

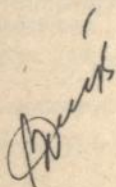
На правах рукопису

ДАЦИШИН Валерій Олександрович

АВТОМАТИЗОВАНА СИСТЕМА ФІТОСАНІТАРНОГО КОНТРОЛЮ
ЯБЛУНЕВОГО САДУ

05.13.07 Автоматизація технологічних процесів та
виробництв

06.00.22 Ентомологія



Автореферат дисертації на здобуття
наукового ступеня
кандидата технічних наук



Дисертація є рукописом

Роботу виконано в Інституті садівництва УАН

Наукові керівники: академік УАН, доктор технічних наук професор
І.І. Мартиненко

кандидат сільськогосподарських наук
О.М. Лапа

Офіційні опоненти: доктор технічних наук
О.І. Мартиненко

доктор біологічних наук
професор Є.М. Білецький

Провідна установа: Інститут зрошувального садівництва УАН,
м. Мелітополь

Захист відбудеться "02" 10 1995р. о ___ годині на
засіданні спеціалізованої вченої ради Д 01.05.05 в
Національному аграрному університеті за адресою: Київ, вул.
Героїв оборони, 11.

Просимо взяти участь у роботі спеціалізованої ради або
вислати відгук на автореферат у 2-х примірниках, завірених
печаткою Вашої установи, на адресу: 252041, Київ-41, вул.
Героїв оборони, 15, сектор захисту дисертацій.

З дисертаційних робіт можна ознайомитись у бібліотечі
університету.

Автореферат розісланий "31" 08 1995 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради

Л.П. Тищенко

ЛНБ ім. В. Стефаніка
АН України

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Практика контролю за шкідниками та хворобами сьогодні привертає все більшу увагу у зв'язку із зростаючими вимогами до охорони природи та обмеженнями у діючому законодавстві. В статті 16 Закону України "Про захист рослин, пестициди і агрохімікати" визначено, що "Рациональне застосування пестицидів ґрунтується на здійсненні комплексних заходів в оптимальні терміни з урахуванням прогнозу розвитку шкідників і хвороб ..."

Основою традиційної системи фітосанітарного контролю за яблуневим садом є, як відомо, регулярні маршрутні й детальні обстеження. Визначення важливих для строків боротьби фенологічних стадій шкідників та періодів протікання епіфітотій ускладнюється значними затратами часу та неможливістю своєчасної точної оцінки. Одним з найефективніших шляхів удосконалення даної системи є її широка автоматизація на основі глибокого вивчення причинних взаємозв'язків між компонентами садово-агроценозу та цілим рядом факторів навколишнього середовища.

Такий підхід вимагає, з одного боку, створення автоматичних засобів реєстрації агрокліматичних чинників, а з іншого - побудови моделей їх інтерпретації.

Вирішення цих завдань дозволяє без великих затрат часу визначати оптимальні строки візуального контролю за поширенням шкідливих організмів і можливий час проведення захисних заходів. Як наслідок раціональніший захист дозволяє скоротити застосування пестицидів, знизити пестицидне навантаження та попередити забруднення навколишнього середовища.

Дану роботу виконано згідно з планом наукових досліджень лабораторії інформатики і патентознавства та відділу захисту рослин Інституту садівництва УААН.

Мета і завдання досліджень. Метою досліджень є теоретичне обґрунтування та практична розробка автоматизованої системи фітосанітарного контролю за яблуневим садом. У зв'язку з цим розв'язувались такі завдання.

1. Дослідження основних зв'язків та чинників, що регулюють чисельність популяцій у садовому агроценозі.
2. Обґрунтування принципів та створення моделювальних алгоритмів

контролю за найпоширенішими шкідниками і хворобами яблуні із застосуванням електронного моніторингу.

3. Розробка комплексу технічних засобів та програмного забезпечення автоматизованої системи фітосанітарного контролю.

Об'єкт дослідження. Об'єктом дослідження були найпоширеніші шкідники та хвороби яблуневого саду - парша (*Venturia inaequalis* Wint.), борошниста роса (*Podosphaera leucotricha* Salm.), яблунева плодожерка (*Cydia pomonella* L.), сітчаста (*Adoxophyes reticulana* Hb.), брунькова (*Spilonota ocellana* F.) і розанова (*Archips rosana* L.) листовійки та червоний плодовий кліщ (*Ranonychus ulmi* Koch.); чинники, що регулюють їх чисельність, а також комплекс датчиків, технічних і програмних елементів мікропроцесорної системи реєстрації та обробки метеорологічних даних.

Методи дослідження. Поставлені завдання вирішувались методами математичного моделювання на основі принципів теорії раціонального управління чисельністю шкідливих організмів з використанням системного аналізу даних про їх екологію, етологію та фізіологію. Виявлення та облік шкідників проводили за загальноприйнятими методиками (Переспікін В.Ф. та ін., 1985; Омелюта В.П. та ін., 1986; Матвієвський О.С. та ін., 1989).

Для вивчення впливу метеорологічних чинників на розвиток шкідників і хвороб застосовували спеціально розроблену інформаційно - вимірювальну систему з використанням датчиків конструкції кафедри ТОР КПІ, а також датчиків і перетворювачів власної конструкції. Для вивчення особливостей періодів зволоження був розроблений датчик, що імітує поверхню листка яблуні.

Наукова новизна результатів досліджень:

- встановлено температурні залежності фенологічного розвитку найпоширеніших шкідників яблуні з родини листовійок;
- обґрунтовано та досліджено на ПЕОМ моделі впливу обприскувань пестицидами на регулюючу взаємодію популяцій рослиноїдного і хижого кліщів та на динаміку відбору стійких шкідників;
- запропоновано принципи та алгоритми раціонального контролю за найпоширенішими шкідниками і хворобами яблуні із застосуванням електронного моніторингу;

- розроблено комплекс технічних засобів і програмного забезпечення автоматизованої системи фітосанітарного контролю за яблуневим садом.

Новизна та винахідницький рівень технічних рішень підтверджуються позитивним рішенням Держпатенту України по заявці на винахід N 93005671 "Пристрій фітосанітарного контролю".

Практична цінність роботи. Розроблено комплект технічних засобів, у т.ч. датчики, перетворювач та автоматичний сигнальний пристрій, перевірено їх у дії. Широке впровадження розробок та включення їх в інформаційну мережу сприяють переходу до автоматизованої системи управління захистом плодкових насаджень окремих регіонів та України в цілому.

На захист виносяться такі основні питання:

- залежності впливу метеорологічних чинників на розвиток найпоширеніших шкідників і хвороб яблуневого саду;
- результати моделювання впливу обрискування пестицидами на процес природного саморегулювання чисельності популяції червоного плодового кліща;
- імовірнісна модель відбору у шкідників за стійкістю до пестицидів;
- принципи та алгоритми раціонального контролю за шкідниками та хворобами яблуні із застосуванням електронного моніторингу;
- комплекс технічних засобів та програмного забезпечення автоматизованої системи фітосанітарного контролю за яблуневим садом.

Реалізація результатів досліджень. Автоматизована система фітосанітарного контролю впроваджена в саду радгоспу-заводу "Зелений Гай" Миколаївської області. На підставі результатів виробничої перевірки прийнято рішення – рекомендувати дану систему до широких державних випробувань та впровадження у плодівничих господарствах.

Результати досліджень використовуються ІС УААН при розробці інформаційно - довідкової системи садівництва України.

Апробація роботи і публікація результатів досліджень. Матеріали теоретичних та експериментальних досліджень, включених до теми дисертації, доповідались і обговорювались на науково-технічній нараді "Автоматизація наукових досліджень в галузі рослинництва" (м.Ленінград,

1990), Всесоюзній нараді "Стан та перспективи розробки та впровадження датчиків в галузі АПК" (м.Ярославль, 1990), Міжнародній конференції "Сучасні методи досліджень в агрономії" (м.Умань, 1993), Міжнародній науково-практичній конференції "Інформатика в галузях агропромислового комплексу України" (м.Одеса, 1993), Міжнародному симпозіумі МОББ/СПС "Селективні методи в системах інтегрованого захисту рослин" (Угорщина, 1994).

Крім того, розробку було представлено та відмічено на республіканській виставі (Харків, 1990).

За матеріалами дисертації опубліковано 5 наукових праць.

Обсяг і структура роботи. Дисертація викладена на 154 сторінках друкованого тексту. Складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку літератури, додатків, 4 таблиць, 32 рисунків. Список літератури включає 98 назв, у т. ч. 58 іноземними мовами.

ЗМІСТ РОБОТИ

В першому розділі ("Проблема фітосанітарного контролю при вирощуванні яблуні") розглянуто сучасний стан проблеми фітосанітарного контролю, проведено аналіз методів і технічних засобів.

Як відомо, планування, організація та виконання захисних заходів у плодових насадженнях базується на науково обгрунтованій системі збору, обробки та аналізу великої кількості інформації від наземних обстежень.

Зважаючи на значні фінансові витрати на проведення цих робіт, неможливість точної оцінки інформації і, що найголовніше, неоперативність її одержання та використання, дана система потребує вдосконалення.

В нашій країні та за кордоном проводяться дослідження з метою заміни максимальної кількості прямих методів контролю на непрямі, які ґрунтуються на тому, що розвиток комах залежить у першу чергу від температурного впливу та частково від вологості, а розвиток хвороб, в основному, пов'язаний з температурою та вологістю (Minks A.K., Riedl H., MacHardy W.E., Garret C.M.E., Schouten H.J., Motte G., Gottwald R., Seem R.C., Sutton T.B., Arauz L.F. та ін.).

У зв'язку з практичною реалізацією методів непрямого контролю росте зацікавленість у застосуванні мікропроцесорних систем автоматичної реєстрації та обробки даних, а допомогою яких метеорологічні фактори пов'язуються один з одним за певними критеріям щодо класифікації розвитку популяції та ходу епідемії. При розробці таких систем береться до уваги насамперед той факт, що процеси обміну речовин і, таким

чином, всі функції в тілі комах протікають під впливом зовнішньої температури. Розвиток хвороб, поряд з температурними умовами, залежить і від певних періодів зволоження листя.

Проте, як показує аналіз літературних і патентних джерел, функціональні можливості таких систем обмежуються контролем за метеорологічними чинниками середовища. На його основі ґрунтуються рекомендації щодо строків застосування пестицидів проти окремих хвороб і шкідників, однак не вирішується важливе завдання зворотнього контролю, пов'язаного з оцінкою впливу обприскувань на рівновагу популяції у садовому агроценозі та на розвиток резистентності у шкідників.

Внаслідок цього порушуються міжвидові та внутрішньовидові взаємозв'язки та постають нові проблеми: поряд з шкідливою гниє і корисна ентомофауна, виникають стійкі популяції.

Вирішенню даної проблеми сприяє наукове обґрунтування та створення моделювальних алгоритмів, які на основі контрольованих чинників відтворюють формалізований процес взаємодії популяцій у садовому агроценозі. При цьому надзвичайно важливе значення відводиться теоретичному та практичному дослідженню зв'язків між компонентами агроценозу, закономірностей зміни рівня чисельності і життєздатності популяції шкідників.

Виходячи із сказаного, в роботі ставиться завдання: на основі дослідження основних взаємозв'язків у садовому агроценозі створити моделювальні алгоритми контролю за найпоширенішими шкідниками і хворобами яблуні та розробити для їх практичної реалізації комплекс технічних і програмних засобів мікропроцесорної системи реєстрації та обробки метеорологічних даних.

У другому розділі ("Дослідження основних зв'язків у садовому агроценозі") проведено аналіз найважливіших зв'язків, а також досліджено ряд чинників, що обумовлюють зміну чисельності шкідників.

Згідно з сучасними уявленнями, популяції організмів, які заселяють екосистему яблуневого саду, вважаються її невід'ємними частками, а їх взаємодія впливає на формування урожаю. Структурну схему зв'язків популяцій у садовому агроценозі представлено на рис.1.

Регулюючі потоки вказують, що кількість шкідників у садах протягом сезону змінюється під дією абіотичних, біотичних та антропогенних чинників, що включають вплив метеорологічних факторів, внутрішньовидові та міжвидові стосунки організмів в агроценозі та господарську діяльність людини.

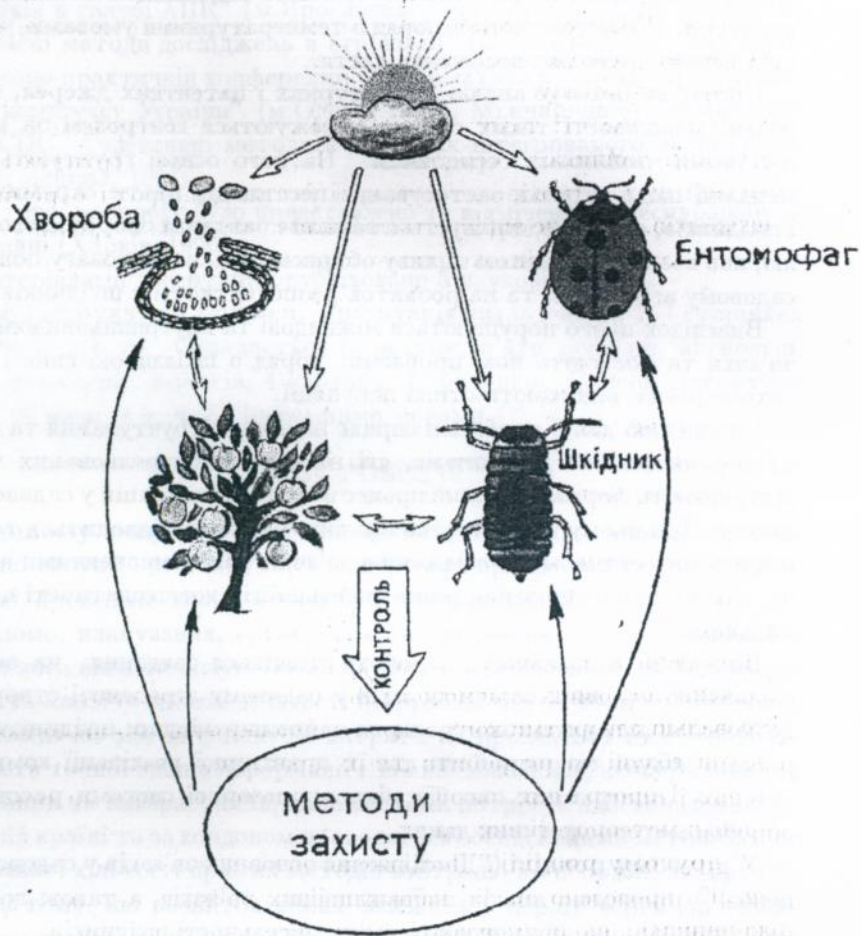


Рис. 1. Структурна схема зв'язків популяцій у садовому агроценозі

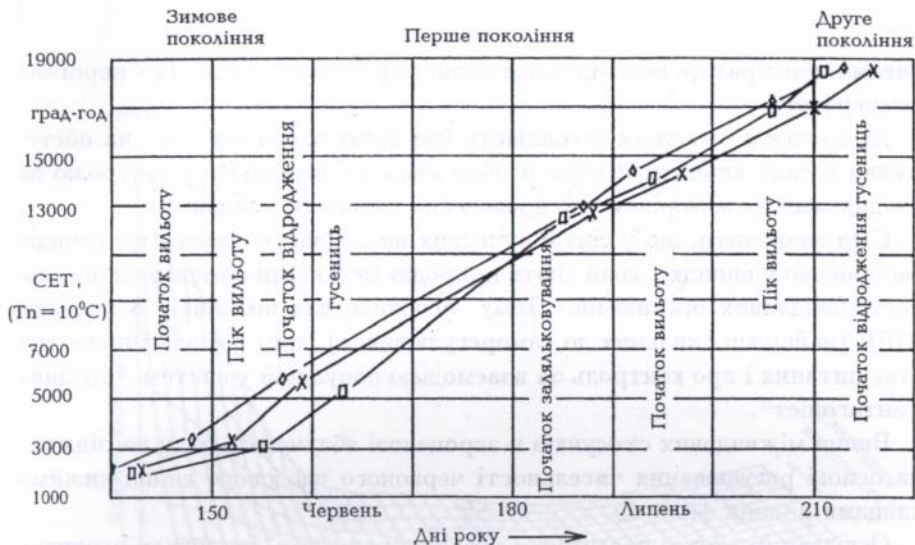


Рис. 2: Часові залежності розвитку яблунової плодожерки від впливу сум ефективних температур (CET) по роках

Температура, як відомо, серед метеорологічних параметрів має домінуючий вплив на розвиток комах. Враховуючи, що для шкідників з низьким економічним порогом шкідливості (ЕПШ) фенологічний контроль є основою для прийняття раціональних рішень по захисту врожаю, протягом 1991-1993 років було досліджено температурні залежності розвитку найпоширеніших шкідників з родини листовійок (в умовах степової зони України): яблунової плодожерки (рис.2), сітчастої, розанової та брунькової листовійок.

Щоб уникнути похибок, особливо коли температура протягом доби змінюється близько порогу розвитку, розрахунки ґрунтуються на середньоінтегральних значеннях ефективних температур протягом годинних інтервалів. Інформація цілодобово реєструвалася засобами спеціально розробленого мікропроцесорного пристрою, обладнаного нікелевим датчиком температури.

Для побудови моделей фенологічного контролю було визначено параметри швидкості розвитку окремих стадій шкідників в межах від порогової до оптимальної температур за рівнянням:

$$r(T) = \frac{T - T_n}{CET}, \quad (1)$$

де $r(T)$ – швидкість розвитку стадії при температурі T , CET – сума ефек-

тивних температур, необхідна для повного розвитку стадії, T_n – порогова температура.

Як наслідок з'явилася можливість без великих затрат часу на обстеження в саду визначати строки обов'язкового візуального контролю за шкідниками та можливий час проведення захисних заходів.

Слід зазначити, що у світлі сучасних вимог застосування пестицидів заборонено у випадку, коли діють природні механізми обмеження чисельності шкідливих організмів. Тому, особливо для шкідників з високим ЕПШ (найбільш схильних до саморегулювання), крім фенологічного, постає питання і про контроль за взаємодією популяцій у системі "шкідник - антагоніст".

Вплив міжвидових стосунків в агроценозі яблуневого саду досліджено на основі регулювання чисельності червоного плодового кліща хижими кліщами родини фітосейд.

Оскільки (з метою практичної реалізації системи) інтервали розвитку кліщів представлено температурними константами, перехід від однієї фенологічної стадії до наступної, враховуючи взаємодію з акарифагом, розглядається як процес послідовних, незалежних від часу, розподілених затримок у розвитку:

$$N_x = N_{x-1} \cdot (1 - r_x) - \mu \cdot N_x, \text{ де} \quad (2)$$

x – індекс, що визначає дискретність інтервалу моделювання (у даному випадку день) $x = 1, 2, \dots$

N_x – кількість особин у відповідний день,

N_{x-1} – кількість особин за попередній день,

r_x - швидкість розвитку стадії за відповідний день x , яка визначається на основі залежності (1),

μ - коефіцієнт втрати через хижацтво (добуток відносної чисельності хижака і жертв, що він з'їдає протягом дня).

На підставі відтвореної динаміки розвитку червоного плодового кліща оцінено побічний вплив обприскувань пестицидами на регулюючу взаємодію популяцій у системі "шкідник - антагоніст". Рівень смертності акарифага змінювався в широкій межі $\mu \cdot k$ ($0 \leq k \leq 1$).

Результати моделювання за програмою для ПЕОМ наведено на рис.3. Для очності динаміку росту чисельності кліщів, виражено через сумарний

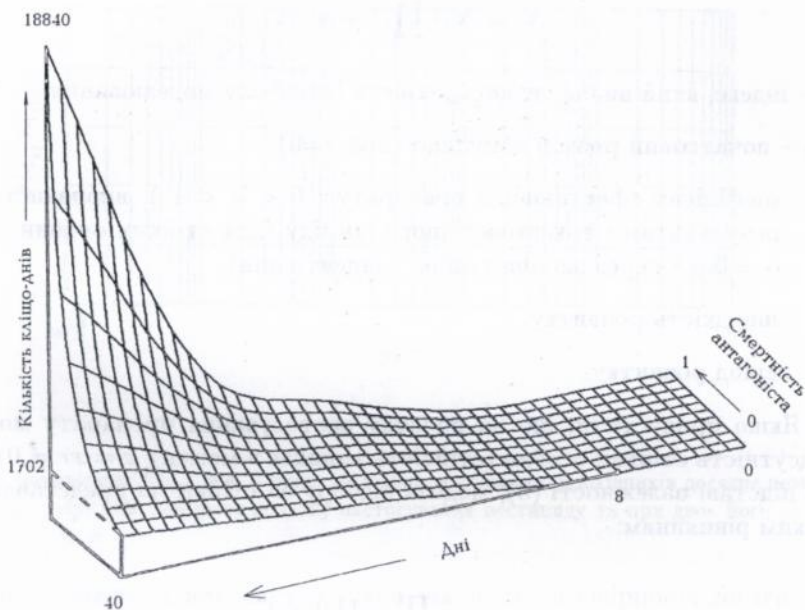


Рис. 3: Динаміка чисельності зрілих особин червоного плодового кліща при різних рівнях смертності його антагоніста (за комп'ютерною моделлю)

показник кліщів-днів. Рисунок показує, що кількість кліщів-днів починає швидко зростати, якщо знищено більше, ніж 30-40% популяції акарифага.

Важливе місце в роботі відводиться розробці контролю за динамікою відбору у шкідників за стійкістю до пестицидів. Організація такого контролю в польових умовах складна для господарств через відсутність засобів, часу та спеціально підготовленого персоналу. Тому використання моделей може стати єдиним засобом розробки відповідних рекомендацій.

Для того, щоб оцінити ризик появи та розвиток резистентних до пестициду шкідників, будуються взаємозв'язки між розмірами популяції, імовірністю виникнення стійкості та швидкістю відбору за нею.

Модель росту популяції, як зазначалося, залежить від швидкості розвитку r_x (1) і з урахуванням впливу пестициду має вигляд:

$$N_x = N_0 \cdot \prod_{x=1}^t (1 + \alpha \cdot r_x), \text{ де} \quad (3)$$

x – індекс, який визначає дискретність інтервалу моделювання,

N_0 – початковий розмір популяції (при $x=0$),

α – коефіцієнт ефективності препарату ($0 < \alpha < 1$), визначається за результатами токсикологічного дослідження (для стійких особин $\alpha = 1$; $\alpha = 0.5$ – середньосмертельна концентрація),

r_x – швидкість розвитку,

t – період розвитку.

Якщо припустити, що на початку застосування препарату можлива відсутність стійких особин (стійкість виникає в момент $x = x_r \neq 0$), тоді, на підставі залежності (3), модель відбору за стійкістю представляється таким рівнянням:

$$q_{xr} = \frac{\prod_{x=x_r}^t (1 + r_x)}{N_0 \cdot \prod_{x=1}^t (1 + \alpha \cdot r_x) - \prod_{x=x_r}^t (1 + \alpha \cdot r_x) + \prod_{x=x_r}^t (1 + r_x)}, \quad (4)$$

де q_{xr} – відносна кількість стійких особин протягом періоду t в залежності від моменту появи стійкості x_r .

Щоб пов'язати залежність росту популяції (3) та модель відбору (4) з імовірністю появи стійкості, потрібно передбачити момент, коли вона виникає. Як відомо, кожний шкідник популяції може бути природно стійким з дуже малою ймовірністю $p < 10^{-5}$. Тоді застосовуючи закон розподілу Пуассона, імовірність виникнення стійкості в момент $x=x_r$ буде дорівнювати імовірності відсутності стійких особин до моменту часу $x_r - 1$, помноженій на ймовірність, що стійкість виникла за проміжок часу $(x_r - 1, x_r)$. Отже,

$$P\{x = x_r\} = e^{-p \cdot N_{x_r-1}} \cdot (1 - e^{-p \cdot (N_{x_r} - N_{x_r-1})}), \quad (5)$$

а якщо замінити N_x та N_{x-1} на модель росту популяції (3), то маємо:

$$P\{x = x_r\} = e^{-p \cdot N_0 \cdot \prod_{x=1}^{x_r-1} (1 + \alpha \cdot r_x)} \cdot (1 - e^{-p \cdot N_0 \cdot \alpha \cdot \prod_{x=1}^{x_r-1} (r_x \cdot (1 + \alpha \cdot r_x))}). \quad (6)$$

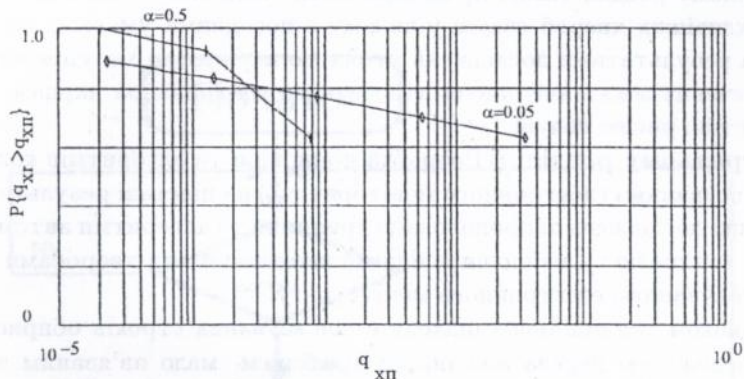


Рис. 4: Імовірність $P\{q_{xr} \geq q_{xп}\}$ того, що відбір за стійкістю у шкідників досягне певного порогу $q_{xп}$ через 50 днів після початку застосування пестициду та при двох його різних концентраціях α

Дана залежність використовується для оцінки ймовірності досягнення заданого порогу у відборі стійких шкідників протягом певного часу з метою своєчасної заміни препарату або корекції його концентрації.

Щоб визначити $P\{q_{xr} \geq q_{xп}\}$ (ймовірність того, що відбір досягне заданого порогу $q_{xп}$), потрібно знайти $P\{x_r \leq xп\}$ (ймовірність виникнення стійкості в такий час $xп$, при якому q_{xr} досягне $q_{xп}$). Тоді

$$P\{q_{xr} \geq q_{xп}\} = P\{x_r \leq xп\} = 1 - e^{-N_0 p} + \sum_{x_r=1}^{xп} P\{x = x_r\}, \quad (7)$$

де $1 - e^{-N_0 p} = P\{x_r = 0\}$, а $P\{x = x_r\}$ визначається за допомогою рівняння (6).

З рис.4 видно, що при певних умовах, вища концентрація препарату відображається у вищій ймовірності досягнення заданого порогу. Відбір за стійкістю зростає швидше, коли, не зважаючи на високу концентрацію препарату, ефективність обробки падає та популяція шкідника набуває високої стійкості. Як видно, для такого моменту характерний розрив у ймовірності досягнення q_{xr} певного порогу при концентраціях препарату $1 - \alpha = 0.5$ та $1 - \alpha = 0.95$. Це може бути сигналом наступного росту стійкості та як наслідок необхідності корекції дози або заміни препарату.

У даному розділі також проведено аналіз епідеміологічних досліджень найважливіших хвороб яблуні у зв'язку з погодними умовами середовища. За результатами досліджень уточнено параметри метеорологічного забезпечення локального автоматизованого контролю за паршею та борошнистою росою яблуні.

У третьому розділі ("Розробка принципів та алгоритмів контролю із застосуванням електронного моніторингу") на підставі результатів висвітлених досліджень запропоновано принципи та алгоритми автоматизованого контролю за найпоширенішими шкідниками та хворобами яблуні із застосуванням електронного моніторингу.

Недоліком традиційного підходу є пов'язування строків обприскування з фенологією дерева або іншим критерієм, мало зв'язаним з погодними умовами, сприятливими для розвитку хвороби. Тому поточну реєстрацію метеорологічних умов прийнято за основу автоматичної діагностики фітосанітарного стану агроценозу яблуневого саду як об'єкту контролю.

На підставі даних безперервного вимірювання датчиками параметрів середовища, найкритичніших для більшості хвороб і шкідників з використанням моделей і алгоритмів, рекомендуються своєчасні раціональні заходи по захисту врожаю з мінімальною затратою часу спеціалістів на обстеження плодівих насаджень.

Зокрема, автоматичний контроль за розвитком парші яблуні ґрунтується на поточній реєстрації таких метеорологічних чинників, температура повітря, зволоження листя, а також час його (рис.5).

На початку сезону, до появи перших конидіеспор (при досягненні сум активних температур 167 градусоднів – від першого зараження аскоспорами), коли зволоження починається між 07.00 та 18.00, інфекційний період розраховується з початком дощу. Якщо зволоження починається в темній половині дня (між 18.00 та 07.00), розрахунок затримується до 07.00. Коли ж конидії з'явилися, але первинна стадія хвороби ще не закінчилась, рекомендується починати розрахунок з початком зволоження. Для розрахунку інфекційного періоду використовується рівняння залежності Міллса з корекцією даних на 3 години:

$$W = 86.37 - 18 \cdot T + 1.57 \cdot T^2 - 0.062 \cdot T^3 + 9.198 \cdot T^{-4}, \quad (8)$$

де W – мінімальна тривалість зволоження, необхідна для зараження аскоспорами парші, год; T – середня температура протягом зволоження листя, $^{\circ}\text{C}$.

Головним критерієм сигналізації обробок проти борошнистої роси є

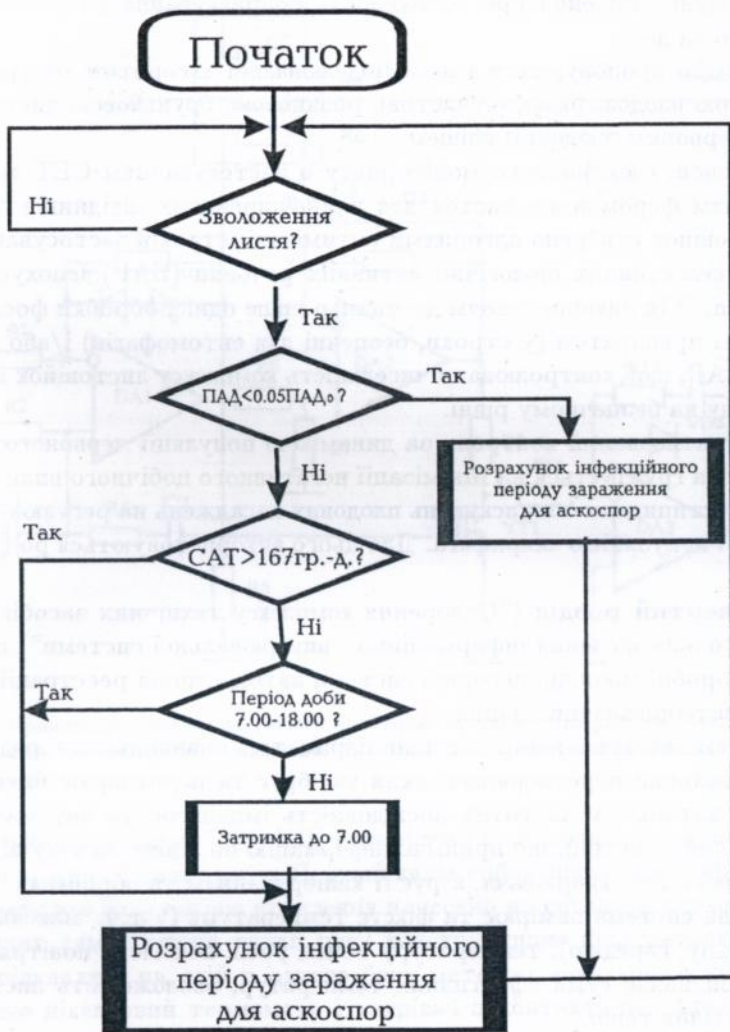


Рис. 5: Моделювальний алгоритм контролю за паршею яблуни (ПАД – потенціал аскоспорної дози, $ПАД_0$ – початковий рівень ПАД, САТ – сума активних температур)

температурний показник середовища за останні 3 дні, включаючи день прийняття рішення, а також діагностика швидкості розвитку молодих пагонів яблуні. Рішення про необхідність обприскування розраховується завчасно за день.

У розділі пропонуються також моделювальні алгоритми контролю за яблуневою плодожеркою, сітчастою, розановою, бруньковою листовійками та червоним плодовим кліщем.

На основі електронного моніторингу з застосуванням СЕТ та використанням феромонних пасток для найпоширеніших шкідників з родини листовійок створено алгоритми оптимізації строків застосування сучасних селективних біологічно активних речовин (БАР) фенохусарб та lufenigon. З їх використанням достатньо лише однієї обробки фосфорорганічним препаратом (у строки, безпечні для ентомофагів) і/або 1-2 обробок БАР, щоб контролювати чисельність комплексу листовійок яблуневого саду на безпечному рівні.

Автоматизований контроль за динамікою популяції червоного плодового кліща ґрунтується на мінімізації негативного побічного впливу програми пестицидних обприскувань плодкових насаджень на регулюючу взаємодію з популяцією акарифага. Для цього використовуються розроблені моделі.

Четвертий розділ ("Створення комплексу технічних засобів і програмного забезпечення інформаційно - вимірювальної системи") присвячено розробці мікропроцесорної системи автоматичної реєстрації та обробки метеорологічних даних.

Система включає набір датчиків параметрів зовнішнього середовища, вимірювальний перетворювач, який калібрує та перетворює вихідні величини датчиків у частотну послідовність імпульсів, та автоматичний сигнальний пристрій, що приймає інформацію по лініях зв'язку від вимірювального перетворювача, керує її калібруванням та обробкою.

Базова система вимірює та фіксує температуру (у т.ч. максимальну, мінімальну, середню), температуру точки роси, вологість повітря. Крім цього, визначає суми ефективних температур, зволоженість листя, момент сутінок тощо.

Для вимірювання тривалості зволоження листя розроблено датчик з близькою до дійсної імітацією поведінки листка яблуні при висиханні, стійкістю до атмосферного впливу та відсутністю потреби в ремонті. В лабораторних умовах було оцінено різницю в тривалостях висихання молодого листка яблуні та датчика при чотирьох різних методах зволоження.

До вимірювального перетворювача

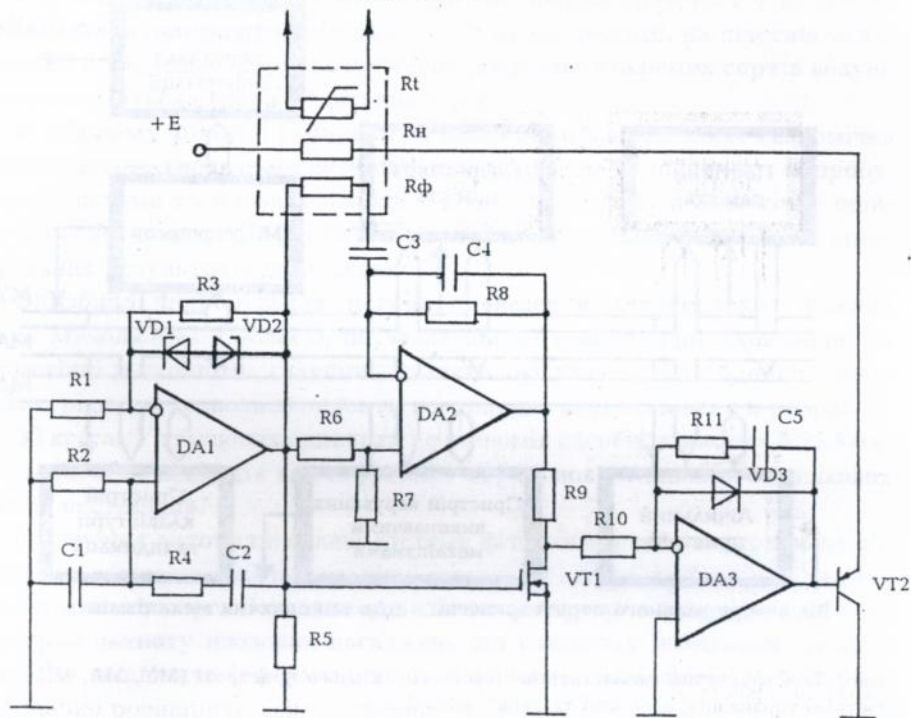


Рис. 6: Принципова схема слідкуючого пристрою датчика температури точки роси (R_t - нікельовий термометр, R_n - нагрівач, R_ϕ - опір капілярної канавки з вологочутливою речовиною)

Спільно з кафедрою ТОР КПІ розроблено комбінований датчик температури повітря й точки роси. Перший являє собою нікельовий термометр, який методом вакуумного наплення нанесено на сеталову підкладку.

Датчик температури точки роси конструктивно складається з сеталової підкладки, на якій з одного боку методом вакуумного наплення нанесено нікельовий термометр і нагрівач з контактними площадками. На іншому боці підкладки знаходяться електроди, розділені капілярною канавкою, заповненою вологочутливою речовиною.

Керування температурою підкладки здійснюється за допомогою слідкуючого пристрою (рис.6), який реагує на зміну сигналу, пропущеного через вологочутливу речовину датчка, синхронно збільшуючи або зменшуючи нагрів.

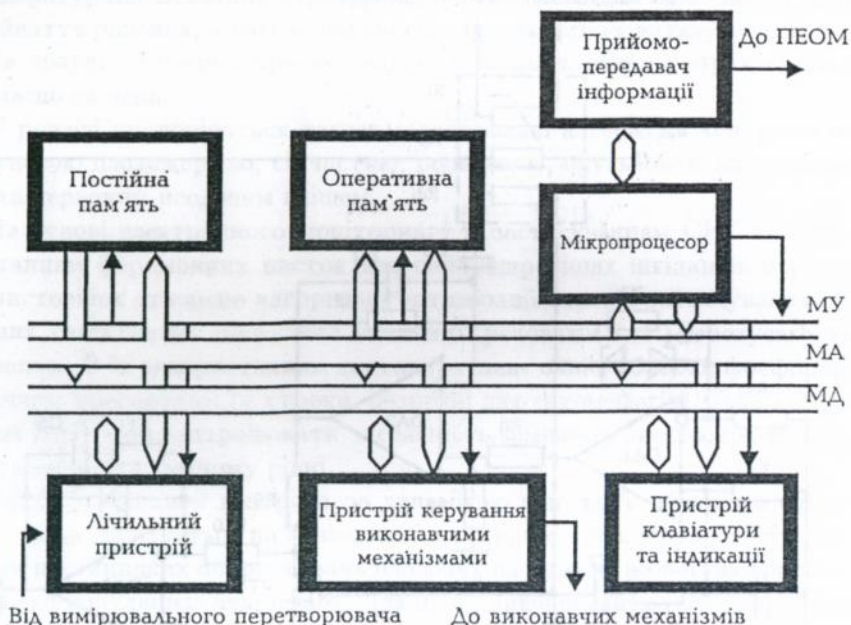


Рис. 7: Структурна схема автоматичного сигнального пристрою (МУ, МА, МД – магистралі управління, адресації та даних відповідно)

Градуювання датчиків проводилося в атестованому сольовому гідростаті ГПТ-130 в діапазоні температур $0... + 30^{\circ}\text{C}$ та температур точки роси $-10... + 30^{\circ}\text{C}$. Загальна точність роботи температурного датчика була високою, а характеристика чутливості в межах випробовуваних температур - лінійною. Середня похибка складала 0.45°C , максимальна 1.0°C , а 47% усіх градуйованих значень знаходилася в межах $\pm 0.6^{\circ}\text{C}$ точності. Для точки роси ці значення становили відповідно 0.56°C , 1.7°C та 40%.

Автоматичний сигнальний пристрій функціонально складається з ряду модулів (рис.7). На підставі даних, що надходять від датчиків, за спеціально розробленими алгоритмами пристрій передбачає появу та розвиток шкідників і розраховує умови зараження найважливішими хворобами яблуні. Його моделі попереджують про захворювання на паршу, борошністу росу, а також про найважливіші періоди в розвитку яблуневої плодожерки, сітчастої, розанової та брунькової листовійок. Електронний календар надає можливість реєструвати події в масштабі реального часу. Інформація може передаватися до персональної ЕОМ.

Система переносна і в позасезонний час використовується у плодосховищі для контролю за мікрокліматом. У цьому режимі, на підставі метеоданих, попередньо зібраних протягом дозрівання окремих сортів яблуні, розраховуються строки зберігання плодів.

У **п'ятому розділі** ("Виробничі випробування та техніко-економічна оцінка автоматизованої системи") наведено дані виробничого випробування системи та проведено технологічну, економічну й екологічну оцінку її застосування. Викладаються також перспективи подальшого використання результатів досліджень.

Виробничі випробування системи, проведені в саду радгоспу "Зелений Гай" Миколаївської області, показали високі технологічні, економічні та екологічні достоїнства системи. Виключення лише однієї обробки бордоською рідиною дозволило знизити пестицидне навантаження в розрахунку 30 кг/га. У грошових одиницях це економія засобів захисту - 5.28 \$/га. Крім того, це підвищує якість урожаю за рахунок зменшення залишкових рівнів пестицидів.

Створення автоматизованої системи фітосанітарного контролю за яблуневим садом на локальному рівні при умові широкого її впровадження дає можливість організувати спеціалізовану мережу з метою оптимізації програм захисту плодових насаджень від комплексу шкідливих організмів. Це поліпшить інформаційне забезпечення спеціалістів господарств та значно розширить консультативну допомогу.

В И С Н О В К И

1. На підставі аналізу результатів вивчення розвитку найважливіших хвороб яблуні у зв'язку з погодними умовами уточнено параметри метеорологічного забезпечення системи локального автоматизованого контролю за ними. Зокрема, для парші яблуні на початку сезону, до того, як з'являться перші конидіеспори і коли зволоження починається між 7.00 та 18.00, інфекційний період рекомендується розраховувати з початком дощу. А коли зволоження починається між 18.00 та 7.00, розрахунок затримується до 7.00.

2. За участю спеціалістів із захисту рослин на підставі даних, зафіксованих автоматичним пристроєм, отримано точні значення сум ефективних температур (СЕТ) протікання найважливіших періодів у розвитку найпоширеніших шкідників з родини листовійок. Так, виліт метеликів зимового покоління яблуневої плодожерки починається при накопиченні СЕТ 2120, а пік досягається при СЕТ 3259 градусогодин вище порогової

температури розвитку 10^0C . Яйця шкідник починає відкладати при СЕТ 3373 градусогодин, а при СЕТ 5597 з'являються перші гусениці. Причому середня похибка наведених показників знаходиться в межах 57 - 186 градусогодин. Як наслідок з'явилася можливість без великих затрат часу на моніторинг популяцій у саду визначати оптимальні строки візуального контролю за шкідниками і можливий час проведення захисних заходів.

3. Розроблено комп'ютерну популяційну модель міжвидових зв'язків, яка дозволяє контролювати процес природного саморегулювання чисельності червоного плодового кліща. Зокрема, встановлено, що при знищенні більше 30-40% популяції хижого кліща з родини фітосейд останній втрачає здатність стримувати розмноження рослиноїдного кліща. При параметрах, наведених у програмі, протягом 10 останніх днів інтервалу моделювання темпи росту популяції шкідника змінюються від 1552 до 2648 кліщо-днів при рівневі смертності хижого антагоніста 30%, та від 2147 до 5092 при 60%.

4. Обґрунтовано та досліджено на ПЕОМ імовірнісну модель появи та розвитку стійкості у шкідників до застосовуваних пестицидів. Встановлено, наприклад, що імовірність досягнення концентрації вище 50% стійких до пестициду особин через 100 днів після початку регулярного його застосування дорівнює 0.2 при ефективності препарату $\alpha = 0.05$, частоті відбору $p = 10^{-5}$, початковому розмірі популяції $N_0 = 10^5$ та швидкості її розвитку $r = 0.2$.

5. На підставі результатів досліджень створено моделювальні алгоритми контролю за розвитком шкідників і хвороб яблуневого саду під впливом найважливіших біотичних, абіотичних та антропогенних чинників. Їх практична реалізація на базі автоматизованої системи фітосанітарного контролю дозволяє знизити об'єм контрольних робіт у насадженнях в 10-16 разів.

6. Розроблено електронний датчик для імітації середньої тривалості періоду висихання листя. При дослідженні виявлено тенденцію: чим більша кількість води наноситься, тим повільніше висихає датчик у порівнянні з яблуневим листком. Це особливо помітно при безвітряних умовах. Поодинокі краплі на датчику висихали в середньому на 83 хв раніше, ніж на листку. Змочений датчик висихав у середньому на 271 хв довше, ніж листок.

7. Автоматизовану систему впроваджено у виробництво в радгоспі "Зелений Гай" Миколаївської області. Виробничі випробування показали високу її ефективність. Річний економічний ефект за рахунок виключен-

ня однієї обробки бордоською рідиною становив 154.77 \$ (з розрахунку використання одного комплексу обладнання на сад площею 30 га). Пестицидне навантаження вдалося знизити на 30 кг/га.

Основні положення дисертації викладено в таких працях:

1. Мартыненко И.И., Лапа А.М., Дацишин В.А. Локальные автоматизированные системы фитосанитарной оценки агробиоценоза // Автоматизация науч. исследований в области растениеводства, (Бюллетень ВИР). -С.-Петербург, 1991. -N215. -С.44-47.
2. Дацишин В.О., Лапа О.М. Автоматизована система фітосанітарного контролю саду // Новини садівництва. -Умань. -1995. -N2.
3. Скрынский В.С., Лапа А.М., Дацишин В.А., Орнатский Е.П. Состояние и перспективы разработки преобразователей точки росы на основе тонкопленочной технологии // Состояние и перспективы разработки и внедрения датчиков для оперативного контроля процессов возделывания с.-х. растений в интенсивном земледелии: Тез. докл. Всесоюзного совещания, (Ярославль, 19-23 ноября 1990 г.).
4. Дацишин В.О. Мікропроцесорний контроль фітосанітарного стану плодкових насаджень // Тези доповідей науково-практичної конференції, присвяченої 25-річчю від дня утворення Краснокутської дослідної станції садівництва, 13-15 липня 1993 р. - С.122.
5. Мартыненко И.И., Дацишин В.О. Інформаційно-вимірювальна система фітосанітарного контролю плодкових насаджень // Інформатика в галузях агропромислового комплексу України: Тези доп. міжнародної конференції (Одеса, 16-17 листопада 1993 р.). - С.13.

SUMMARY

Datsishin V.A. "Automated system of phytosanitarian control of the apple orchard"

Candidate thesis in technical sciences on the speciality 05.13.07 - "Automation of technological processes".

National Agricultural University, Kiev, 1995.

Investigations were carried out to improve the monitoring system for pests and beneficial arthropods in an apple orchard. The special-purposed automated system with microprocessor has been created which operates models capable to determine the correct time of indispensable visual inspection and, if necessary, the control measure against major pests and diseases of apple trees.

The efficiency estimation of the system application is given. The prospects of future using of the investigation results are presented.

АННОТАЦІЯ

Дацишин В.А. "Автоматизированная система фитосанитарного контроля яблоневого сада".

Рукопись диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.13.07 - "Автоматизация технологических процессов и производств".

Национальный аграрный университет, Киев, 1995.

Исследования проведены с целью усовершенствования системы контроля за вредными и полезными организмами яблоневого сада. Специально для этого была разработана микропроцессорная система, которая позволяет в автоматическом режиме наблюдать за погодными условиями окружающей среды, а также определять на основании созданных алгоритмов сроки обязательных визуальных наблюдений и время проведения защитных мероприятий против главнейших вредителей и болезней яблони.

Приводится оценка эффективности применения системы. Излагаются перспективы дальнейшего использования результатов исследований.

Ключові слова: агроценоз, яблуня, датчик, мікропроцесор, моніторинг, шкідник, хвороба, модель, алгоритм.

Оригінал-макет зверстано та віддруковано відділом
інформації та комп'ютерних комунікацій Національного
аграрного університету за допомогою системи L^AT_EX

453989

AB 32.901

AB 32.901