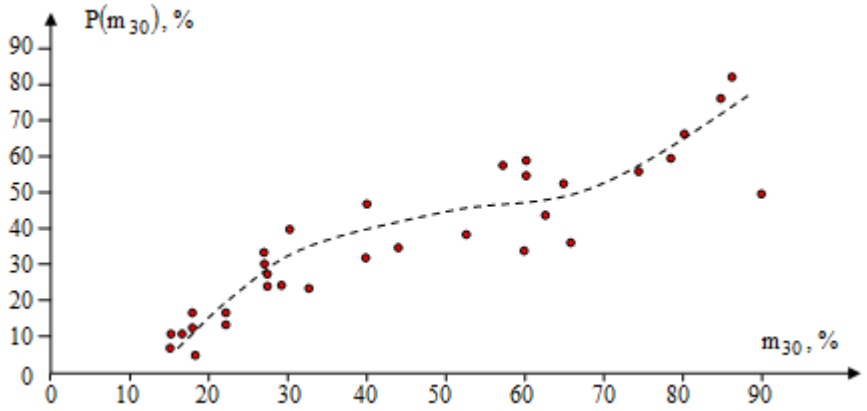

Рис. 3. Залежність розвитку альтернаріозу від частки раси М-30 гриба Alternaria solani (1968-2002 рр.)

Аналіз рис. 3 показує, що існує пряма і досить стійка статистична залежність між розвитком альтернаріозу та часткою раси М-30 гриба Alternaria solani. Дана залежність є нелінійною з двома точками перегину, тому для її апроксимації слід застосовувати регресію поліномом 3-го ступеня, у результаті чого отримаємо:

$$P(m_{30}) = 0{,}0007m_{30}^3 - 0{,}11m_{30}^2 + 5{,}53m_{30} - 56{,}57. \quad (3)$$

Вплив рівня розвитку альтернаріозу за попередні роки на його прояв у поточному році дослідимо на основі найбільшого безперервного (1968-2002 рр.) статистичного ряду [7] з цього захворювання (рис. 4).

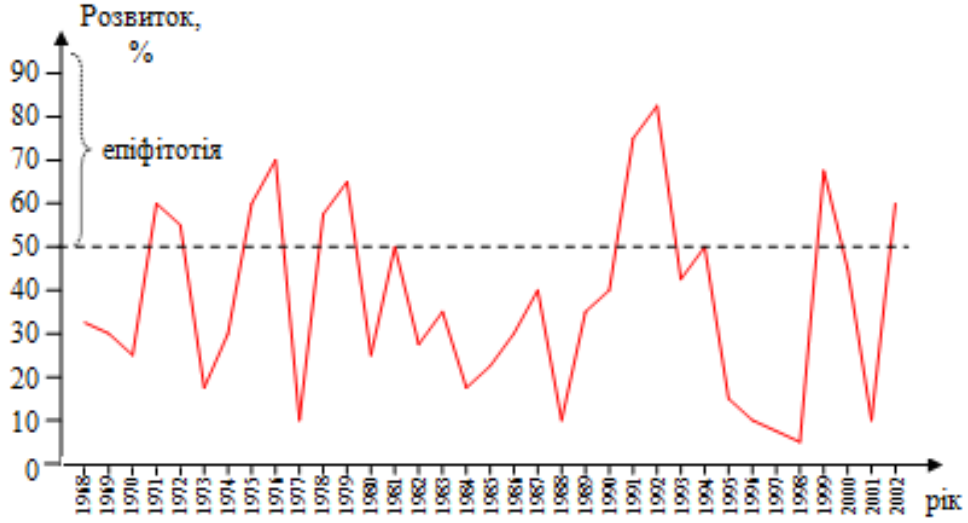

Рис. 4. Залежність розвитку альтернаріозу по роках

Аналіз рис. 4 показує, що розвитку альтернаріозу не притаманна циклічність, оскільки епіфітотії цієї хвороби через однакову кількість років не повторюються. Отже, рис. 4 доводить, відсутність циклічності прояву альтернаріозу, яка характерна для деяких інших захворювань сільськогосподарських культур.

Будь-яких фундаментальних залежностей та висновків з рис. 4 отримати не можливо, окрім того, що епіфітотії альтернаріозу, як правило повторюються у двох сусідніх роках. Тобто, у рік, який слідує за епіфітотійним, більш ймовірним є повторення епіфітотії. Для отримання математичної моделі такого взаємозв'язку необхідно використовувати функцію двох змінних – рівня розвитку, який спостерігався на раніше на 1 рік (P_1) та на 2 роки (P_2). Апроксимація залежності $P(P_1, P_2)$ на основі даних, наведених на рис. 4, за допомогою кубічних сплайнів [11] має такий вигляд:

$$P(P_1, P_2) = \left(-0{,}0025P_1^2 + 0{,}21P_1 + 8{,}5\right)\cdot\left(-0{,}0012P_2^2 + 0{,}04P_2 + 6{,}48\right). \quad (4)$$

Кожна із залежностей (1) – (4) з точки зору прогнозування не має явної переваги (див. рис. 1 – 4), оскільки точки розподілені відносно апроксимуючих кривих приблизно з однаковим відхиленням. У такому разі для визначення прогнозованого рівня розвитку альтернаріозу $\overline{P}$ у поточному році з мінімальною похибкою доцільно використати усі наявні статистичні дані, тобто здійснити усереднення тих рівнів P_i, що були отримані згідно з кожною функцією (1) – (4):

$$\overline{P} = \frac{1}{4}\sum_{i=1}^{4} P_i . \quad (5)$$

У результаті підстановки (1) – (4) у (5) отримаємо

$$\begin{aligned}\overline{P} = {} & 0{,}24t_{лс}^2 - 6{,}26t_{лс} + 0{,}00075w_{лс}^3 - 0{,}17w_{лс}^2 + 12{,}84w_{лс} + \\ & + 0{,}00017m_{30}^3 - 0{,}027m_{30}^2 + 1{,}38m_{30} + \left(-0{,}0012P_1^2 + 0{,}11P_1 + 4{,}2\right)\times . \\ & \times\left(-0{,}0006P_2^2 + 0{,}02P_2 + 3{,}24\right) - 260{,}94 .\end{aligned} \quad (6)$$

Отже, вираз (6) є розв'язком задачі прогнозування рівня розвитку альтернаріозу картоплі в Поліссі України. Для визначення цього рівня необхідно у вираз (6) підставити:

прогнозовані значення середньої температури ($t_{лс}$) та вологості ($w_{лс}$) повітря в липні-серпні;

рівні розвитку альтернаріозу, які спостерігались раніше на 1 рік (P_1) та на 2 роки (P_2);

прогнозоване (оцінене на початку появи хвороби) значення частки раси М-30 гриба Alternaria solani (m_{30}).

У результаті відповідних розрахунків (6) визначається параметр $\overline{P}$, який дорівнює рівню розвитку альтернаріозу в поточному році.

Розроблений підхід до прогнозування рівня розвитку альтернаріозу картоплі в цілому може бути застосований не тільки для Полісся України, а й для інших районів вирощування картоплі. Відмінності для інших районів полягатимуть у використанні других початкових статистичних даних, що призведе до певних змін конкретного вигляду функцій (1) – (6), проте сама методологія прогнозування залишиться такою самою.

Отже, загальний розв'язок задачі прогнозування рівня розвитку альтернаріозу картоплі (для довільного району) включає:

збирання всіх початкових статистичних даних для заданого району щодо рівнів розвитку альтернаріозу в різні роки та значень $t_{лс}$, $w_{лс}$, m_{30};

поліноміальна апроксимація залежностей $P(t_{лс})$, $P(w_{лс})$, $P(м_{30})$, $P(P_1, P_2)$;

узагальнення математичної моделі прогнозування для всіх розглянутих чинників (5);

розрахунок рівня розвитку альтернаріозу в поточному році аналогічно (6).

Висновки. Доведено, що задачі прогнозування появи та розвитку альтернаріозу картоплі є окремими і непов'язаними між собою, оскільки статистичний зв'язок між датою поя-

ви альтернаріозу та його розвитком у цьому році відсутній. Обґрунтовано основні параметри, які слід враховувати при прогнозуванні рівня розвитку альтернаріозу картоплі в поточному році – як традиційні для грибних хвороб (середньодобова температура та вологість повітря в липні та серпні), так і специфічні, що властиві лише цьому захворюванню (частка раси М-30 гриба Alternaria solani, рівень розвитку хвороби за два попередні роки). Розроблено математичні моделі, які пов'язують рівень розвитку альтернаріозу картоплі з кожним із параметрів, які на неї впливають. Здійснено об'єднання результатів прогнозування за усіма параметрами, що дозволяє зменшувати похибку прогнозу розвитку альтернаріозу картоплі в поточному році. На основі вирішення завдання прогнозування розвитку альтернаріозу для Полісся України розроблено загальний підхід до такого прогнозування для будь-якого заданого району вирощування картоплі.

Перспективи подальших досліджень у даному напрямку полягають у прогнозуванні рівня розвитку альтернаріозу картоплі з урахуванням похибок попереднього визначення часткових параметрів, що надає можливість підвищувати точність кінцевого прогнозу.

Список використаних літературних джерел

1. Положенець В. М. Хвороби і шкідники картоплі / В. М. Положенець, І. А. Марков, П. О. Мельник. – Житомир : Полісся, 1994. – 242 с.
2. Дорожкин Н. А. Болезни картофеля / Н. А. Дорожкин, С. И. Бельская. – Минск : Наука и техника, 1979. – 248 с.
3. Кваснюк Н. Я. Определение степени поражения растений картофеля Alternaria solani (ELL. ET MART.) в зависимости от погодных условий / Н. Я. Кваснюк, Б. И. Гуревич // Сельскохозяйственная биология. – 1985. – № 12. – С. 109–111.
4. Наумова Н. А. Фитофтора картофеля / Н. А. Наумова. – Л. : Колос, 1965. – 192 с.
5. Яровий Г. І. Сезонне та короткострокове прогнозування епіфітотійних хвороб овочевих рослин на основі математичного моделювання / Г. І. Яровий, А. В. Кулєшов // Захист і карантин рослин. – 2009. – № 7. – С. 14–15.
6. Иванюк В. Г. Гифомицеты – возбудители пятнистостей паслёновых культур (особенности патогенеза и способы подавления паразитической активности) : дис. на соиск. уч. степ. д-ра биол. наук. – Минск, 1978. – 255 с.
7. Иванюк В. Г. Защита картофеля от болезней, вредителей и сорняков / В. Г. Иванюк, С. А. Банадысев, Г. К. Журомский. – Минск : Белпринт, 2005. – 696 с.
8. Тэтэ Л. Г. Макроспориоз картофеля и разработка мер борьбы с ним в Полесье Украины : дис. на соиск. уч. степ. канд. сел.-хоз. наук. – Киев, 1972. – 158 с.
9. Марютін Ф. М. Фітопатологія: Навчальний посібник / Ф. М. Марютін, В. К. Пантєлєєв, М. О. Білик. – Харків : Еспада, 2008. – 552 с.
10. Корн Г. Справочник по математике для научных работников и инженеров / Г. Корн, Т. Корн. – М. : Наука, 1968. – 716 с.
11. MathCAD 12. Самоучитель. – М. : Вильямс, 2006. – 224 с.

Аннотация. *Разработаны математические модели для прогнозирования развития альтернариоза картофеля, которые связывают уровень его развития со среднесуточной температурой и влажностью воздуха в июле-августе, долей расы М-30 гриба Alternaria solani, уровнем развития заболевания за два предыдущих года. Произведено объединение результатов прогнозирования за всеми указанными факторами, что позволяет уменьшать ошибку прогноза. На основе решения задания прогнозирования развития альтернариоза для Полесья Украины разработан общий подход к такому прогнозированию для любого заданного района выращивания картофеля.*

Annotation. *Mathematical models are developed for prognostication of potato alternarioza development, which bind the level of his development to the average daily temperature and humidity of air in July-August, refill the races of M-30 of mushroom of Alternaria solani, by the development level of disease for two previous years. The association of results of prognostication is made after all of the indicated factors, that allows to diminish the error of prognosis. On the basis of decision of task of prognostication of alternarioza development for Ukraine Polese of general approach is developed to such prognostication for any set district of potato growing.*