

Міністерство освіти і науки України
Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва

**ТЕОРІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ
ПРОГНОЗУВАННЯ
І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ
У ЗАХИСТІ І КАРАНТИНІ
РОСЛИН**

Навчальний посібник

Харків – 2021

УДК 632.914/.915(075.8)

T11

Рекомендовано до видання вченою радою Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва (протокол № 8 від 2 листопада 2020 р.)

Рецензенти: **Є.М. Білецький**, д-р біол. наук, професор кафедри екології та біотехнології ХНАУ ім. В.В. Докучаєва, академік Академії наук вищої освіти України;
О.В. Куц, доктор с.-г. наук, провідний наук. співробітник, заступник директора з наукової роботи Інституту овочівництва і баштанництва НААНУ;
С.В. Чоні, канд. с.-г. наук, менеджер компанії «Сингента»

Автори:

**С.В. Станкевич, І.В. Забродіна, М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко,
І.П. Леженіна, Г.В. Малина**

T11

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин: навч. посіб. / С.В. Станкевич, І.В. Забродіна, М.О. Білик та ін. – Харків: Видавництво Іванченка І.С., 2021. – 269 с.

ISBN ????????????

Висвітлено сучасні принципи, алгоритми та методологію розробки фітосанітарних прогнозів різної завчасності і шляхи їх удосконалення з метою впровадження екологічно орієнтованого захисту рослин. Наведено критерії доцільності застосування засобів захисту рослин від шкідників і хвороб та визначення ефективності захисних заходів.

Призначено для підготовки здобувачів третього (освітньо-наукового) рівня аграрних вищих навчальних закладів IV рівня акредитації зі спеціальності «Захист і карантин рослин». Може бути корисним фахівцям із захисту рослин, науковим співробітникам і агрономам господарств різних форм власності, слухачам закладів післядипломної освіти, викладачам, здобувачам біологічних та сільськогосподарських спеціальностей закладів вищої освіти, а також усім тим, кого цікавить екологічно орієнтований захист рослин.

УДК 632.914/.915(075.8)

© Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва, 2021
© Станкевич С.В., Забродіна І.В., Білик М.О. та ін., 2021
© Дизайн обкладинки Станкевича С.В., 2021

ISBN ????????????

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ФІТОСАНІТАРНИЙ МОНІТОРИНГ І ПРОГНОЗ – ОСНОВА ЕКОЛОГІЗОВАНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН	10
1.1. Історія розвитку і сучасний стан фітосанітарного моніторингу і прогнозу в Україні	10
1.2. Принципи проведення фітосанітарного моніторингу, типи і види прогнозів	12
1.2.1. Прогнози за завчасністю	18
1.2.2. Прогнози за призначенням	22
1.2.3. Прогнози розвитку груп шкідливих організмів	23
2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІТОСАНІТАРНОГО МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУ	27
2.1. Основні теорії динаміки популяцій шкідливих організмів рослин	27
2.2. Основні положення теорій прогнозу розвитку шкідливих організмів	29
2.2.1. Довгостроковий прогноз	29
2.2.2. Короткостроковий прогноз	32
2.2.3. Багаторічний прогноз	33
2.3. Предиктори прогнозу	34
3. ФІТОСАНІТАРНА ІНФОРМАЦІЯ, МЕТОДИ ЗБОРУ І ВИКОРИСТАННЯ	38
3.1. Концептуальні основи	38
3.2. Метеорологічна інформація	40
3.3. Агротехнічна інформація	47
3.4. Інформація про стан популяцій	53
3.4.1. Оцінка просторової структури популяції	53
3.4.2. Оцінка вікової і морфофізіологічної структури популяцій	56
3.5. Первинна обробка і передача оперативної фітосанітарної інформації	57
3.6. Методи збереження інформації з використанням комп'ютера	59
3.7. Математичні алгоритми прогнозування в захисті рослин	63
3.7.1. Передумови і принципи	63
3.7.2. Регресійні моделі	66

3.7.3. Імітаційні моделі	67
3.8. Роль прогнозів у забезпеченні оптимального фітосанітарного стану агроценозів	70
3.9. Завдання і методи організації фітосанітарного моніторингу і прогнозу в господарствах	72
3.10. Оцінка вірогідності прогнозів	76
3.11. Прогностичне забезпечення планування й організації захисту рослин	78
4. ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУ ОСНОВНИХ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ РОСЛИН	82
4.1. Моніторинг і прогноз шкідників рослин	82
4.1.1. Показники життєдіяльності популяцій	83
4.1.2. Типи динаміки популяцій	88
4.1.3. Основні методи обліку шкідників рослин	90
4.1.3.1. Метод ґрунтових розкопок	90
4.1.3.2. Метод облікових ділянок	92
4.1.3.3. Метод облікових рядків та облікових Рослин	94
4.1.3.4. Метод рослинних проб	96
4.1.3.5. Метод косіння ентомологічним сачком	97
4.1.3.6. Метод пасток	98
4.2. Моніторинг і прогноз хвороб рослин	101
4.2.1. Теоретичне обґрунтування прогнозу хвороб	102
4.2.1.1. Форми проявлення епіфітотійного процесу	104
4.2.1.2. Роль збудника хвороби	106
4.2.1.3. Значення рослини-господаря	108
4.2.1.4. Вплив зовнішнього середовища	108
4.2.1.5. Вплив антропогенних факторів	119
4.2.2. Багаторічний прогноз хвороб рослин	123
4.2.3. Довгостроковий (річний) прогноз хвороб рослин	126
4.2.4. Короткостроковий прогноз хвороб рослин	129
4.2.5. Виявлення і моніторинг хвороб рослин	133
4.2.5.1. Загальні положення	133
4.2.5.2. Облік хвороб зернових і круп'яних культур агроценозів	136
4.2.5.3. Облік хвороб бобових культур	140
4.2.5.4. Облік хвороб картоплі, овочевих і баштанних культур	141

4.2.5.4. Облік хвороб плодово-ягідних культур і винограду	144
4.2.5.5. Моніторинг хвороб зерна	147
4.3. Основи моніторингу і прогнозу розвитку бур'янів	150
4.3.1. Інформаційне забезпечення прогнозів бур'янів	154
4.3.2. Методи гербологічного моніторингу	156
4.3.3. Прогнозування забур'яненості посівів сільськогосподарських рослин	160
4.3.4. Особливості моніторингу бур'янів на основних сільськогосподарських культурах	164
5. ПРОГНОЗИ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ	172
5.1. Прогнози фенології	172
5.1.1. Використання фенограм	173
5.1.2. Розрахунок термінів настання онтогенетичних фаз за показниками температури	174
5.2. Прогноз шкідливості	177
5.2.1. Принципи визначення пошкодженості (ураженості) рослин та втрат урожаю	181
5.2.2. Оцінка втрат урожаю зернових колосових культур від основних шкідників і хвороб	183
6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗБОРУ ФІТОСАНІТАРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ І РОЗРОБКИ ПРОГНОЗІВ	189
6.1. Організація збору фітосанітарної інформації	189
6.1.1. Збір інформації, що характеризує просторову структуру популяцій	192
6.1.2. Збір інформації, що характеризує морфофізіологічну і вікову структуру популяцій	194
6.2. Порядок інформаційного забезпечення розробки прогнозів	196
6.3. Порядок інформаційного забезпечення визначення строків і місця проведення захисних заходів (сигналізація)	197
6.4. Система обробки й інтерпретації фітосанітарної інформації	199
7. КРИТЕРІЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН, ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСНИХ ЗАХОДІ ТА ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ	203
8. ТЕОРІЇ ДИНАМІКИ ПОПУЛЯЦІЙ КОМАХ	213

8.1. Теорії, що пояснюють сезонні і річні зміни чисельності Комах	213
8.2. Динаміка чисельності популяцій як елементарний фактор Мікроеволюції	217
8.3. Теорії, що пояснюють закономірності популяційних Циклів	220
8.4. Циклічність як загальна властивість розвитку і функціонування природних систем	226
8.5. Теорія циклічності динаміки популяцій	228
8.6. Нелінійність масових розмножень комах як аналоги режимів із загостренням з погляду синергетики	231
РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА	236
Додатки	243

*Присвячується 180-річчю
кафедри зоології та ентомології
ім. Б.М. Литвинова*

ВСТУП

Моніторинг шкідників і хвороб, згідно із Законом України про захист рослин, є обов'язковим для всіх землекористувачів. Сучасні системи моніторингу розроблено для певних культур, шкідливих організмів чи їх комплексів провідними науковими закладами і вченими. За багаторічний період методи і методики фітосанітарного моніторингу, об'єм і схеми його реалізації апробовано й удосконалено практикою роботи служби захисту рослин та вченими різних наукових закладів. Їх оптимізовано щодо видового складу шкідливих організмів, обсягу проведення обстежень та обліків, обладнання для спеціальних робіт і кількості працівників.

Держпродспоживслужба проводить моніторинг на єдиній методичній основі в загальноприйнятій календарно-фенологічній строки. Восени (вересень – жовтень) виконують ґрунтові розкопки всіх полів однієї сівозміни, а також інші спеціальні обстеження для виявлення основних шкідників і деяких хвороб. Дані обстежень доповнюють фітосанітарну інформацію, зібрану раніше під час вегетації. Вони є основою для планування робіт на наступний рік.

Рано навесні (друга половина березня – квітень) проводять контрольні обстеження в місцях зимівлі шкідників для уточнення їх стану і внесення поправок у раніше розроблені плани робіт.

Весняні і літні обстеження (з травня) необхідні для обґрунтування доцільності і строків проведення заходів захисту рослин. Під час цих обстежень збирають основну інформацію про стан популяцій шкідливих видів.

Основними завданнями фітосанітарного моніторингу є: контроль за появою, розвитком і розповсюдженням шкідливих організмів; регулярна інформація відповідних державних органів та землекористувачів про результати моніторингу, порядок, обсяги і строки проведення відповідних заходів проти шкідливих організмів;

виявлення змін у видовому складі, розвитку і поширеності шкідливих організмів залежно від екологічних факторів та антропогенного впливу; прогноз і облік втрат урожаю сільськогосподарських культур від шкідливих організмів, визначення їх шкідливості й ефективності проведених захисних заходів; розробка прогнозів розвитку основних шкідливих організмів рослин різної завчасності.

В Україні велику увагу приділяють інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на основі його спеціалізації, концентрації і використання індустріальних методів виробництва. У цих умовах підвищується роль захисту рослин.

Великий набір вирощуваних культур і природної рослинності, а також поява та інтродукція нових культур визначають чисельність комах і збудників хвороб, які завдають шкоди посівам, садовим, лісовим та полезахисним лісовим насадженням. За даними ФАО, щороку внаслідок життєдіяльності шкідливих організмів втрачається понад 40 % урожаю.

Сучасний захист рослин спирається на значний обсяг інформації, що характеризує поширення, розвиток, економічне значення шкідників. Тільки в результаті своєчасного одержання і повноцінної обробки цієї інформації можна прийняти оптимальні рішення, що забезпечують профілактичну спрямованість захисних заходів і їх високу рентабельність. Насамперед необхідно забезпечити систематичний облік і контроль стану популяцій шкідливих організмів, щоб проводити захисні заходи тільки в тому випадку, якщо чисельність чи розвиток шкідливого організму перевищує економічний поріг шкідливості (ЕПШ). Це вимагає систематичного нагляду за станом популяції шкідників.

Така система складається з основних етапів: одержання відповідної інформації, обробка даних, їх накопичення та аналіз. Кожен з цих етапів необхідно виконувати за загальноприйнятими методиками, у певній послідовності, за умов необхідного обсягу та рівня достовірності відповідних даних. Крім того, необхідно дотримуватися певних правил збору і використання інформації, щоб запобігти помилкам під час її одержання, нагромадження, обробки і прийняття рішень.

Обов'язковим елементом сучасної системи землеробства є інтегрований захист рослин від шкідливих організмів, що полягає в управлінні динамікою популяцій шкідливих і корисних організмів на основі фітосанітарних прогнозів та цілеспрямованого застосування

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин сучасних методів і засобів захисту рослин. Для прийняття рішення щодо застосування того чи іншого заходу, спрямованого на захист культури від певного виду шкідника чи їх комплексу, необхідно провести моніторинг для виявлення та обліку шкідливих організмів. Спираючись на критерії доцільності застосування засобів захисту рослин від шкідників, приймають рішення про необхідність чи недоцільність проведення захисту культури.

Метою викладання навчальної дисципліни «Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин» є формування у здобувачів науково обґрунтованих суджень про можливі зміни системи шкідливий організм – агрофітоценоз на основі сучасних наукових знань про поширення шкідливих організмів з урахуванням впливу глобальних і локальних чинників тривалої й короткочасної дії на кормові рослини, шкідливі організми, їхніх антагоністів і конкурентів, оптимізованих методів збирання й аналізу даних щодо їх поширення та шкідливості.

Посібник розроблено з урахуванням існуючих методів виявлення та обліку шкідників і хвороб сільськогосподарських культур, критеріїв доцільності застосування засобів захисту рослин та визначення ефективності захисних заходів.

1. ФІТОСАНІТАРНИЙ МОНІТОРИНГ І ПРОГНОЗ – ОСНОВА ЕКОЛОГІЗОВАНОГО ЗАХИСТУ РОСЛИН

1.1. Історія розвитку і сучасний стан фітосанітарного моніторингу і прогнозу в Україні

Необхідність у спостереженнях і контролі за розвитком шкідливих організмів рослин виникла з тих часів, коли шкідники, хвороби і бур'яни стали спричиняти суттєві втрати урожаю і навіть загибель рослин. Але ще довгі віки через слабку вивченість біології та екології шкідливих організмів, відсутність обґрунтованих методів обліку ефективно цю роботу виконувати було неможливо. Перші суттєві кроки в цьому напрямку на території України зроблено більше ніж 120 років тому, коли під ентомологічний нагляд узяли звичайного бурякового довгоносика, жука-кузьку, саранових та деяких шкідників плодкових культур.

На початку ХХ ст. збільшилася мережа відповідних наукових установ, створено спеціальні станції, на яких розробляють наукове обґрунтування заходів захисту рослин, методи обліку чисельності, фенології та шкідливості шкідливих організмів рослин. На першому з'їзді спеціалістів з прикладної ентомології, який відбувся у 1916 р. в Києві, Н.В. Курдюмов визначив пріоритетність прогнозування шкідливих організмів рослин як основи профілактичних заходів. Створення і робота спостережних пунктів, як їх тоді називали, пов'язані з господарствами, що вирощували цукровий буряк та виробляли цукор ще в дореволюційні часи. У зв'язку з великими втратами врожаю цукрових буряків від шкідників, ці пункти спеціалізувалися на спостереженні саме за цими видами.

Цілеспрямовану роботу в Радянському Союзі в цьому напрямі розпочали з 1929 р., коли було створено Всесоюзний науково-дослідний інститут захисту рослин. До його складу входило 16 філій та 150 опорних спостережних пунктів. У цих підрозділах розробляли методики обліку шкідливих організмів рослин, проводили збір і обробку фітосанітарної інформації, що дозволило в 1932 р. виконати опис розповсюдження мишоподібних гризунів і саранових, а також сажкових хвороб злакових культур. У 1933 р. до цього переліку додали лучного метелика і бавовникову совку. У ці ж роки формується державна служба захисту рослин, одним із завдань якої був збір інформації про шкідливі організми рослин, розробка прогнозів їх

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин розвитку. Для методичного керівництва цією роботою в кожній союзній республіці і кожній області створено сектори обліку і прогнозів. На міжрайонному рівні почали працювати спостережні пункти, які збирали фітосанітарну інформацію самостійно й отримували відповідні дані від кореспондентської мережі (МТС, дослідні станції та інші наукові установи). У 1940 р. в СРСР була створено централізовану службу обліку і прогнозів. У передвоєнні та післявоєнні роки інтенсивно розвивається хімічний метод захисту рослин, для обґрунтування його застосування необхідною стала інформація про розповсюдження і фенологію шкідливих організмів. У цей період активно розробляють і впроваджують методики розробки багаторічних, фенологічних прогнозів та прогнозів шкідливості. Значний вклад у наукове обґрунтування цих розробок внесли вчені-зоологи Б.С. Виноградов, І.Я. Поляков; ентомологи В.П. Васильєв, О.І. Петруха, О.В. Заговора, Б.В. Добровольський, В.І. Танський; фітопатологи Н.А. Наумова, Т.Д. Страхов, М.С. Дунін, К.М. Степанов, З.О. Пожар, В.А. Чулкіна. Особлива заслуга належить вченим ВІЗРа на чолі з І.Я. Поляковим, які активно впроваджували систему фітосанітарного моніторингу в усіх республіках СРСР і в деяких країнах східної Європи. Розробку основ прогнозу розвитку бур'янів виконав В.В. Ісаєв. Великий внесок у розробку теорії багаторічних прогнозів на основі циклічності сонячної активності зробив академік Є.М. Білецький.

З 1957 р. в Україні щорічно розробляють довгостроковий прогноз основних шкідників і на його основі відповідні рекомендації щодо захисту рослин, які доводяться до відома всіх агроустанов і землекористувачів. У 1973 р. сектори обліку і прогнозів реорганізовано в лабораторії діагностики і прогнозів, а спостережні пункти – у пункти сигналізації і прогнозу, які працюють і по нині. У 1980 р. в Україні працювало 80 пунктів та 26 лабораторій діагностики і прогнозів. У 90-ті роки ХХ століття відбулося помітне збільшення пунктів сигналізації і прогнозу (у 3–4 рази). У зоні діяльності пункту площа орної землі в середньому становить близько 200 тис. га, що в десятки разів більше, ніж в інших аграрних країнах Європи. За розрахунками науковців, у зоні інтенсивного землеробства на кожні 300 га повинен бути спостережник, у зоні буряківництва – на 1000 га, у зоні вирощування зернових культур – на 10000 га. Сучасна державна служба фітосанітарного моніторингу і прогнозу фізично не може забезпечити проведення активного моніторингу і розробки

прогнозів на всіх сільськогосподарських угіддях, тому всі агрономи повинні володіти відповідними методиками і виконувати цю роботу на своїх земельних угіддях згідно із „Законом України про захист рослин”.

З 1976 р. розпочато роботу з автоматизації процесу збору фітосанітарної інформації. На сьогодні в ряді країн збір інформації проводять за допомогою відповідних приладів і обладнання з використанням комп'ютера і відповідного програмного забезпечення. Для цілого ряду небезпечних хвороб і деяких шкідників розроблені моделі прогнозування, упровадження в практику яких забезпечено в основному автоматичними метеостанціями, спеціальними приладами-сигналізаторами. Таке обладнання забезпечує моніторинг погодних умов, аналізує його і видає рекомендації щодо проведення відповідних захисних заходів.

Прогнозування шкідливих організмів рослин у майбутньому потребує побудови моделей і алгоритмів розвитку шкідливих організмів на основі невеликої кількості факторів, які підлягають простому і надійному обліку чи вимірюванню. У свій час було розроблено систему автоматизованого управління сільськогосподарським виробництвом „АСУ-сільгосп”, складовою частиною якої була система АСУЗР, але до сьогодні її не втілено через слабку матеріальну базу сільськогосподарських підприємств і відсутність програмного забезпечення.

Широкомасштабне проведення фітосанітарного моніторингу, розробка на його основі прогнозів різної завчасності дозволяє значно зменшити обсяги заходів проти шкідливих організмів рослин і підвищити їх ефективність, максимально оптимізувати системи захисту до фітосанітарного стану на полях, обґрунтувати економічну й екологічну доцільність проведення захисних заходів.

1.2. Принципи проведення фітосанітарного моніторингу, типи і види прогнозів

В Україні велику увагу приділяють інтенсифікації сільськогосподарського виробництва на основі його спеціалізації, концентрації і використання індустріальних методів виробництва. У цих умовах підвищується значення захисту рослин, який повинен забезпечити оптимальну фітосанітарну ситуацію для одержання високих і стабільних урожаїв. Ефективність захисту рослин залежить великою мірою від того,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин наскільки вдається надати йому профілактичну спрямованість за рахунок раціонального комплексного використання агротехнічних, організаційно-господарських і власне захисних заходів, тобто інтегрованого захисту рослин. У кожному регіоні України проблеми захисту рослин вирішують на базі єдиної концептуальної основи, але є і свої специфічні особливості відповідно до природно-господарських умов і традиційних тенденцій розвитку сільського господарства.

Системи захисту рослин, які практикували в минулі десятиліття, базувалися переважно на масованому використанні хімічних засобів, що при недостатньо обґрунтованому їх застосуванні з погляду екології та економіки, приводило до виникнення проблем, пов'язаних з негативним впливом на навколишнє середовище і сприяло виникненню стійкості шкідливих організмів до засобів захисту рослин. Частково це навіть сприяло посиленню шкідливості деяких видів шкідників і хвороб і збільшенню залежності врожаю від ефективності заходів боротьби з ними.

Останнім часом усе більшого визнання одержує ідея про необхідність переходу від боротьби з окремими шкідливими організмами до керування екосистемами посівів і насаджень, щоб забезпечити максимальну продуктивність культурних рослин, створити несприятливі умови для шкідливих організмів, знизити їх вплив на формування врожаю. Найважливішою передумовою для цього є глибоке вивчення сільськогосподарських екосистем, їх структури, розвитку і реакцій на різні форми і масштаби екологічного впливу. У зв'язку з цим потрібна насамперед розробка об'єктивних і технологічних методів визначення стану і розвитку популяцій найважливіших компонентів екосистеми посівів. Одночасно потрібна розробка методів і технологій одержання й обробки регулярної інформації, що характеризує стан агроекосистем, напрям, масштаби і частоту зміни стану її компонентів у зв'язку з впливом на них певних факторів довілья. Усі ці найважливіші методичні і технологічні розробки ґрунтуються на використанні даних про екологію, фізіологію й етологію найважливіших компонентів агроценозів, а також відповідних положень статистики. Дослідження в цій області сприяють підвищенню ефективності захисних заходів сьогодні і стають найважливішою передумовою вдосконалення стратегії і тактики їх проведення в майбутньому.

Сучасний захист рослин спирається на значний обсяг інформації, що характеризує поширення, розвиток, економічне значення шкідливих організмів, стан і розвиток посівів, мінливість різних інших елементів

екологічного стану. Тільки в результаті своєчасного одержання і повноцінної обробки цієї інформації можна прийняти оптимальні рішення, що забезпечують профілактичну спрямованість захисних заходів і їх високу рентабельність. Насамперед необхідно забезпечити систематичний облік і контроль стану популяцій шкідливих організмів, щоб захисні заходи проводили, тільки якщо чисельність чи розвиток шкідливого організму перевищує економічний поріг шкідливості (ЕПШ). Це вимагає створення в державі добре функціонально диференційованої і чітко організованої інформаційної системи захисту рослин. Така система складається з таких основних елементів: одержання і передавання відповідної інформації, обробка даних, їх накопичення і збереження. Кожен з цих елементів необхідно виконувати за загальноприйнятими методиками, у певній послідовності, при необхідному обсязі та рівні достовірності відповідних даних. Крім того, необхідно дотримуватися певних правил збору і використання інформації, що запобігає помилкам при її одержанні, нагромадженні, обробці і прийнятті рішень. Обсяг і точність первинних даних визначають цінність всієї інформаційної системи.

Одержання первинних даних є тією частиною інформаційної системи, що вимагає найбільших матеріальних і трудових витрат. У зв'язку з цим важливо створити оптимальну відповідність між обсягом інформації і необхідними для цього витратами. Цього досягаються у результаті екологічного, фізіологічного, етологічного, економічного і математико-статистичного обґрунтування методів одержання первинних даних, способів їх отримання і обробки. Необхідно забезпечити отримання тільки тієї інформації у визначений термін і обсягах, що потрібна для вирішення поставленого завдання, а також науково обґрунтувати вимоги до змісту інформації. Створенню інформаційної системи в захисті рослин передуює всебічний глибокий аналіз вимог до неї.

Обробку фітосанітарної інформації можна розділити на етапи:

- аналіз фітосанітарного стану посівів, фенологічних, вікових і просторових структур популяцій шкідливих організмів;
- прогноз поширення, розвитку й економічного значення шкідливих організмів;
- рекомендації щодо проведення профілактичних заходів (розробка оптимальних варіантів);
- створення основ для раціонального планування, організації і проведення захисних заходів від шкідливих організмів.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Особливого значення для проведення ефективного захисту рослин, що відповідає вимогам інтенсивного рослинництва, надають моніторингу за шкідливими організмами рослин і прогнозу їх поширення і розвитку, а також визначенню можливого негативного впливу шкідливих організмів на продуктивність посівів і насаджень (прогноз шкідливості). Розробка методів і практичне застосування таких прогнозів вимагає високого рівня знань і організації цілеспрямованих комплексних спостережень, обліків і досліджень.

Неоднорідність умов існування рослинних і тваринних організмів у межах певної географо-кліматичної зони, району, господарства і навіть конкретного поля, зумовлює неоднаковий ступінь розвитку шкідливих організмів рослин і необхідність систематичних обстежень, обліків, аналізів та інших спеціальних робіт для деталізації стану популяцій шкідливих організмів і культурних рослин з урахуванням впливу екологічних умов. Це дає змогу прогнозувати наслідки життєдіяльності небажаних для рослин організмів і обґрунтовано проводити відповідні захисні заходи. Усе це об'єднано в поняття *фітосанітарного моніторингу*. Його можна розглядати як складову частину глобального екологічного моніторингу, яка являє собою систему методів виявлення змін у розвитку шкідливих організмів в агроценозах і визначення шляхів оптимізації фітосанітарного стану сільськогосподарських культур і угідь. Фітосанітарний моніторинг (ФСМ), раніше відомий як фітосанітарна діагностика, стає можливим при високому рівні знань діагностичних і біоекологічних особливостей шкідливих видів, оптимальних методик проведення відповідних робіт зі збирання необхідної інформації. Він передбачає поетапне проведення робіт у відповідні загальноприйняті строки і включає в себе послідовно збирання і накопичення необхідних даних при достатньому рівні точності, систематизацію й аналіз інформації, прийняття рішень. Останній етап – вибір оптимальних заходів у поточному часі і в майбутньому. Для цього розробляють відповідні прогнози. Таким чином, прогнозування розвитку шкідливих організмів рослин стає можливим при наявності необхідної фітосанітарної інформації. Схему її використання наведено на рис. 1.1.

Спеціаліст із фітосанітарного моніторингу і прогнозу повинен добре знати видоспецифічні ознаки шкідливих організмів, особливості біології і розвитку на протязі онтогенезу, характер взаємовідносин з рослинами-живителями. Це необхідно для точної діагностики саме тих видів, які підлягають моніторингу, оцінки стану їх популяцій за морфофізіологічними показниками.

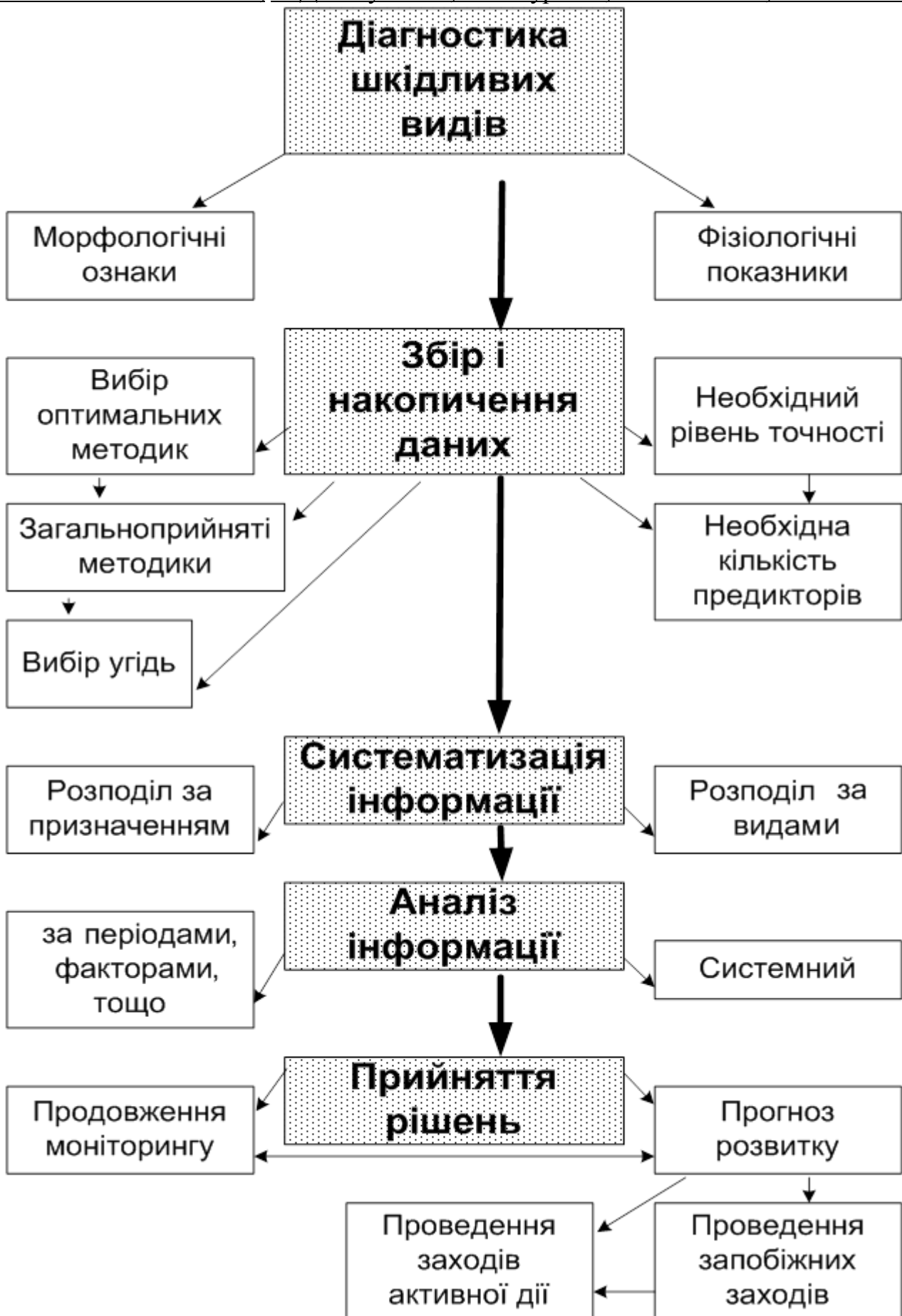


Рис. 1.1. Схема використання фітосанітарної інформації

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Для проведення обстежень і отримання необхідних даних використовують методики, які потребують найменших витрат часу і коштів. Вони повинні бути загальноприйнятими для всіх, хто проводить моніторинг, що дозволяє мати однотипну базу даних, накопичувати їх і порівнювати для різних районів, зон у часі і просторі.

Вибір угідь для обстежень залежить від спеціалізації господарств, фітосанітарного стану і фази динаміки популяції виду, фенофази шкідливого організму і рослини. Угіддя мають бути типовими щодо інших, що дозволяє екстраполяцію даних.

Отримані дані повинні відображати фактичний стан популяцій, обсяг роботи і кількість облікових одиниць – забезпечувати достатній рівень точності з урахуванням вимог статистики.

Збирають тільки ті дані, які необхідні для прогнозування, а накопичена інформація при цьому дозволяє мати достатню кількість факторів (предикторів), які мають вирішальний вплив на динаміку розвитку популяцій.

Отриману в необхідному обсязі інформацію систематизують відповідно до її призначення та характеру (метеорологічна, агротехнічна та ін.).

Дані ґрунтують і аналізують за періодами, які пройшли в минулому шкідливі організми і рослини, за факторами, які впливали на їх розвиток. При цьому основну увагу приділяють критичним періодам, від яких залежить стан популяцій, та головним факторам впливу.

Обґрунтований прогноз розвитку шкідливих видів і втрат від них дозволяє прийняти рішення щодо організації захисту рослин. У разі депресивного стану популяцій і відсутності втрат планують продовження моніторингу, регулюють і можуть змінювати його інтенсивність. При виході з депресії, розселенні (слабкому), а інколи й помірному ураженні), допороговій чисельності посилюють моніторинг, проводять запобіжні заходи в повному обсязі. При масовому розвитку (епіфітотії) проводять повний комплекс захисних заходів, деталізують і регулюють його інтенсивність відповідно до фітосанітарного стану.

Фітосанітарний моніторинг ґрунтується на таких *основних положеннях*:

1. Обґрунтування ФСМ і прогнозів розвитку шкідливих організмів сільськогосподарських рослин можливе при достатньо повній уяві про їх біоекологічні особливості і закономірності мінливості прогнозованих явищ і чинників, що спричиняють таку мінливість. Це дозволяє визначити зміст і обсяг необхідної інформації, строки її отримання, порядок аналізу, узагальнення, прийняття рішень і прогнозування.

2. Проведення фітосанітарного моніторингу і прогнозування базується на максимально можливому обсягу аналогічних (однотипних) даних за багаторічний період, знаннях ступеня мінливості процесів, які прогнозують, у часі і факторів, які впливають на ці процеси.

3. Моніторинг і прогноз виконуються щодо організмів, які можуть бути достатньо шкідливими для культурних рослин.

Для забезпечення доцільного й ефективного захисту рослин в Україні на основі фітосанітарного моніторингу розробляють і використовують різні типи і види прогнозів. Тільки за допомогою цих прогнозів можливо раціонально побудувати систему захисту рослин, обґрунтувати планування обсягу захисних заходів і точно вибрати терміни їх проведення. Розрізняють три основні типи (форми) та шість видів прогнозів, кожний з яких має специфічне методичне й інформаційне забезпечення і призначення.

Типами слід вважати прогнози за завчасністю: багаторічні, довгострокові та короткострокові. На рис. 1.2 наведено схему їх призначення.

У межах *типів* прогнозів розробляють і використовують такі *види*: фенологічний прогноз, прогноз активності корисних організмів, прогноз шкідливості, прогноз розвитку шкідників, прогноз розвитку хвороб рослин, прогноз бур'янів (рис. 1.3).

1.2.1. Прогнози за завчасністю

Багаторічні прогнози (стратегічні) характеризують середній рівень імовірного економічного значення окремих видів шкідливих організмів або їх комплексів, очікуваний діапазон його відхилень за роками у зв'язку з перспективами змін у технологіях, інтенсивності і спеціалізації сільськогосподарського виробництва. Для деяких об'єктів ураховуєть також багаторічну мінливість активності сонячної радіації. Багаторічні прогнози складаються, як правило, на термін не менший від п'яти років. Такі прогнози розробляють наукові установи на основі максимально можливого обсягу відповідної інформації. Їх використовують для обґрунтування багаторічних програм наукових робіт, планування обсягів виробництва засобів захисту рослин, обґрунтування необхідності розробки і виробництва нових засобів захисту рослин з урахуванням технічного прогресу, планування підготовки кадрів, удосконалення технологій захисту рослин, селекції рослин. Вони корегують питання стратегії захисту рослин за зонами і регіонами країни.



Рис. 1.2. Призначення типів прогнозу шкідливих організмів рослин за завчасністю



Рис. 1.3. Призначення видів прогнозу шкідливих організмів рослин

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Довгострокові прогнози розробляють на майбутній рік або на сезон. Вони характеризують стосовно окремих зон країни очікуваний стаціональний розподіл популяцій шкідливих організмів, чисельність, інтенсивність розмноження, плодючість, виживаність тощо порівняно з минулим роком чи сезоном. Інформацію за минулий рік використовують у вигляді кількісних і якісних оцінок. Іноді додатково аналізують базу даних за п'ять останніх років. Такий прогноз необхідний для надання профілактичної спрямованості захисним заходам і обґрунтування використання заходів і засобів захисту рослин.

Прогнози на сезон розробляють для найдинамічніших у своєму розвитку видів. Вони дозволяють уточнювати прогноз річної завчасності. Для деяких особливо динамічних шкідливих організмів розробляють тільки сезонні прогнози.

Короткострокові прогнози складають на термін від декількох днів до місяця. Вони актуальні для багатьох шкідливих організмів і необхідні для подальшого уточнення фітосанітарної ситуації, проведення додаткових заходів чи виключення з плану раніше передбачених, які стали непотрібними при конкретному екологічному стані. Вони ґрунтуються на обліку реальних тенденцій розвитку найважливіших факторів і їхнього впливу на динаміку популяцій шкідливих організмів, що дозволяє уточнити сезонні прогнози. Одним із завдань короткострокового прогнозу, важливим заключним технологічним його етапом є *сигналізація* – негайне оповіщення господарств про терміни проведення захисних заходів проти конкретного шкідливого об'єкта чи проведення відповідних обстежень посівів і насаджень для визначення доцільності проведення захисних заходів залежно від розвитку і особливостей екологічного стану цього шкідника. Сигналізація ґрунтується на короткостроковому прогнозі фенології і шкідливості окремих видів з урахуванням екологічного стану і його впливу на взаємини шкідливих об'єктів і культурних рослин. Історично так склалося, що *сигналізацію* вважають окремим видом прогнозу, але, на нашу думку, це важлива відповідна технологічна складова короткострокового прогнозу найбільш динамічних і небезпечних шкідливих організмів.

1.2.2. Прогнози за призначенням

Фенологічні прогнози визначають настання фенологічних явищ або певних фаз онтогенезу шкідливих організмів і культурних рослин, а також імовірного темпу їхньої зміни в певних екологічних умовах. Їх розробляють на період, що не перевищує тривалості однієї генерації шкідливого організму, фази розвитку рослин, чи календарно на термін до одного місяця. Фенологічні прогнози є основою для визначення потенційної шкідливості окремих видів у конкретних екологічних умовах і встановлення оптимальних термінів проведення відповідних заходів.

Прогноз імовірної активності ентомофагів і патогенів – визначення можливого впливу хижаків, паразитів і збудників епізоотій на популяцію шкідливих комах, кліщів і гризунів для виявлення доцільності виключення захисних хімічних обробок посівів. Його розробляють на підставі обліку екологічних критеріїв стану популяцій шкідливих видів, багаторічних даних про кількісні співвідношення ентомофагів і визначених видів фітофагів, а також за ознаками розвитку епізоотій. За цими даними встановлюють показники, при яких у конкретній зоні може бути скасовано заплановану хімічну обробку проти певних видів шкідників. Цей вид прогнозів використовуватимуть у майбутньому дедалі ширше і частіше в міру нагромадження даних для його застосування.

Прогноз шкідливості. Шкідливість будь-якого виду шкідників чи фітопатогенів визначають за трьома складовими:

- рівнем чисельності шкідників, умовами зараження і ступенем розвитку хвороби, кількістю бур'янів;
- фенологією шкідливого об'єкта і фенологією та станом пошкодженої культури;
- екологічним станом, що визначає агресивність шкідливих об'єктів і стійкість (витривалість) культури.

Перші дві складові шкідливості характеризують в довгострокових, короткострокових і фенологічних прогнозах. Останній чинник впливає на прогноз шкідливості окремих видів чи їх комплексів. Він є синтезом усіх видів прогнозів з урахуванням екологічного стану, що його складають у певний період. Практичне значення прогнозу шкідливості полягає у визначенні доцільності проведення захисних заходів при певному рівні поширення і розвитку

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин шкідливих об'єктів, стану посівів. Одночасно прогножуються і повноту запобігання втрат врожаю під час проведення відповідних захисних заходів. На підставі цього розробляють нормативи для планування й організації захисту рослин від шкідливих організмів.

Для обґрунтування прогнозів шкідливості використовують три основних методичних підходи:

- моделювання шкідливості окремих видів;
- визначення і моделювання втрат врожаю від комплексу шкідливих видів у процесі його формування (біоценотичний рівень);
- виявлення повноти попередження втрат урожаю і економічної ефективності захисних заходів.

Перший напрям обґрунтовує критерії доцільності проведення захисних заходів проти окремих видів шкідників, хвороб чи бур'янів. Другий напрям дозволяє обґрунтувати систему заходів, спрямовану на оптимізацію фітосанітарних умов, для кожної фази розвитку рослин. Третій – визначає передумови вдосконалювання технологій і проведення оптимальних захисних заходів для забезпечення вищої рентабельності.

1.2.3. Прогнози розвитку груп шкідливих організмів

Прогноз розвитку шкідників рослин за ступенем вивченості, практичним значенням і часом використання можна вважати найкраще науково обґрунтованим і забезпеченим необхідною фітосанітарною інформацією. Для прогнозування розвитку шкідників розробляють і використовують практично всі форми і види прогнозів. Планову розробку методів моніторингу і прогнозування розвитку шкідників рослин проводять в Україні з 1929 р. На сьогодні моніторингу підлягає близько 200 видів шкідників.

Основними показниками для прогнозування шкідників є заселеність площ, рослин або їх органів шкідником, його чисельність на одиницю площі, рослину або її орган (щільність), пошкодженість рослин. Важливою інформацією може бути плодючість, структура популяції за віком, морфофізіологічні та фенологічні дані, статеве співвідношення, життєздатність, дані про діяльність хижаків, паразитів і патогенів тощо.

Із факторів погоди для розробки прогнозу шкідників першорядне значення мають температура повітря і ґрунту, які зумовлюють час і швидкість проходження фенофаз у циклі розвитку шкідника. Не менш

важливе значення можуть мати показники вологості середовища, особливо в період реалізації потенціалу виду – формування яйцепродукції у самок, фази яйця і личинок першого віку.

Серед інших факторів середовища враховують оптимальність кормової бази через показники стану рослин та ефективність профілактичних і винищувальних заходів. Особливе значення як основний чинник багаторічного прогнозу шкідників має циклічність сонячної активності (Є.М. Білецький, 1992).

Прогнози розвитку хвороб сільськогосподарських культур розробляють для особливо небезпечних повітряно-крапельних інфекційних хвороб. Багаторічний і довгостроковий типи прогнозу актуальні для ґрунтових і насінневих інфекцій. Серед видів прогнозу для особливо динамічних хвороб важливе практичне значення має короткостроковий прогноз (сигналізація) і прогноз шкідливості, певне застосування має і фенологічний прогноз.

Основними показниками для прогнозу хвороб є поширеність хвороби на полях, рослинах або їх органах, розвиток хвороби або інтенсивність ураження. Важливе значення має оцінка ступеня сприятливості погодних умов попередніх періодів через показники гідротермічного режиму, а також оптимальності стану рослин-живителів та агротехнічних чинників для епіфітотійного процесу.

Прогноз розвитку бур'янів є відносно новою, досить складною, але актуальною проблемою в захисті рослин. На Україні цей напрямок розвивається близько 30 років і суттєвий внесок у нього зробили харківські вчені (В.С. Зуза, 1987).

Поля в господарствах України засмічують понад 700 видів бур'янів, з яких близько 100 видів є постійними конкурентами культурних рослин. Хімічні заходи боротьби з бур'янами займають помітне місце в інтенсивних технологіях рослинництва. Іноді вони становлять 40 % і більше від обсягів застосування засобів захисту рослин. Це пояснюється тим, що гербіциди не тільки зменшують втрати врожаю від бур'янів, але й істотно сприяють підвищенню продуктивності праці в рослинництві. Дослідження гнітючого впливу бур'янів свідчать, що їх шкідлива дія може бути різною залежно від виду бур'яну і ступеня засміченості ним посіву. Також встановлено, що слабкий розвиток бур'янів може мати навіть позитивний вплив на культурні рослини і їх врожайність як наслідок затінення ґрунту і зниження випаровування вологи. Тому в Україні останнім часом великої уваги приділяють обліку і контролю за розвитком бур'янів, а

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин також розробці і застосуванню порогів доцільності проведення відповідних заходів проти них.

Отже у найближчому майбутньому в широку практику увійде прогноз поширення і розвитку бур'янів з річною і сезонною завчасністю. Для бур'янів можна розробляти всі форми прогнозу. Основними показниками для прогнозування бур'янів є їх чисельність або маса, видовий склад, засміченість ґрунту насінням або вегетативними зачатками. Серед погодних чинників основним є гідротермічний режим ґрунту, якість і повнота агротехнічних заходів, ефективність застосування гербіцидів.

Запитання для самоконтролю

1. За якими шкідниками і коли вперше почали здійснювати ентомологічний нагляд в Україні?
2. Дайте визначення поняття «фітосанітарний моніторинг»?
3. Який науковий заклад і коли почав упроваджувати фітосанітарний моніторинг у практику?
4. Назвіть установи, які на початку розвитку служби прогнозів здійснювали фітосанітарний моніторинг.
5. Назвіть провідних вчених зоологів, ентомологів, фітопатологів, які зробили значний внесок у наукове обґрунтування прогнозів шкідливих організмів рослин.
6. Назвіть підрозділи служби захисту рослин, що організовують і проводять ФСМ?
7. Назвіть перспективні напрями розвитку ФСМ.
8. Навіщо необхідна фітосанітарна інформація?
9. Назвіть основні етапи проведення ФСМ.
10. Назвіть основні наукові положення, на яких ґрунтується ФСМ і прогнозування шкідливих організмів рослин.
11. За яких умов стає можливим прогнозування шкідливих організмів?
12. Які основні вимоги до методів збору і обробки фітосанітарної інформації?
13. На яких знаннях і даних базується ФСМ і прогнозування?
14. Для яких шкідливих організмів необхідно проведення ФСМ?
15. Які типи і види прогнозів шкідливих організмів вам відомі?
16. Дайте коротку характеристику прогнозів за завчасністю.

17. Для яких основних шкідливих організмів розробляють прогнози?
18. Назвіть прогнози за призначенням.
19. Багаторічний прогноз, методи розробки і використання.
20. Довгостроковий прогноз, коротка характеристика і використання.
21. Навіщо необхідний короткостроковий прогноз.
22. Яке основне призначення фенологічного прогнозу?
23. Навіщо необхідний прогноз активності корисних організмів?
24. Навіщо необхідний прогноз шкідливості?
25. Які основні особливості прогнозування розвитку шкідників?
26. Які особливості прогнозування розвитку хвороб рослин?
27. Що ви знаєте про прогнозування бур'янів?

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ФІТОСАНІТАРНОГО МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУ

2.1. Основні теорії динаміки популяцій шкідливих організмів рослин

Формою існування кожного шкідливого організму є *популяція* – сукупність особин виду, що заселяє певну частину його ареалу, у межах якої можливе схрещування виду. Популяція має свої специфічні показники, що відрізняють її від інших (морфофізіологічні особливості, плодючість, життєздатність, реакція на вплив факторів зовнішнього середовища тощо). Ця специфічність зумовлена багатовіковим впливом екологічних та інших умов існування виду, які характерні для певної зони чи регіону.

Темпи мінливості властивостей популяцій залежать від того, як швидко вид реагує на зміну факторів зовнішнього середовища і перебудовує своє існування залежно від цього. Більшість шкідливих організмів мають високу чутливість до умов існування, здатні швидко перебудовувати реакції на вплив екологічних умов і тому розвиток таких популяцій часто буває неочікуваним для агрономів, а його наслідки – катастрофічними для рослин. У таких видів характеристики популяції можуть змінюватися протягом одного періоду вегетації рослин. В основному швидко змінюються морфофізіологічні характеристики. У видів з повільною реакцією змінюються частіше просторові показники протягом декількох сезонів.

Перші теорії, які пояснювали причини динаміки розвитку популяцій, виникли в кінці XIX ст. Спочатку популярною була *теорія рухливої рівноваги*, що пов'язувала чисельність фітофагів із розвитком видів, що живуть за їх рахунок (хижаки, паразити, патогени). Розвиток шкідників за цією теорією має зворотній зв'язок з чисельністю природних ворогів (рис. 2.1). Принцип саморегуляції біологічних систем необхідно враховувати під час обґрунтування проведення заходів захисту рослин, особливо в біологічному захисті рослин.

Вплив біотичних факторів проявляється залежно від стану популяцій шкідливих видів, ступеня оптимальності для них умов розвитку. За сприятливих умов та інтенсивного розвитку шкідників хижаки, паразити і патогени не здатні обмежувати приріст чисельності і майже не впливають на хід епізоотії. Тільки на спаді розвитку популяцій і за несприятливих для них умов посилюється вплив біотичних факторів і вони можуть суттєво зменшувати чисельність шкідників.

Фенологія і живлення хижаків і паразитів у ході багатовікової еволюції так пристосована до циклу розвитку фітофагів, що це призводить до загибелі або зменшення потенціалу найменш життєздатної частини популяції шкідників, яка пізно або дуже рано починає розвиток. Природні вороги мають вагоміше значення не як регулятори чисельності, а як фактор, що підтримує життєздатність популяції шкідника. Треба враховувати, що в агроценозах під дією агротехнічних, хімічних та інших заходів антропогенного впливу, зв'язки фітофаги – природні вороги суттєво порушені, що в свою чергу зменшує вплив корисних організмів.

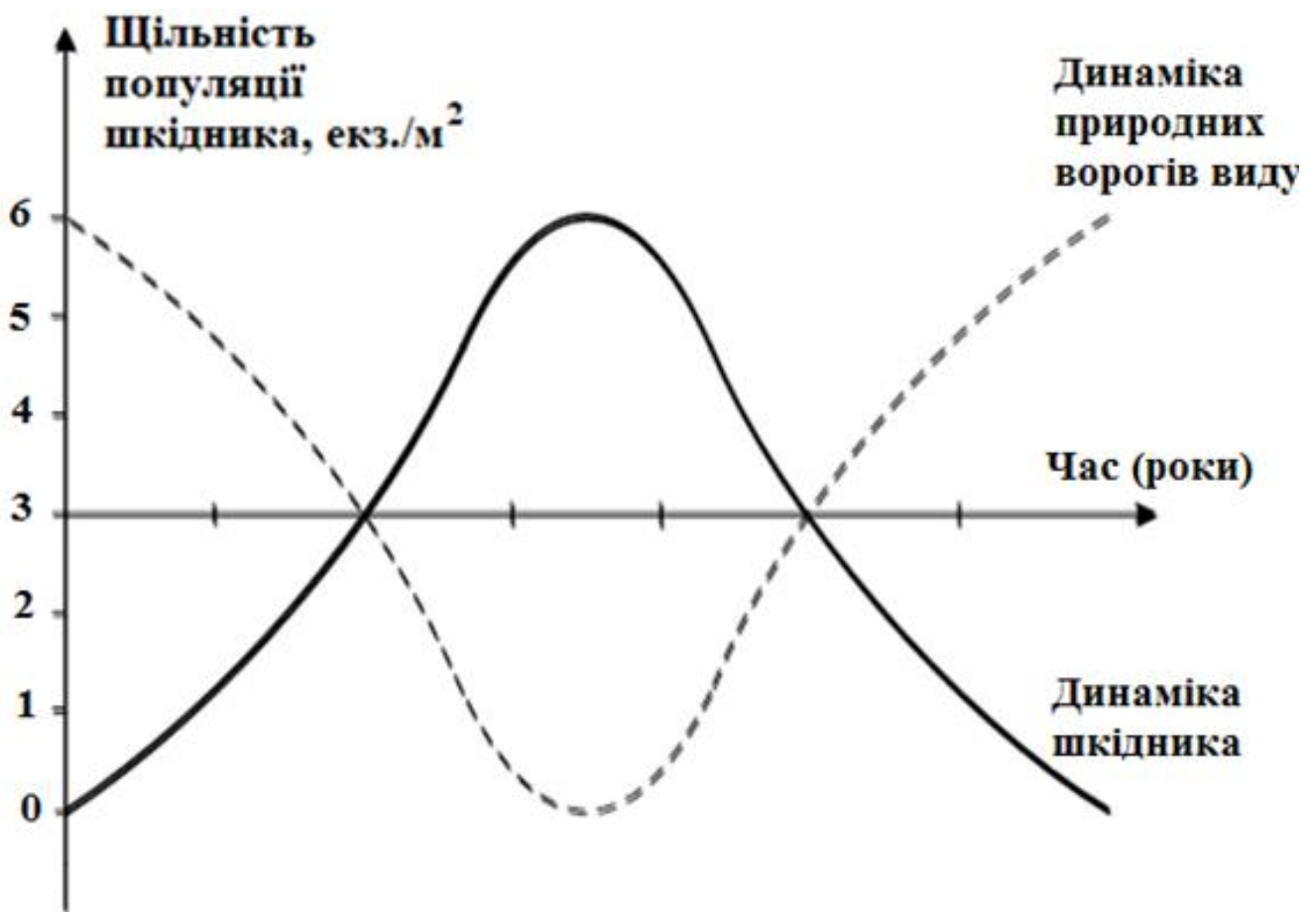


Рис. 2.1. Вплив природних ворогів шкідника на його чисельність

Трофокліматична теорія є основною і пояснює стан популяцій у зв'язку з оптимальністю для виду погодних умов, що були в попередні періоди його розвитку, та забезпеченістю й оптимальністю живлення (трофічні і кліматичні фактори). Висока чутливість до цих факторів зовнішнього середовища обумовлює більшу чи меншу динамічність розвитку шкідливих організмів.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Потенціал виду і його шкода для рослин залежить від того, наскільки умови його існування відповідають генотипу виду, що склався внаслідок еволюційного розвитку.

Теорія циклічності динаміки популяцій ураховує вплив космічних факторів на життєдіяльність земних організмів, у т. ч. і шкідливих. Ідеї В.І. Вернадського, О.Л. Чижевського протягом останніх 40 років розвиває в Україні Є.М. Білецький у прикладному напрямі, а також його послідовник С.В. Станкевич. Для більш ніж 70 видів комах визначено циклічність масових розмножень і їх алгоритм. Багаторічне повторення масових розмножень комах – це закономірний процес розвитку і життєдіяльності популяцій, синхронізований із циклами сонячної активності, клімату і погоди. Сонячна активність визначає енергетичні ресурси – трофічну базу і просторово-часову організацію – генетичну й екологічну структуру популяцій. Закономірність циклічності розвитку виду дозволяє скласти багаторічний прогноз і враховувати можливий стан популяцій через декілька років.

2.2. Основні положення теорій прогнозу розвитку шкідливих організмів

2.2.1. Довгостроковий прогноз

1. Динаміка популяцій шкідливих видів проявляється через зміни їх просторової структури (ступінь заселення та ураження ділянок, полів, угідь, сортів тощо) і супроводжується змінами в чисельності, віковому складі та інших просторових показниках стану популяцій шкідників, а також залежить від якісного стану особин, що проявляється через зміни морфофізіологічних показників. На динаміку впливає ступінь оптимальності умов існування в певні фази онтогенезу.

Для патогенів, здатних викликати масові захворювання, динаміка їх популяцій проявляється через різний рівень розповсюдження й інтенсивність ураження, що залежить від агресивності і вірулентності рас, ступеня оптимальності розвитку рослин, площ, які займають сприйнятливі чи стійкі до хвороби сорти, і від оптимальності погодних чинників, що впливають на швидкість і ефективність інфекційного процесу.

Для популяцій бур'янів основними показниками є їх чисельність і маса в певний період вегетації, плодючість, схожість, запас насіння і

продуктивних зародків, на що впливає гідротермічний режим у відповідні фенофази та ефективність агротехнічних і хімічних заходів.

2. Шкідливим організмам, які мають найбільшу чутливість до умов існування, присутня найбільш складна і динамічна структура популяцій.

3. Вплив біотичних факторів суттєво проявляється за несприятливих для шкідливого виду умов. Розвиток популяцій корисних організмів дещо запізнюється в часі порівняно з динамікою популяцій шкідників.

4. Фактори, що впливали на популяції і формували їх властивості в минулі роки і періоди, визначають характер реакції популяції і в майбутньому, тому тенденцію розвитку популяції можна визначати за їх станом у кінці вегетаційного періоду. Це дозволяє планувати проведення заходів із захисту рослин на майбутній рік. Реакція популяцій на зміну екологічних умов звичайно запізнюється.

5. Зміни властивостей популяцій можуть бути виражені, як зміна їх певних фаз. Для шкідників виділяють п'ять основних фаз динаміки популяцій (рис. 2.2).

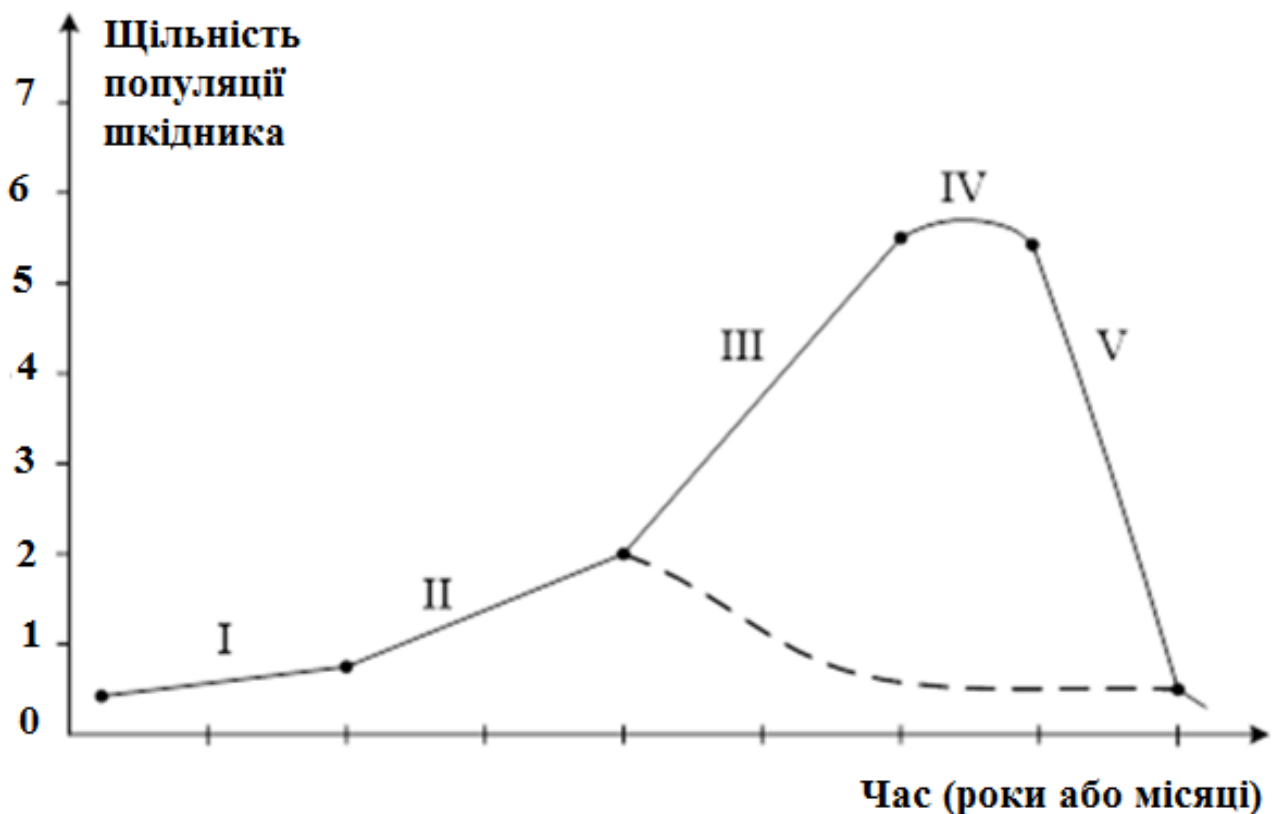


Рис. 2.2. Фази динаміки популяції шкідників

I. *Депресія* – виникає внаслідок існування виду в несприятливих умовах. Популяція в цей час зберігається у місцях з відносно

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин сприятливою кормовою базою і мікрокліматом (поля, угіддя, рослини), які ще забезпечують мінімальні вимоги виду до умов існування. Такі місця вважають резерваціями виду. Чим їх більше в певному регіоні, тим швидше і частіше виникають масові розмноження шкідників, епіфітотії хвороб.

II. *Розселення* (збільшення чисельності) – виникає після покращання умов існування (погодні умови, кормова база), що викликає інтенсивне розмноження і розселення виду, збільшення чисельності, життєздатності, стійкості до несприятливих факторів.

III. *Масове розмноження* – настає при збереженні сприятливих умов. Відбувається заселення всіх можливих для існування виду місць (полів, угідь, видів і сортів рослин), досягається найбільша чисельність, інтенсивність розмноження, життєздатність, стійкість до природних ворогів, пестицидів, несприятливих факторів.

IV. *Пік чисельності* – виникає внаслідок погіршення умов існування. Зменшується інтенсивність розмноження, життєздатність. Посилюється вплив несприятливих факторів, у т. ч. і природних ворогів. Усе це не забезпечує приріст чисельності, цей показник та інші стабілізуються на певний час і починають погіршуватися. При цьому зберігається широке розселення виду.

V. *Спад чисельності* – виникає при подальшому збереженні несприятливих умов. Погіршуються просторові і морфофізіологічні показники стану популяцій, спостерігається максимальний вплив природних ворогів і несприятливих умов, швидко зменшується розповсюдження, чисельність.

Для характеристики фаз розвитку популяцій патогенів динамічних хвороб рослин виділяють три основних фази: *депресія*, *помірний розвиток* (відповідає II фазі – розселення) та *епіфітотія* (відповідає III і IV фазам). Для хронічних хвороб, що розвиваються повільно, може бути виділено, як і для шкідників, 5 фаз.

6. Повна зміна фаз динаміки популяцій може бути в разі виникнення масового розмноження (епіфітотії). Але часто розвиток популяцій припиняється при розселенні (помірному розвитку), тобто на стадії II фази, після чого знову виникає депресія.

Швидкість переходу з однієї фази в іншу залежить від біологічної природи виду і швидкості його реакції на вплив умов зовнішнього середовища. У більшості шкідників такий перехід займає 1 – 2 роки і більше. Тому якщо зміна фаз триває довго, виділяють проміжні фази: вихід з депресії, початок розселення, початок масового розмноження,

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
піку і спаду чисельності. У дуже динамічних видів (кліщі, попелиці) протягом одного вегетаційного періоду може бути один, інколи навіть два, цикли динаміки популяції.

7. За ступенем впливу на динаміку популяцій на перше місце можна поставити космічні і кліматичні фактори, на другому – оптимальність кормової бази, на третьому – міжвидові зв'язки і на останньому – внутрішньовидові зв'язки між організмами в біоценозі.

8. Вплив антропогенних факторів (технологій вирощування, систем землеробства і захисту рослин, агротехнічних заходів тощо) із розвитком сільськогосподарського виробництва за ступенем дії на популяції в агроценозах часто має основне значення для моніторингу і прогнозу.

2.2.2. Короткостроковий прогноз

1. Фенологія шкідливих організмів змінюється в основному під впливом погодних факторів і меншою мірою залежить від умов живлення. Розрахунок проходження фенофаз краще виконувати за показниками температури та їх сумарного впливу, урахувавши при цьому дію інших факторів зовнішнього середовища.

Залежність від температури змінюється за фазами онтогенезу, рівнем температур і часу їх впливу на організм, у зв'язку з цим під час розрахунків необхідно вводити додаткові поправочні коефіцієнти.

2. Фенологія культурних рослин залежить від кліматичних факторів, генотипу рослини, строків сівби, рівня агротехніки та ґрунтових умов. Розрахунки фенології рослин проводять за показниками температур і накопиченню суми тепла.

3. Шкідливість виду залежить від його агресивності і від компенсаторних можливостей рослин. Агресивність виду визначається характером пошкодження, фазою онтогенезу, станом популяції, ступенем сприятливості погодних факторів і кормових рослин.

Компенсаторні можливості рослин залежать від генотипу, фенофази рослини, характеру пошкодження, агрофону і погодних умов. Шкідливість істотно залежить від того, наскільки співпадає фенофаза шкідливого організму, яка активно живиться і розвивається та споживає багато корму, з найуразливішою фазою рослини. Тому співставлення фенології шкідливого виду і культурної рослини є головним показником прогнозу шкідливості.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

4. Під час визначення рівня і порога шкоди та економічної доцільності проведення заходів необхідно розраховувати в середньому на збереження 3–7 % від валового збору врожаю. Економічний поріг шкідливості (ЕПШ) залежить від багатьох факторів, тому його слід уточнювати на кожен вегетаційний період залежно від конкретних умов сезону, господарства, поля та умов проведення заходів захисту. Основними критеріями для уточнення ЕПШ є фенологічні дані та інформація про стан посівів. У разі запізнення фенології шкідливого виду і нормального розвитку рослин необхідно орієнтуватися на найбільші показники ЕПШ, і навпаки – при ранньому розвитку шкідливого організму, запізненні фенології рослин та їх незадовільному стані використовують найменші значення ЕПШ, оскільки в цих умовах шкідливість посилюється, а стійкість рослин зменшується.

5. Захисні заходи проти шкідників не проводять навіть при достатніх для цього значеннях ЕПШ, якщо їх заселеність природними ворогами або ураженість хворобами висока. Таке рішення приймають після проведення детального обліку співвідношення шкідників і ентомофагів, розвитку епізоотій з урахуванням фази динаміки популяції.

6. Сигналізацію виконують у такій послідовності:

а) визначають оптимальні строки проведення відповідного заходу;

б) виявляють ділянки, що підлягають захисту, з урахуванням ЕПШ;

в) відмінюють обробки на частині площ, якщо розвиток ентомофагів і епізоотій дозволяє це зробити.

2.2.3. Багаторічний прогноз

Багаторічний (стратегічний) прогноз ґрунтується на аналізі емпіричного ряду даних за минулий період для виявлення факторів, відповідальних за зміну рівня розвитку шкідливих видів в умовах конкретних однорідних природно-економічних зон. Визначають, як у майбутньому змінюватиметься значення проаналізованих факторів для шкідливих організмів, або які нові фактори впливу з'являться внаслідок розвитку землеробства та через зміни екологічного стану.

Багаторічні прогнози розробляють наукові установи, використовуючи для цього весь обсяг накопиченої фітосанітарної

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
інформації. Теоретична база цих прогнозів близька до теорії довгострокового (річного) прогнозу, але для їх розробки особливе значення мають такі положення:

1. Зміна кількості площ, придатних для збереження і розвитку шкідливих організмів, залежить від біологічних особливостей виду і впливу елементів технологій вирощування рослин: структури посівних площ, використання тих чи інших сортів та площі, на яких їх вирощують, системи обробітку ґрунту і догляду за рослинами, їх повнота і якість, системи удобрення і оптимальність живлення рослин, системи зрошення тощо.

2. Оптимальність умов живлення і забезпеченість кормовими ресурсами пов'язана із ступенем спеціалізації в певних зонах чи господарствах. Вирощування однорідних за генотипом культур, сортів на великих площах сприяє накопиченню і масовому розвитку шкідливих організмів.

3. Агресивність і шкідливість видів неоднакова на різних етапах онтогенезу рослин, тому необхідно враховувати можливі зміни у співвідношенні фенології шкідливих організмів і культурних рослин. Упровадження у виробництво сортів з іншим темпом проходження фенофаз може змінити звичайні умови живлення. Більш ранні строки розвитку рослин можуть позбавити від можливості закінчити розвиток, нормально підготуватися до зимівлі, відповідним чином вплинути на чисельність шкідника, розвиток патогену, бур'янів.

4. Динамічний і тому небезпечні види швидше пристосовуються до нових екологічних умов, маючи підвищену реакцію на фактори впливу.

5. Зміни активності сонячної радіації впливають на кліматичні фактори, що спричиняє циклічність динаміки популяцій шкідливих організмів. Виявлено повторність циклів розвитку шкідливих комах через 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12, 21, 22, 30, 33, 44 роки, що необхідно враховувати для фонового прогнозу.

6. Антропогенні фактори за ступенем впливу на популяції шкідливих видів можуть перевищувати інші фактори.

2.3. Предиктори прогнозу

Під час проведення фітосанітарного моніторингу і розробки прогнозів необхідно визначати і враховувати стан популяцій. Це можливо, якщо стосовно до шкідливого виду відомо: які фактори, коли і в якій кількості можуть впливати на розвиток популяції. Звичайно в

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин ході вивчення, накопичення даних та їх аналізу вчені, обирали для прогнозування фактори зовнішнього середовища, які можна було виразити через кількісні оцінки. Такі фактори отримали назву *предиктори прогнозу*. Таким чином, предиктори прогнозу – це фактори зовнішнього середовища, виражені кількісно у вигляді певних показників, які мають суттєвий вплив на розвиток популяцій шкідливих видів, що дозволяє використовувати їх для моніторингу і прогнозування.

Предикторами багаторічного прогнозу можуть бути обсяги площ під певними культурами, сортами і їх співвідношення у структурі посівних площ, упродовження нових сортів, площі озимих, посіяних по стерньовим попередникам, повнота і якість проведених технологічних заходів з вирощування і захисту рослин, площі, які підлягають зрошенню або осушенню, ступінь спеціалізації господарств, періодичність сонячної активності і числа Вольфа.

Для довгострокового прогнозу вибір предикторів здійснюють на підставі досконалого вивчення біологічних особливостей шкідливого організму, у його життєвому циклі знаходять і виділяють критичні періоди, час життєдіяльності виду, від якого залежить стан і розвиток популяції. Це може бути:

а) міжвегетаційний період, коли у стані спокою (діапаузи) гине частина популяції (пізня осінь, зима, рання весна);

б) періоди, коли реалізується потенціал виду, і від оптимальності яких залежить плодючість і забезпечується можливість розвитку основної життєздатної частини нового покоління;

в) період живлення, накопичення необхідних для розвитку речовин і підготовка до зимівлі, від чого залежить збереження виду.

Таких критичних періодів може бути виділено 3–6, при цьому точно визначають характер і ступінь їх впливу, користуючись методами статистики і системного аналізу. Одним з таких методів є кореляційний аналіз. З більшого числа факторів впливу обирають 1–3 таких, що визначають розвиток популяції на 75–80 % і більше. Для факторів зовнішнього середовища також необхідно виявити, при яких значеннях вони будуть екстремальними для виду (несприятливими), при яких – оптимальними і в якому випадку – не будуть мати суттєвого впливу. Для такого аналізу необхідні багаторічні дані (бажано за 10 і більше років).

Як додаткові предиктори використовують показники кількісної характеристики стану популяцій: відсоток заселених площ, чисельність, коефіцієнт заселення, віковий склад, морфофізіологічні

показники, тощо, для яких за багаторічний період визначають максимальний, мінімальний та середній рівень. З факторів зовнішнього середовища часто використовують інформацію гідрометеослужби, що зменшує витрати на збір вихідних даних.

Для короткострокового прогнозу підбирають предиктори, які дозволяють прогнозувати хід фенології шкідливого виду і рослини та інші показники стану популяції, від яких залежить рівень шкоди і строки проведення моніторингу і заходів захисту рослин. Як екологічні предиктори використовують фактичний хід температур, суму позитивних, активних і ефективних температур, кількість опадів, вологість повітря і ґрунту, інші гідротермічні показники. Цей напрям має нині значний розвиток і перспективи, особливо для короткострокового прогнозу хвороб і шкідників.

Дуже широко у фітосанітарному моніторингу використовують дані вилову комах і спор на різного типу пастки, що дозволяє визначати час і динаміку розвитку, хід фенології шкідливих видів, інші показники поточного стану популяцій.

Під час оцінки фенології фенофази шкідників визначають поетапно. При цьому термін „одиначно” застосовують тоді, коли певну фенофазу виявлено не більше ніж у 5 % особин, „початок фази” – до 20 %, „масове проходження фази” – у 50 % особин і більше, „закінчення фази” – у 80 % особин і більше. Таку оцінку етапів фенології дають у процесі прогнозування за метеорологічними предикторами та даними вилову на пастки.

Як предиктори, що обґрунтовують рівень шкоди і необхідність проведення захисних заходів, використовують коефіцієнти шкідливості, поріг шкоди (ПШ), економічний поріг шкідливості (ЕПШ), еколого-економічний поріг (ЕЕП). ЕПШ визначають для певної зони у двох показниках – максимальному і мініимальному й уточнюють відповідно конкретні умови вегетаційного періоду, культури, поля. Для відміни заходів проти шкідників опираються на показники співвідношення корисних організмів і шкідників.

Запитання для самоконтролю

1. Що таке популяція шкідливого організму?
2. Назвіть основні теорії, які пояснюють динаміку популяцій шкідливих видів.
3. Поясніть суть теорії рухливої рівноваги.
4. Поясніть суть трофокліматичної теорії та циклічності динаміки популяцій.
5. Які основні теоретичні положення довгострокового прогнозу?
6. Назвіть основні фази динаміки популяцій шкідників і хвороб.
7. За яких умов виникає фаза депресії?
8. Які фактори сприяють переходу популяцій шкідників у фази розселення та масове розмноження?
9. Які умови є причиною виникнення фази „пік чисельності” і „спад чисельності”?
10. Назвіть основні теоретичні положення короткострокового прогнозу.
11. Які теоретичні основи довгострокового прогнозу?
12. Дайте визначення терміна „предиктор прогнозу”.
13. Які показники може бути використано як предиктори багаторічного прогнозу?
14. Які фактори можуть бути предикторами довгострокового прогнозу?
15. Які основні методи відбору предикторів прогнозу?
16. Які фактори використовують як предиктори короткострокового прогнозу?

3. ФІТОСАНІТАРНА ІНФОРМАЦІЯ, МЕТОДИ ЗБОРУ І ВИКОРИСТАННЯ

3.1. Концептуальні основи

Для планування й організації робіт із захисту рослин необхідна фітосанітарна інформація, що характеризує поширення, розвиток, морфофізіологічний стан популяцій шкідливих організмів, стан посівів сільськогосподарських культур і стан навколишнього природного середовища. Від виду, кількості, своєчасності і якості цієї інформації залежить достовірність прогнозів розвитку шкідливих організмів рослин і правильність рішень щодо проведення відповідних захисних заходів.

У захисті рослин збір необхідних первинних даних – це найбільш трудомістка і затратна частина інформаційної системи забезпечення оптимізації фітосанітарного стану. У зв'язку з цим необхідно приділяти велику увагу раціоналізації й удосконаленню методів збору та аналізу цих даних. Збір інформації має опиратися на визначені теоретичні моделі динаміки процесів, що підлягають моніторингу і прогнозу. Під час розробки системи і методів збору вихідної інформації керуються такими засадами:

1. Збирають і аналізують тільки ті дані, що необхідні для реалізації поставленої мети, і в такій кількості, яку можна оперативно обробити, зберігати і використовувати для прийняття відповідних рішень.

2. Для одержання даних використовують методи, що вимагають найменших витрат праці, енергії і коштів, та забезпечують необхідний рівень точності.

3. Для того, щоб дані можна було порівнювати в просторі і часі, методи їх збору не рекомендують змінювати без крайньої необхідності. Роботу проводять на єдиній методичній основі.

Мета моніторингу й отримання вихідної інформації в захисті рослин – дати характеристику фітосанітарному стану на посівах, а також знати перспективи його зміни у вигляді відповідних прогнозів. Трудомісткість і висока вартість витрат на одержання інформації змушує обмежувати обсяг її одержання і допускати відповідні екстраполяції в просторі і часі. Екстраполяція даних є вимушеною дією під час прогнозування, і є допущенням того, що отримана на невеликій частині ареалу виду інформація буде такою самою для

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин всього ареалу. Прогнозування ймовірного фітосанітарного стану і його мінливості ґрунтується на порівняно обмежених даних, які фактично збирають на певній частині площ посівів сільськогосподарських рослин або природних угідь.

Рациональне вирішення задачі інформативного забезпечення прогнозів ґрунтується на глибоких знаннях екології, фізіології, етології шкідливих видів і використанні методів статистики. Програма нагромадження таких знань оснований на визначеній концептуальній основі, що враховує еколого-фізіологічні і статистичні закономірності процесів, а також призначення даних, які збирають. Усе це визначає технології моніторингу і прогнозування, види необхідної інформації, термін і технології її одержання, методи первинної обробки й аналізу отриманих даних.

Прогнози розробляють за визначеними логічними моделями, які складають у результаті глибокого вивчення біоекологічних особливостей окремих видів та їх комплексів. Основою моделі прогнозу є теоретичні знання про фактори і механізми їхнього впливу на поширення, фенологію, розмноження, життєздатність, шкідливість та інші особливості кожного шкідливого виду. При цьому враховують, що стан популяції в конкретний період, особливості її реакцій на вплив середовища визначаються тим екологічним станом, у якому вона існувала і розвивалася в минулому році чи минулих сезонах.

Найважливішими елементами середовища, що формують властивості популяцій, є енергетичні ресурси (якість і кількість корму, його доступність), а також кліматичні фактори. Особливо сильно проявляється їхній вплив на властивості популяції у визначені критичні періоди її існування. Критичний характер таких періодів може визначатися станом кормової бази чи кліматичних факторів, під час розвитку певних онтогенетичних етапів або переживання популяцією в цілому несприятливих сезонів року. Вплив середовища на ранніх етапах онтогенезу істотно визначає реакцію особин виду на середовище в наступних фенофазах.

Обсяг фітосанітарної інформації, терміни і методи її одержання, обробки й аналізу залежать від загальної логічної моделі прогнозування і конкретного призначення прогнозу. Важливо при цьому забезпечити її найбільшу об'єктивність, повноту, своєчасність при найменших витратах праці. Цього досягають за рахунок переважного використання оцінок стану факторів середовища, що звичайно менш трудомісткі. Крім того, зниження трудомісткості збору

й обробки вихідної інформації досягають за рахунок автоматизації цих процесів за допомогою використання відповідних приладів, установок і комп'ютера. Автоматизація збору й обробки інформації опирається також на логічні моделі прогнозування.

Іншим істотним елементом концептуального обґрунтування систем обліків стає технологія відбору проб. Усі способи обліку рослин носять характер вибіркового проб. Правильний і раціональний вибір необхідних облікових площадок і рослин ґрунтується на принципах статистичної теорії вибірки проб. *Вибіркова проба – це деяка кількість одиниць, що відбирають у генеральній сукупності, щоб на основі результатів вибіркового обстеження зробити висновки про стан генеральної сукупності.*

Кількість відібраних одиниць – це обсяг вибіркової проби. При визначенні обсягу вибіркової проби, велике практичне значення поряд із припустимою чи заданою її помилкою, мають економічні міркування (мінімальні витрати). Спосіб вибірки проб у сукупності залежить від того, яку інформацію необхідно одержати. Якщо на меті кількісно охарактеризувати сукупність на основі вибіркового проб, то використовують «принцип випадкового добору» досліджуваних одиниць. За необхідності охарактеризувати терміни фенологічних явищ перевагу віддають «принципу свідомого добору», що найчастіше потребує менших витрат праці та коштів.

Виділяють три основних види фітосанітарної інформації:

- гідрометеорологічна;
- агротехнічна;
- інформація про фенологію і структуру популяцій шкідливих видів.

3.2. Метеорологічна інформація

Погодні умови суттєво впливають на розвиток культурних рослин і шкідливих організмів. Тому повне використання метеорологічної інформації стає обов'язковою передумовою під час розробки прогнозів поширення і розвитку шкідливих організмів, а обґрунтування рекомендацій з обмеження їх шкідливості. Імітування розвитку популяцій культурних рослин і шкідливих організмів на комп'ютері оснований на використанні відповідних даних про погодні умови в режимі *on-line*. Це ефективна форма розробки прогнозів і рекомендацій із захисту рослин, яка забезпечує значну економію трудових і матеріальних витрат.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

У захисті рослин використовують чотири форми гідрометеорологічної інформації:

- дані про поточний стан погодних умов;
- дані про погодні умови за минулі періоди різної тривалості;
- дані, що характеризують клімат регіону;
- прогноз погоди.

Використання імітаційних моделей (для агроєкосистем, окремих культур, популяцій шкідливих організмів) має особливо високі вимоги до гідрометеорологічної інформації. Якщо модель повинна забезпечити оперативне керування заходами щодо захисту рослин, то ця інформація необхідна в реальному масштабі часу. Дані про погодні умови мають надходити негайно від спостерігача чи від станції метеорологічної служби. Технічно найдосконалішою системою є так звана «система *on-line*», де забезпечене введення інформації безпосередньо в комп'ютері з автоматичних метеостанцій.

У ряді країн розроблено сигналізаційні та інформаційні системи на основі використання персональних комп'ютерів і автоматичних метеостанцій. В Англії, Угорщині, Франції, Італії використовують автоматичні метеостанції і сигналізаційний прилад „Agcel – 128” для оптимізації заходів проти оїдіуму винограду. Це дає змогу скоротити обсяг хімічних обробок до 30 % й окупити витрати на придбання обладнання за один рік.

У садах Франції використовують систему Star. В Австрії прилади Metos дають змогу оптимізувати заходи проти парші яблуні, пероноспорозів, яблуневої плодожерки. У Чехії система Midis-85, у Польщі й Україні прилад ABI-201 дозволяє зменшити обсяги обприскування проти парші яблуні на 25 %. У Німеччині сигналізаційний комп'ютер Sicom-2000 застосовують у господарствах, які вирощують плодоовочеві культури. Він дає змогу прогнозувати в автоматичному режимі розвиток 12 шкідників, парші та борошнистої роси яблуні. Використання таких систем дає значний економічний ефект. У США (штат Кентуккі) програма Maryblut приносить економію 575 дол. з 1 га.

Як правило, дані про погодні умови надходять від існуючих станцій метеослужби. Перевагою тут є низька витрата коштів, але не всі необхідні для прогнозу гідрометеорологічні параметри в цьому разі може бути отримано. Щільність мережі спостережень також є

недостатньою. Додатково для збору даних використовують, крім мережі метеослужби, також відомчі метеорологічні пункти.

Поточна гідрометеорологічна інформація повинна включати такі елементи: температура і вологість повітря; температура і вологість ґрунту; кількість опадів; швидкість і напрям вітру, інтенсивність і тривалість сонячного випромінювання; атмосферний тиск.

Необхідні дані для розробки прогнозів і рекомендацій слід передавати зі станцій максимально швидко безпосередньо в обчислювальні центри, де їх обробляють.

Гідрометеорологічну інформацію за минулі періоди використовують насамперед для розрахунку прогнозів за допомогою регресійних моделей та аналізу фітосанітарного стану. У ході аналізів за допомогою різних математико-статистичних методів (дисперсійний, дискримінантний аналізи тощо) вивчають взаємозв'язки між метеорологічними показниками і станом популяцій шкідливих організмів.

Інформацію про стан погодних умов за минулі періоди використовують для перевірки еквівалентності відображення дійсності імітаційними моделями. Під час цього тесту виникає необхідність порівняння відповідних перемінних стану моделі з реально встановленими показниками стану популяцій. За допомогою даних про погодні умови за минулий період модель імітує розвиток популяції шкідливого організму, а результати моделювання можна порівняти з дійсно встановленими показниками. Таким чином, можлива перевірка працездатності моделі і її подальше удосконалення. Для цього експериментально виявляють норми реакції популяцій шкідливих організмів на різні погодні умови. Складаються так звані „таблиці поведінки”, що є основою для включення обраних даних до переліку необхідних для розробки прогнозів розвитку шкідливих організмів.

Дані, що характеризують клімат регіону, являють собою багаторічні кліматологічні середні показники (середні дані за 50 років і більше). Їх використовують насамперед для характеристики екологічних параметрів зон і регіонів і розрахунку повторюваності визначених явищ погоди. Іншим важливим призначенням їхнього застосування служать прогнози фенології.

Дані прогнозу погоди використовують дуже обмежено. Температурні показники можна прогнозувати з необхідною точністю лише за 3–4 дні. Тому стає необхідним використання даних про клімат регіону для коротко- і довгострокових прогнозів. При цьому можна

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин скласти три варіанти прогнозу, використовуючи оптимальні, пессимальні і середні кліматичні умови.

З урахуванням технічних можливостей для використання в захисті рослин доступні такі показники погоди і параметри їхньої оцінки:

1) температура повітря (вимірюють у метеорологічній будці на висоті 2 м). Параметри: середньодобова, максимальна і мінімальна температури, °С.

2) вологість повітря (вимірюють у метеорологічній будці на висоті 2 м). Параметри: кількість годин за межами визначеного порогу (вологість повітря, %), або денна динаміка вологості повітря, %.

3) тиск повітря, гПа.

4) опади. Параметри: денна сума, мм; тривалість випадання, год; інтенсивність, кількість за відрізок часу, мм.

5) температура ґрунту (на глибині 5, 10 і 20 см). Параметри: максимум та мінімум денної температури; середньодобова температура, °С.

6) вологість ґрунту. Параметри: запаси продуктивної вологи на різних глибинах ґрунту, мм.

7) тривалість сонячного випромінювання, год.

8) радіаційний баланс з урахуванням спектрального аналізу.

9) вітер. Параметри: переважний напрямок вітру за добу; середній показник швидкості вітру, м/сек.

10) утворення роси. Параметри: так (+) чи ні (-); тривалість збереження роси, год.

11) сніговий покрив. Параметри: висота сніжного покриву, см; тривалість періоду зі сніговим покривом, днів.

12) заморозки. Параметри: в так (+) чи ні (-); мінімальна температура, °С; тривалість, днів, год.

Використовують метеорологічні дані відповідно до завдань, для вирішення яких вони залучаються. Для імітаційних моделей безпосередньо обробляють окремі параметри («*on-line*»), для інших способів прогнозування окремі дані вимірів попередньо поєднують у добові, тижневі, подекадні і місячні середні показники. Для регресійних моделей значення параметрів популяції зіставляються з відповідними їм у часі і просторі значеннями метеорологічних параметрів. Останні можуть характеризуватися, наприклад, щорічними і середньобагато-річними даними про стан кліматичних характеристик.

Оцінюють погодні умови роздільно за порами року. За осінній сезон приймають період стійкого переходу середньодобових

температур повітря від 15 °С до 0 °С. Як зимовий сезон приймають період з температурами, нижчими за 0 °С. Весняний сезон починається з періоду стійкого переходу температур від 0 °С до +15 °С. Літній сезон – період зі стійкими середньодобовими температурами вище 15 °С. Названі раніше елементи, що характеризують погодні умови, використовують для всіх пір (сезонів) року. Крім них, для весни, літа й осені використовують такі додаткові характеристики.

1) Початок сезону: фактична дата, відхилення від середнього терміну в днях (\pm).

2) Середня температура ґрунту в °С за декаду на глибині 10 см.

3) Відносна вологість повітря (у %) о 13 год.

4) Кількість днів за декаду з особливими погодними умовами: град, мокрий сніг, пилова буря, відносна вологість повітря 30 % і нижче, роса, заморозки на ґрунті, мряка, зливи.

Для зимового сезону використовують такі додаткові дані:

1) Початок зимового сезону: фактична дата, відхилення від середнього терміну (\pm), днів.

2) Мінімальна температура ґрунту на глибині вузла кушіння озимих культур за декадами, °С.

3) Початок і кінець періоду стійкого сніжного покриву: фактична дата, відхилення від багаторічної норми (\pm), днів.

4) Середня висота сніжного покриву за декаду, см.

5) Глибина промерзання ґрунту, середня за декаду, см.

6) Кількість днів за декаду з особливими погодними умовами: сильні снігопади, мокрий сніг, відлиги, ожеледь, сильний вітер.

Метеорологічну інформацію застосовують для розробки прогнозів розвитку шкідливих організмів на основі обліку ступеня сприятливості для окремих видів критичних періодів року і розрахунку термінів настання конкретних фаз онтогенезу (фенології). Ураховуючи біоекологічні особливості окремих шкідливих видів, визначають певні гідротермічні характеристики окремих критичних періодів у їхньому життєвому циклі, що впливають на розвиток популяції і їхню життєздатність. Це перш за все: середні температури цих періодів, гідротермічний коефіцієнт (ГТК) та кількість днів (декад) за певний період із критичним станом метеорологічного фактора. ГТК визначають за періоди року з температурами повітря вище 10 °С під час розвитку шкідливих видів і культурних рослин за формулою:

$$ГТК = \frac{\sum O \cdot 10}{\sum T}, \quad (3.1)$$

де $\sum O$ – сума опадів;

$\sum T$ – сума середньодобових температур.

Для оцінки агрокліматичних ресурсів території вважають, що ГТК в межах 1,0–1,5 характеризує оптимальне зволоження, більший за 1,5 – надмірне, менший від 1,0 – нестійке, менший від 0,5 – слабке (посуха).

Для визначення динаміки розвитку виду найчастіше використовують суму ефективних температур. Процес розвитку у пойкилотермних організмів відбувається лише за межами певного температурного порога (нульова точка розвитку). Суму ефективних температур за певний період визначають за формулою:

$$\sum_{ef. m.} = (T_c - T_n) \cdot n, \quad (3.2)$$

де T_c – середньодобова температура за період, °C;

T_n – нижній температурний поріг, °C;

n – тривалість періоду, діб.

Нижній температурний поріг для шкідливих організмів і культурних рослин сформувався еволюційно і має особистий характер для кожного біологічного об'єкта або певних їх груп. Для шкідників рослин він коливається в межах 7–13 °C (найчастіше 10°C), для фітопатогенів – 1,2–8,0 °C. Швидкість розвитку виду та сума тепла, необхідного для онтогенезу, у випадках, коли температури нижче або вище від оптимальних значень, уточнюють за допомогою додаткових коефіцієнтів, номограм, таблиць.

Практика свідчить, що ГТК можна успішно використовувати для прогнозування розвитку хвороб, збудники яких інтенсивно розвиваються під час випадання великої кількості опадів при невисоких температурах повітря, оскільки значення ГТК збільшується з ростом суми опадів і зниженням температури повітря.

Водночас для багатьох тепло- та вологолюбних шкідливих організмів сприятливими для їх розвитку є підвищені температури і достатня вологозабезпеченість. У цьому разі величина ГТК буде зменшуватися. Таким чином, ступінь зв'язку ГТК з розвитком шкідливого організму буде оберненим. Тому для оцінки сприятливості погодних умов для тепло- і вологолюбних збудників хвороб (септоріоз помідорів, альтернаріоз картоплі і помідорів та ін.) запропоновано

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
 температурно-вологісний показник (ТВП), величину якого визначають за формулою:

$$ТВП = \frac{\sum O \cdot T}{D}, \quad (3.3)$$

де $\sum O$ – сума опадів (мм) за період спостережень;

T – середньодобова температура повітря періоду;

D – тривалість періоду (днів).

ТВП – це відносний інтегральний показник, який відображає кількість тепла та вологи за кожний день періоду спостережень. У разі збільшення температури його значення збільшується.

Характер зволоження рослин під час вегетації при відповідному температурному режимі часто має вирішальне значення для динаміки розвитку хвороб. Для деталізації цього важливого фактора запропоновано використання таких спеціальних метеопредикторів прогнозу: коефіцієнт інтенсивності опадів, коефіцієнт кратності опадів та індекс сприятливості погодних умов.

Коефіцієнт інтенсивності опадів розраховує за формулою:

$$Кінт = \frac{\sum O}{n \cdot 10}, \quad (3.4)$$

де $\sum O$ – сума опадів за певний період, мм;

n – кількість днів з опадами за цей період.

Слід зазначити, що в разі збільшення цього коефіцієнта зменшується заспореність (кількість спор та інших пропагул) на рослинах і в повітрі, збільшується вологість повітря і ґрунту, період зволоження органів рослин крапельною вологою, унаслідок чого покращуються умови для збільшення кількості інкубаційних періодів, швидкості інфекційного процесу, а для аерогенних хвороб зменшується динаміка поширення й інтенсивності ураження.

Коефіцієнт кратності опадів визначають за формулою:

$$Кр = \frac{n}{N}, \quad (3.5)$$

де n – кількість днів з опадами за певний період;

N – тривалість періоду, днів.

Цей коефіцієнт має позитивну кореляцію із розвитком найбільш шкідливих хвороб рослин. Чим частіше суттєво зволожуються органи рослин, тим більше їх ураження хворобою.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
Індекс сприятливості погодних умов (для вологолюбних патогенів – збудники фітофторозу, пероноспорозу та ін.) визначають за формулою:

$$I_{\text{спр}} = \frac{\text{ГТК} \cdot K_{\text{інт}} \cdot \sum O}{K_p} \quad (3.6)$$

На видовий склад і чисельність багатьох видів бур'янів, особливо однорічних, суттєво впливають мають метеорологічні умови поточного і попередніх років. Для прогнозування розвитку бур'янів застосовують ГТК, суму опадів, середньодобову температуру за серпень–грудень попереднього року і березень–вересень поточного. Для довгострокового прогнозу враховують також температуру і вологість ґрунту за ті самі періоди.

Співставивши вимоги насіння бур'янів до температури і вологості з конкретними величинами цих метеопказників, можна визначити ступінь оптимальності погодних умов для бур'янів і їх вплив на засміченість полів.

Для розробки короткострокового прогнозу розвитку шкідливих організмів використовують прогноз погоди на найближчий період, точність якого за останні роки суттєво підвищилася, що відповідно покращило точність і значення короткострокового прогнозування розвитку шкідників і хвороб рослин.

3.3. Агротехнічна інформація

В Україні для розробки прогнозів розвитку шкідливих організмів рослин збирають і використовують сім видів агротехнічної інформації. Вона характеризує умови, у яких розвиваються посіви сільськогосподарських культур і формується врожай кожної культури, а також стан посівів і види на врожай. Крім того, ця інформація дозволяє прогнозувати ймовірний рівень витривалості рослин до ушкоджень і вплив агротехнічних заходів на стан популяцій окремих шкідливих видів.

1. Інформація про стан організаційно-господарських заходів:

- структура посівних площ;
- площі посівів стійких і нестійких сортів до певних видів шкідливих організмів;
- обсяги різних видів основного обробітку ґрунту (звичайна оранка, поверхневий обробіток, весняна оранка, тощо);
- площі, на яких сільськогосподарські культури висіяно по

оптимальних та інших попередниках;

– обсяги застосування енергозберігаючих, адаптивних та інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Може бути задіяно інші види інформації про фактори, які здатні впливати на розвиток рослин у конкретному господарстві чи регіоні в певний період часу. Ця інформація може бути відома ще на етапі планування і підготовки до посіву культури і багато в чому залежить від економічних можливостей господарства забезпечити повноту реалізації відповідних заходів технологій вирощування культури, що впливає на розвиток шкідливих організмів. Отримані дані порівнюють з аналогічними показниками за попередні роки і періоди. Результати цього аналізу мають певне значення для розробки різних видів прогнозу, але особливо важливі для довгострокового і багаторічного прогнозів.

2. Інформація про проведення агротехнічних заходів:

- строки оранки зябу і всіх видів передпосівної обробки ґрунту;
- строки і норми внесення різних видів добрив;
- строки сівби, сорт і норма висіву;
- строки і технологія збирання врожаю.

Для зрошуваних культур ураховують терміни проведення всіх видів поливів і норму витрати води.

Усі ці дані збирають агрономи господарств і передають районним станціям із захисту рослин. Обробка їх у певному році являє собою зіставлення із середніми термінами і нормативами. Інтерпретують дані для кожного регіону з урахуванням домінуючих видів шкідливих організмів і екологічного значення для них строків і якості проведення агротехнічних заходів. Пізні терміни оранки зябу сприятливі для більшості шкідливих видів і призводять до погіршення умов для розвитку посівів. Несвоєчасно внесені і незбалансовані добрива послабляють стійкість рослин до хвороб і деяких шкідників. Строки сівби істотно впливають на заселеність посівів злаковими мухами, шкідливість хлібної жужелиці, хлібних блішок та ін. Терміни і якість збирання врожаю істотно впливають на інтенсивність розмноження гризунів, ступінь підготовленості до перезимівлі шкідливої черепашки і хлібних пильщиків, а також накопичення інфекційного матеріалу багатьох видів хвороб рослин. Терміни поливу і норми витрати води істотно впливають на виживаність зимуючих фаз совок, мишоподібних гризунів та ін. Водночас вони створюють сприятливі умови для підвищення життєздатності рослин.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

3. Інформація про фактичну фенологію сільськогосподарських культур з урахуванням стану погоди:

- тривалість періоду між сівбою і появою сходів;
- строки настання основних фенологічних фаз культури і ступінь рівномірності їхнього проходження в межах кожного поля.

Ці дані збирають агрономи господарств і передають у районні станції захисту рослин. Крім того, вибірково ці показники враховують метеорологічні станції і публікують їх в інформаційних бюлетенях. Інтерпретують цю інформацію фахівці із захисту рослин і використовують для внесення уточнень у показники економічних порогів шкідливості конкретних шкідливих організмів. Подовження періоду між терміном сівби і появою сходів призводить до збільшення ушкодження насіння і проростків хворобами і ґрунтовими шкідниками. На фазі сходів такі посіви чутливіші до ушкоджень листогризними шкідниками, злаковими мухами і клопами.

Строки настання основних фенологічних фаз культури при зіставленні з фенологією шкідливих видів є головним показником очікуваної інтенсивності шкідливості. Ступінь фенологічної однорідності посівів, дружності проходження фенологічних фаз служить показником стійкості до шкідливих організмів. При розтягнутості фенофаз утворюються оптимальні умови для шкідників і патогенів.

4. Інформація про стан посівів озимих культур перед зимівлею та їх перезимівлю:

- фаза, на якій припиняється вегетація восени;
- середня кількість стебел на рослині;
- загибель рослин і зрідженість посівів наприкінці зими і до початку поновлення вегетації, %.

Цю інформацію збирають агрономічна служба і метеорологічні станції, її публікують у бюлетенях метеослужби.

Повноцінне куціння посівів до кінця вегетації і оптимальна перезимівля визначають підвищену опірність рослин до впливу шкідливих організмів протягом наступного вегетаційного періоду. Слабко розвинені посіви з осені погано переносять зимівлю і навесні виявляються ослабленими, зі зниженою стійкістю до ушкоджень. Усі ці обставини беруть до уваги під час організації системи спостереження за посівами в господарствах і при уточненні планів профілактичних і захисних заходів.

5. Інформація про стан посівів у період вегетації:

- густина посівів;
- нагромадження біомаси в період проходження кожної фенофази;
- розвиток бур'янів і їхня біомаса в певну фенологічну фазу культури;
- нагромадження елементів кінцевої продуктивності рослин.

Ці дані звичайно збирають агрономи господарств за порівняно простими і доступними методиками. Вибірково такі дані одержують метеорологічні станції і публікують у бюлетенях метеослужби. У зв'язку з широким використанням індустріальних технологій вирощування ряду культур, удосконалюються методи обліку стану посівів для того, щоб можна було своєчасно оптимізувати агрофон за рахунок зрошення, унесення добрив тощо. Інтерпретують цю інформацію агрономи господарств і спеціалісти із захисту рослин, які корегують технології вирощування сільськогосподарських культур, визначають імовірний рівень стійкості рослин до ушкодження шкідливими організмами. Установлено, що при оптимальному агрофоні і відповідному стані рослин кукурудзи втрати продуктивності від ушкоджень стебловим метеликом (*Ostrinia nubilalis*) при рівній заселеності й ідентичному її характері знижуються 3–4 рази порівняно з ослабленими посівами. Урахування стійкості рослин до ушкоджень дозволяє знизити обсяг застосування пестицидів.

6. Інформація про загальну врожайність і якість урожаю:

- показники біологічного і фактично зібраного врожаю.
- кондиційні показники врожаю.

Цю інформацію переважно збирають агрономи господарств і фахівці служби захисту рослин, а також приймальні пункти заготівельних організацій. Різниця між біологічним і фактично зібраним урожаєм, з урахуванням погоди сезону, дозволяє оцінити ступінь сприятливості екологічного стану для багатьох шкідливих видів. Кондиційні показники врожаю визначають його придатність для збереження і як посівний матеріал. Методи виявлення кондиційних показників (вологість зерна, питома вага, пошкодження його певними видами шкідників і хвороб тощо) досить прості і загальновідомі в агрономічній практиці.

7. Інформація про стан насінневого матеріалу:

- клас насіння за показниками схожості та ін.;
- якість передпосівної обробки насінневого матеріалу (калібрування, протруєння насіння, інкрустація, фумігація тощо).

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Під час централізованої передпосівної обробки насіння контроль за якістю здійснюють спеціальні лабораторії відповідних установ і фахівці із захисту рослин. Повнота і якість профілактичної обробки насінневого матеріалу, у сполученні з його вихідною кондицією, є найважливішим показником очікуваного стану посівів і схильності їх до ураження шкідливими організмами. Усе це враховують під час розробки відповідних прогнозів і планів проведення захисту посівів у період вегетації і формування врожаю.

Разом з точним визначенням часу і місця появи шкідників, хвороб і бур'янів необхідно об'єктивно оцінити стан посівів сільськогосподарських культур. Найважливішими показниками стану посівів служать: фенологія, густина і біомаса рослин, що характеризують їх загальну життєздатність.

Облік стану розвитку рослин. Вимоги рослин до умов навколишнього середовища на окремих етапах онтогенезу різні. Формування врожаю і кінцева продуктивність рослин істотно залежать від того, на якій фазі онтогенезу завдано ушкодження. У розвитку рослин можна виділити два основних періоди: формування вегетативних органів – кореневої системи, стебла, листя й утворення генеративних органів – суцвіть, квіток і органів розмноження – плодів і насіння. Органи рослин формуються в певні етапи органогенезу, для оцінки яких розроблено детальні критерії. Але для полегшення спостережень у фітосанітарному моніторингу використовують помітніші фенологічні етапи – фенофази, які визначають за зовнішніми морфологічними ознаками органів рослин. Фіксують ту фенофазу, у якій знаходиться 50–70 % облікованих рослин.

Основні фенофази польових культур

Озима пшениця – проростання насіння–сходи; третій лист–формування вузла кущіння; вихід у трубку; колосіння; цвітіння; налив зерна–молочна стиглість; воскова стиглість зерна; повна стиглість зерна.

Ячмінь – сходи, кущіння, вихід у трубку–стеблуння, колосіння, цвітіння, налив зерна–визрівання, повна стиглість зерна.

Кукурудза – сходи, утворення 5–7 листків, утворення волоті, молочна стиглість зерна, воскова стиглість, повна стиглість зерна.

Горох – проростання насіння–сходи, гілкування, бутонізація, цвітіння, визрівання бобів, повна стиглість.

Люцерна – сходи, стеблуння, бутонізація, цвітіння, формування бобів.

Буряки – сходи (розвинуті сім'ядолі, „вилочка”), перша пара справжніх листків, друга, третя, четверта, п'ята пара листків, вирівнювання маси листків і коренеплодів, початок масового відмирання листків, технічна стиглість.

Картопля – проростання бульб, сходи, утворення столонів–початок утворення бульб, утворення бульб–бутонізація, цвітіння, стиглість (визрівання ягід і початок відмирання бадилля), відмирання бадилля.

Фенофази плодкових культур і винограду

Яблуна – набрякання бруньок, зелений конус, оголення суцвіть, відокремлення бутонів, рожевий бутон, цвітіння, опадання пелюсток, утворення зав'язі, опадання зайвої зав'язі, утворення черешкової ямки, визрівання плодів, з'явлення товарної падалиці, товарна стиглість плодів, повна стиглість, опадання листя.

Груша – набрякання бруньок, розпускання бруньок (зелений конус), оголення суцвіть, висування суцвіть, розпушення бутонів, цвітіння, опадання пелюсток, утворення зав'язі, змикання чашолистиків, утворення черешкової ямки, визрівання плодів, товарна стиглість плодів, повна стиглість, опадання листя.

Кісточкові культури – набрякання бруньок, розпускання бруньок („зелений конус”), оголення суцвіть, висування суцвіть, розпушення бутонів, цвітіння, опадання пелюсток, формування зав'язі, скидання рубашечок, опадання зайвої зав'язі, визрівання плодів, стиглість плодів, опадання листя.

Виноград – набухання бруньок, утворення 3–5 листків, пагони довжиною 15–25 см, цвітіння, ягоди з маленьку горошину, повністю сформовані ягоди, розм'якшення ягід, повна стиглість ягід, опадання листя.

Стан посівів сільськогосподарських культур оцінюють за такими показниками: густина рослин і стебел, висота рослин, маса, продуктивність. Облік проводять, як правило, на площадках 1 м² або в рядках посіву. Довжина всіх облікових відрізків рядка разом повинна становити 1 м².

Густоту рослин озимих зернових культур обліковують восени, навесні та після колосіння. Ділянки площею 1 м² розташовують по діагоналі поля (10 облікових ділянок на полі площею до 100 га). Зівставлення даних обліків, отриманих восени і навесні, дозволяє визначити кількість загиблих узимку рослин, %. Критерії оцінки стану посівів зернових культур наведено в табл. 3.1.

**Критерії оцінки стану посівів зернових колосових культур
на початку вегетації (рослин на 1 м²)**

Стан посівів	Озима пшениця		Жито	Ячмінь	Яра пшениця, овес
	сильно кущиста	слабко кущиста			
густі	350–400	> 500	> 280	350–400	400–500
середні	250–350	350–500	200–280	300–400	300–400
рідкі	150–250	300–500	120–200	200–300	200–300
незадовільні	150	< 200	< 120	< 200	< 200

На посівах кукурудзи по діагоналі поля відбирають 10 проб; при ширині міжряддя 70 см одна проба – відрізок рядка довжиною 14,44 м (10 м²) і визначають густоту рослин на 1 га. За такою самою методикою визначають густоту рослин і на інших широкорядних культурах. Довжину облікової проби (відрізок рядка) обирають з урахуванням ширини міжрядь так, щоб площа проби становила 10 м².

3.4. Інформація про стан популяцій

3.4.1. Оцінка просторової структури популяції

Цю інформацію отримують, проводячи обліки в певні періоди життєвого циклу шкідливих організмів або фенофази рослин, а в окремих випадках – у певні календарні строки, у які звичайно проходить розвиток певних стадій шкідливих організмів. Показники просторової структури популяцій – це відсоток заселених площ і щільність шкідників, відсоток уражених хворобою площ, рослин або їх органів (поширеність), інтенсивність ураження та розвиток хвороб, відсоток забур'янених площ, щільність або маса бур'янів, щільність насіння бур'янів чи їх життєздатних зародків, ступінь забур'янення.

Посівні площі культур і площі угідь, на яких можуть розвиватись шкідливі види, відомі в кожному господарстві і регіоні України. Якщо обстеження виконано методично правильно у визначені строки, то отримана інформація дозволяє оцінити точність прогнозів, які було розроблено раніше, і обґрунтувати їх на наступні періоди, визначити тенденції в розвитку популяцій шкідливих організмів для конкретних регіонів, природно-кліматичних зон і в цілому в Україні.

Просторові показники популяцій шкідників, яких можна обліковувати візуально (метелики, жуки, клопи тощо) або за наслідками їх життєдіяльності (нори, характерні ушкодження рослин) отримують, проводячи обліки чисельності особин або результатів їх життєдіяльності на 1 м², інколи на 1 га, 1 дерево, 1 пог. м за добу, пентаду, декаду на 1 пастку, 100 помахів сачка тощо.

Методи обліків і розподіл проб та їх кількість специфічні для кожного виду і повинні забезпечувати об'єктивність даних. Для цього проби розміщують рівномірно по полю. Для ґрунтових та внутрішньостеблових шкідників беруть 20 проб певного розміру, розміщених пропорційно в центральній і крайових частинах поля чи угіддя. Якщо в пробах вид не виявлено, то обстежену стацію вважають незаселеною.

Щільність заселення видами, які живуть на рослинах, визначають у пробах площею 0,125–1,0 м² (як правило 0,25 м²) інколи – 5–10 м², але показують середню щільність шкідника на 1 м². На широкорядних посівах облік чисельності проводять на 1 рослину або її орган, у пробах по 5–20 рослин з подальшим підрахуванням числа особин шкідника на 1, 100 рослин або на 1 м², чи на 1 га.

Отримані дані обчислюють як середнє арифметичне для окремого поля або угіддя, середньо виважені – для групи полів, зайнятих певною культурою, або групи однорідних угідь. За необхідності показують максимальні і мінімальні значення цих показників. Інформацію узагальнюють залежно від подальшого використання для господарств, адміністративних районів і областей та природно-кліматичних зон України.

За результатами обстежень виділяють звичайно три градації заселеності полів шкідником: низьку, середню, високу. Якщо шкідник перебуває у шкідливій стадії, визначають площі, де його щільність нижча від ЕПШ, на рівні, або вища від нього.

Для характеристики розвитку хвороб рослин використовують такі показники: відсоток обстежених і заражених хворобою площ і рослин або їх органів, інтенсивність ураження, а частіше розвиток хвороби в середньоарифметичних або середньовиважених значеннях.

Облік хвороб складається із загальної оцінки стану рослин, відбору пробних зразків рослин (проб) і їх ретельного обстеження. Рослини, як правило, оглядають в польових умовах, інколи в лабораторії. Залежно від характеру ураження проба являє собою облікову ділянку (при вогнищному характері проявлення хвороби)

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин площа якої звичайно становить 0,25 м², групу рослин або їх органів (при рівномірному розповсюдженості хвороби), від 1–5 до 10–25 рослин у пробі. Проби беруть по діагоналі, двох діагоналях або в шаховому порядку рівномірно по полю залежно від його конфігурації.

Основними результатами обліку є поширеність (розповсюдженість або як часто трапляється) хвороби – це кількість рослин або окремих її органів у відсотках щодо загальної кількості у пробах. Цей показник отримують як середньоарифметичне значення їх результатів у пробах для конкретного поля чи угіддя. Він показує кількісну сторону патологічного процесу і в деяких випадках може бути достатнім для характеристики проявлення хвороб, які зумовлюють загибель рослин або їх органів (чорна ніжка, кореневі гнилі та інші хвороби сходів, в'янення, сажкові хвороб злаків тощо).

Основним якісним показником перебігу хвороби є інтенсивність розвитку (ступінь ураження). Його визначають за площею ураженої поверхні рослини чи окремих її органів, або за ступенем проявлення інших симптомів. Для виконання цих обліків використовують спеціальні шкали, специфічні для кожної хвороби або груп хвороб із відповідним числом балів чи відсотків ураження. Може бути обраховано середню інтенсивність ураження хворих рослин, але найчастіше для характеристики якісного стану хвороби використовують показник, що має назву *розвиток хвороби*, і відображає середній ступінь ураження всіх рослин на полі. Звичайно застосовують чотирьох-п'ятибальні шкали. Кількість ступеней ураження в окремих випадках може бути збільшено до дев'яти. Результати обрахунків показують у балах або відсотках.

Для характеристики забур'яненості посівів важливою характеристикою є дані засміченості полів вегетуючими рослинами бур'янів, їх насінням і зачатками відновлення. Потенційну засміченість визначають за показником кількості насіння бур'янів на 1 м² орного шару ґрунту. Обліки під час вегетації дозволяють отримати показники числа бур'янів (екз./м²) або їх маси (%) стосовно до маси культурних рослин. Ступінь засміченості визначають за 5–6-бальними шкалами. Відбір проб ґрунту проводять буром (не менше 30 проб) або лопаткою (не менше 15 проб). У період вегетації передбачається відбір не менше 10 проб розміром 50 × 50 см по діагоналі поля. Визначають видовий склад бур'янів, домінуючі види і тип засміченості.

3.4.2. Оцінка вікової і морфофізіологічної структури популяцій

Динамічні шкідливі види мають значну морфофізіологічну мінливість. У попелиць, кліщів, деяких фітопатогенів може змінюватися статеве співвідношення і навіть тип розмноження. Відомо, що залежно від стану популяції у шкідників коливаються такі параметри виду, як розміри тіла, маса особин, кількість жирових запасів, темпи розвитку, інтенсивність розмноження, показники статевої активності, стійкість до несприятливих факторів погоди, природних ворогів і пестицидів, тривалість життя. Змінюється відсоток діапаузуючих особин, строки і глибина діапаузи. За несприятливих для виду умов існування у фазі спаду чисельності і фазі депресії віковий склад популяції більш однотипний, а у фазах підйом чисельності і масове розмноження – він різноманітний.

Мінливість морфофізіологічних характеристик популяції залежить переважно від умов живлення і стану погодних факторів, що впливали на вид у попередніх періодах існування. Ці показники використовують для прогнозування найбільш небезпечних і шкідливих видів, реакції яких на зміни умов розвитку краще вивчено. Їх отримання потребує значних трудових витрат, застосування спеціального обладнання й апробованих методик. Як правило, залежно від стану популяцій, морфофізіологічні характеристики покращуються або погіршуються одночасно, тому для кожного шкідливого виду використовують 1–2 показники, які найдоступніші для обліку.

Віковий склад популяцій перед зимівлею показує готовність виду до діапаузи, імовірну зимостійкість і відсоток загибелі за зиму гусениць підгризаючих совок, різних стадій довгоносиків та інших шкідників. Вікове співвідношення личинок хлібних жуків може бути підставою для прогнозу їх щільності в наступному році. Вікове і статеве співвідношення в період збирання врожаю зернових злакових культур, масу тіла клопів перед зимівлею і після неї враховують під час розробки довгострокового прогнозу розвитку клопа-черепашки.

Мінливість популяцій мишоподібних гризунів і деяких метеликів проявляється через показники плодючості, статеве і вікове співвідношення, кількість особин, що беруть участь у розмноженні.

Віковий склад популяції показують у відсотках, масу тіла – у г, мг (середня, максимальна, мінімальна). Усі показники отримують у строго визначені фенологічні строки, одночасно з просторовими характеристиками, або спеціальними роботами і аналізами.

3.5. Первинна обробка і передача оперативної фітосанітарної інформації

Залежно від призначення інформації, використовують три форми її попередньої обробки і передачі.

Перша – передача первинної інформації, яку збирають у господарствах і пунктах прогнозів і сигналізації, про фітосанітарний стан, обсяги проведених профілактичних і захисних обробок, їх ефективність. Цю інформацію розписано за відповідними спрощеними стандартними формами. На цьому рівні проводять усереднення даних у рамках окремих полів, культур, господарств. При масовому поширенні виду щодо кожного господарства подають дані про загальну заселену ним площу певної культури, середні (чи середньозважені) показники щільності (інтенсивності) заселення, а також максимальні і мінімальні їх значення. На пунктах прогнозів цю інформацію доповнюють даними, з фенології, поширення, морфофізіологічного стану шкідливих видів тощо. Обробка даних спеціалістами станцій захисту рослин допомагає визначити середні показники для кожного шкідливого виду і культури в рамках району, максимальні чи мінімальні показники щодо певного виду для окремих господарств.

У такому виді інформацію про визначені заздалегідь об'єкти, передаються кожні 5, 10, 15 днів у лабораторію діагностики і прогнозу області. Крім того, вона є підставою для прийняття пунктами сигналізації і прогнозів рішень про терміни проведення захисних заходів щодо кожного шкідливого виду й уточнення економічних порогів шкідливості для певного року, сезону, генерації. Ці рішення приймають з урахуванням погодних та інших умов і рекомендацій лабораторій прогнозів. Їх терміново передають господарствам через інтернет, різними засобами зв'язку, по радіо і через місцеву пресу.

Зазначену інформацію відбивають в узагальненому виді у річних звітах пунктів сигналізації і прогнозів, що надходять у відповідні лабораторії прогнозів. Ці матеріали використовують для планування заходів захисту рослин, уточнення економічних порогів, удосконалення системи збору фітосанітарної інформації та її використання в захисті рослин.

Друга форма передачі інформації призначена для забезпечення своєчасної розробки прогнозів – попередніх, повних, уточнюючих (сезонних) і короткострокових. Цю інформацію надають лабораторії

діагностики і прогнозів відповідно до вироблених вимог щодо її змісту, форми і термінів надходження стосовно кожного шкідливого виду. Від лабораторій прогнозів інформація надходить у відділ фітосанітарної діагностики Головдержзахисту Мінагрополітики України.

Третя можлива форма – це автоматизована система первинної обробки і передачі оперативної фітосанітарної інформації, необхідної для поточного корегування організації робіт із захисту рослин у регіональному і загальнодержавному масштабі. Роботи зі створення автоматизованої системи фітосанітарного моніторингу широко проводили з 1976 р. і впроваджували в практику з 1979 р. Вони полягали в кодуванні первинної фітосанітарної інформації, її підготовці, обробці і передачі від господарств, ПСП, районних станцій захисту рослин засобами оперативного зв'язку до обласних станцій захисту рослин, де цю інформацію мали обробити, узагальнювати і передавати два рази на місяць в обчислювальні центри Міністерства сільськогосподарства для обробки на комп'ютері. Ці роботи проводили в рамках розробки автоматизованої системи управління сільськогосподарським виробництвом – АСУ-сільгосп, складовою частиною якої була АСУЗР (Автоматизована система управління захистом рослин). Але цей напрямок у зборі і використанні фітосанітарної інформації себе не виправдав через слабку ефективність, а також внаслідок того, що методи збору фітосанітарної інформації залишилися незмінними і часто залежали від суб'єктивних факторів. На цьому етапі вели роботи з розробки АРМ (автоматизованого робочого місця) агронома із захисту рослин.

Нині автоматизацію збору інформації може бути забезпечено за рахунок використання спеціальних приладів і обладнання, дистанційних методів виявлення та обліку, використання комп'ютерів, комп'ютерних технологій і спеціального програмного забезпечення. Модель сучасної системи контролю фітосанітарного стану посівів наведено на рис. 3.1.

Дистанційні методи діагностики є дуже перспективними для оперативного збору значного обсягу об'єктивної інформації. Дослідження в цьому напрямку розпочали з 1976 р., і на теперішній час напрацьовані теоретичні і методичні основи таких методів. Вони ґрунтуються на використанні вертольотів, літаків, дельтапланів, квадрокоптерів, різних БПЛА і навіть космічних апаратів. При цьому передбачається, що виявлення й облік шкідливих організмів рослин

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин виконує спеціально підготовлений спеціаліст-обстежувач. Методики виконання цієї роботи розраховані на зорове сприйняття ступеня розвитку шкідливого організму, яке проявляється через пошкодженість або ураженість рослин чи інші специфічні форми проявлення життєдіяльності виду, за якими можливо оцінити його розповсюдження і ступінь розвитку. Такий підхід дає добрі результати під час проведення робіт навесні на початку вегетації, коли рослини маленькі, іноді восени – у кінці вегетації або після збору врожаю. Аеровізуальні методи апробовано для хлібного туруна, мишоподібних гризунів, гусениць деяких совок, лучного метелика, а також борошнистої роси, пероноспорозів, деяких бур'янів. За допомогою аерокосмічної апаратури можна проводити спектрозональне або звичайне фотографування, що дозволяє отримувати таку ж інформацію, як і при аеровізуальних обстеженнях.

3.6. Методи збереження інформації з використанням комп'ютера

У захисті рослин, у міру впровадження інформаційних систем, виникає необхідність більшою мірою, ніж раніше, використовувати комп'ютер. Це значно скорочує терміни обробки і якісно поліпшує використання інформації в захисті рослин. При організації інформаційних систем на основі комп'ютера важливого значення надають, у першу чергу, раціональному збереженню інформації та її наданню відповідно запитам. Ці завдання вирішують, створюючи накопичувачів даних чи центрів даних. Накопичувач даних дозволяє зберігати за допомогою комп'ютера систематизовану інформацію в такому вигляді, щоб її можна було за відповідними програмами запросити, комбінувати і видавати залежно від запитів (рис. 3.1).

Для обробки інформації ця система має такі переваги:

- важливі первинні дані не потрібно постійно знову враховувати і заносити на носії інформації;
- накопичувач даних спрощує організацію й обробку проекту;
- інформаційна система стає надійнішою, тому що в накопичувачі є всі необхідні дані;
- у зв'язку з наданням більш змістовної інформації скорочується час від постановки завдання до моменту визначення шляхів його вирішення;
- спрощення процесу перетворення й аналізу інформації.

Комп'ютерна мережа

Наукове забезпечення



Рис. 3.1. Модель сучасної системи контролю фітосанітарного стану в Україні

Інформаційну систему можна розглядати як модель системи об'єктивної дійсності. В ідеалі така система повинна відбивати реальний стан у будь-який момент часу. В інформаційній системі захисту рослин це означає, що інформацію про будь-яку фітосанітарну ситуацію, а також про рівень розвитку популяцій окремих шкідливих видів можна отримати в будь-який час. Для цього відповідну

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин інформацію необхідно або статистично обробити, або імітувати її в популяційній моделі. В обох випадках необхідно видати фактичні дані, включаючи кількісні характеристики популяцій, їхньої шкідливості, стану кліматичних та інших факторів.

Видача даних – комплексний процес, що охоплює їх підготовку й обробку, починаючи зі збору до включення в систему, а також забезпечує доступність використання інформації. Для забезпечення оперативності інформаційної системи вихідні матеріали, зібрані в найкоротший термін, повинні негайно надходити в обробку. До числа таких вихідних даних відносять: дані про погодні умови для імітаційних обчислень; дані про фактичне поширення і розвиток шкідливих організмів та їх шкідливість, агротехнічну інформацію.

Цінність інформації залежить від якості і повноти вихідних даних, закладених у накопичувач. Незважаючи на те, що видача даних це відносно самостійна частина системи, її варто враховувати під час проектування накопичувачів даних, тому що для цього необхідні великі витрати часу на організацію роботи і програмування. Особливо багато часу на програмування потребують численні перевірки. Нові вказівки щодо обліку первинних даних означають нове положення даних відносно один до одного, що приводить до зміни програми.

Під час проектування систем накопичувачів інформації необхідно постійно раціоналізувати і поліпшувати процес видачі даних. Важливою ланкою в раціоналізації всієї системи є автоматичний збір даних за допомогою відповідних вимірювальних приладів. Комп'ютер, підключений до лінії дистанційної передачі, у цій системі може виконувати такі функції: кваліфікація і характеристика даних; перевірка і контроль вхідних даних, адаптація вхідних даних і внесення виправлень; систематизація даних, включення даних у систему; прийом даних з облікового пункту; зв'язок з обліковим пунктом. Це забезпечує хід наступного процесу обробки без перешкод і розміщення даних у нагромаджувачі вчасно і з великою точністю. У процесі обробки на комп'ютері оператор чи працівник облікового пункту можуть виправляти дані ручним керуванням (унесення виправлень).

Базові дані накопичувача складаються, як правило, з визначеного числа файлів. У файлах дані за однаковими ознаками збирають у групи. Група даних складається з розділу ідентифікації і розподілу даних. У процесі проектування варто звернути увагу на те, щоб однотипні дані потрапляли у відповідні частини групи даних. Під час

складання файлів необхідно виходити з деяких критеріїв, що впливають на доцільність збереження, вибір форми накопичення й обробки даних.

Доцільність збереження даних визначають за такими критеріями:

- інформативність накопичених даних і їх значення в процесі обробки інформації;
- потенційна можливість повторного використання накопичених даних;
- потенційна комплексна взаємозаміна з іншими накопиченими даними;
- забезпечення високого ступеня вірогідності й абсолютної надійності даних;
- забезпечення сталості дефініції, а також найважливіших методикоорганізаційних установок щодо накопичувача даних, забезпечення необмежених можливостей внесення змін в упорядковані дані.

Приймаючи рішення про накопичення даних на основі цих основних критеріїв, необхідно відразу встановити ступінь диференціації і тривалості періоду збереження даних. Теоретично правильно накопичувати первинні дані, тому що при цьому пам'ять комп'ютера може видавати викликані добірки, оцінки комбінацій даних тощо з будь-яким ступенем детальності. Рекомендують прагнути до доцільної комбінації первинних і оброблених даних. Установлюючи ступінь використання накопичених даних, варто звернути увагу на те, щоб заплановані для комп'ютера можливості використовувалися оптимально, забезпечувався високий ступінь аналізу й економічне співвідношення витрат до результативності.

Термін збереження накопичених даних необхідно постійно перевіряти. Важливим критерієм при цьому служить періодичність збору і термін збереження актуальної інформації. Якщо з'ясується, що дані для використання непридатні, їхнє подальше збереження недоцільне. Вони тільки займають місце в накопичувачі і тому їх варто видалити.

Існує багато факторів, які мають значення при виборі форми обробки і накопичення даних. Важливо вирішити такі питання: які види інформації повинен мати банк даних; який об'єм файлів; до якого об'єму очікується збільшення файлу протягом певного проміжку часу; як часто використовують масив. Якщо кожен раз з великого числа даних фонду файлу необхідно використати всього декілька видів

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин інформації, то вибір необхідно зупинити на прямому доступі. Добре організований файл з прямим доступом доцільний, якщо завдання постійно повторюються. Ці факти слід враховувати під час створення інформаційних систем із захисту рослин. У цьому випадку слід намагатися створювати систему файлів з прямим доступом, починаючи з шифровки необхідних групових понять. У файлах з прямим доступом простіше здійснити зчеплення адрес, інформаційну систему з її алгоритмами можна постійно розширювати й удосконалювати.

Порівняно з цим послідовний файл має певний недолік – для вирішення одного питання необхідно піднімати значну частину фонду даних. Файли слід створювати так, щоб був можливий прямий доступ до інформації без зміни структури групи даних.

Рекомендують створювати комп'ютерну мережу в межах певного регіону, що дозволяє вирішувати такі завдання:

- зв'язок станцій захисту рослин, пунктів сигналізації і прогнозу та інших зацікавлених організацій і землекористувачів;
- отримання, накопичення, аналіз, контроль і перевірка даних;
- накопичення й обслуговування файлів;
- виконання завдань, пов'язаних з виправленням і корегуванням даних;
- передача даних, прийом і перевірка замовлень користувачів;
- вирішення стратегічних та оперативних задач, розробка прогнозів розвитку і шкідливості шкідливих організмів різної завчасності;
- використання даних для науково-дослідних робіт і отримання інформації з інтернету.

На рис. 3.2 наведено оптимальну схему накопичення і використання даних за допомогою комп'ютерів.

3.7. Математичні алгоритми прогнозування в захисті рослин

3.7.1. Передумови і принципи

Загальною передумовою для розробки й удосконалення моделей прогнозу поширення і розвитку окремих видів шкідливих організмів є теорія динаміки популяцій. На її основі виникла така теорія і система прогнозування в захисті рослин:

1. Динаміка поширення, розвитку і шкідливості окремих видів – результат морфофізіологічних змін популяцій, їх реакцій на середовище, що відбуваються під впливом умов живлення і кліматичних факторів.

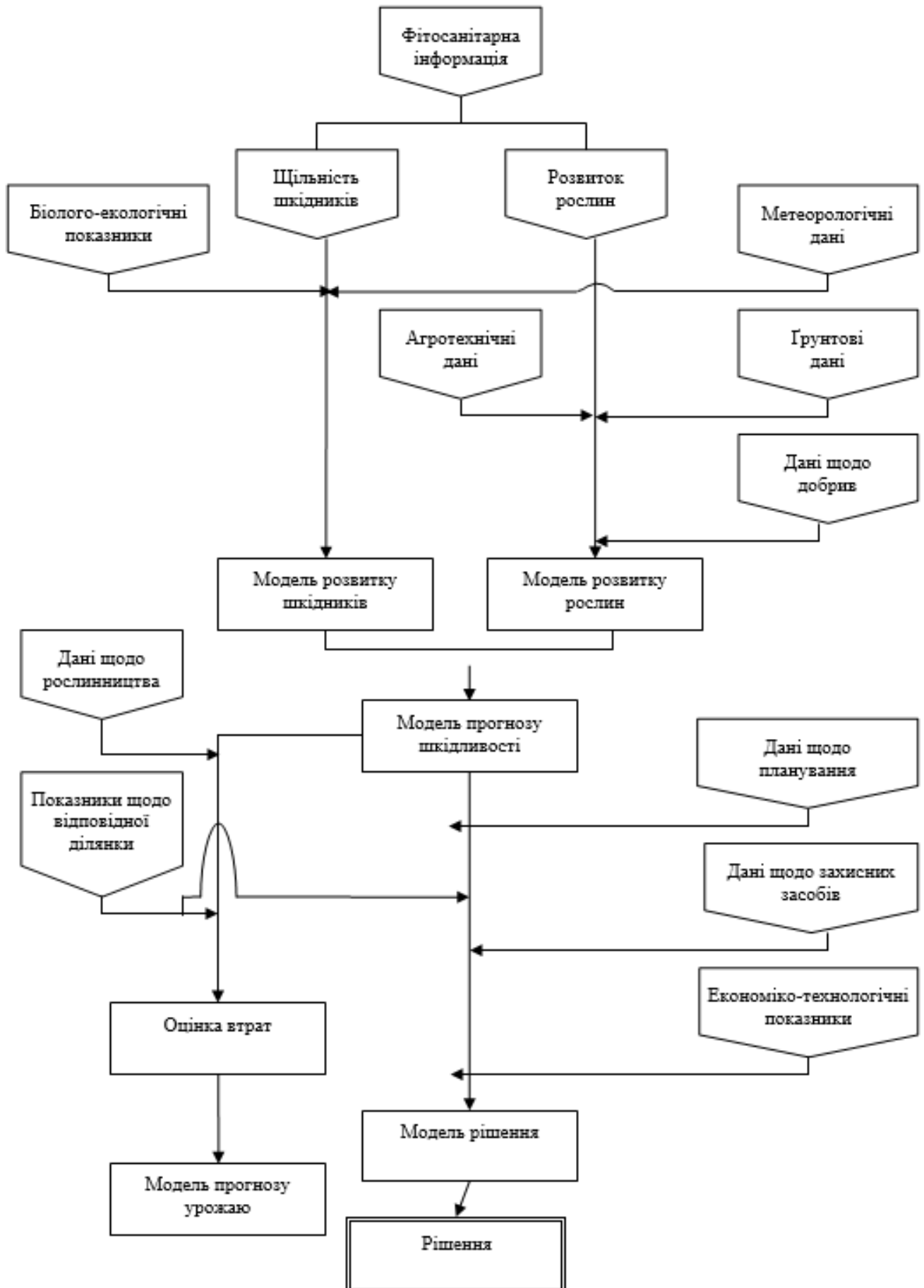


Рис. 3.2. Схема надходження даних до комп'ютера

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

2. Якісні (морфофізіологічні, структурні) особливості популяцій, очікувані в наступному році, формуються під впливом умов, що складаються для них у критичні періоди поточного року. Для найбільш динамічних видів вирішальне значення має стан кліматичних факторів у ці періоди.

3. Параметри мінливості популяцій мають п'ять фаз динаміки: депресія, розселення або підйом чисельності, масове розмноження, пік чисельності, спад чисельності. Кожна фаза динаміки популяцій у конкретних зонах ареалу шкідливого виду характеризується заселенням визначених типів посівів інших сільсько-господарських угідь, морфофізіологічним станом, інтенсивністю розмноження, життєздатністю, шкідливістю, внутрішньовидовими і міжвидовими відносинами.

4. Прогноз на наступний рік чи сезон зводиться до визначення фази динаміки популяції в поточному році й очікуваної у наступному.

5. Фазі динаміки популяцій шкідливого виду в кожному районі ареалу відповідає оптимальний обсяг профілактичних і захисних заходів, які плануєть згідно з прогнозом. Варто наголосити, що прогнозують не щільність поселень популяції, а фазу її динаміки, у якій щільність є одним з елементів, але не головним показником. Це важливо тому, що фазу динаміки популяції шкідливого виду порівняно легко визначити за її просторовою структурою і морфофізіологічними показниками. Відповідно до цього спрощується перевірка точності прогнозу. Прогноз щільності популяції не може бути точним, тому що методи обліку, які звичайно використовують, дозволяють оцінити вихідний стан популяції з точністю $\pm 50\%$. Отже, і вірогідність самого прогнозу щільності популяцій не може бути вище $\pm 50\%$.

Алгоритм розробки методів довгострокового прогнозу складається з послідовного з'ясування таких моментів:

1) визначення критичних періодів у формуванні фаз динаміки популяцій у конкретних регіонах ареалу шкідливого виду;

2) виявлення факторів, що визначають мінливість фази динаміки популяцій і механізмів їхнього впливу на цей процес;

3) кількісна оцінка стану і градацій впливу найважливіших факторів на мінливість фази динаміки популяцій у критичні періоди її формування.

На основі цього визначають зміст необхідної інформації для розробки довгострокових прогнозів і систему прогнозування, яка ґрунтується на відповідній інтерпретації одержаної інформації.

Викладені принципи відкрили широкі можливості для автоматизації збору й обробки інформації, прийняття прогностичних рішень за допомогою математичних моделей і обчислювальної техніки.

Варто виділити найважливіші методичні положення цієї роботи.

Перше – для найбільш динамічних і складних для довгострокового прогнозування видів, основним джерелом інформації слугують кількісні характеристики певних кліматичних факторів. Це полегшує автоматизацію збору інформації та її повноцінне забезпечення й обробку.

Друге – добре обґрунтована і теоретично коректна логічна модель полегшує перехід до математичного моделювання динаміки популяцій. У цьому разі основні проблеми можна вирішити, використовуючи регресійний аналіз. При відсутності чітких логічних моделей навряд чи можна обробити багатоаспектну інформацію й одержати прийнятні формули прогнозу, навіть застосовуючи досконалий математичний апарат і сучасні технічні засоби.

Третє – у міру ускладнення завдань прогнозування, пов'язаних з переходом на керування екосистемами, необхідні розробка і впровадження спеціального програмного забезпечення і широке використання комп'ютерів.

Нижче наведено деякі методи розробки математичних моделей динаміки розвитку і шкідливості популяцій на базі використання логічних моделей.

3.7.2. Регресійні моделі

У ході побудови математичної моделі будь-якого типу для здійснення кількісного прогнозу стану популяцій шкідливих організмів виділяють два етапи: *логічне* і *математичне* моделювання.

Перший етап припускає мобілізацію максимуму інформації про екологію виду і причинно-наслідкову інтерпретацію всіх істотних моментів динаміки його популяції з використанням принципів і методів системного аналізу. Результатом цього є створення концепції динаміки популяції в конкретних умовах.

Другий етап – це математичне вираження або відображення цієї концепції у формі, яка забезпечує можливість прогнозування. Одним з таких апробованих методів є парний кореляційний аналіз, який застосовують за необхідності проаналізувати, порівняти і співставити зміни двох або декількох показників, ознак чи явищ, щоб зробити висновок про їх взаємозалежність.

3.7.3. Імітаційні моделі

Імітаційні моделі використовують для прогнозу розвитку явищ з метою керування ними. У захисті рослин розробляють методи їх створення і застосування для прогнозування розвитку культурних рослин і шкідливих організмів у їх взаємодії і для оцінки впливу на цей процес факторів навколишнього середовища. При спробі моделювання цієї складної динамічної системи не вдається відразу охопити все різноманіття її взаємодіючих елементів. Тому починають зі спрощеної імітації системи.

Протягом останніх років відбувається інтенсивний пошук придатних підходів з використанням як емпірично-описових методів, так і казуальних математичних аналогій (наприклад, диференціальних рівнянь). Імітаційне моделювання значно полегшується при використанні комп'ютерів. Серед наявних розробок моделі динаміки популяцій окремих видів трапляється частіше, ніж моделі взаємодії їх між собою і з агроценозом.

Принцип імітації можна застосовувати для будь-яких популяцій, якщо відомі всі необхідні біологічні й екологічні дані. За допомогою методу імітації можна використовувати найрізноманітніший матеріал щодо даного об'єкта. Імітаційні моделі придатні також для одержання нових даних, що в майбутньому може бути підтверджено в експерименті. Вони враховують, наскільки це можливо і необхідно, причинні зв'язки між елементами системи. Сутність моделювання зводиться до складання комп'ютерної моделі, що дає змогу імітувати реальну систему для вивчення властивостей і реакцій її елементів (рис. 3.2).

Розробка таких моделей корисна для пізнання конкретних біологічних об'єктів. За допомогою детального аналізу системи виявляють відсутні знання щодо окремих її елементів. Водночас на основі теоретичних, логічних понять і висновків можна розробити придатні для моделювання гіпотези щодо відсутніх даних, що потім перевіряють у комп'ютерних експериментах, які проводять аналогічно експериментам у польових умовах, з тією лише різницею, що тут досліджують не реальний біологічний об'єкт, а його аналогію, відображення у формі математико-кібернетичної моделі. Таким чином, метод імітації застосовують також як раціональний спосіб одержання даних. Останнім етапом цього методу дослідження завжди є перевірка отриманих результатів у реальних умовах.

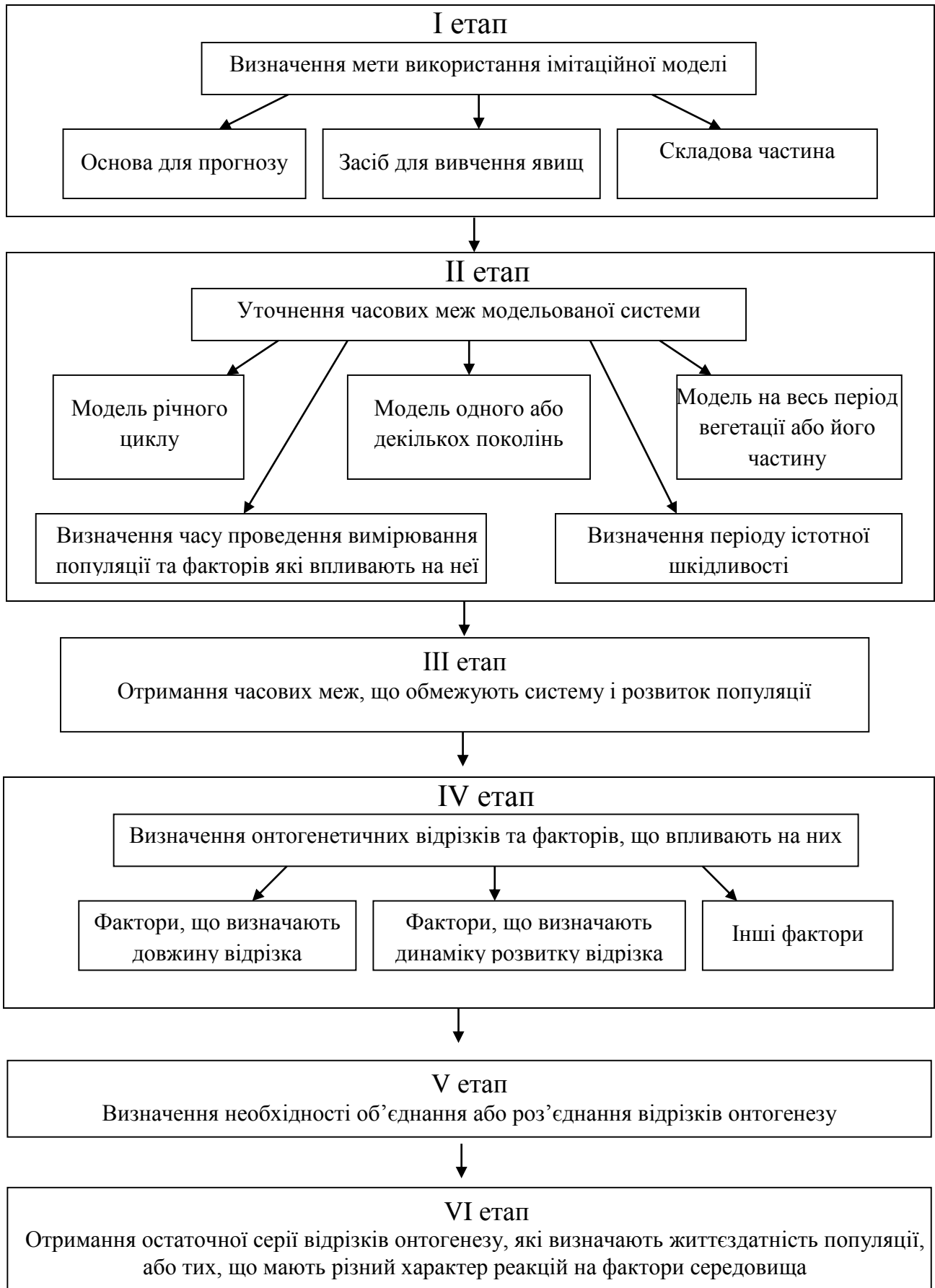


Рис. 3.2. Схема побудови моделі прогнозу на комп'ютері

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Якщо моделі достатньою мірою валідні (доведено ефективність їх застосування), то їх можна використовувати у двох напрямках.

По-перше, для апріорного визначення поточного стану популяцій шкідливих об'єктів. На основі легковимірюваних факторів (здебільшого автоматично), наприклад, погодних даних, модель імітує динаміку біологічного процесу, що дає змогу раціональніше проводити трудомісткі обліки розвитку популяції чи зовсім їх виключати. Особливе значення ці розрахунки мають для оцінки розвитку захворювань рослин, установлення початку епіфітотій і проведення профілактичних заходів.

По-друге, використання моделей для прогнозу стану популяції. Тут можна як вхідні величини використовувати прогноз погоди або проводити так звані сценарні обчислення. У комп'ютер вводять різні варіанти стану факторів і визначають реакцію моделі. Результатом таких експериментів стають таблиці «нормативного прогнозу» поведінки популяції, що характеризують умовні норми її реакції. Норми реакцій популяції на фактори середовища може визначити комп'ютерний експеримент. Вони і є основою прогнозу стану популяції.

Під час моделювання хвороб рослин часто доцільно показувати не безпосередньо онтогенез патогена, а викликаний ним «онтогенез симптомів» на рослині. Це стосується і випадку з фітофторозом картоплі (модель СІМФІТ). За гіпотезу моделі приймають, що ділянка картоплі складається з певної кількості листків, що, у свою чергу, можна підрозділити на часточки складного листка. Останні розглядають у моделі як індивідуальні одиниці. Усі часточки складного листка рівномірно можуть бути заражені патогеном. Онтогенез симптомів часточок складного листка поділяють на фази, що відображають певні фази розвитку патогену. Як вхідні перемінні моделі використовують тригодинні значення вологості повітря і температури, добові опади за червень, разові дані про зараженість посадкового матеріалу хворобою і про концентрацію вирощування картоплі в певному районі. За допомогою моделі можна визначити початкові терміни застосування захисних засобів проти фітофторозу, щоб попередити розвиток епіфітотії за найменших витрат і мінімального негативного впливу на навколишнє середовище. Модель СІМФІТ дуже відчутно реагує на різне початкове зараження. Таким чином, моделі, у яких для визначення початку епіфітотії використовують тільки погодні критерії, можуть мати істотні помилки.

3.8. Роль прогнозів у забезпеченні оптимального фітосанітарного стану агроценозу

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва супроводжується його спеціалізацією і концентрацією. Це спричиняє до збідніння видового складу шкідливих видів і посилення їхнього впливу на врожайність культур. Водночас у цих умовах обмежуються можливості використання агротехнічних заходів, спрямованих проти шкідливих організмів рослин. Сучасна індустріалізація землеробства дозволяє широкого використовувати заходи, що підвищують стійкість рослин до впливу на них шкідливих організмів. Завдяки цьому можливою стає нова стратегія захисту рослин. На першому місці не винищувальні заходи, а прийоми оптимізації агроценозів з метою одержання запрограмованих врожаїв. Це приводить до того, що всі елементи технології сільськогосподарського виробництва оцінюють за їхнім впливом на фітосанітарний стан. У першу чергу, з цього погляду оцінюють: вибір сорту, системи обробітку ґрунту і застосування добрив, зрошення чи осушення, терміни сівби і збирання врожаю, заходи догляду за посівами; збереження і переробку зібраного врожаю. У підсумку розробляють науково-обґрунтовану систему, яка дозволяє програмувати врожай. Вона включає визначення потенційної врожайності районованих сортів культури в конкретному регіоні й обґрунтування технології їх вирощування з урахуванням усіх природних чинників родючості і можливостей її підвищення за рахунок агротехнічних і організаційно-господарських заходів. Кінцева мета програмування врожаю – створення для кожного сорту моделі одержання високих стійких урожаїв сільськогосподарських культур за рахунок керування процесом їх вирощування, що приводить до посилення ефективності використання всіх ресурсів родючості (природних і створюваних людиною) та усунення чи зменшення впливу негативних факторів у т. ч. і шкідливих організмів.

Керування процесом формування врожаю зводиться до використання у визначеній послідовності, з обліком реального екологічного стану, комплексу заходів, спрямованих на оптимізацію умов для вирощуваної культури в конкретному регіоні і на конкретному полі. Реалізацію необхідних заходів щодо послідовності і термінів їх застосування проводять з урахуванням фенології і стану посівів, фенології і розвитку шкідливих організмів, факторів

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин середовища, що впливають на взаємини культурних рослин зі шкідниками, хворобами і бур'янами.

Таким чином, керування формуванням урожаю основане на урахуванні етапів, у ході яких він утворюється, і факторів, що впливають на цей процес. Звичайно виділяють три етапи:

- 1) одержання оптимальної густоти сходів до певного фенологічного чи календарного терміну;
- 2) накопичення біомаси;
- 3) накопичення і забезпечення високої кондиції кінцевої продукції, заради якої вирощують культуру.

Кожен етап забезпечується оптимальними умовами (включаючи зменшення впливу негативних факторів) за рахунок агротехнічних, організаційно-господарських та інших заходів. Їх раціональне для оптимізації умов проходження кожного етапу формування врожаю ґрунтується на своєчасному одержанні відповідної інформації, її обробці, прийнятті рішень та їх реалізації. Ці операції включаються в загальну технологію вирощування культури, що і складає процес керування формуванням урожаю.

Оптимізація робіт із захисту рослин базується на своєчасному одержанні й обробці для прийняття раціональних рішень необхідної фітосанітарної інформації, що характеризує стан посівів, екологічні умови, стан популяцій шкідливих і корисних організмів. У зв'язку з цим особливого значення набуває необхідність підняти на нову ступінь використання дистанційних і автоматизованих методів збору і обробки інформації, що характеризує всі аспекти розвитку екосистем кожного посіву і насадження. Це ставить перед наукою і виробництвом нові завдання і визначає необхідність відповідної перебудови роботи державної і внутрішньогосподарської служби захисту рослин.

На сьогодні загально визнаною теоретичною концепцією є інтегрований захист. Його суть достатньо проста і полягає в максимальному використанні природних факторів проти шкідливих організмів. Якщо цим факторам створити оптимальні умови для проявлення в агроценозах, вони діють у багатьох напрямках і досить ефективно. Якщо дії природних факторів недостатньо, застосовують спеціальні заходи і, в останню чергу, у разі загрози суттєвих втрат – хімічний метод.

Інтегрований захист передбачає заходи, спрямовані не стільки на знищення шкідливих видів, скільки на регуляцію їх розвитку в агроценозах до такого рівня, коли їх вплив на врожай несуттєвий.

Ідеться про управління екосистемами, що є надскладним завданням, реалізація якого потребує високої культури захисних заходів, висококваліфікованих спеціалістів, сучасних засобів захисту рослин і досконалої системи фітосанітарного моніторингу і прогнозування розвитку шкідливих організмів. Таким чином, *інтегрований захист рослин* – це система управління внутрішньопопуляційними відносинами в межах конкретного агроценозу, що являє собою оптимальну комбінацію заходів захисту рослин проти комплексу шкідливих організмів для певної еколого-географічної зони і культури, спрямовану на регулювання розвитку шкідливих видів до господарсько невідчутного рівня при збереженні діяльності корисних організмів на основі достатнього обсягу фітосанітарної інформації і прогнозів.

За оцінкою вчених, такі системи дозволяють зменшити обсяги захисту рослин на 40–70 %, витрати пестицидів на 20–30 %, приріст врожаю різних сільськогосподарських культур на 0,8–1,2 т/га порівняно з календарно-фенологічними системами із профілактичним застосуванням пестицидів.

З погляду науки на першому місці – усебічне обґрунтування системи і технології збору відповідної фітосанітарної інформації з використанням автоматизованих і дистанційних методів її передачі за призначенням, обробки, інтерпретації, збереження і прийняття необхідних рішень. Організація і планування цих досліджень повинні базуватися на чітких теоретичних уявленнях про сутність досліджуваних процесів і практичному їх призначенні. Це забезпечить системний підхід до вирішення поставлених завдань.

3.9. Завдання і методи організації фітосанітарного моніторингу і прогнозу в господарствах

Ефективність захисту рослин забезпечується, якщо враховують загальні тенденції розвитку шкідливого виду, що склалися в певній еколого-географічній зоні і на конкретному полі. Служба прогнозів інформує сільськогосподарські підприємства про появу певних шкідників і хвороб та небезпеку їх масового розмноження. Однак цю інформацію завжди слід уточнювати для конкретного поля. Це роблять фахівці господарств. Вони визначають, наскільки доцільно проводити захисні заходи на конкретних полях з урахуванням виявленого на них рівня розвитку шкідливого виду і тенденцій його

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин розмноження (розвитку) в конкретних екологічних умовах. Економічну ефективність захисних заходів визначають з урахуванням: витрат на їх проведення, потенційних втрат врожаю, рівня заселеності посіву шкідливим видом і можливостями його зміни в найближчому майбутньому, а також факторів, що діють поза господарством і циклами виробництва. На практиці доцільність захисних заходів у господарствах визначають, зіставляючи економічний поріг шкідливості і фактичної заселеності шкідливим видом конкретного поля.

Біологічна ефективність захисного заходу головним чином залежить від вибору терміну його проведення. Важливо вибрати такий термін, коли шкідливий об'єкт найбільш чутливий до пестицида і ще не встиг завдати потенційної шкоди врожаю. Вирішення цих завдань виконують по-різному для видів, що завдають постійної шкоди, і таких, які періодично небезпечні для посівів у певному регіоні.

Для видів, розвиток яких постійно вищий від рівня економічного порога шкідливості, важливо забезпечити запобігання втрат урожаю за рахунок регулярних захисних заходів. Щодо цих видів важливо точно прогнозувати тільки терміни проведення відповідних заходів. Для цього у господарствах за цією групою шкідливих видів встановлюють моніторинг за їх фенологією. Постійно небезпечні шкідливі види звичайно ушкоджують рослини лише на певних етапах їхнього розвитку. Тому фенологічні спостереження проводять у терміни, коли одночасно активні шкідники, розвиваються хвороби і відзначається чуттєва фаза розвитку рослин.

Для видів, що являють собою періодичну небезпеку для посівів (а таких більшість), захисні заходи бувають рентабельні тільки в періоди їх масового розвитку. У цьому випадку в господарствах налагоджують спостереження насамперед за динамікою розвитку таких видів. Періодично проводять обстеження посівів і насаджень, щоб виявити щільність заселення (інтенсивність розвитку) шкідливого організму з його порогом економічної шкідливості. При встановленні показників вище граничних, терміни проведення захисних заходів, як і для групи постійно небезпечних видів, визначають з урахуванням фенологічних умов. Якщо шкідливий організм поширений в господарстві широко, то обстеження доручають проводити групі досвідчених працівників. При локальній їх появі обстеження проводять окремі спеціалісти.

Фенологічні спостереження за постійно шкідливими видами організують у господарствах так, щоб можна було виявити відмінності їх розвитку в кожному році і сезоні. Це вимагає довгострокової тривалої роботи. Терміни обробок установлюють після першої появи визначених фаз розвитку шкідливого об'єкта, потім – відповідно до динаміки розвитку, що виявляється в процесі моніторингу. Фенологічні спостереження в межах господарства проводять у декількох раціонально обраних місцях. При цьому враховують топографію місцевості, тип ґрунту та інші фактори, що впливають на мікроклімат агроценозу.

Вибір площі ділянки, на якій виконують необхідні спостереження в господарстві, залежить від біологічних особливостей шкідливого виду. Багатоїдні шкідники можуть ушкоджувати різні культури. Тому спостереження за ними організують на всіх культурах, але протягом певних коротких періодів. Шкідники-олігофаги пов'язані з культурами, які займають у господарстві обмежені площі. Серед них є постійно і періодично небезпечні види.

Систему спостереження за шкідливими організмами в господарстві з урахуванням їх біологічних особливостей і економічної значимості установлюють фахівці державної служби захисту рослин. Вони враховують набір найголовніших культур, поширення на них основних шкідливих організмів і типи їх динаміки, екологічні особливості регіону, куди входить господарство.

Система моніторингу шкідливих видів у господарствах органічно доповнює систему робіт, що здійснює державна служба захисту рослин. Жодна з них самотійно не може вирішувати всі завдання із забезпечення організації ефективного і рентабельного захисту рослин. Тільки разом, при правильній організації їх взаємодії, вони здатні успішно вирішувати завдання фітосанітарного моніторингу. Такий стан взаємовідносин збережеться і в майбутньому в умовах новітніх технологій вирощування сільськогосподарських культур із широким застосуванням інтегрованих систем захисту рослин.

Фітосанітарний моніторинг, як і технології вирощування і захисту рослин, мають зональний характер, тому його успішна реалізація залежить від урахування багатьох чинників, притаманних певній природно-кліматичній зоні, області, району, групі господарств, окремому господарству і певній культурі. Схему реалізації фітосанітарного моніторингу наведено на рис. 3.3.

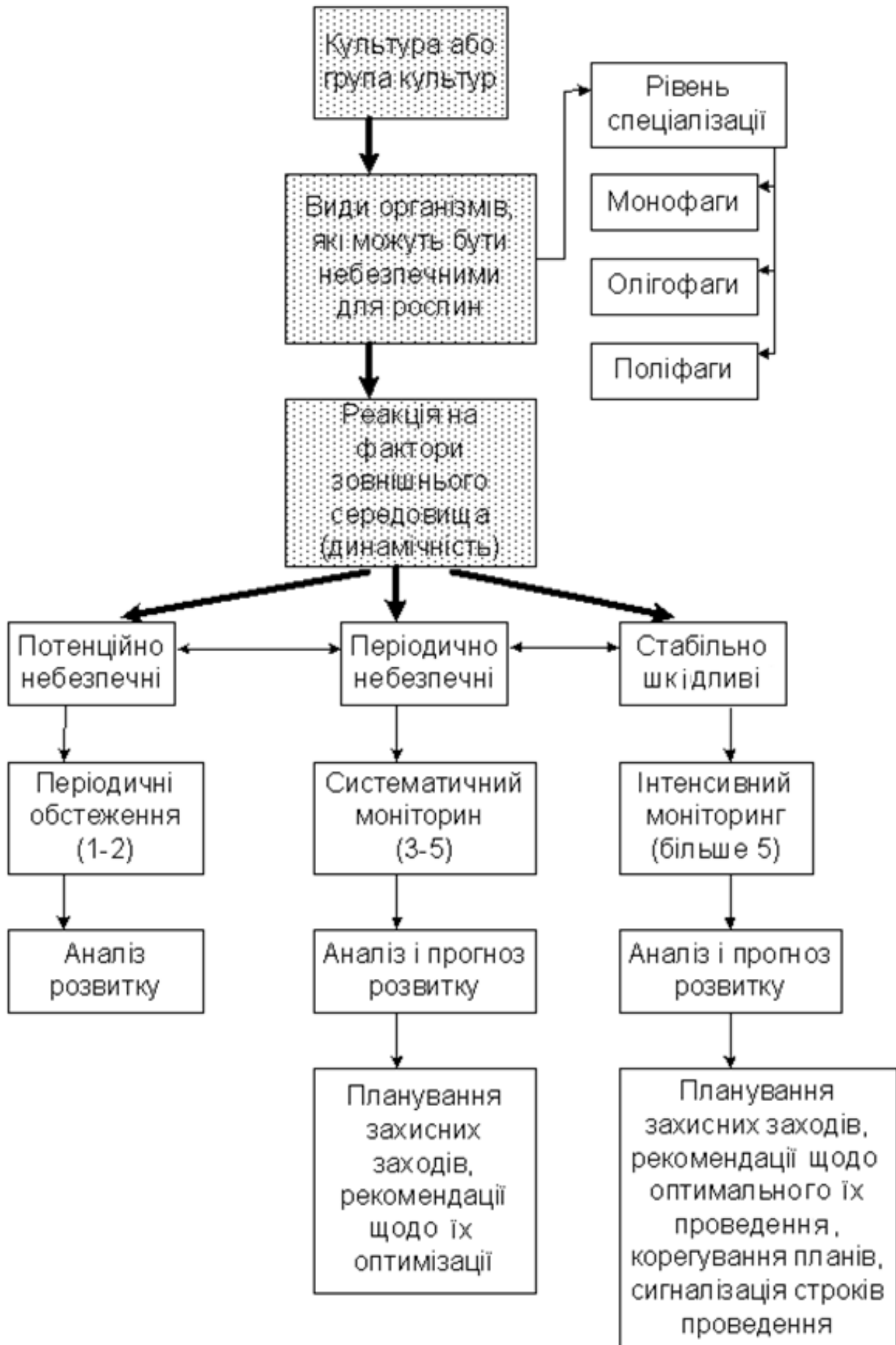


Рис. 3.3. Схема реалізації фітосанітарного моніторингу

3.10. Оцінка вірогідності прогнозів

Вірогідність кожного виду прогнозу оцінюється специфічними методами, що визначають кількісний збіг прогнозованих і реально виявлених показників.

Вірогідність багаторічних прогнозів оцінюють за фактичною зміною рівня розвитку шкідливого виду, якщо цей рівень може бути охарактеризовано заселеними площами, шкідливістю видів, обсягом захисних заходів. Для таких зіставлень дані про обстежені і заселені шкідливим видом площі і його щільність по роках переводять у показник, що одержав назву коефіцієнта заселення (K_3). Він дозволяє зіставити розвиток (чисельність) виду незалежно від розмірів обстеженої площі в ці роки. Аналізують середній показник K_3 за багаторічний період або за 5 останніх років порівняно із даними за поточний рік. Вірогідність багаторічних прогнозів оцінюють за ступенем збігу прогнозованої тенденції і фактично сформованої.

Перевірка вірогідності багаторічного прогнозу повинна враховувати й ефективність рекомендованих заходів для запобігання прогнозованих тенденцій, якщо вони небажані. У цьому випадку вірогідність прогнозу залежатиме не тільки від обґрунтованості рекомендацій, але і від повноти і якості їх виконання. Багаторічний прогноз перетворюється на план заходів, виконання яких вимагає певних витрат праці і засобів. Для багаторічного прогнозу поки найбільш прийнятною буде альтернативна оцінка: виправдався (якщо спостерігаються прогнозовані тенденції) і не виправдався (якщо вони не спостерігаються). Виразити точність прогнозу у відсотках майже неможливо. У ході встановлення вірогідності довгострокового прогнозу треба зіставляти відповідність очікуваної і фактичної фази динаміки популяцій шкідливого виду в кожному регіоні. Оцінку виправданості довгострокового прогнозу слід виражати у відсотках. Усього для більшості видів шкідників імовірно п'ять фаз стану популяцій (депресія, розселення, масове розмноження, пік і спад чисельності), що в сукупності приймають за 100 %. Помилка на одну фазу в прогнозі у бік завищення чи заниження очікуваного стану популяцій порівняно з фактичним знижує точність прогнозу для певного регіону на 20 %. Помилка на дві фази у той чи інший бік знижує точність прогнозу на 40 %. Для патогенів виділяють три прогнозовані фази динаміки популяцій (депресія, помірний розвиток, епіфітотія). Відповідно до цього помилка на одну фазу в бік завищення чи заниження зменшує

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин точність прогнозу на 33 %, а помилка на дві фази – на 66 %. Для більшості шкідників ймовірна помилка прогнозу на одну фазу; для хвороб і деяких полівольтинних шкідників (високодинамічних форм) – на дві. У процесі визначення вірогідності довгострокового прогнозу для країни обчислюють середньоарифметичну величину з показників для кожного регіону.

Прогнозуючи очікувану фазу динаміки популяцій, одночасно визначають доцільні обсяги захисних обробок. Ці обсяги планують, ураховуючи, якими вони були чи мали б бути в минулі роки при відповідних фазах динаміки популяцій з урахуванням сумарної шкідливості комплексів шкідливих видів. При цьому в розрахунках виходять зі строгого дотримання рекомендованих заходів, обґрунтованості термінів проведення захисних робіт, використання найаціональніших технологій. На практиці, у масштабах області і країни рекомендовані і виконані обсяги захисних робіт не завжди збігаються, що найчастіше пов'язано не з точністю (вірогідністю) прогнозу і планів, а зі ступенем дотримання рекомендованих нормативів і технології проведення захисних заходів, використанням нових рекомендацій і т. д. Тому неправильно оцінювати вірогідність прогнозів тільки за ступенем збігу рекомендованих і виконаних обсягів захисних робіт.

Обсяги обробок можуть виявитися нижчими від рекомендованих через організаційні причини, унаслідок чого було допущено втрати від шкідливих організмів. Крім того обсяги обробок можуть бути вищими від рекомендованих у зв'язку з несвоєчасністю їх проведення, використання недостатньо ефективних засобів, недотримання рекомендованих економічних порогів шкідливості та ін. У перспективі, коли буде забезпечено точне дотримання нормативних рекомендацій із захисту рослин і вироблено поправочні коефіцієнти на зміну обсягів заходів у зв'язку з екологічним станом, можна буде говорити про вірогідність прогнозів за відповідністю рекомендованих і виконаних обсягів обробок.

Ефективність профілактичних і захисних заходів в основному залежить від своєчасності їхнього проведення, відповідно – сигналізації. У більшості випадків точності термінів проведення повинна слід дотримуватись з допуском, що не перевищує двох-трьох днів. При перевірці вірогідності сигналізації термінів проведення захисних заходів головне значення має фенологічний прогноз: термін настання фенологічного явища, за яким визначають час проведення відповідних заходів. У зв'язку з цим потрібно зіставляти терміни настання масової

фази явища фактично і згідно з прогнозом. Установлюють дату настання масової фази, проводячи три обліки з інтервалом від одного до трьох-п'яти днів залежно від біології об'єкта. Установивши фактичну дату масового явища, її зіставляють із прогнозованою. Вірогідність фенологічного прогнозу можна визначити з урахуванням загального діапазону термінів настання прогнозованого явища в певному регіоні за багаторічний період.

3.11. Прогностичне забезпечення планування й організації захисту рослин

Раціональне планування обсягів захисних заходів є важливим елементом організації захисту рослин. Можливі два види планування обсягів захисних обробок – поточне, розраховане на рік чи сезон, і багаторічне, що обґрунтовує потреби в засобах захисту рослин на триваліші терміни. Обидва види планування опираються на відповідні прогнози поширення і розвитку шкідливих організмів – річні, сезонні і багаторічні. Однак кожен з перерахованих прогнозів для планування обсягів захисних заходів служить тільки вихідною передумовою, поряд з якою необхідно користуватися й іншими даними. Тому прогноз поширення і розвитку шкідливих видів не слід розглядати як єдину передумову повного вирішення всього комплексу питань, що виникають під час планування обсягів захисних заходів для конкретних регіонів чи країни в цілому. Для планування обсягів захисних заходів, крім прогнозів, доводиться враховувати ряд важливих додаткових положень, пов'язаних з оцінками екологічного та економічного характеру.

Під поточним плануванням обсягів захисних заходів необхідно розуміти їхнє обґрунтування на найближчий рік чи сезон з урахуванням сформованої стратегії і тактики захисту рослин, технології проведення окремих заходів. Слід підкреслити, що шкідливими видами, проти яких планують захисні заходи, вважають тільки такі, запобігання шкоди від яких економічно доцільне. Тому одним з провідних принципів планування захисних заходів є визначення їхньої економічної ефективності, яка визначається не тільки рівнем негативного впливу шкідливих організмів на культуру, але й економічними показниками, пов'язаними із зіставленням вартості можливої втрати врожаю із собівартістю захисного заходу. У зв'язку з цим методичні підходи до поточного планування обсягів

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин захисних обробок залежать від характеру динаміки розвитку й економічного значення окремих шкідливих видів чи їх комплексів. За цими показниками всі найголовніші шкідливі види поділяють на три групи:

Перша група – це види, шкідливість яких проявляється у спільному впливі на культуру на окремих фазах її розвитку і формування врожаю. У деякі сезони і роки значення конкретних видів може істотно змінюватися, але шкідливість усього комплексу зберігається на такому рівні, що вимагає захисних заходів, які проводять щорічно за певною системою.

Друга група – це окремі види з відносно стійкою шкідливістю. Інтенсивність шкоди таких форм за роками може змінюватися в значних межах, але звичайно не зменшується нижче від економічного порога шкідливості.

Третя група – це види, шкідливість яких істотно змінюється за роками, то опускаючись на більшій частині ареалу нижче від економічного порога шкідливості, то стаючи винятково сильною майже повсюдно.

До першої групи, насамперед, варто віднести комплекси шкідливих видів плодових і овочевих культур, виноградної лози. Певною мірою до неї належать також комплекси шкідників зернобобових культур і бобових багаторічних трав. У цю групу входять деякі масові хвороби, профілактичні заходи проти яких стають обов'язковою умовою одержання врожаю: сажкові захворювання злаків, пліснявіння насіння, комплекс хвороб картоплі, комплекс шкідників і хвороб льону. Проти всіх цих видів та інших, аналогічних до них, розроблено науково обґрунтовані системи профілактичних захисних заходів. Обсяг необхідних заходів і, відповідно, витрат визначають для кожного регіону, а потім для країни в цілому.

Фактичні обсяги захисних заходів можуть відрізнятися від запланованих під впливом двох груп причин.

Перша пов'язана з екологічним станом, що безпосередньо впливає на культуру, станом популяцій видів, що шкодять, і ефективністю проведених профілактичних і захисних заходів. Під впливом цих факторів обсяги захисних заходів в одних випадках повинні знижуватися, а в інших – збільшуватися порівняно із запланованим рівнем. Крім того, необхідно завжди, спираючись на дані фітосанітарного моніторингу з урахуванням економічних порогів шкідливості, прагнути до зменшення фактичного обсягу обробок

порівняно із запланованими, якщо екологічний стан дозволяє це зробити без збитку для врожаю. У цілому такі керовані корективи до прийнятого плану обробок можуть змінити його в межах $\pm 15\%$.

Друга причина може бути пов'язана з недотриманням тих обов'язкових положень, на яких оснований план обробок. Це недотримання термінів проведення заходів, економічних порогів шкідливості, нормативів і технологій. Такі невідповідності основним рекомендаціям, на жаль, ще трапляються. Вони нерегульовані й іноді приводять до значних відхилень фактичних обсягів обробок від запланованих.

Для підвищення точності планування захисних заходів проти більшості шкідливих організмів необхідно:

- 1) подальше вдосконалювання моделі динаміки і шкідливості популяцій для кожного регіону;
- 2) обґрунтування оптимальних обсягів захисних заходів для кожної фази динаміки популяцій;
- 3) розроблення прийомів автоматизації поточного планування і самого прогнозу поширення, і розвитку шкідливих видів.

Запитання для самоконтролю

1. Які основні засади збору й обробки фітосанітарної інформації?
2. Що таке екстраполяція даних?
3. Що необхідно розуміти під терміном „проба” при обліках?
4. Назвіть основні види фітосанітарної інформації?
5. Які форми метеорологічної інформації вам відомі?
6. Які показники стандартної поточної метеорологічної інформації може бути використано для прогнозування?
7. Навіщо необхідна метеорологічна інформація за минулі періоди?
8. Яке значення кліматичних середніх показників для ФСМ?
9. Назвіть інтегральні показники стану погоди і способи їх розрахунку.
10. Що таке ефективна температура і спосіб її визначення?
11. Яку агротехнічну інформацію може бути враховано під час прогнозування?
12. Які дані про стан організаційно-господарських заходів необхідні для ФСМ?

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

13. Які агротехнічні заходи впливають на фітосанітарний стан полів?

14. Навіщо необхідна інформація про фенологію рослин?

15. Які показники стану озимих і інших культур використовуються у прогнозуванні?

16. Які дані про продуктивність рослин та стан насінневого матеріалу можуть бути необхідними для ФСМ?

17. Як проводять облік стану розвитку рослин?

18. Назвіть фенофази зернових колосових культур і кукурудзи.

19. Назвіть фенофази однорічних і багаторічних бобових культур.

20. Які фенофази буряку та картоплі вам відомі ?

21. Назвіть фенофази плодових культур і винограду.

22. Які показники просторової структури популяцій шкідливих видів вам відомі?

23. В чому проявляється вікова та морфофізіологічна структура популяцій?

24. Назвіть три основних форми попередньої обробки і передачі фітосанітарної інформації.

25. Що ви знаєте про дистанційні методи діагностики?

26. Назвіть основні вимоги до використання комп'ютерів у ФСМ.

27. Які завдання в захисті рослин може бути вирішено за допомогою комп'ютерних мереж?

28. Які передумови і принципи розробки математичних алгоритмів прогнозування в захисті рослин?

29. Що ви знаєте про регресійні та імітаційні моделі стану популяцій?

30. Які основні етапи побудови моделей прогнозу на комп'ютері?

31. Яка роль прогнозів у забезпеченні оптимального фітосанітарного стану полів?

32. Назвіть основні завдання і методи організації ФСМ і прогнозу в господарствах.

33. Як можна оцінити вірогідність у прогнозі фітосанітарного стану?

34. Які основи раціонального планування обсягів захисних заходів?

4. ОСОБЛИВОСТІ МОНІТОРИНГУ І ПРОГНОЗУ ОСНОВНИХ ШКІДЛИВИХ ОРГАНІЗМІВ РОСЛИН

4.1. Моніторинг і прогноз шкідників рослин

Завдання моніторингу і прогнозу цієї групи шкідливих організмів – контролювати стан розвитку популяцій у резерваціях: на полях, угіддях, насадженнях та інших стаціях, які є найсприятливішими і задовольняють біоекологічні вимоги існування виду. Своєчасно проводити заходи профілактичного і винищувального характеру у фазах виходу з депресії (розселення, збільшення щільності (чисельності) і наступних фазах, коли шкідливість може обмежувати продуктивність рослин на рівні 3–7 % і більше. Для багатьох шкідників по конкретних природо-кліматичних зонах визначено характер розвитку популяцій по фазами їх розвитку і відомі відповідні їх показники.

Моніторинг шкідників проводять за допомогою візуальних, інструментальних і дистанційних методів. Візуальні методи апробовані, достатньо прості і, як правило, не потребують складного спеціального обладнання, але більшість з них трудомісткі, результати можуть залежати від досвіду та інших суб'єктивних характеристик виконавця.

Інструментальні методи передбачають використання приладів, спеціального обладнання, феромонних та інших пасток. Феромонні пастки стали основою методик моніторингу багатьох небезпечних шкідників. Цей напрямок є одним з найперспективніших у ентомологічному моніторингу звичайних і карантинних видів.

Дистанційні методи почали розробляти з 80-х рр. ХХ ст. Було апробовано деякі невеликі літаки, вертольоти і дельтаплани, які дозволяють при наявності спеціально підготовлених обстежувачів за короткий час на великих площах оцінювати фітосанітарний стан навесні або восени, коли рослини невеликі, і проявилися результати життєдіяльності шкідливих організмів. Такі методи називають аеровізуальними. Вони основані на суб'єктивному сприйнятті обстежувачем стану рослин на полях, пошкоджених сарановими, гризунами, хлібним туруном тощо. Такий моніторинг дозволяє швидко і повно обстежити ті чи інші культури, зони не тільки на наявність шкідників, а і деяких хвороб й бур'янів. Нині для дистанційного моніторингу активно впроваджують безпілотні літальні апарати (БПЛА) різних модифікацій, котрі є дуже зручними у використанні.

Перевірено можливість моніторингу за допомогою спектрозонального і звичайного фотографування з супутників та великих літаків.

4.1.1. Показники життєдіяльності популяцій

Важливою фітосанітарною інформацією, яку отримують під час моніторингу, є характеристики просторової структури популяцій. Їх збирають у певні визначені періоди вегетаційного періоду або року, певні фенофази рослини або шкідливого організму на єдиній методичній основі. Методи моніторингу обирають відповідно до біоекологічних особливостей виду з урахуванням їх призначення та точності даних. Переваг надають об'єктивнішим інструментальним методам, а також тим, що потребують менше витрат при однакових результатах.

Одним із важливих показників просторової структури є ступінь заселення культури або угіддя видом. Вона може бути виражена у відсотках заселених гектарів, рослин або окремих органів, проб відносно до всіх обстежених на конкретний період часу за формулою:

$$P = \frac{\Sigma S_3}{\Sigma S_{об}} \cdot 100, \quad (4.1)$$

де P – поширеність (розповсюдженість) шкідника, %;

ΣS_3 – сума заселених одиниць обліку;

$\Sigma S_{об}$ – загальна сума облікових одиниць.

Поширеність показує частоту, з якою трапляється вид на тих чи інших рослинах у господарстві, районі, області, природо-кліматичній зоні. За даними обліку на конкретному полі (угідді) можна робити висновок про рівномірність розподілу виду в межах обстеженої площі, наявність осередків, крайового ефекту. Цей показник більш важливий для моніторингу на початку вегетації, коли навесні починається заселення рослин шкідником, або на початкових фазах розвитку популяцій.

Окремі автори пропонують для характеристики розподілу шкідників показник відносної чисельності, який визначають за часткою проб (%), у яких було виявлено вид під час обліку.

Не менш важливою характеристикою стану розвитку шкідника є його щільність (чисельність), яка показує кількість особин на 1 м², рослину або її окремий орган (дерево, кущ, стебло, колос, зерно тощо) на інші одиниці обліку – 1 га, 100 помахів сачка, 1 пог. м, 1 пастку за добу тощо.

Абсолютну щільність визначають за формулою:

$$C_a = \frac{K}{H}, \quad (4.2)$$

де $Ч_a$ – абсолютна чисельність шкідника;

K – кількість шкідників у пробах;

H – кількість облікових одиниць.

Якщо обстеження проводять на різних за площею полях або в різних за об'ємом партіях, а щільність при цьому значно коливається, сумарні результати підраховують як середньо виважені показники для заселеної шкідником площі:

$$X_c = \frac{\Sigma(S \cdot X)}{\Sigma S}, \quad (4.3)$$

де X_c – середньовиважена щільність для обстеженої площі, екз./облікову одиницю поля (угіддя) або об'єму партії на щільність шкідника;

$\Sigma(S \cdot X)$ – сума добутків площі поля (угіддя) або об'єму партії на щільність шкідника;

ΣS – сума площ (партій), які були заселені шкідником.

Для визначення тенденцій у розвитку популяцій протягом декількох років, а для динамічних видів – навіть для кількох генерацій, необхідно користуватися коефіцієнтом заселеності (K_3), який є інтегральним показником, що об'єднує для певної території ступінь поширення і щільності, ілюструє „запас” шкідливого організму на час обстеження:

$$K_3 = \frac{Z_n \cdot X_c}{100}, \quad (4.4)$$

де K_3 – коефіцієнт заселеності;

Z_n – заселена шкідником площа, %;

X_c – середньовиважена щільність шкідника, екз./м².

Для шкідників важливою є фенологічна інформація, яку отримують під час проведення обстежень, обліків або спеціально. Основне призначення інформації – це контроль часу проходження співвідношення фенофаз шкідника і рослини для оптимізації строків проведення обстежень, захисних заходів та визначення можливого рівня шкоди. Головну увагу приділяють шкідливим фенофазам – періоду живлення імаго, личинок старших віків. Фенологію небезпечних масових шкідників контролюють у садках та ізоляторах, установлених на рослинах у польових умовах.

Показники шкідливості характеризують ступінь негативного впливу популяцій на продуктивність рослин та якість продукції. Така інформація потрібна для обґрунтування проведення заходів захисту рослин і є особливо актуальною для високоефективного, швидкодiючого,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин але витратного й екологічно небезпечного хімічного методу. Облік пошкодження рослин або їх органів проводять за спеціальними 3–4 бальними шкалами у визначені терміни. Окремо враховують кількість загиблих, а якщо шкідливість осередкова, виміряють площу, на якій загинули рослини.

Щільність шкідників на полях не завжди прямо пов'язана із ступенем пошкодження, через це завжди необхідно визначати останній показник. Пошкодженість, яка приводить до загибелі рослин, оцінюють у балах або відсотках. Прийняті такі градації балів: 1 бал – слабка зрідженість, загинуло до 25 % рослин; 2 бали – середня, 26–50 %; 3 бали – сильна, загинуло більше 50 % рослин.

При частковому пошкодженні листя використовують таку шкалу: 1 бал – слабка пошкодженість, знищено до 5 % листової поверхні; 2 бали – середня, – 6–25 %; 3 бали – сильна – 26–50 %; 4 бали – дуже сильна, знищено більше 50 % листової поверхні.

Під час обліку пошкодженості репродуктивних органів підраховують їх відсоток від загальної кількості оглянутих.

Втрати врожаю – підсумковий показник фітосанітарного стану поля. Його визначення за декілька років дозволяє оцінити ефективність захисту рослин в окремі роки і прогнозувати їх зміни в майбутньому залежно від фітосанітарного стану та систем захисту рослин.

Втрати врожаю підраховують за різницею врожаю непошкоджених та пошкоджених рослин за формулою:

$$B = \frac{(A - a) \cdot 100}{A}, \quad (4.5)$$

де B – відносні втрати врожаю, %;

A – урожай непошкоджених (неуражених) рослин;

a – урожай пошкоджених (уражених) рослин.

Частіше на практиці застосовують методи пестицидного контролю, експертних оцінок. Для визначення доцільності заходів захисту рослин використовують спеціальний показник – поріг шкоди. Це заселеність рослин, за якої вони починають втрачати певну кількість урожаю, або погіршується якість продукції.

Кількість втраченої продукції від однієї особини визначають за формулою:

$$B = \frac{A \cdot a}{ч}, \quad (4.6)$$

де B – вагова втрата врожаю від однієї особини чи від певного рівня розвитку хвороби;

A – урожай непошкоджених (неуражених) рослин;

a – урожай пошкоджених (уражених) рослин;

$ч$ – середня чисельність шкідника (бал або ступінь розвитку хвороби).

Вченими експериментально розраховано також коефіцієнти шкідливості, які показують ступінь зменшення врожаю для певної щільності шкідника або ступеня пошкодження рослин:

$$K = \frac{A - a}{A}, \quad (4.7)$$

де K – коефіцієнт шкідливості;

A, a – урожай відповідно непошкоджених та пошкоджених рослин.

Для багатьох небезпечних шкідників уже протягом близько 50-ти останніх років застосовують показник ЕПШ – економічний поріг шкідливості – це така щільність шкідника або пошкодженість рослин, за якої втрати врожаю перевищують 3–5 %, а проведення заходів захисту рослин збільшує рентабельність вирощування культури. Визначити ЕПШ можна за формулою:

$$\text{ЕПШ} = \frac{B \cdot H \cdot P}{C \cdot D \cdot K'}, \quad (4.8)$$

де B – витрати на захист 1 га посіву, грн;

H – коефіцієнт накладних витрат на прямі витрати;

P – коефіцієнт рентабельності загальних витрат на виробництво продукції;

C – закупівельна ціна продукції, грн;

D – втрати врожаю на одиницю щільності шкідника або ушкодження рослин, ц/га або т/га;

K' – коефіцієнт зменшення втрат (ефективності заходу).

Мінливість основних складових цієї формули утруднює точний розрахунок ЕПШ. Ціну на продукцію, розмір втрат від шкідника, очікуваний рівень рентабельності важко прогнозувати заздалегідь. Тому ЕПШ необхідно уточнювати для умов конкретного року, господарства, поля, культури.

Показники ЕПШ, рекомендовані в літературі, розраховані на несприятливі умови для рослин і сприятливі для шкідників, тому у звичайних умовах їх треба збільшувати у 2,0–2,5 рази і завжди враховувати пряму залежність показника від вартості захисту рослин і зворотну – від рівня врожайності і ціни на продукцію.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Одним із суттєвих недоліків ЕПШ є те, що їх рекомендують для окремих шкідників, а втрати врожаю рослин у більшості випадків є результатом одночасного пошкодження рослин кількома видами. Тому краще користуватися комплексним економічним порогом шкідливості (КЕПШ), який визначають за сумою часток шкоди від кожного виду, що було виявлено і враховано під час комплексного обліку, за формулою:

$$\text{КЕПШ} = \sum (\text{Ч}_1 + \text{Ч}_n), \quad (4.9)$$

де $\text{Ч}_1, \text{Ч}_n$ – відносна частка шкідливості кожного виду, яку визначають додатково:

$$\text{Ч}_n = \frac{\text{Ф}_{\text{щ}}}{\text{ЕПШ}}, \quad (4.10)$$

де Ч_n – відносна частка шкідливості певного виду шкідника;

$\text{Ф}_{\text{щ}}$ – фактична щільність виду;

ЕПШ – економічний поріг шкідливості цього виду.

Необхідно щоб обидві складові останньої формули були виражені в одних одиницях. КЕПШ особливо доцільно використовувати, якщо щільність популяцій основних шкідників нижча від ЕПШ.

Протягом останніх років багато уваги приділяють не тільки економічним, а й екологічним та соціальним аспектам захисту рослин. Учені пропонують за основу обґрунтування доцільності заходів брати ЕЕП – еколого-економічний поріг шкідливості, за якого щільність шкідника або пошкодженість рослин повинні бути такими, що проведення захисту рослин забезпечить не менше, ніж трикратну окупність витрат чистим прибутком. Це можливо, якщо вартість збереженого врожаю у 4 рази більша від витрат. ЕЕП розраховують за формулою:

$$\text{ЕЕП} = \frac{\text{Щ} \cdot 4 \cdot \text{В}}{\text{У}_3 \cdot \text{Ц}}, \quad (4.11)$$

де Щ – щільність популяції шкідника, пошкодженість рослин;

4 – коефіцієнт ЕЕП;

У_3 – збережений урожай (т/га);

Ц – ціна продукції (грн).

Показник технічної ефективності захисних заходів має значення під час прийняття рішень щодо їх доцільності в ході реалізації систем захисту рослин, а також для оцінки фактичного стану популяцій. Частіше його обчислюють за результатами обліків до та після проведення заходу за формулою Аббота. У наукових дослідженнях прийнято визначати його з урахуванням природних змін розвитку

шкідника за час дії заходу, а також на контрольних ділянках за формулою Хендерсона і Тільтона.

Стації шкідників – це певні сільськогосподарські угіддя, площа яких відома для кожного району, області, зони. Коли відомий стаціональний розподіл або очікують його зміни, навіть під час обстеження відносно невеликих площ (10–15 % від загальної площі культури), можна екстраполювати дані на всю площу, що важливо для планування моніторингу і захисних робіт.

4.1.2. Типи динаміки популяцій

Залежно від швидкості реакції шкідника на вплив факторів, що впливають на нього, визначено 5 типів динаміки популяцій.

I тип – види з багаторічним циклом розвитку і слабкою мінливістю щільності, їх динаміка повільна. Моніторинг передбачає отримання невеликої кількості фітосанітарної інформації в ході 1–2 обстежень, якими охоплюють до 10 % площі сільськогосподарських угідь, заселених видом у регіоні. Виправданість річного прогнозу висока – близько 95 %. Основні види: ховрахи, дротяники, хлібні жуки, хрущі.

II тип – види з одним поколінням, що мають невисоку плодючість, але підвищену життєздатність (звичайний буряковий довгоносик, південний сірий довгоносик, шкідлива черепашка, нестадні саранові, хлібна жужелиця, бурякові блішки, бульбочкові довгоносики, злакова листовійка та ін.). У цю групу входять також види з потенційно високою, але дуже мінливою за роками плодючістю і життєздатністю. Звичайно у цих видів зміна фаз популяцій проходить не менше ніж за 2 роки. Об'єм моніторингу може суттєво змінюватися за роками залежно від економічного значення виду і тенденції його розвитку під впливом зовнішніх умов. Використовують різні види фітосанітарної інформації. Прогноз ґрунтується на даних про стаціональний розподіл, умови розвитку в поточному році, щільності і стану популяції восени перед діапаузою, урахуванні об'єму та ефективності захисних заходів. Важливою передумовою необхідності обстежень є рівень втрат урожаю від виду в поточному періоді та прогноз його шкідливості. Точність прогнозування – близько 85 %.

III тип – до нього відносять дуже динамічні види з найбільшою чутливістю популяцій до змін екологічного стану, через що в них можуть швидко змінюватися показники розвитку популяцій.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
В окремих видів, що мають велике число генерацій за вегетаційний період, може бути повна зміна фаз динаміки популяцій. Для видів цього типу характерне стабільне збільшення щільності і шкоди протягом періоду вегетації у зв'язку зі стабільно діючими факторами умов існування, які пов'язані із сільськогосподарським виробництвом. У цю групу входять: попелиці, кліщі, щитівки, мінуючи молі, плодожерки в зонах, де розвивається 2 і більше покоління. Істотним фактором, що впливає на динаміку, можуть бути умови в кінці вегетації, від оптимальності яких залежить фізіологічний стан особин, що зимують. Моніторинг інтенсивний і спрямований на виявлення угідь, де необхідні захисні заходи. Ступінь сприятливості в кінці вегетації визначають за термінами визрівання культур або за показниками температурного режиму. Раннє визрівання і понижені температури несприятливі для підготовки шкідників до зимівлі і навпаки. Достовірність прогнозування – близько 85 %. Можливі зміни щільності за роками суттєво не впливають на об'єм захисних заходів.

IV тип – належать види, що мають декілька генерацій за рік і значну динамічність, яка залежить від умов їх існування (мишоподібні гризуни, озима, капустиана совки тощо). Перехід популяції в іншу фазу звичайно триває рік. Залежно від стану популяцій проводять 2–5 обстежень. Визначено залежність їх динаміки від погодних умов попередніх періодів, стану кормової бази і повноти і якості захисних заходів. Ураховують просторову і вікову структуру популяцій, їх морфофізіологічний стан. Важливим є врахування заселеності угідь перед та після зимівлі, а також обстеження під час розвитку шкідливої стадії.

Головне значення для прогнозування цієї групи шкідників має облік заселеності стацій, контроль за резерваціями і початком розселення після депресій, аналіз стану популяцій та умов, що на неї впливали, на кінець вегетаційного періоду, уточнення прогнозу за результатами перезимівлі. Виправданість прогнозів тут становить 80–85 %.

V тип – відносять динамічні види, здатні до масових розмножень, локальних та дальніх міграцій з повітряними потоками, щільність яких обмежується станом зовнішнього середовища в дуже обмежені періоди онтогенезу (лучний і кукурудзяний метелики, помідорна та деякі інші совки, стадні саранові, капустиана міль тощо). Для цих видів виявлено залежність плодючості від сприятливості погодних умов, можливості додаткового живлення нектаром, оптимальності живлення гусениць. Довгостроковий (сезонний) прогноз виправдовується рідко

через недоврахування швидкодіючих важливих факторів поточної погоди, якими можуть бути гідротермічний режим на обмежених відрізках онтогенезу – у період зимівлі, реалізації яйцепродукції або періоду живлення. Точність прогнозування спаду і депресії популяцій набагато вища, ніж прогноз масового розмноження і шкідливості, у середньому вона становить близько 80 %.

Таким чином, знаючи швидкість реакції виду на вплив факторів середовища, оптимізують зміст необхідної інформації, предиктори прогнозу, інтенсивність проведення моніторингу.

4.1.3. Основні методи обліку шкідників рослин

4.1.3.1. Метод ґрунтових розкопок

Цим методом визначають щільність та інші показники популяцій шкідників, що зимують у ґрунті або розвиваються в ньому. Ґрунт як середовище для життєдіяльності використовують багато видів комах. Розвиток деяких з них – личинок коваликів (дротяників), жука кузьки, хрущів та інших пластинчатовусих, триває тут 2 і більше років. Для визначення стану популяцій і прогнозування їх розвитку на наступний рік обстеження ґрунту проводять восени. Контрольні весняні розкопки уточнюють результати, отримані восени за найдинамічнішими видами, які можуть змінити свою щільність під дією погодних чи біотичних факторів. Літні розкопки проводять для деталізації фенології і шкідливості деяких видів. Восени обстеження виконують під керівництвом агронома господарства. Для виконання робіт виділяють групу робітників, яких агроном інструктує перед проведенням розкопок. Для отримання даних, які можна порівнювати за роками, розкопки слід здійснювати на полях типової польової та овочевої сівозміни у 25 % господарства району з 15 вересня, починаючи з бурячищ і закінчуючи на посівах озимих до 30 вересня. На неорних землях, багаторічних травах у верхньому шарі ґрунту виявляють кокони лучного метелика. У спеціалізованих на вирощуванні буряку господарствах додатково обстежують поля буряку поточного року та площі під цю культуру в наступному році.

Краще, якщо проби відбирають три робітники, які пошарово перший раз оглядають ґрунт під час його вибирання з ями і повторно при поверненні на місце. Стан ґрунту повинен бути достатньо сипучим. Зібраних живих та загиблих комах промивають водою,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин фіксують окремо за пробами, етикетки до них підписують простим олівцем, матеріал зберігають до визначення у 70 % етиловому спирті або горілці.

На полі викопують визначену кількість ям заданого розміру, а ґрунт із них висипають на брезент, синтетичну плівку тощо і ретельно перебирають руками. Крім ручної вибірки шкідників, ґрунт можна просівати або промивати водою. У пробу вкладають етикетку, у якій зазначають номер проби і поля, дату відбору проби, назву культури. Потім у лабораторних умовах визначають видовий склад шкідників. За необхідності користуються спеціальними визначниками, еталонними колекціями тощо. Розміри і глибина облікової ями залежать від екологічних особливостей шкідника або комплексу видів. Серед шкідників зернових культур таким способом визначають чисельність личинок хлібної жужелиці та пластинчатовусих жуків, дротяників і несправжніх дротяників, гусениць озимої та інших підгризаючих совок. Найчастіше, з метою виявлення комплексу ґрунтових шкідників, розкопують ями розміром 50×50 см і глибиною 50 см, хоча більше заселений верхній шар ґрунту до 30 см. Кількість їх на кожному полі встановлюють відповідно до вимог статистичної обробки кількісних показників чисельності шкідників, а також залежно від розмірів поля. Мінімальна кількість ям розміром $0,25 \text{ м}^2$ становить: на полі з площею до 10 га – 8, від 10 до 50 га – 12, від 50 до 100 га – 16. Якщо площа перевищує 100 га, то на кожних додаткових 50 га розкопують ще по 4 проби.

Розміщення ям по площі поля залежить від рельєфу місцевості, характеру навколишнього ландшафту і мікрорельєфу. Якщо поле розташоване далеко від природних біотопів, облікові ями розкопують по всій площі рівномірно в шаховому порядку або по діагоналях. Безпосереднє розташування лісових масивів, лісосмуг, луків тощо визначає необхідність розміщення в крайовій смузі 25–50 % загальної кількості ям. Якщо на полі виражені елементи мікрорельєфу займають не менше 10 % від усієї площі, то кількість ям на цих ділянках пропорційна до їх площі відносно розмірів поля. Розкопки дозволяють визначити видовий склад, співвідношення стадій, ступінь загрози від основних видів.

Щільність дротяників 3–15 екз/м² і більше є небезпечною для багатьох культур. Щодо бурякового довгоносика запропоновано таку шкалу оцінки загрози: 1 бал – незначна загроза, до 0,3 екз./м², K_3 до 0,1;

2 бали – значна, 0,4–0,9 екз./м², $K_3 = 0,2–0,5$; 3 бали – велика, 1–2 екз./м², $K_3 = 0,6–2,0$; 4 бали – дуже велика, більше 2 екз./м², $K_3 > 2$.

Весняні контрольні розкопки проводять після підсихання і прогрівання ґрунту, коли з'явиться технічна можливість для цього за методикою осінніх розкопок на площі не менше 10 % від обстежених восени. Основну увагу приділяють осередкам шкідників. Літні (вегетаційні) розкопки, як правило, не глибокі, проби розміщують так, щоб рядок знаходився посередині.

Строки проведення робіт визначаються завданнями обстежень і екологічними особливостями шкідників. Масові розкопки для обстеження типових полів сівозміни проводять у вересні, уточнюють їх результати у жовтні. Тоді ж доцільно визначити чисельність личинок хлібної жужелиці, гусениць озимої та інших підгризаючих совок. Точно обліковувати дротяників, несправжніх дротяників та личинок пластинчатовусих жуків краще навесні, коли вони піднімаються у верхні шари ґрунту.

Більш точним методом на сухих та слабо зволжених ґрунтах може бути метод просіювання на ґрунтових ситах, що мають послідовно менший діаметр, або промивання на ситах чи у відповідних ємкостях. Ці методи особливо трудомісткі, тому їх застосовують в окремих випадках для виявлення дрібних видів і таких стадій шкідників, які легко пошкоджуються під час розкопок (яйця, личинки молодших віків). Відбирають проби для аналізу буром Г.К. П'ятницького або за допомогою інших конструкцій чи лопати.

4.1.3.2. Метод облікових ділянок

Цей метод застосовують для визначення щільності шкідників, що живуть відкрито, наприклад, шкідливої черепашки, п'явиці, хлібних жуків, жуків хлібної жужелиці, цикадок, попелиць. Облік проводять за допомогою рамки відповідного розміру, яку накладають на рослини, після чого оглядають і підраховують шкідників. На 100 га площі беруть 16 проб, на кожні додаткові 50 га – ще 4 проби, розміщують їх рівномірно в шаховому порядку або по діагоналях. Відповідно до екологічних особливостей шкідників, розміщення облікових ділянок може бути Z-подібним. Розмір проб залежно від виду шкідника та його чисельності може бути 0,1; 0,25 та 1 м². Наприклад, для обліку дорослих клопів шкідливої черепашки розмір облікової ділянки становить 0,25 м², а в роки депресій він можна збільшити до 1 м², особливо для клопів, що

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин перезимували. Для добре помітних шкідників при невеликій їх щільності площа облікової ділянки може бути більше 1 м².

В окремих випадках для виявлення видового складу, строків розвитку, відносної щільності імаго видів, які пересуваються по поверхні ґрунту (довгоносиків, коваликів, чорнишів, жужелиць тощо), можна застосувати пастки Барбера, ловчі канавки довжиною від 1 до 5 м. Ці способи вилову комах дієвіші навесні під час пішого ходу жуків і пошуку ними рослин для живлення. У цей самий період на чистих від бур'янів полях доцільно використовувати харчові та екологічні принади, виготовлені з дикорослих рослин загальною масою близько 2 кг, під якими комахи можуть накопичуватися для переховування, а окремі види – для живлення.

Кількість пасток і ловчих канавок повинна бути 1–2 на кожні 5 га, бажано не менше 10 на полі. Їх оглядають щоденно, комах видаляють і підраховують сумарно, визначають середнє число на 1 пастку за добу для певної стації.

Точний облік дрібних стрибаючих комах забезпечує ящик Петлюка – стаціонарна або розкладна зрізана піраміда, бічні сторони якої обтягнуто ворсистою білою тканиною. Облікова площа ящика – 0,1–0,25 м². Регулярні обстеження проводять в одні і ті самі години, бажано зранку, коли комахи менше рухаються.

Визначення ступеня розвитку популяцій гризунів має свої особливості. Облік ховрахів проводять двічі на основних стаціях проживання по норах „веснянках”, у III декаді березня–квітня враховують заселеність особинами, які перезимували, а в кінці травня – червні – молодняком, за допомогою візуального маршрутного обстеження однотипних угідь. На кожні 200 га обліковують ділянку 100 × 100 або 50 × 200 м. До сходу сонця в ясні дні прикопують виявлені нори, а в другій половині дня підраховують число тих, що відкрилися, і приймають його за показник щільності, який виражають через число нір усього, у т. ч. жилих на 1 га. Цей показник може перевищувати фактичне число ховрахів у 3–5 разів, тому точну щільність визначають дуговими капканами, які ставлять через 3–4 год. після прикопування нір і перевіряють через кожні 3 год. чотири рази. Нори, біля яких виловлений ховрах, притоптують, а капкан знімають.

Мишоподібних гризунів (полівки і миші) обліковують восени (перед зимівлею), рано навесні на неорних землях, озимих, багаторічних травах і влітку на посівах інших культур. Маршрутно-колоніальний спосіб використовують при не високій щільності колоній.

На кожні 200 га обліковують ділянку довжиною не меншою від 500 м, шириною 2,5 або 5,0 м (залежить від густоти рослин і можливості виявляти нори). Ураховують число колоній усього, у т. ч. жилих, а також нір у них – усього, у т. ч. жилих на 1 га. Жилими колоніями і норами вважають ті, що відкрилися після притопування в кінці дня обліку до ранку наступного дня. На обліковій смузі підраховують усі колонії, а у 10 з них без вибору визначають і кількість нір, які притоптують з повторним обліком наступного дня.

При середній щільності, коли з будь-якого місця угіддя видно 1–2 колонії, обліковують ділянку 100×25 м, де визначають кількість колоній, у т. ч. жилих. При дуже високій щільності, коли колонії зливаються, достатнє обліка на площі 10×10 м, де підраховують усі нори, у т. ч. ті, що відкрилися.

Відносний облік щільності, а також виловлювання гризунів для визначення видового складу, плодючості, статевого співвідношення проводять методом пастколіній. Пастки-давилки Геро від 25 шт. і більше виставляють у лінію через 5 м на дві чи більше доби. Показник щільності (%) розраховують за кількістю відловлених на 100 пасток за добу.

4.1.3.3. Метод облікових рядків та облікових рослин

Цей метод подібний до методу облікових ділянок. Різниця полягає лише в тому, що замість ділянок визначеного розміру обстежують відповідну кількість рядків довжиною 0,25; 0,5 і 1,0 м або відповідну кількість рослин чи стебел. Наприклад, для обліку чисельності злакових попелиць восени доцільно за облікову одиницю взяти відрізок рядка 0,25 або 0,5 м, залежно від чисельності шкідника. Навесні облікова одиниця для виявлення попелиць становить 5 або 10 колосonosних стеблин пшениці. Розміщення і кількість проб по полю такі самі, як і на облікових ділянках.

На широкорядних посівах при обліку малорухливих форм оглядають по 5–10 рослин у 20 чи 10 місцях поля, визначають кількість особин на 1 або 100 рослин, відсоток заселених рослин. Якщо відома густина рослин на полі, можна визначити чисельність шкідників на 1 га, а також через показник шкоди від однієї особини, підрахувати можливі втрати врожаю на цьому полі. За необхідності результати обліку на рядках можна перерахувати на 1 м^2 . Залежно від ширини міжрядь треба обліковувати відповідну довжину рядків. При ширині

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин міжряддя 10 см – 10 м, 12 см – 8 м, 40–42 см – 2,5 м. Одночасно з обліком щільності враховують співвідношення фаз онтогенезу, віковий склад личинок.

Для деяких видів, які важко підрахувати візуально, застосовують струшування їх з рослин. Такий облік можливий для клопів, жуків, попелиць на польових культурах, довгоносиків, хрущів на деревах у саду, на ягідниках. Струшування може бути способом виявлення багатьох шкідників у стадії імаго і навіть личинки, ентомофагів. Це роблять зранку при невисоких температурах, під час обстеження рухаються обережно у бік сонця. Під невисокі трав'янисті рослини підставляють сачок, рослину нахиляють і струшують. Для попелиць кладуть металеву пластину 5×20 см із загнутими краями і кілька разів швидко проводять рукою по верхівках рослин. Облік личинок і молодих клопів на зернових колосових культурах значно спрощується, а якість його підвищується у два рази при використанні спеціального екрана-збирача і струшувальника-розподільника. Під деревами і кущами розміщують брезент або інший матеріал, на який струшують довгоносиків, хрущів тощо. Точність обліку залежить від температури повітря, ретельності виконання роботи.

Збирання невеликих комах з рослин, особливо якщо це необхідно для збереження видових ознак чи життєздатності комахи, можна проводити екстаурером або іншими пристроями, які всмоктують повітря (польові варіанти мікропилососів).

Оцінку заселеності попелицями, кліщами, щитівками проводять за 4–6-бальними шкалами. Бали або відсотки таких шкал відповідають певному числу особин шкідника в колоніях та площі рослини, яку вони заселяють.

Облік кліщів улітку на листках яблуні можна виконати способом відбитків. Листки розкладають між двома аркушами фільтровального паперу, кладуть на тверду рівну основу і прокочують гумовим котком. Роздавлені кліщі залишають відбитки, які легко підрахувати.

Моніторинг шкідників у саду досить складний і має свої особливості. Тут слід враховувати однорідність умов існування комах, найважливішими факторами впливу на динаміку основних видів є повнота і якість профілактичних і винищувальних заходів, віковий, породний склад і сортимент дерев. На 5, 10 і більше модельних однотипних деревах підраховують кількість гнізд, що зимують, на дерево або 1 м^3 крони золотогуза, білана жилкуватого, а улітку – яблуневої молі. На бруньках під час розпускання, на листових і

квіткових розетках, в листках і безпосередньо на них, на однорічному прирості, дворічних і багаторічних гілках, штамбах, квітках, зав'язі, плодах виявляють і обліковують певну кількість одиниць, визначають відсоток заселених дерев, листків, плодів іншими шкідниками. Їх щільність підраховують на 1 дерево, 1 м³ крони, 1 листок, 1 пог. м гілки тощо.

Точна оцінка фітосанітарного стану і загрози від шкідників можлива за умов ретельного виконання обліку восени, контрольних весняних і регулярних літніх обстежень, системного аналізу отриманих даних.

4.1.3.4. Метод рослинних проб

Метод рослинних проб застосовують для виявлення прихованих шкідників. Він відрізняється від методу облікових рослин лише тим, що рослини обстежують не безпосередньо на полі, а аналізують після їх відбирання. За допомогою нього визначають чисельність личинок гессенської, шведської, пшеничної та інших видів мух, личинок хлібних пильщиків, трипсів тощо. Для встановлення чисельності внутрішньостеблових шкідників відбирають проби рослин, найчастіше з відрізків рядка довжиною 0,25; 0,5 і 1,0 м, або певну кількість рослин, наприклад, по 10. Аналізуючи відібрані рослини, відгинають у них піхви листків, де розміщені личинки або пупарії гессенської мухи, а потім розтинають стебло вздовж, починаючи від вузла кушіння. Пошкоджені стебла і шкідників у них підраховують, установлюють середню щільність по видах, пошкодженість рослин у відсотках. Щільність пшеничного та інших видів трипсів визначають у лабораторних умовах. Облікова проба становить 5 або 10 колосів, зрізаних у тканинний мішечок, який щільно зав'язують. У лабораторних умовах ретельно аналізують колосся, відокремлюючи колоскові лусочки, де містяться трипси.

Розміщення проб по полю та їх кількість залежать від екологічних особливостей шкідника і його чисельності. Найчастіше відбирають 16–20 проб у шаховому порядку, по діагоналях поля або Z-подібно.

Автоматичне вибирання комах із рослинних проб можливе за допомогою фото- або термоелекторів. Принцип роботи приладів оснований на позитивному фототаксисі комах та їх реакції на тепло і вологість середовища. Фотоеклектор – це ємкість з умонтованим

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин скляним комахозбірником, куди розміщують пробу. У термоеклекторі пробу поступово нагрівають електролампю розжарювання або в інший спосіб. Комахи внаслідок підвищення температури або підсихання проби виходять з неї і потрапляють у комахозбірник. Ці способи виборки комах використовують у дослідницьких цілях для отримання і подальшого використання живих особин.

4.1.3.5. Метод косіння ентомологічним сачком

Цей метод застосовують для виявлення й обліку дрібних і рухливих комах, переважно теплолюбивих видів, які живуть на верхівках трав'янистих рослин. Для цього використовують ентомологічні сачки. Вони, як правило, складаються із закріпленого на палиці довжиною 1 м металевого обруча діаметром 30 см, на який пришивають мішечок довжиною 60 см. Він може бути з капрону, млинарського сита або бязі, мати сферичне глухе чи конусоподібне з отвором дно із змінними мішечками комахозбірника на кінці. Рухаючись по полю, обстежувач робить напівколові удари по рослинах праворуч та ліворуч щодо напрямку руху – «косіння». Після кожних 5–10 помахів сачком він аналізує комах на місці або висипає їх у морилку з ефіром чи хлороформом для подальшого аналізу в лабораторії. У разі великої чисельності шкідників для їх обліку досить 50 одинарних помахів сачком. При низькій чисельності кількість помахів слід збільшити до 100. Косіння роблять у ті години доби, у які комахи найбільш активні (для більшості шкідників – це 10–12 год), при великій швидкості вітру та в хмарну холодну погоду воно недоцільне.

Щоб результати можна було порівнювати, косіння повинна проводити одна особа стандартним сачком в один і той самий час доби. Сачок опускають у травостій на половину його висоти. Один змах має охоплювати кут у 90°.

Обсяги і частота обстежень методом косіння ентомологічним сачком залежать від завдань, які необхідно вирішити, та екологічного стану агроценозів. Простота й оперативність методу дозволяє проводити фенологічні спостереження, виявляти шкідників, визначати видовий склад, співвідношення фаз розвитку, відносну щільність.

Метод ентомологічного косіння використовують для виявлення та обліку імаго злакових мух, хлібного пильщика, цикадок, іноді злакових попелиць, шкідливої черепашки, хлібних жуків. Цей спосіб найефективніший для обліку всієї фауни травостою, у т. ч. і корисних комах.

4.1.3.6. Метод пасток

Крилатих попелиць та імаго злакових мух виявляють за допомогою пасток відповідно жовтого та зеленого кольору. Для цього в полі на підставках на певній висоті виставляють так звані *чашки Меріке* або інші посудини, пофарбовані у відповідний колір і наповнені водою або фіксуючою рідиною. Відловлених комах обліковують через певні проміжки часу, найчастіше – щоденно, відфільтровуючи їх через тканину.

До сучасних перспективних методів обліку літаючих комах з позитивним фототаксисом слід віднести світлопастки. Вони дозволяють за малих витрат часу і коштів отримувати об'єктивну інформацію щодо видового і статевого складу, строків і динаміки льоту, визрівання яйцепродукції і плодючості багатьох видів совок, вогнівок, плодожерок. Найпоширенішими є світлопастки типу ЕСЛУ-3, які вивішують на висоті 2,0–2,5 м або встановлюють на спеціальних підставках на полях, в саду, якщо це технічно можливо, або безпосередньо біля стацій обліку напередодні вильоту метеликів (з II декади травня). Вибирання комах проводять щодоби. Після підсихання метеликів їх аналізують, отримують показники інтенсивності льоту (екз. за добу) та ін. Уловлюваність світлопасток залежить від місця установки, наявності інших джерел світла, типу ламп, погодних умов (температура повітря, опади, вітер). Фіксуюча рідина в комахозбірнику повинна забезпечувати швидку загибель комах, що покращує їх ідентифікацію та аналіз, водночас вона має бути безпечною для людей які працюють з біоматеріалом. Влітку необхідно замінювати фіксуючу рідину через 2–3 дні. Напругу електромережі для світлопасток зменшують до 127 В, а корпус приладу і блок живлення заземляють. Комахи, які прилітають на світло, натикаються на відбивні площини і падають у комахозбиральник.

Нині також використовують світлопастки, у яких комах убиває електричний розряд або вони всмоктуються вентилятором. Складніші моделі дозволяють погодинно фіксувати вилов комах, проводити їх автоматичний підрахунок. Застосування світлопасток сьогодні недостатнє через відсутність приладів.

У період масового розвитку лучного метелика (80-і рр. ХХ ст.) було апробовано винищування метеликів на вогнищах, куди вони вночі прилітали на світло.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Реакцію комах на запах природних чи хімічних речовин використовують у принадних (атрактантних) пастках. Принади (атрактанти) бувають харчові, коли імаго комах прилітають на запах принади для додаткового живлення, статеві – коли особини протилежної статі, частіше самці, відшуковують один одного для спарювання.

Для метеликів родини совок та деяких інших здавна використовують ловильні коритця. Цей спосіб вилову комах у довоєнні роки було рекомендовано для винищування совок. Патока, яка є залишковим продуктом виробництва цукру з буряку, у стані бродіння досить активно приваблює метеликів, що дозволяє проводити облік відносної щільності совок (екз. на 1 коритце за ніч), визначати їх видовий і статевий склад, строки і динаміку льоту, плодючість самок. Коритця повинні бути стандартних розмірів – $50 \times 30 \times 6$ см. Виставляють їх у полі на підставках висотою 50 або 100 см у кількості від 5 шт. і більше на відстані не менше 50 м одне від одного, у кожне наливають 3 л рідини. Уловуваність коритець залежить від стабільності й інтенсивності бродіння патоки. При високих температурах повітря патока загущується, дощі можуть її розбавляти, з часом інтенсивність бродіння зменшується, тому цей метод трудомісткий, потребує певного досвіду і значних витрат часу. Вибирання комах і контроль бродіння проводять щоденно.

Крім патоки, привабливими речовини для мух і плодожерок є гірчична олія, метилгліколь, буряковий, яблучний та інші зброжені соки. Їх наливають у спеціальні пастки або відкриті ємкості.

За останні десятиріччя значного розвитку набув феромонний моніторинг основних небезпечних шкідників: озимої капустиної совки, стеблового метелика, яблуневої, сливової і східної плодожерок, картопляної молі, каліфорнійської щитівки та ін. Ця технологія дозволяє підвищити надійність моніторингу і майже в 10 зменшити витрати на його проведення.

У тварин значну інформацію несуть різні хімічні речовини, які вони виділяють унаслідок фізіологічних процесів. Хімічні речовини комунікації існують між видами (алломони, кайромони) та для взаємодії між особинами одного виду (феромони). Різні групи феромонів необхідні комахам для маркування шляхів пересування, сигналів безпеки, агрегації, регулювання статевої поведінки та ін. Нині найбільше використовують статеві феромони, речовини, що виділяють переважно самиці, хоча самці деяких видів комах мають

таку саму здатність. За хімічним складом це суміш альдегідів, спиртів, ефірних або епоксидних похідних. Під назвою „статевий феромон” слід розуміти ті речовини, які виділяють самиці певного виду, тоді як „статевий аттрактант” – це речовина, яка теж приваблює особин протилежної статі, але не виробляється організмом комахи. Можна використовувати феромони живих самиць або спеціально виділені з них, але частіше це штучно отримані речовини.

З 80-х рр. ХХ ст. для визначення строків і динаміки льоту яблуневої плодожерки рекомендують пастки, де приваблювальним агентом є самиці шкідника. Найактивніше виділяють феромон особини, що не спарювалися, віком до 3-х днів, з 19 до 23 год за температури 18–24 °С. Самиць відділяють за морфологічними особливостями на стадії гусениці, лялечки або метелика із зібраного попередньо в ловильних поясах біоматеріалу. Цей метод не набув широкого розповсюдження внаслідок використання штучно синтезованих феромонів.

Конструкції пасток залежать від виду комах, їх розміру і матеріалів, з яких їх виготовлено. Частіше використовують трикутні пастки з ламінованого картону. Фіксація метеликів відбувається на змащених спеціальним непідсихаючим клеєм „Пестіфікс” вкладках. Пастки бувають також трапецієподібні, плоскі, циліндричні та іншої форми, довжиною від 12 до 62 см, картонно-паперові, пластмасові і металеві. Клей може бути нанесено на нижню площину пастки або на всю її поверхню із середини. Джерело феромонів розміщують усередині. Це може бути капсула, яку відкривають перед використанням, або спеціальний адсорбент з феромоном. Видоспецифічність феромонів якщо не абсолютна, то дуже висока, тому застосовують рекомендовані для певного виду типи капсул.

Установка й обслуговування пасток досить прості. На польових культурах їх вивішують на рейках на висоті 0,5–1,0 м по діагоналі поля, у саду чи лісосмугах – на деревах у лінію в периферійній північній частини крони на висоті 1,5–2,0 м.

На кожній ділянці розміщують по 5 пасток, у садах – одна на 2–4 га, на польових культурах на 5–10 га на відстані 50–100 м одна від одної. Кількість необхідних для контролю шкідника пасток визначається місцевими умовами – рельєфом, мікрокліматом та радіусом дії пастки, який становить 100–150 м. Одна пастка точно показує динаміку активності самців на площі близько 5 га. На рівнинах зона дії феромону може досягати 3–5 км. Пастки перевіряють щодоби,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин метеликів виймають пінцетом і підраховують. Капсули з феромоном зберігають у холодильниках і замінують через місяць. Ловча поверхня вкладок може забиватися лусочками метеликів, тому їх періодично відновлюють.

Феромонний контроль дозволяє виявляти шкідників, визначати строки розвитку генерацій, динаміку льоту самців, відносну щільність за генераціями і роками. Отримана інформація корисна для оптимізації моніторингу і хімічного захисту. Обприскування проти плодожерок доцільно проводити за звичайних погодних умов через 7–14 днів після максимального попадання метеликів у пастки, коли з більшості яєць вийдуть гусениці.

За результатами обліку інтенсивності вилову метеликів плодожерок у садах, виділяють такі градації:

I – ділянки низької щільності – виловлюють не більше 4 метеликів на пастку за тиждень;

II – середня щільність – при вилові 5–10 метеликів;

III – висока щільність – більше 10 екземплярів.

Прийнято такі порогові величини вилову для визначення необхідності обприскування: у травні – першій половині червня – 5 метеликів на пастку за тиждень, з другої половини червня – 3 метелики.

Інтенсивність траплення самців залежить від температурного режиму. Задовільно вони летять з 16 °С, оптимально – при 20–24 °С, з 26 °С відбувається зменшення, а з 28 °С – припинення льоту.

Феромонний моніторинг набув значного розвитку в США, де контролюють понад 200 шкідників, у країнах Європи – 100 видів. Обсяги хімічного захисту можна скоротити завдяки феромонному моніторингу на 30–40 %.

4.2. Моніторинг і прогноз хвороб рослин

Прогноз розвитку шкідливих хвороб сільськогосподарських рослин досить активно розвивається із 70-х рр. ХХ ст. Він доцільний, якщо стосовно до хвороби, або їх комплексу існують ефективні заходи захисту рослин. Для більшості небезпечних інфекційних хвороб характерна значна динамічність, яка проявляється в ураженні рослин на більших чи менших площах та різному ступені їх ураження у той чи інший проміжок часу, від чого залежить можливість виникнення та розмір втрат урожаю.

4.2.1. Теоретичне обґрунтування прогнозу хвороб

Сучасні теорії прогнозів хвороб рослин ґрунтуються на результатах вивчення закономірностей патогенезу і впливу на нього факторів зовнішнього середовища. При цьому розвиток хвороби розглядають як функцію, що залежить від багатьох аргументів зовнішнього середовища, внутрішніх особливостей рослин і патогенів. Взаємодію рослини, патогена і середовища Я. Планк (1972) назвав трикутником хвороби. Потім до цих основних компонентів додали чинник часу та антропогенного впливу (рис. 4.1).

В.А. Чулкіна (1991) розробила модель епіфітотії, яку зображено на рис. 4.2. Таким чином, теоретична і методологічна основа сучасних систем захисту рослин і прогнозування епіфітотій хвороб однакова: через вплив і врахування природних та антропогенних факторів на внутрішні біологічні фактори епіфітотійного процесу. Аналіз взаємодії факторів слід розпочинати з джерела збудника інфекції – першої ланки ланцюга внутрішніх біологічних факторів.

Динаміку розвитку всякого патологічного процесу може бути показано в загальному вигляді:

$$y = f(x), \quad (4.12)$$

де y – показник (бали або %) ураженої тканини рослини;

$f(x)$ – це функція, яка відображає залежність змін y від умов, у яких розвивається хвороба.

Однією з основних характеристик патологічного процесу є швидкість інфекції – збільшення кількості (або частини) ураженої тканини за одиницю часу. Швидкість інфекції переважно залежить від погодних умов.

Для визначення швидкості розвитку епіфітотій широко застосовують математичне моделювання. Воно дозволяє виявляти значення окремих факторів для динаміки хвороби та вплив на них умов патологічного процесу.

Математична модель Я. Планка, що відображає розвиток епіфітотії, виражена рівнянням:

$$\frac{dx}{dt} = rx(1 - x), \quad (4.13)$$

де $\frac{dx}{dt}$ – швидкість збільшення хвороби за одиницю часу;

x – кількість (частина) хворої тканини рослини;

t – час розвитку хвороби;

$(1-x)$ – кількість (частина) здорової тканини, доступної до зараження;

r – швидкість інфекції.



Рис. 4.1. Моделі патологічного процесу (за Agrios, 1988)

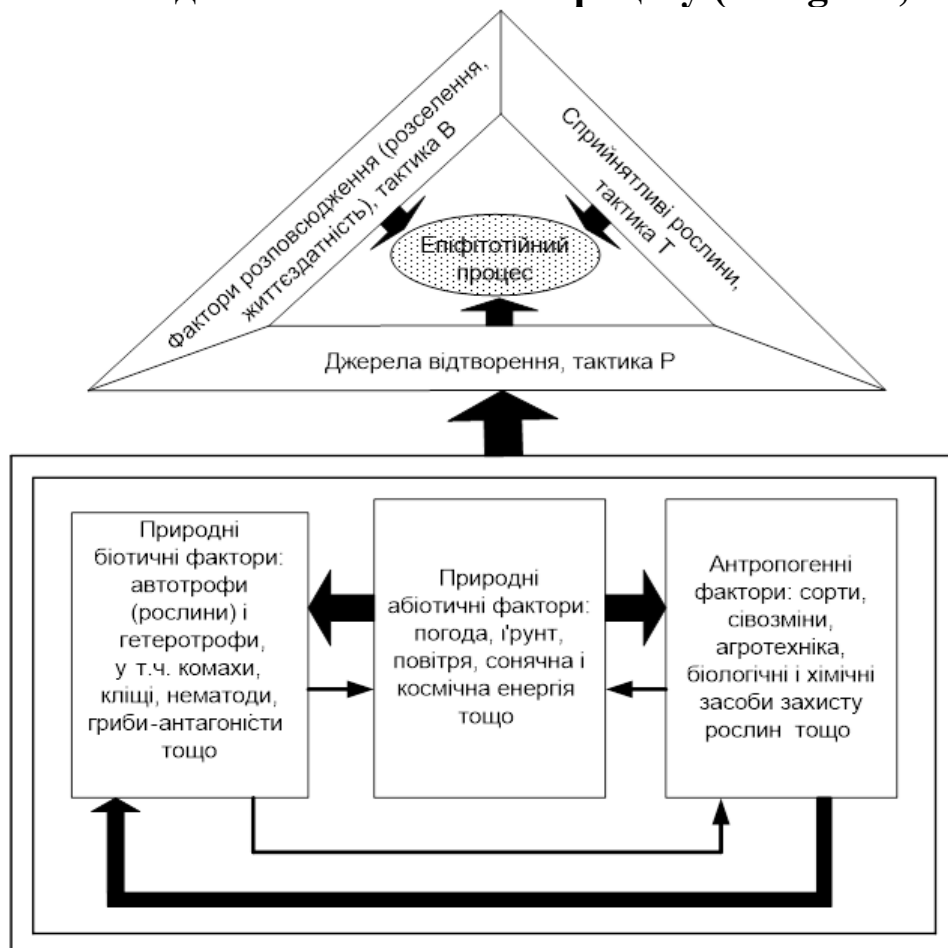


Рис. 4.2. Модель епіфітотійного процесу (за Чулкіною, 1991)

Слід зазначити, що небезпечними для рослин є ті епіфітотії, які досягають високого рівня розвитку на ранніх фено-фазах культурних рослин задовго до формування і визрівання врожаю.

Щоб епіфітотія виникла, необхідні такі передумови:

а) повинна бути достатня маса рослин, сприйнятливих до цієї хвороби;

б) необхідна наявність високоагресивних і вірулентних збудників;

в) необхідна достатня кількість інфекційного початку.

Швидкість хвороби, її розвиток і шкідливість у подальшому залежать від ступеня сприйнятливості погодних та інших зовнішніх умов середовища і часу їх впливу на певній фенофазі рослини. Складність і багатофакторність біоекологічних процесів розвитку епіфітотій вимагає високого ступеня їх вивчення, постійного удосконалення методів, обладнання для збирання та аналізу фіто-санітарної інформації і прогнозування.

4.2.1.1. Форми проявлення епіфітотійного процесу

Необхідно розрізнити поняття „осередок інфекції” і „джерело збудника інфекції”. Дослідники І.Г. Бейлін (1986), В.А. Чулкіна (1991) визначають епіфітотичне вогнище як місце знаходження джерела інфекції, у межах якого можливе зараження рослин за певних умов. Саме з вогнища інфекції в подальшому хвороба розповсюджується на полі, у сівозміні, у певній зоні.

Згідно з твердженнями К.М. Степанова (1972), осередок інфекції – це місцевість, у якій унаслідок сукупності історичних, природних і господарських умов є передумови для частих масових проявлень хвороби. Відповідно до цього одним із завдань моніторингу хвороб сільськогосподарських рослин є виявлення вогнищ інфекції і спостереження за ними для проведення своєчасних заходів.

Осередки уражених рослин виникають біля джерел збудника інфекції. За сприятливих умов межі вогнища розширюються, утворюються вторинні дочірні вогнища. Велика кількість маленьких за площею осередків створює вигляд рівномірного розповсюдження хвороби на полі. Швидкість цього процесу залежить від кількості генерацій патогена за певний час. На рис. 4.3 показано схему виникнення епіфітотії.

Епіфітотійний процес може мати чотири рівні: спорадичне проявлення, епіфітотійний спалах, епіфітотія і панфітотія.

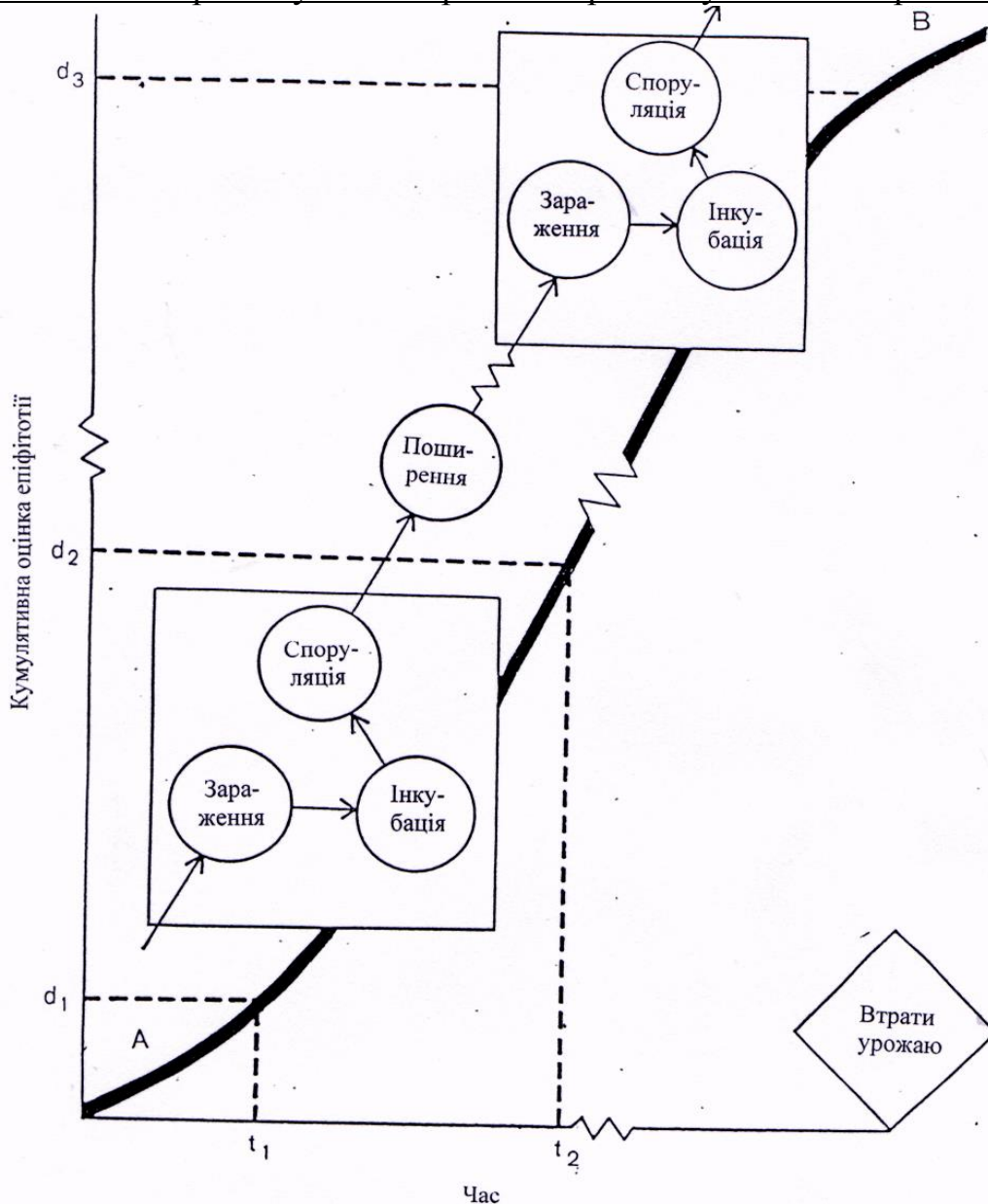


Рис. 4.3. Схема проходження епіфітотії

Спорадичне проявлення – це окремі хворі рослини, зараження яких відбулося від первинного джерела інфекції. При цьому хвороба не спричиняє зменшення врожаю та його якості (табл.4.1).

Епіфітотичний спалах – наступний етап епіфітотії, на якому за короткі проміжки часу на невеликій обмеженій території (група полів, господарство, район) зафіксовано суттєве збільшення ураження. Він виникає під впливом короткочасної позитивної для хвороби дії складових епіфітотійного процесу. Ураження рослини оцінюють як помірне, хвороба зменшує врожай або погіршує його якість.

Епіфітотія виникає при збереженні у часі сприятливих умов, унаслідок чого виникає багато епіфітотійних спалахів, пов'язаних між

собою. Розвиток хвороби характеризується значною територіальною розповсюдженістю (область, природно-кліматична зона), ступенем ураженості, що призводить до суттєвих втрат продукції.

Таблиця 4.1

Показники спорадичного проявлення деяких хвороб рослин

Назва хвороби	Розповсюдження, %	Фаза вегетації, час обліку
Сажка на ярових хлібних злаках	0,3	Повна стиглість
Сажка на озимих культурах	0,2	Повна стиглість
Звичайна гниль ярої пшениці і ячменю	10	Перед збиранням урожаю
Сажка проса	1	Повна стиглість
Рак картоплі	Одиночні рослини	Збирання врожаю
Кільцева гниль	5	Збирання врожаю
Фітофтороз (на бульбах)	2–3	Збирання врожаю
Фітофтороз (на листях)	0,1	Бутонізація
Різоктоніоз (на стеблах)	15	Цвітіння
Чорна ніжка	1–2	Цвітіння
Фітофтороз (на плодах томатів)	5	Збирання врожаю

Панфітотія – максимальне проявлення епіфітотійного процесу, коли хвороба охоплює декілька країн і навіть континентів.

4.2.1.2. Роль збудника хвороби

Для виникнення і значного розвитку хвороби необхідна наявність певного виду (або видів) збудника, що має спеціалізовані форми, раси чи біотиби, агресивні і вірулентні до сортів і гібридів, які вирощують у певній зоні. При цьому вони повинні бути екологічно пластичними – стійкими до несприятливих і критичних умов існування, здатними до швидкого розмноження в широкому діапазоні значень факторів зовнішнього середовища, бути конкурентоздатними при сукупних інфекціях. Не менше значення для епіфітотійної хвороби має кількість інфекційного початку.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

В історії захисту рослин відомо багато прикладів появи нових рас патогенів вірулентних та агресивних іржастих хвороб пшениці, фітофторозу картоплі і помідорів, борошнистої роси злаків та інших хвороб на раніше стійких районованих сортах. Унаслідок гібридизації, гетерокаріозу та мутацій через певний проміжок часу формуються і накопичуються нові раси, які долають стійкість рослин, тому виникають епіфітотії. Великі площі, що займає певний сорт, сприяють появі агресивних рас, їх інфекційний початок і поширення швидко збільшується, виникає необхідність заміни сорту. Важливо своєчасно виявити ознаки розвитку нових рас для корегування селекційних робіт і своєчасного сортооновлення.

Кількість інфекційного початку також має велике значення для виникнення та динаміки хвороби. Навіть за високої життєздатності пропагул патогенів тільки невелика їх частка викликає зараження навіть у високоспеціалізованих облігатних паразитів. Відносна кількість спор, здатна за сприятливих умов спричинити зараження рослини, має назву коефіцієнт інфекції. У стеблової іржі тільки 30 % спор інфікує рослини. Коефіцієнт інфекції *Phytophthora infestans* – 6,5 %, *Alternaria solani* – 1,7 %, *Septoria lycopersici* – 0,2 %.

Збільшення кількості спор на одиницю площі рослин призводить до підвищення ступеня ураження. Це явище досліджено для сажкових та іржастих хвороб пшениці і багатьох інших грибних хвороб. Збільшення запасу інфекційного початку спричиняє суттєве ураження на ранніх фенофазах рослини, що підвищує вірогідність епіфітотії. Відомо, що розташування посівів на певній відстані від джерел інфекції, зменшує в подальшому ураженість рослин аерогенними хворобами.

Кількість спор на зерні може бути основою довгострокового прогнозу твердої сажки пшениці, у ґрунті – корневих гнилей зернових колосових культур, огірка, раку картоплі. Кількість спор у повітрі враховують у прогнозі іржастих хвороб, парші яблуні. Але слід урахувати, що кількість інфекційного початку діє залежно від вірулентності інокулюма, кількості доступної до зараження тканини рослини та її сприйнятливості, умов зовнішнього середовища.

Спеціальні організаційно-господарські заходи, такі як використання і розміщення сортів з різним ступенем стійкості, чергування і розміщення культур у сівозмінах, просторова ізоляція, а також профілактично-винищувальні заходи – знезаражування насіння, ґрунту, сховищ, знищення уражених рослинних решток тощо, направлені на обмеження розвитку хвороби.

4.2.1.3. Значення рослини-господаря

Істотне значення для розвитку хвороби мають біологічні особливості сортів: скоростиглість, посухостійкість, стійкість до хвороб та ін. На динаміку рас патогенів впливає площа, яку займає той чи інший сорт. Важливе значення має наявність або відсутність дикорослих рослин, бур'янів, на яких може зберігатися або розвиватися хвороба.

Сприйнятливі і стійкі сорти розрізняються між собою за стійкістю до одних і тих самих рас патогенів. Це зумовлює різницю в накопиченні певної раси та ураженні тих чи інших сортів. Тому зміни у складі сортів приводять до змін у популяціях збудника, що в свою чергу має вплив на динаміку хвороби. Яскраві приклади стримування стійкими сортами шкідливих хвороб протягом довгого періоду відомі для багатьох грибних хвороб: іржі та сажки хлібних злаків, фітофторозу пасльонових та ін.

Нові стійкі сорти одночасно дозволяють розвиватися і накопичуватися спочатку малошкідливим, але патогенним і агресивним расам, що існують або виникають у регіоні.

Винищування кущів барбарису значно зменшило інтенсивність ураження пшениці і втрати від стеблової іржі в США та інших країнах. Відома роль багатьох проміжних рослин у розвитку іржастих хвороб, злакових дикорослих рослин – у накопиченні інфекційного початку кореневих гнилей, борошнистої роси тощо.

Широке розповсюдження сорту призводить за більший чи менший проміжок часу до накопичення агресивних рас збудника, суттєвого ураження рослин, і, як наслідок, виникає необхідність заміни такого сорту чи гібрида, що в свою чергу лишає можливість цю расу патогена масово розвиватися.

4.2.1.4. Вплив зовнішнього середовища

Зовнішнє середовище впливає на:

а) рослину-господаря, яка змінює сприйнятливість і витривалість до хвороби, ритм вегетації;

б) збудника, який діє на агресивність, життєздатність і швидкість розповсюдження;

в) впливає на сам патологічний процес – можливість його виникнення та час ураження і проходження, тривалість інкубаційного періоду, проявлення хвороби.

Температурні показники розвитку деяких збудників хвороб

Назва хвороби	Стадія розвитку збудника	Температура, °С		
		нижня межа	оптимум	верхня межа
Стеблова іржа пшениці	Проростання спор	2	21–23	26–31
	Зараження рослин	10	23–25	30
	Розвиток у тканинах рослини	2	20	–
Бура іржа пшениці	Проростання спор	2	20	32
	Розвиток у тканинах рослини	2	25	35
Жовта іржа пшениці	Проростання спор	1	9–13	23
	Зараження рослин	5	15–20	26
	Розвиток у тканинах рослини	3	12–15	20
Гельмінто-споріозна коренева гниль	Проростання спор	6	22–28	36
	Розвиток у тканинах рослини	8–9	18–25	–
	Спороношення	5	22–26	35
Летюча сажка пшениці	Проростання спор	4–5	22–30	–
	Розвиток спор	5	16–18	25–30
Фузаріоз колоса пшениці	Розвиток спор	7–10	25–30	37–38
Мілдью винограду	Проростання спор	–	10–13	–
	Розвиток у тканинах	8	25	33
Оїдіум винограду	Проростання спор	5	10–30	33
Фітофтороз картоплі	Проростання спор	6–8	10–15	20
	Утворення ростових трубочок	4	25	30

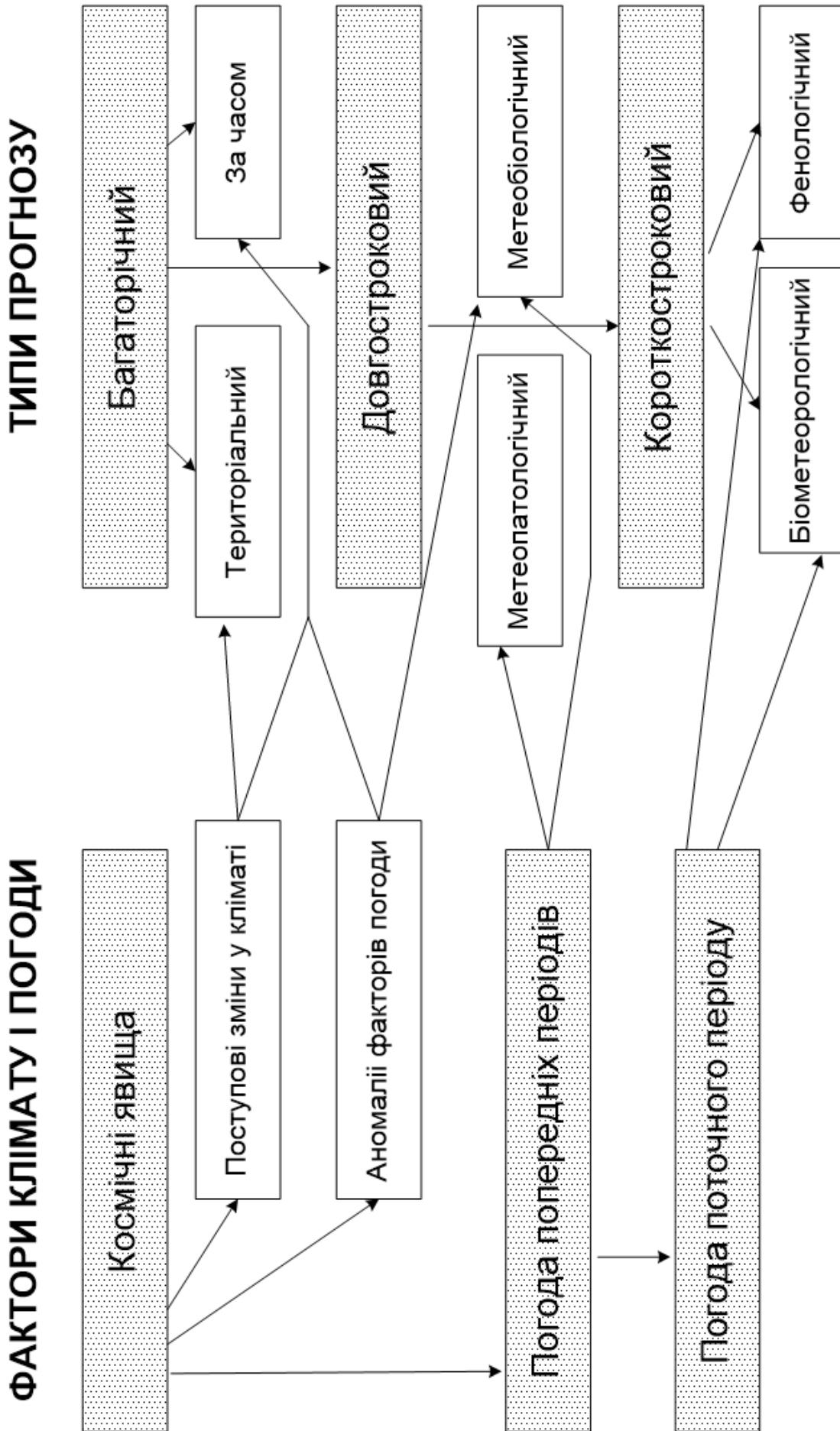


Рис.4.4. Використання кліматичних і погодних факторів у прогнозі хвороб рослин

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Погодні фактори відіграють провідну роль у виникненні епіфітотій. Їх вплив проявляється багатогранно, на різних етапах патологічного процесу, що викликає значну мінливість і в сезонному розвитку хвороб, і в різних природно-кліматичних зонах. У більшості випадків кожен з цих факторів діє разом з іншими, змінюючи ступінь свого впливу залежно від їх рівня та експозиції. Основними кліматичними факторами, що зумовлюють динаміку хвороб рослин, є температура і вологість. Світло, вітер, атмосферний тиск тощо мають лише корегуючий вплив в окремі періоди життєдіяльності патогенів (рис. 4.4).

Температура середовища може впливати вже на перших етапах інфекційного процесу. Від її рівня залежить життєздатність збудника і можливість його збереження до початку вегетаційного періоду. Життєздатність патогена значно залежить від форми його існування в критичних умовах (табл. 4.2).

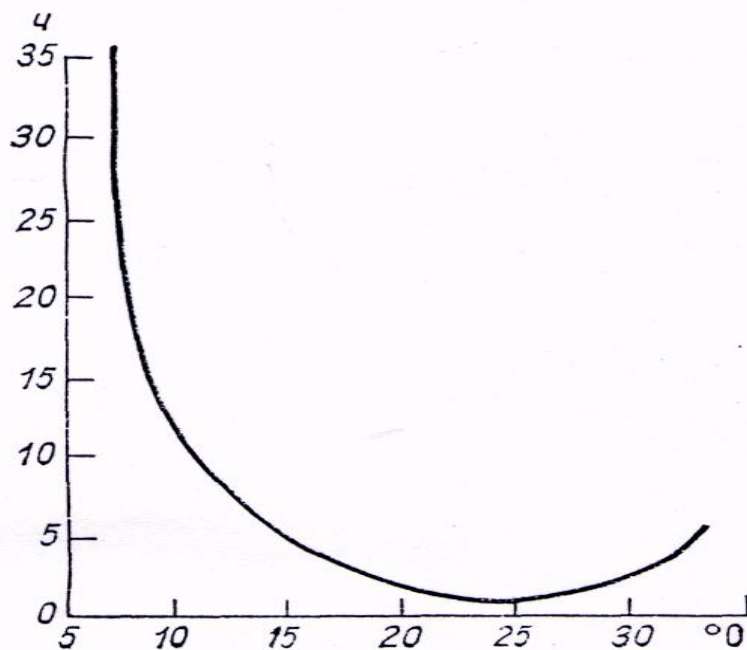


Рис. 4.5. Залежність проростання конідій збудника оїдіума винограда від температури (за Л.А.Сайдаметовим, 1939)

У природних умовах при постійних змінах гідротермічного режиму спори помітно зменшують здатність заражувати до кінця вегетаційного періоду. Температура середовища регулює і тривалість терміну проростання спор. Спори більшості фітопатогенних грибів проростають при високій вологості повітря або за наявності крапельно-рідинної вологи. Водночас збереження вологи на рослинах залежить переважно від температури. Таку залежність можна

використовувати в експериментально одержаних спеціальних графіках – номограмах, які дозволяють уточнювати деталі патологічного процесу під час моніторингу основних хвороб.

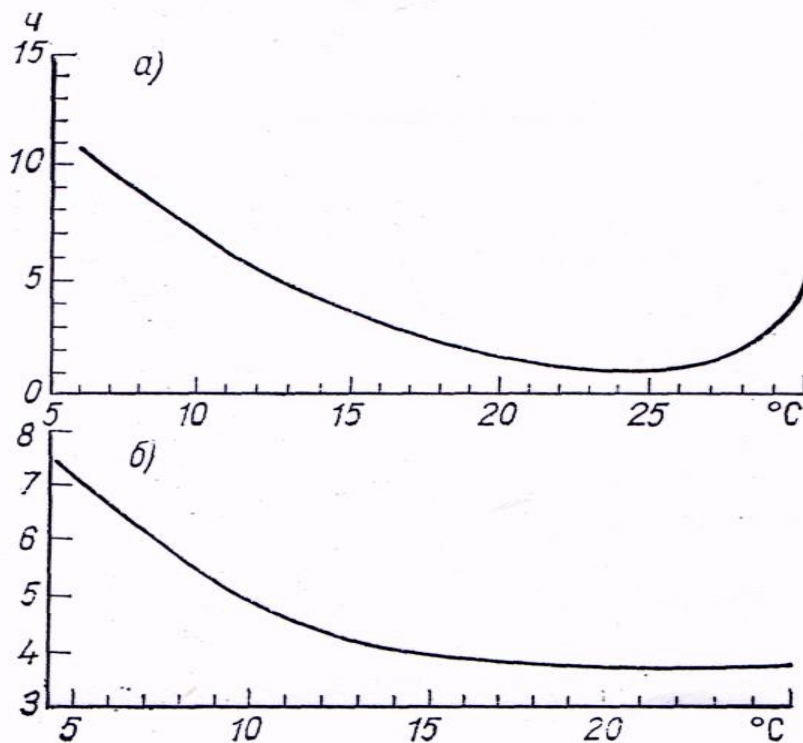


Рис. 4.6. Вплив температури на тривалість періоду зволоження і можливість ураження: а) мілдью винограду; б) бурюю іржею пшениці

Графіки (рис. 4.5 і 4.6) дозволяють визначити можливість зараження рослин залежно від середньої температури періоду та довжини зволоження. У разі збільшенні періоду зволоження зростає кількість пророслих спор і зараження рослин (табл. 4.3).

Таблиця 4.3

Тривалість періоду зволоження (год), що необхідна для проростання спор залежно від температури

Хвороба	Середня температура, °С					
	5	10	15	20	25	30
Бура іржа пшениці	7	5	4	3,5	3,5-4	–
Корончаста іржа вівса	24	10	6	5	5	12
Парша яблуні	29	12	8,5	8,5	11	-
Плодова гниль	–	18	12	11	5	-
Мілдью винограда	10,5	7	4,5	2,5-3	1-1,5	6-7
Червона плямистість сливи	8–9	5	4	3	2	–

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Цю залежність вивчено багатьма вченими. Цікаві дані отримав Мілс про паршу яблуні (рис. 4.7). Виявлену ним математичну залежність ступеня ураження рослин від рівня температур і періоду зволоження листя використано для програмного забезпечення сучасних приладів-сигналізаторів АВІ-201 та ін.

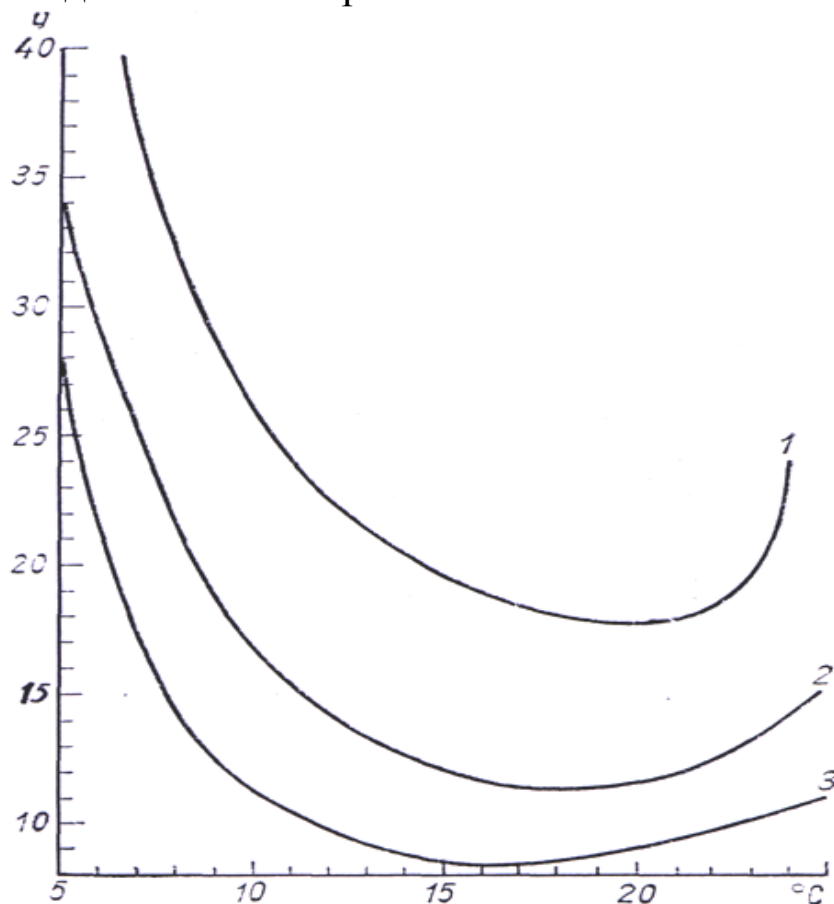


Рис. 4.7. Ступінь ураження яблуні паршею залежно від гідротермічного режиму:

1– ураження сильне; 2– середнє; 3–слабке

Температура також впливає на сприйнятливість рослин до хвороб, яка в свою чергу залежить від того, наскільки умови середовища відповідають вимогам виду або сорту культури, та якою мірою ці умови відхиляються від оптимальних для рослини. Теплозабезпечення впливає на регулювання ритму вегетації рослин та хвороб. Ступінь ураження суттєво залежить від збігу активних і небезпечних фаз розвитку збудника з найбільш сприйнятливими і нестійкими фазами рослини.

Ураження пшениці твердою сажкою, буряку – коренеїдом посилюються при понижених температурах під час проростання насіння і на перших фазах розвитку рослин, розвиток кучерявості листя персику – при прохолодній погоді перед та після розпускання бруньок.

Збудник сажки цибулі уражує тільки молоді рослини. При температурі нижче 10 °С ріст цибулі уповільнюється, а інтенсивність проростання спор не зменшується, що призводить до збільшення періоду взаємодії рослини і паразита, ураженість рослин і шкідливість хвороби значно збільшуються.

Парша яблуні також уражує переважно молоді листя і плоди. Основний період зараження починається з фази зеленого конуса і закінчується через 2–4 тижні після цвітіння, що збігається в часі з викиданням аскоспор збудника. У цей період відбувається передача хвороби у часі, від минулого року в наступний, від зимуючої сумчастої стадії, що формується в опалому листі, до конідіальної стадії на листях і плодах у період вегетації. Від ступеню реалізації інфекційного початку залежить подальша динаміка хвороби. При середній температурі першого місяця вегетації яблуні нижче 12 °С та сумі опадів більшій за 20 мм ураженість паршою значно збільшується.

Церкоспороз цукрового буряку починає розвиток при середніх температурах 12–14 °С та мінімальних – не нижче 6–7 °С, при вологості повітря більше 60 %, а вночі та вранці – більше 85 %. Збудник моніліозу яблуні активізується при 13–15 °С, спороношення коккомікоза кісточкових культур починається після стійкого переходу температури через 15 °С. Перше зараження яблуні паршею починається при накопиченні суми позитивних температур з 1 березня 105–140 °С, оїдіуму винограду – 237 °С. Для фітофторозу картоплі дослідниками запропоновано декілька подібних показників, які дозволяють на короткі строки прогнозувати проявлення хвороби. Згідно з „голландськими прикметами погоди” перше зараження рослин проявляється через 15 днів після того, як на протязі доби температура, що потрібна для утворення роси, тримається не менше 4 год, мінімальна температура не нижча за 10 °С, в наступну добу пройде дощ не менше 0,1 мм, хмарність – не менше 8 балів. Для короткострокового прогнозу фітофторозу рекомендують методи ВІЗР, „метеобудки”, „змінної середньої”.

Аналогічних досліджень відносно основних хвороб проведено недостатньо. Використання температурних характеристик середовища дає змогу визначати час проявлення патогенів, швидкість розвитку і шкідливість хвороб. У зв'язку з цим важливе значення для кожного району можуть мати *феноіндикатори* (феносигнали) – легко помітні фенологічні явища у рослин, які збігаються в часі з розвитком певних фаз патогенів. Наприклад, стеблова іржа проявляється у фазі колосіння

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин озимої пшениці, фітофтороз – під час цвітіння картоплі, мілдью – при довжині пагонів виноградної лози 20–25 см та діаметрі листка 2–3 см.

Фенологія рослин у багатьох випадках є основою планування та проведення моніторингу хвороб і заходів проти них. Зокрема вихід у трубку, колосіння (прапорцевий лист) пшениці – це фази, у яких визначають доцільність хімічного захисту зернових колосових від основних хвороб, пасльонових від фітофторозу – у фазі бутонізації-цвітіння, винограду від мілдью – при довжині пагонів 20–25 см та діаметрі листа 2–3 см тощо.

На сьогодні накопичено багато інформації про сезонну і географічну мінливість фенологічних явищ. Виявлено певну стійкість у часі їх проходження, розроблено методику варіаційно-статистичного аналізу щодо фенологічних явищ.

Температура в період розвитку патогена в рослині визначає тривалість інкубаційного періоду, репродуктивну здатність, динаміку накопичення інфекційного початку й ураження рослини. Велика кількість генерацій навіть при малих первинних запасах інфекційного початку призводить до швидкого наростання хвороби.

Виявлено залежність швидкості розвитку багатьох небезпечних хвороб від температури. Вона найбільша в межах оптимальних для патогена значень і сповільнюється в інших режимах. Цю залежність можна зобразити математично, у вигляді рівнянь, або графічно.

Широко відомі номограма Н.А. Наумової (фітофтороз картоплі), криві Мюллера (мілдью винограду), Я.А. Сайдаметова (оїдіум винограду) (рис.4.8), К.М. Степанова (іржасті хвороби злаків) (рис.4.9) тощо, які використовують для розробки короткострокових прогнозів розвитку цих хвороб.

Математично такий зв'язок може бути виражений формулою:

$$n = \frac{\sum t}{T-t}, \quad (4.14)$$

де n – довжина інкубаційного періоду;

$\sum t$ – сума ефективних температур за період;

T – середня температура періоду;

t – нижній температурний поріг розвитку виду.

Коли вимоги збудника близькі до оптимума, короткостроковий прогноз за номограмами і формулами досить точно збігається з фактичною фенологією гриба. При високих і низьких температурах повітря патологічний процес уповільнюється, тому це необхідно враховувати під час моніторингу хвороб, особливо в південних і південно-східних природно-кліматичних зонах.

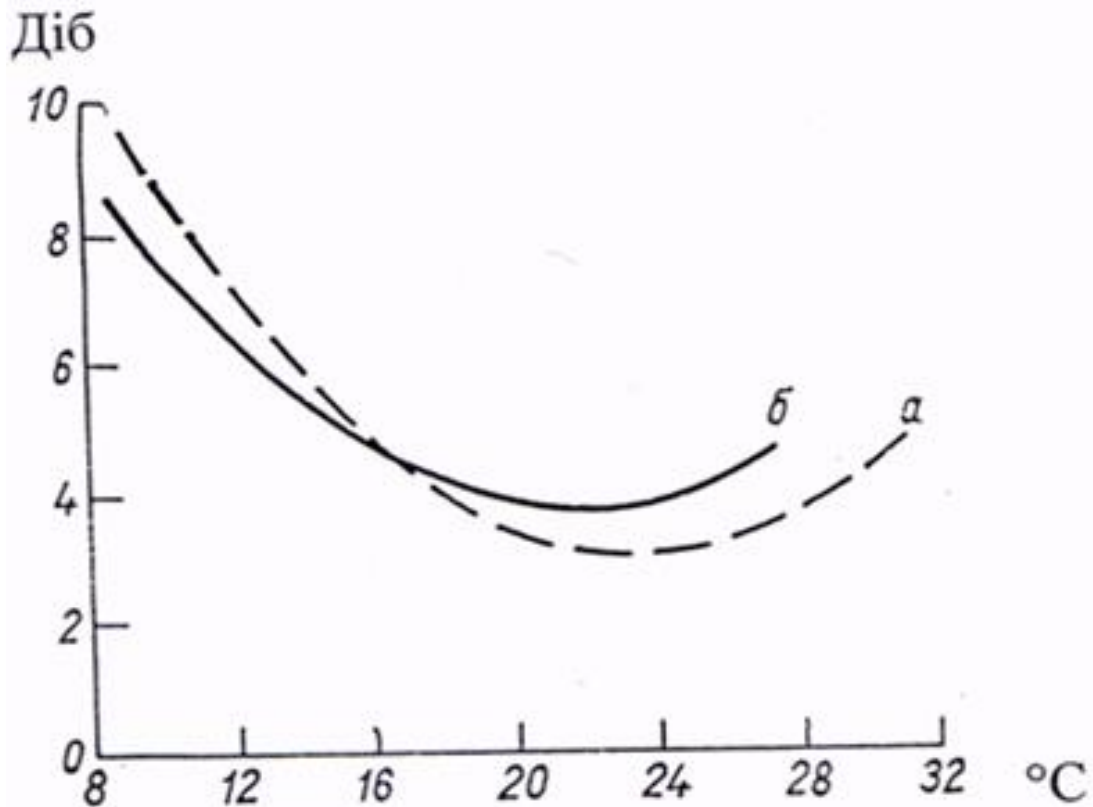


Рис. 4.8. Тривалість інкубаційного періоду оїдіуму винограду залежно від температури:

а) постійна температура; б) змінні температури

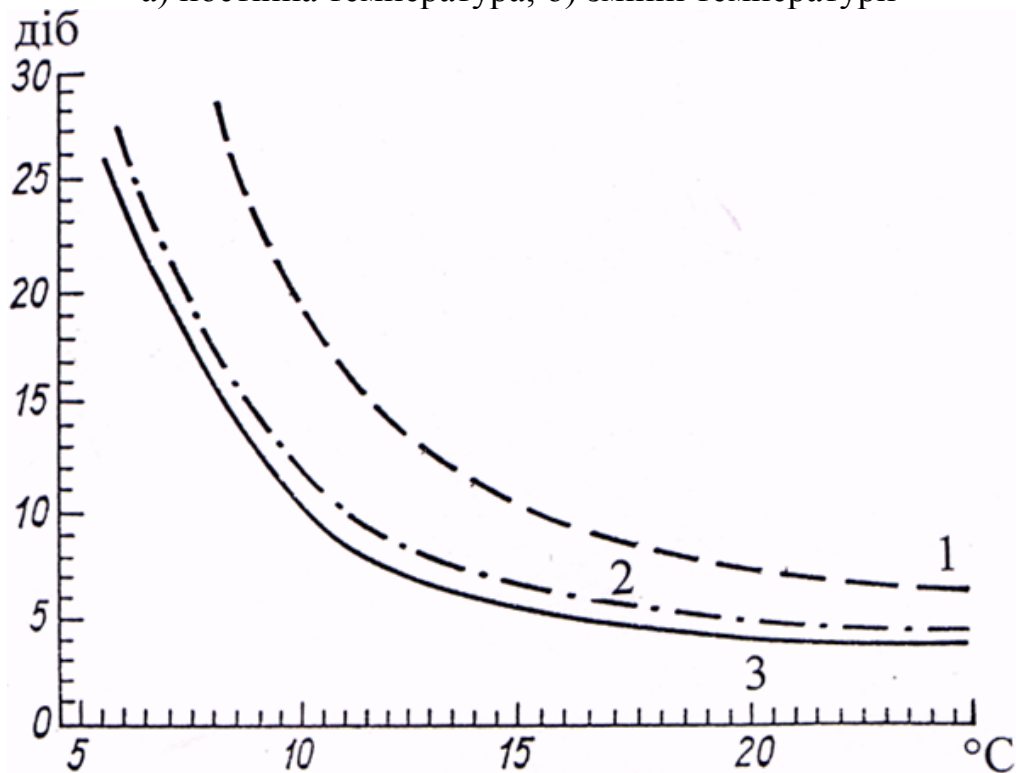


Рис. 4.9. Тривалість інкубаційного періоду залежно від температури:

1 – стеблова іржа пшениці; 2 – бура іржа жита; 3 – бура іржа пшениці

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Вологозабезпеченість середовища має суттєвий вплив на життєздатність патогена. Конідії фітофторозу картоплі при вологості повітря 20–40 % гинуть через 1–2 год., при 50–80 % – через 3–5 год. Моніліальний опік, парша яблуні інтенсивно розвиваються в роки з вологою прохолодною погодою під час цвітіння та відразу після нього. Такий погодний режим сприяє розвитку збудника і одночасно продовжує в часі сприйнятливості до хвороби фазу плодів культур. Сильне ураження рослин хворобами буває при частих опадах. Сприятливими погодними умовами для септоріозу пшениці вважають температуру 14–22 °С та не менше 17 дощових днів у фазі виходу в трубку до фази молочної стиглості.

Вирішальне значення фактор вологості має тільки протягом відносно короткого періоду – від початку проростання спор до проникнення патогена в рослину. Для більшості фітопатогенних грибів зараження рослин стає можливим при високій вологості середовища. Спори фітофторозу картоплі, стеблової іржі пшениці, мілдью винограду, плодової гнилі проростають лише за наявності крапельно-рідинної вологи, для розвитку бурої, жовтої, корончастої іржі зернових колосових необхідна 100 % вологість повітря. Для багатьох хвороб – тверда сажка зернових культур, фузаріози, церкоспороз цукрового буряку, збільшення вологості є основним фактором підвищення агресивності патогена і шкідливості хвороби.

Відомо, що при вологості повітря 80 % та більше, яку визначено метеостанціями в приземному шарі повітря, травостої рослин відбувається конденсація краплинної вологи на рослинах. Таким чином, використавши стандартні метеодані, можна визначити сприятливий за вологістю повітря період у годинах (табл. 4.4).

Таблиця 4.4

Кількість годин з вологістю 80 % і більше при різних значеннях середньодобової вологості повітря

Середня добова вологість повітря, %	Число годин з відносною вологістю > 80%		
	усього	уранці	увечері
50	3	3	–
60	5	5	–
70	9	7	2
80	14	9	5
90	22	11	11

Кількість днів за місяць з вологістю повітря більше 80 % можна визначити за формулою:

$$y = 0,58x - 32, \quad (4.15)$$

де x – середня відносна вологість повітря за місяць.

Основним джерелом вологи є опади. Найсприятливішими умовами для зараження рослин, багатьох хвороб і всього патологічного процесу є дощі, які забезпечують наявність на рослинах вологи на тривалий період – часті опади, мряка при оптимальних для патогена температурах.

Особливе значення для зараження рослин має роса. Цей фактор рідко враховують в реальному прогнозуванні, хоча кількість вологи у вигляді роси становить близько 10 % від загальної суми опадів за теплий період року. Випадає роса переважно вночі при вологості повітря вище 60 %, інтенсивно – коли вона більше 80 %. Росоутворення пов'язане з мікрокліматом місцевості. Ділянки картоплі, які ростуть у низинах, раніше і сильніше уражуються фітофторозом, сади – паршою і моніліальним опіком. На загущених, засмічених бур'янами полях, які погано продувають вітри, інтенсивність ураження гнилями, перонспорозом, борошнистою росою, іржастими хворобами значно більше ніж на інших полях, через триваліший період зволоження. Фітофтороз картоплі починає розвиватися після змикання бадилля ву міжряддях, коли вологість повітря в приземному шарі підвищується.

Рівень вологозабезпеченості в період формування спор впливає на їх життєздатність і агресивність, а також на характер їх відокремлення і розповсюдження.

Особливий вплив на стійкість рослин має вміст вологи у ґрунті. І висока, і низька вологозабезпеченість, залежно від вимог патогена до умов існування, можуть суттєво прискорювати патологічний процес. Низька вологозабезпеченість ґрунту є однією із основних причин розвитку в'янення картоплі і капусти, корневих гнилей пшениці і квасолі, коренеїда буряку. Фітопатолог М.В. Горленко (1959) та деякі інші вчені стверджують, що борошниста роса злакових культур може розвиватися в широких діапазонах вологості і температури, але найбільшої шкоди завдає при низькій вологості ґрунту, яка викликає пригнічення рослин, втрату тургору, в'янення.

Гельмінтоспоріозна коренева гниль уражує пшеницю в основному у фазі сходів – кушіння, особливо інтенсивно за температури 18–25 °С і вологості ґрунту 60–80 % від повної вологоємкості. При температурі

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин нижче 8–9 °С і вологості менше 25 % зараження рослин хворобою припиняється. Найбільшу шкідливість корневих гнилей виявлено в роки з нестійким режимом вологи в ґрунті, коли навесні вологи достатньо, а влітку не вистачає і розподіл її нерівномірний.

Гідротермічні умови середовища визначають основні аспекти життєздатності збудника хвороб і ступінь їх шкоди. Про це свідчать численні дані багатьох дослідників.

Для оцінки сприятливості погоди і прогнозування хвороб використовують і стандартні метеодані, і спеціально розраховані інтегральні показники: гідротермічний коефіцієнт Селянінова (ГТК), температурно-вологісний показник (ТВП), коефіцієнти інтенсивності і кратності опадів (K_i , K_k), індекси погоди ($I_{спр.}$, $I_{п}$) тощо. Велике практичне значення для короткострокового прогнозу деяких небезпечних хвороб, зокрема, іржастих, фітофторозу, парші яблуні, мілдью і оїдіуму винограду, мають номограми і спеціальні графіки, які отримали експериментальним шляхом – вивченням залежності патогенезу від основних факторів зовнішнього середовища.

4.2.1.5. Вплив антропогенних факторів

Від людини, яка вирощує рослини, багато в чому залежить їх стан і суттєво можуть змінюватися передумови для виникнення і розвитку хвороб. Через господарську (агрономічну) діяльність проявляється вплив численних факторів зовнішнього середовища.

Людина може сприяти перенесенню інфекційного початку не тільки в конкретному господарстві чи районі, а й у межах природно-кліматичних зон, країни і навіть континентів, тому значну увагу слід приділяти карантинним заходам.

Організаційно-господарські та агротехнічні заходи змінюють мікроклімат поля, умови живлення і стійкість рослин до хвороб, самим утворюючи певні умови, які впливають на розвиток хвороб. Метою цих заходів є одержання найбільшої продуктивності рослин завдяки поліпшенню родючості ґрунту, підвищення їх стійкості до негативних факторів. Особливо суттєво на динаміку ураження рослин хворобами можуть впливати такі організаційно-господарські і агротехнічні заходи: відбір і впровадження стійких сортів, обґрунтовані сівозміни і підбір попередників, система обробітку ґрунту, добрива, підготовка посівного і садивного матеріалу, строки посіву, збирання врожаю, знищення бур'янів та післязбиральних рослинних решток та ін.

Вирощування стійких сортів є найбільш економічно вигідним та радикальним засобом контролю більшості хвороб. За однакових умов зовнішнього середовища на різних за стійкістю сортах в один і той самий час буде різний ступінь ураження рослин і відповідно різний рівень втрат урожаю. Таким чином, залежно від стійкості сортів, у межах певної культури може бути суттєво різною необхідність і інтенсивність проведення моніторингу та прогнозування хвороби.

Добір стійких сортів і використання їх у господарствах слід проводити згідно з рекомендаціями Державного Реєстру сортів рослин України. Селекцію рослин на імунітет і періодичне оновлення сортів слід здійснювати безперервно у зв'язку з подоланням стійкості існуючих сортів популяціями збудників хвороб.

Сівозміни та попередники повинні забезпечити розмежування споріднених культур у часі і просторі, що дозволяє уникати накопичення інфекційного початку в більшості хвороб. Особливе значення це має для спеціалізованих патогенів. У рослинних рештках може залишатися значний запас інфекції, що сприяє більш ранньому та інтенсивному ураженні споріднених культур на цьому полі або поблизу від нього.

Істотне значення має не лише вибір попередників, а і тривалість часу, протягом якого слід уникати повернення культури на те саме поле. Залежно від життєздатності збудників, цей період становить для зернових колосових культур 1–2 роки, цукрового буряку – 4, соняшнику – 8 років.

Система обробки ґрунту істотно впливає на виживання патогенів, стійкість і витривалість рослин до хвороб. Такі заходи, як лущення стерні, оранка на зяб, культивація міжрядь просапних культур повинні забезпечувати оптимальні умови для розвитку рослин і одночасно бути основою задовільного фітосанітарного стану полів. Збудники багатьох хвороб залишаються в рослинних рештках, відмерлих унаслідок ураження листків та інших органів рослин. Їх подрібнення та загортання в ґрунт прискорює їх розклад ґрунтовими мікроорганізмами, патогени потрапляють під згубну дію антагоністів. Лущення стерні попередника із подальшим знищенням падалиці та сходів бур'янів помітно обмежує ураженість рослин озимої пшениці бурюю іржею, септоріозом, борошнистою росою, кореневими гнилями. Велике фітосанітарне значення має подрібнення рослинних решток з подальшою якісною оранкою після збирання врожаю кукурудзи, соняшнику, картоплі, овочевих культур тощо.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Проте раціональна система обробітку ґрунту забезпечує підготовку поля до сівби, регулюючи водний режим, формування вирівняного насінневого ложа сприяє одночасному дружньому проростанню насіння і подальшому розвитку рослин. Це скорочує період первинного ураження, хвороби проявляються пізніше, стійкість рослин збільшується.

Безперечно, глибока відвальна оранка має значно вищий фітосанітарний ефект, ніж інші заходи. Потреба зменшення енерговитрат і заощадження ґрунтової вологи спонукають виробників до мінімалізації агротехнічних заходів. При цьому уражені рештки рослин, що залишаються на поверхні ґрунту, довгий час можуть бути джерелом наступного епіфітотійного розвитку хвороб. У цих умовах значно зростає роль моніторингу хвороб та оптимізація заходів захисту на основі сезонного і короткострокового прогнозу.

Посівні якості і підготовка насіння є важливим фактором динаміки хвороб. Щупле, легке насіння формується на рослинах, які погано розвиваються з різних причин, часто через хвороби. Воно не забезпечує необхідної посівної якості, дружності сходів, стійкості до несприятливих факторів, часто є джерелом хвороби в наступному поколінні рослин. Втрати врожаю внаслідок використання не протруєного насіння за вартістю можуть у десятки разів перевищувати кошти, «заощаджені» агрономом у передпосівний період. Тому цей захід хімічного захисту, як правило, забезпечує високу окупність, є екологічно безпечним і рекомендований у системах захисту рослин як профілактичний для більшості сільськогосподарських культур.

Строки та норми висіву мають суттєве значення для патологічного процесу, оскільки від цього залежить оптимальність розвитку рослин, особливо на першому етапі органогенезу. Строки сівби можуть дещо порушити синхронізацію розвитку патогена і рослини. Здебільшого для ярих культур кращими є ранні строки посіву, для озимих – пізні в межах періоду сприятливих умов для проростання насіння.

При ранніх строках сівби озимої пшениці значного розповсюдження в осінній період можуть набути борошниста роса, септоріоз, бура іржа, кореневі гнилі, при цьому ці хвороби раніше проявляються і навесні, частіше виникає потреба в хімічному захисті.

Завищення норм висіву веде до загущення посівів, погіршенню мікроклімату поля, пригніченню рослин і зменшенню їх стійкості до хвороб.

Догляд за посівами також регулює певною мірою динаміку хвороб. Менше уражуються рослини на чистих від бур'янів полях. Оптимальне зрошення послаблює шкідливість факультативних патогенів, надмірне зволоження сприяє розвитку борошнистої роси, фузаріозів, гнилей.

Збирання врожаю в оптимальні і стислі строки суттєво зменшує втрати врожаю від хвороб, підвищує якість насіння, зменшує запас інфекції.

Система удобрення має забезпечувати рослини елементами живлення відповідно до потреб, сприяючи їх росту і розвитку, підвищуючи стійкість до хвороб. Відомо, що надмірна кількість азотних добрив подовжує вегетацію, збільшує кількість придатної до зараження тканини рослин та масу рослин, що призводить до інтенсивнішого ураження багатьма хворобами.

Збалансовані фосфорні й особливо калійні добрива, мікродобрива підвищують стійкість рослин до хвороб. Роль органічних добрив також проявляється через підвищення мікробіологічної діяльності в ґрунті, що прискорює загибель інфекційного початку хвороб.

Таким чином, агротехнічні заходи часто мають вирішальний вплив на розвиток хвороб, які викликають слабкі або факультативні паразити через те, що будь-яке ослаблення рослин унаслідок поганого догляду за ними спричиняє до посилення ураження їх хворобами.

Антропогенний вплив проявляється також через спеціальні винищувальні заходи, такі як обприскування посівів і насаджень фунгіцидами, протруєння насіння і посадочного матеріалу, фумігація, хімічне і термічне знезаражування теплиць, сховищ, ґрунту, фізико-механічне видалення і знищення уражених рослин або їх окремих органів, уражених рослинних решток, пропагул патогенів. Для деяких хвороб, особливо в закритому ґрунті, велике значення може мати біологічний метод – використання мікроорганізмів-антагоністів і гіперпаразитів. Від повноти, своєчасності, ефективності проведення винищувальних заходів багато в чому залежить можливість подальшого масового ураження рослин.

Моніторинг хвороб, які не виявлені або обмежено розповсюджені на території України, здійснює Державна служба з карантину рослин.

Роль біотичних факторів слід відзначити окремо. Тварини та мікроорганізми, які самі знаходяться під антропогенним впливом, суттєво впливають на виникнення і розвиток хвороб рослин. Для

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин прогнозування розвитку хвороб враховують ті біотичні фактори, які мають найбільший вплив на перебіг хвороб. Відома залежність між розвитком популяцій деяких шкідників і хвороб: комахи, що пошкоджують плоди в саду (казарки, плодожерки) сприяють зараженню їх плодовою гниллю, нематоди спричиняють фузаріозне в'янення, розвиток вірусних хвороб прямо залежить від їх переносників – кліщів, попелиць та інших сисних шкідників. Ураження паршою плодів яблуні і груші, бульб картоплі збільшує розвиток гнилей різного походження.

Також, слід зазначити, що агротехнічні та біотичні фактори змінюються повільно, тому їх необхідно враховувати переважно під час розробки довгострокових і багаторічних прогнозів.

Моніторинг і прогноз хвороб дозволяє:

- визначити загальну тенденцію розвитку патологічного процесу;
- передбачати ступінь ураження рослин та рівень втрат урожаю для кожної зони (району);
- визначати строки розвитку окремих генерацій, зараження і проявлення хвороби;
- своєчасно інформувати службу захисту рослин та землекористувачів про особливості інфекційних процесів, ступінь ураження і можливі втрати врожаю сільськогосподарських культур від хвороб;
- раціонально організувати і своєчасно проводити профілактичні та винищувальні заходи, оптимізувати технології вирощування культур відповідно до фактичного та можливого ступеня розвитку хвороб, їх економічного значення;
- планувати виробництво, закупівлю фунгіцидів, удосконалювати їх асортимент і технології використання;
- інформувати селекційні заклади про появу нових агресивних рас збудників хвороб.

За завчасністю призначення виділяють такі форми прогнозу хвороб: багаторічний, довгостроковий, короткостроковий.

4.2.2. Багаторічний прогноз хвороб рослин

Розробляють багаторічний прогноз на декілька років (більше двох). Він дозволяє передбачити зміни ареалу хвороби, темпи її наростання і спалаху в майбутньому за роками у зв'язку із змінами в технологіях вирощування рослин, особливо обсягу і якості загальних

агротехнічних і спеціальних заходів захисту, змінами у складі сортів та площ, на яких їх вирощують, спеціалізації господарств, можливим завезенням чи заносенням інфекційного початку, циклічністю сонячної активності.

Багаторічний прогноз визначає загальну тенденцію динаміки хвороби в часі та просторі, допомагає визначити, проходить розвиток патологічного процесу в певному напрямі чи має циклічний характер. Передбачення за роками названо *часовим* прогнозом. Для такої форми прогнозу важливо враховувати мінливість агресивності патогенів, стійкості рослин до них, суттєві і тривалі зміни в технологіях вирощування культур та погодного режиму.

Територіальний (просторовий) багаторічний прогноз оснований на обліці й аналізі розповсюдження, розвитку і шкідливості хвороб, агрокліматичному обґрунтуванні їх ареалів. „Геопатологія” або „патогеографія” почала розвиватися у 40-і і продовжила у 70-і рр. ХХ ст., коли провідні фітопатологи створили карти розповсюдження іржастих хвороб, кореневих гнилей пшениці, пероноспорозу соняшнику, кили капусти, чорного раку яблуні тощо (усього 43 хвороби).

Територіальний прогноз важливий для хронічних хвороб, що мають повільну багаторічну динаміку, пов'язану із загальною культурою землеробства і кліматом. Більшість збудників таких хвороб є факультативними паразитами і накопичуються в рослинних рештках, і такими, що мають одну генерацію за рік або уражують багаторічні органи (енфітотійні хвороби).

Суттєве значення територіальний прогноз та картування має і для сезонних високодинамічних хвороб, які спричиняють агресивні і вірулентні патогени з декількома генераціями, які частіше мають аерогенний або крапельний механізм розповсюдження, уражують однорічні органи і суттєво залежать від погодних та інших умов зовнішнього середовища (епіфітотійні хвороби).

Розробка прогнозу полягає в накопиченні та аналізі багаторічних даних за такими етапами:

- узагальнення даних про фактичне проявлення хвороби;
- визначення межі основного і потенційного ареалу хвороби і урахування агрокліматичних показників, що впливають на її розвиток;
- розрахунок вірогідності виникнення епіфітотій і визначення зон різної шкідливості в межах ареалу хвороби.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Результати обліків переводять за шкалами у відповідні бали ураження культур (табл. 4.5).

Карти проявлення хвороб у певних зонах можна складати на підставі однорічних даних за комбінованою шкалою (табл. 4.6). На картах роблять запис через дріб: у чисельнику – бал розповсюдження або інтенсивності ураження, у знаменнику – бал ураженої площі. Можна застосовувати штрихування та інші умовні позначення. Щорічне картування наочно показує зміни ареалі хвороби, що особливо необхідно для нових, у т. ч. карантинних, хвороб.

Таблиця 4.5

Шкала оцінки ураження сільськогосподарських культур хворобами (%)

Основні типи хвороб	Оцінка, балів				
	0	1	2	3	4
Розповсюдженість хвороб					
Сажка хлібних злаків	0	до 0,02	0,03–1,0	1,01–3,0	3
Гнилі сходів, некрози кори дерев, деформації і в'янення трав'янистих рослин	0	до 25	26–50	51–75	76–100
Інтенсивність ураження					
Плямистості і нальоти, гнилі і в'янення окремих органів, деформації та опік плодово-ягідних культур	0	до 10	11–25	26–50	51–100
Пустули іржастих грибів	0	0,1–2,0	2,1–5,0	5,1–10,0	> 10
Уражена площа					
Усі типи ураження	0	до 10	11–33	34–75	76-100

Комбінована шкала для картування хвороб

Бал	Розповсюдженість хвороби	Інтенсивність ураження	Уражена площа
0	Немає	Відсутня	Не виявлена
1	Поодинокі	Слабка	Локальна
2	Помітна	Помірна	Значна
3	Часто трапляється	Сильна	Більша частина
4	Суцільна	Дуже сильна	Повсюдно

4.2.3. Довгостроковий (річний) прогноз хвороб рослин

Цю форму прогнозу розробляють на наступний рік (вегетаційний сезон) восени або на початку вегетації на декілька фенофаз рослини чи генерації патогена. Довгостроковий прогноз необхідний для планування видів та обсягів робіт із захисту рослин від хвороб. Основні фактори, які враховують у поточному році: ступінь розповсюдження, розвитку і шкідливість хвороби, накопичення і можливість збереження до наступного вегетаційного періоду або фенофази інфекційного початку, повнота і якість проведених профілактичних і винищувальних заходів, ступінь стійкості сортів та площі, які вони займають у певній зоні.

Обираючи методи розробки довгострокового прогнозу, керуються доступністю первинних даних, строком, на який необхідно розробити прогноз, його точністю, регіональними особливостями певної зони.

Кількість інфекційного початку та його патогенність може бути основою прогнозування хвороб, що зберігаються з насінням, садивним матеріалом, рослинними рештками у ґрунті (сажкові хвороби зернових культур, хвороби бульб картоплі, розсади овочевих культур, фузаріози, гельмінтоспоріози, альтернаріози, аскохітози, бактеріози та ін.).

Інколи для сезонного прогнозу із завчасністю 40–70 днів використовують дані обліку інтенсивності і строків проявлення інфекційного початку хвороб на рослинах або в повітрі на ранні фенофази культури. Восени або рано навесні проводять облік уредопустул або спор у повітрі для іржастих хвороб пшениці. Аналогічно можна робити відносно борошністої роси озимих

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин культур – облік ураженості посівів восени і запасу інфекції рано навесні.

Застосування методів аналізу середовищ, де зберігаються пропагули патогенів (грунтоконтролю, чистих культур, промивки ґрунту тощо), обмежене в широкій практиці через їх трудомісткість і мінливість показників патогенності й агресивності в різних екологічних умовах.

Для виникнення хвороби в одних патогенів достатньо поодиноких спор (іржасті, борошнисторосяні гриби), для інших – їх має бути тільки певна кількість. Зокрема, рак картоплі уражує рослини за наявності від 200 спор/1 г ґрунту, пероноспороз буряку – від 9 конідій/мм² площі листка. Залежність ураженості квіток яблуні борошнистою россою від зараженості бруньок восени виражена рівнянням:

$$y = 1,85 + 0,76 x (\pm 2,4) \%, \quad (4.16)$$

де y – ураженість квіток у поточному році, %;

x – зараженість бруньок восени попереднього року, %.

Розробка довгострокового прогнозу за кількістю інфекційного початку не завжди можлива. Для точного прогнозування необхідні: а) високий зв'язок між інфекційним „запасом” та розвитком хвороби, доведений статистично за багато років (більше 10); б) точні і доступні методи визначення кількості інфекційного початку, доступної до зараження тканини рослини-господаря, вірулентності інокулюма, урахування сприйнятливості рослин та оптимальності зовнішніх умов.

Умови інфекції її стан рослини-господаря також ураховують під час довгострокового прогнозування. Особливе значення має збіг періодів розповсюдження інфекційного початку патогенів, сприйнятливих фаз рослин та оптимальних для зараження умов.

Відомо, що температура і вологість повітря під час цвітіння визначають зараженість насіння пшениці і ячменю летючою сажкою. Розвиток бурої іржі пшениці в період молочної стиглості зерна залежить від кількості опадів, що випали у фазі колосіння. При опадах до 5 мм уражувалось 3 %, до 50 мм – 30 % рослин. Чергування опадів з короткими періодами посухи в період від початку викидання волоті до закінчення цвітіння значно посилює ураження рослин кукурудзи пухирчастою сажкою. Умови стійкого зволоження, як і довга посуха, стримують розвиток хвороби.

Кучерявість листя персика масово проявляється за умов відносно холодної погоди за декаду до розпускання листя персика та після

нього. Моніліальний опік суцвіть кісточкових плодкових культур сильно розвивається після прохолодної і вологої погоди під час цвітіння. Такі погодні умови сприяють зараженню дерев та збільшують період ураження.

Певна роль у патологічному процесі належить біотичним факторам. У прогнозі вірусних хвороб необхідно враховувати наявність комах-переносників вірусів, нематоди впливають на ураження рослин фузаріозами. Розвиток одних хвороб може створювати умови для розвитку інших. Наприклад, бульби картоплі уражені фітофторозом і паршою, легко загнивають. Через розтріскування ягід винограду, уражених оїдіумом, а плодів яблуні і груші – паршою, також відбувається розвиток гнилей. На пшениці бура іржа стримує проявлення септоріозу, у свою чергу, борошниста роса і кореневі гнилі обмежують розвиток іржастих хвороб.

Природу взаємовпливу різних хвороб при одночасному розвитку на рослині-господарі вивчено недостатньо. Не визначено ступінь змін кількісних показників таких сукупних патологічних процесів, що призводить до помилок під час оцінок фітосанітарного стану полів, можливих втрат у ході планування проведення заходів проти хвороб. Моніторинг окремих, навіть основних, хвороб не дозволяє точно прогнозувати загальний фітосанітарний стан. Ці чинники мають значення для корегування запланованих захисних заходів протягом вегетації.

Методи довгострокового прогнозу основані на зв'язку розвитку хвороб із кількістю генерацій патогена за певних екологічних умов попередніх періодів існування популяції збудника.

Умови погоди за попередні періоди мають вплив через зміни вірулентності збудника, накопичення і збереження інфекційного початку, а також через дію на сприйнятливість рослин, і в поточному періоді, і в наступному. Для різних хвороб та неоднакових природно-кліматичних зон використовують різні прогностичні фактори погоди. Кожен з елементів погоди має свій механізм і ступінь впливу на подальший прояв хвороби, але більш повна залежність може бути від дії групи чинників.

Відоме довгострокове прогнозування за метеопатологічним та метеобіологічним принципом. В обох випадках за допомогою методів кореляційного аналізу за багаторічний період отримують числові коефіцієнти зв'язку окремих факторів погоди або їх групи з динамікою хвороби в певному регіоні. Формули прогнозу (рівняння регресії)

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин відомі для багатьох небезпечних хвороб: бурої іржі, борошнистої роси, септоріозу, корневих гнилей пшениці, фітофторозу й альтернаріозу картоплі і помідорів, парші яблуні тощо.

Метеопатологічний принцип передбачає аналіз комплексу факторів погоди за попередній період, що впливають на поточні умови розвитку хвороби, метеобіологічний – на рослину-господаря або форми паразита в стані спокою. Дані про елементи погоди за певні періоди необхідно брати за максимально можливий строк, бажано не менше, ніж за 10–12 років. Для аналізу та факторів погоди обирають ті, періоди що на етапах патологічного процесу можуть впливати на динаміку розвитку хвороби, змінюючи стан збудника хвороби або рослини-господаря. Дані для статистичного аналізу повинні бути точними, доступними і такими, що забезпечують достатню для проведення організаційно-господарських заходів завчасність.

З елементів погоди частіше обирають температуру повітря і опади. Залежно від біологічних особливостей патогенів можна використовувати інші показники: відносну вологість повітря, число днів з опадами, тривалість вологого періоду, ГТК тощо.

Для складання формул прогнозу необхідно відбирати ті фактори попередніх періодів, які мають значні коефіцієнти кореляції з розвитком хвороби ($r = \pm 0,5$ і більше) та одночасно мають кореляцію ($r = \pm 0,3$) з найбільшим числом факторів погоди, що можуть впливати на перебіг хвороби в поточний період. Значні відхилення тих чи інших елементів погоди від середнього рівня періоду аналізу приводять до зменшення точності прогнозу. Необхідно пам'ятати, що довгострокове прогнозування має певну помилку, величина якої перш за все залежить від мінливості погодного режиму, тому краще давати його за трьома градаціями: норма, вище або нижче норми від період максимального розвитку хвороби на певну фазу культури. Отримані раніше формули прогнозу необхідно уточнювати в наступних роках з урахуванням нової фітосанітарної інформації.

4.2.4. Короткостроковий прогноз хвороб рослин

Короткостроковий прогноз – це передбачення строків окремих заражень, розвитку окремих генерацій та проявлення хвороби для визначення оптимальних строків проведення захисних заходів. Він базується на врахуванні впливу умов зовнішнього середовища протягом поточного періоду і тих, що можуть бути найближчим часом,

на інтенсивність патологічного процесу. Розробка короткострокового прогнозу має такі етапи:

1. Фенологічні спостереження за відповідними сільськогосподарськими культурами або іншими рослинами.

2. Облік наявності, запасу ті стану інфекційного початку, аналізи заспореності повітря і рослин.

3. Метеорологічні спостереження для визначення строків зараження (особливо першого) на основі даних про наявність заразного початку, гідротермічного режиму та фенофази рослини.

4. Визначення часу проявлення хвороби, появи її симптомів або утворення спороношення на основі строків зараження та ходу температур поточного періоду.

5. Сигналізація про проведення захисних заходів.

Протягом вегетації сприйнятливість рослин до хвороб не залишається постійною. Одні патогени уражують на початку вегетації, інші – у другій її половині, інколи – під час усього періоду розвитку рослини. З іншого боку, довжина періоду, під час якого збудники хвороби можуть розмножуватися й уражати рослини, також стосується можливості виникнення епіфітотій; чим коротше такий період, тим загроза епіфітотії менша. При цьому раннє первинне ураження, проявлення і розвиток хвороби збільшують вірогідність масового ураження рослин.

Кількість інфекційного початку можна суттєво зменшити за рахунок максимального обмеження первинних інфекцій. Це зміщує розвиток хвороби на більш пізні строки і тим самим зменшує її шкідливість.

Критичним періодом ураження можна вважати той етап розвитку рослини, протягом якого обмеження інфекції є вирішальним фактором у попередженні можливої епіфітотії.

Тривалість критичних періодів та їх кількість може бути різною. Так для коренеїда буряку це фаза сходів – двох пар справжніх листків; у парші яблуні – період розкриття плодових бруньок до зупинки росту пагонів; мілдью винограду – із фази двох листків до потемніння ягід. Збудник плодової гнилі може масово уражати рослини у фазі цвітіння (моніліальний опік) та визрівання плодів. Гнилі соняшнику можуть проявлятися протягом усього періоду вегетації (сходова, стеблова і кошикова форми ураження), але епіфітотійно – після фази цвітіння.

Таким чином, знаючи сприйнятливі фенофази рослин і критичні періоди розвитку хвороб, необхідно проводити моніторинг стану

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин інфекційного початку, погодних умов і рослини, що дозволяє визначати точні строки проведення захисту рослин.

Існує залежність визрівання та розповсюдження інфекційного початку від умов вегетаційного періоду, природно-кліматичної зони, агротехніки, сортових особливостей, тому необхідно визначати початок і динаміку розповсюдження пропагул патогенів. Для багатьох хвороб важливо знати, коли інфекція стає активною і може заражати рослини. Це стосується патогенів, первинну інфекцію яких здійснюють аскоспори – парша яблуні, червона плямистість сливи, кокомікоз кісточкових тощо.

Спостереження та аналізи починають ще до початку вегетації і припиняють, коли з'являються зрілі аскоспори і починається їх виліт. Можливість зараження пов'язують із наявністю органів рослини, які можуть бути зараженими, та умовами зовнішнього середовища.

Важливим показником прогнозу може бути безпосереднє виявлення спор у повітрі біля джерела первинної інфекції (рослинних решток, живих первинно уражених рослин) або біля вегетуючих рослин. Існують різні методи вилову спор. Основним є використання звичайного предметного скла, укритого фіксатором для спор – клейкою речовиною (гліцерин-желатином, вазеліном) і розміщеного в місцях можливої появи спор у повітрі. Частіше використовують споропасти типу „флюгер”, ПЛС-71, ЕСЛ-1М, ПОЗР-М та ін.

Найбільше практичне значення для короткострокового прогнозу має врахування особливостей поточних погодних умов. При оптимальному для патогенів гідротермічному режимі значно зростає швидкість і частота інфекцій, інтенсивність ураження.

Наступні після первинного зараження вторинні інфекції виникають після утворення на заражених рослинах нових поколінь спороношення. Для максимального обмеження вторинних інфекцій необхідно своєчасно провести обприскування рослин до моменту зараження. Короткостроковий прогноз таких заражень можливий, якщо відома залежність між утворенням генерацій патогена (тривалість інфекційного та інкубаційного періодів) та умовами зовнішнього середовища.

На тривалість інкубаційних періодів найбільше впливає температура повітря, залежність від якої визначена для багатьох грибних хвороб рослин. Широковідомі графіки (криві) К.М. Степанова для іржастих хвороб, Мюллера – для мілдью, Я.А. Сайдаметова – для оїдіуму винограду, які пов'язують тривалість інкубаційного періоду із

середньою температурою повітря. Номограми Н.А. Наумової, А.Г. Марланда для фітофторозу картоплі, іржастих хвороб зернових культур, оснований на співвідношенні мінімальної, максимальної із середньої температур повітря.

Для визначення тривалості інкубаційних періодів інколи використовують суми ефективних температур. Для стеблової іржі – 125 °С (нижній поріг 2 °С), бурої іржі – 85 °С (1,9 °С), жовтої іржі – 94 °С (1,9 °С), мілдью винограду – 61 °С (8 °С).

Після визначення дня первинної інфекції розраховують тривалість інкубаційного періоду (або генерації) та завчасно за 2–3 дні до його закінчення дають сигнал про застосування фунгіцидів. Кількість і строки наступних сигналів і обробок залежать від сприятливості для хвороби погодних умов, характеру та довжини захисної дії препарату, приросту нових, ще не захищених обприскуванням органів рослини, рівня можливих втрат, вартості обприскувань та рентабельності культури.

День другого та наступних заражень визначають, виявляючи спороношення після закінчення інкубаційного періоду та аналізу гідротермічних умов.

Існує декілька методів короткострокового прогнозу хвороб рослин, які в більшості випадків оснований на аналізі метеорологічних умов, що мають вплив на проходження патологічного процесу: на процес зараження, тривалість інкубаційного періоду, утворення спор та їх розповсюдження.

Фенологічний прогноз ґрунтується на визначенні для певного району за багаторічними даними зв'язку періоду проходження помітних фенологічних явищ у культурних або інших рослин з першим проявленням хвороб. Відомо, що стеблова іржа починає розвиток у фазі повного колосіння озимої пшениці, фітофтороз – у фазі цвітіння картоплі.

Фенологічні показники використовують для профілактичних обробок рослин фунгіцидами проти небезпечних швидкоплинних стабільно шкідливих хвороб (обприскування яблуні по зеленому конусу, винограду – у фазі розрихлення грон і в наступних при утворенні кожного нового 3–5-го листка тощо).

Біометеорологічний прогноз базується на визначенні строків зараження і тривалості скритих періодів розвитку хвороб залежно від факторів погоди. При цьому враховують біологічні особливості патогенів (раса, біотип) і ступінь сприйнятливості рослин.

4.2.5. Виявлення і моніторинг хвороб рослин

4.2.5.1. Загальні положення

Час першого прояву хвороби і динаміку її наступного розвитку встановлюють на стаціонарних ділянках. Такі ділянки виділяють у найтипівішому для певної зони господарстві. Кількість ділянок установлюють за принципом господарської значимості культур. Стаціонарні ділянки розміщують на 2–3 полях масиву, де рослини уражує комплекс основних хвороб. Спостереження й обліки тут здійснюють систематично протягом усієї вегетації рослин, не менше ніж через кожні 10 днів.

У ході проведення обліків необхідно, щоб отримані результати були достатньо точними з погляду їхньої вірогідності. Цей показник залежить від кількості обстежених екземплярів, загальної кількості рослин на обстежуваній площі, відсотка хворих рослин та інших факторів. Тому дані обліків оцінюють за допомогою помилки спостереження за такою формулою:

$$m = \pm \sqrt{\frac{P(1-P)}{s}} \cdot \left(1 - \frac{s}{S}\right), \quad (4.17)$$

де m – помилка спостереження (у частках від 1);

s – кількість рослин у кожній пробі;

S – загальна кількість рослин на обстежуваній території;

P – кількість хворих рослин (у частках від 1) з числа оглянутих.

При 95 % рівні вірогідності кількість уражених рослин повинна бути в межах $P \pm 2m$ від одиниці (загальної кількості рослин). За необхідності одержання більш точних даних збільшують кількість рослин у вибірці.

Загальну кількість рослин польових культур на одиниці площі визначають за нормою висіву і польовою схожістю насіння, або підрахунком кількості рослин на 1 м², погонний метр або іншу одиницю з подальшим перерахунком на 1 га чи загальну площу поля. У плодово-ягідних насадженнях кількість рослин у ряді перемножують на кількість рядів на ділянці.

Техніка обліку складається із загальної оцінки стану рослин на полі та у вірогідних пробах, відборі проб та їх ретельному огляді. Рослини або їх окремі органи оглядають безпосередньо в полі, в окремих випадках – у лабораторії. Залежно від характеру проявлення хвороби на полі, проба може являти собою облікову площадку (при

осередковому прояві хвороби) або групу рослин (при рівномірному розсіяному поширенні хвороби), які оглядають в одному місці без вибору. Проби відбирають по діагоналі, двох напівдіагоналях, у шаховому порядку або іншим способом відповідно до конфігурації поля з урахуванням його особливостей.

Основними елементами обліку є: *поширеність* (розповсюдженість) або частота, з якою трапляється хвороба, кількість хворих рослин або їх органів, виражена у відсотках до загальної кількості оглянутих під час обліку рослин. Цей показник визначають за формулою:

$$P = \frac{n \cdot 100}{N}, \quad (4.18)$$

де n – кількість хворих рослин;

N – загальна кількість рослин у пробах.

Поширеність хвороби під час обліків на декількох полях господарства, різних за площею, у районі чи області обчислюють як середньовиважений показник з урахуванням площ, на яких проводили обліки.

У деяких випадках для характеристики прояву хвороби досить одного показника поширеності. Це стосується захворювань, що зумовлюють загибель рослин чи тих їхніх органів, які формують урожай. Це хвороби, які викликають загибель сходів, в'янення, сажкові і деякі інші.

Інтенсивність розвитку хвороби або просто *розвиток хвороби* є якісним показником, який визначають за площею ураженої поверхні органів, укритих плямами, нальотами, пустулами, або за інтенсивністю прояву інших симптомів захворювання. Для оцінки ступеня прояву хвороби використовують окомірні шкали, специфічні для ряду захворювань, з відповідним числом балів (звичайно 4–5) або визначають відсоток поверхні ураженої тканини (органа) облікової рослини.

Використовуючи балові шкали обліку хвороб, звичайно дотримуються таких градацій: 0 балів – рослина здорова; 1 бал – слабе ураження рослини чи органа; 2 бали – ураження середнє, сильно уражені органи не трапляються; 3 бали – ураження середнє, деякі рослини чи органи уражені сильно; 4 бали – сильне ураження рослин чи органів, їхня загибель.

Оцінку інтенсивності прояву того чи іншого захворювання дають залежно від втрат, викликаних хворобою. Це може бути депресія, помірний розвиток хвороби, епіфітотія.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Якщо облік інтенсивності розвитку хвороби проводять за баловими шкалами, розраховують середній бал ураження, а під час обліку ураженості у відсотках – середній відсоток розвитку за формулою:

$$R = \frac{\Sigma(a \cdot b)}{N}, \quad (4.19)$$

де R – інтенсивність розвитку хвороби (бал чи відсоток);

$\Sigma(a \cdot b)$ – сума добутків кількості хворих рослин на відповідний їм бал чи відсоток ураження;

N – загальна кількість рослин в обліку.

Для переведення показника розвитку хвороби із балової оцінки у відсоткову використовують формулу:

$$R = \frac{\Sigma(a \cdot b)}{N \cdot K} \cdot 100, \quad (4.20)$$

де K – найвищий бал шкали обліку.

Ця формула забезпечує задовільну точність під час використання шкал обліків з рівномірним розподілом між оціночними градаціями – балами чи відсотками. Показник розвитку хвороби для групи полів визначають як середньозважене його значення.

На підставі даних обліку поширеності і розвитку хвороб сільськогосподарських культур можна визначати розміри збитку, заподіюваного ними. Пряма шкода від хвороб виражається у зниженні врожаю чи якості отриманої продукції. Таку шкоду визначають за відсотком загиблих або тих, що не дали врожаю, рослин. Наприклад, при захворюванні зернових культур сажкою чи порожньоколосістю, а також у разі загибелі зав'язей або плодів у плодових культур і т. ін.

Якщо хвороба не призводить до загибелі всієї рослини чи її частин, що формують урожай, шкода від хвороби не піддається безпосередньому обліку. Її встановлюють експериментально, порівнюючи врожай здорових і хворих рослин. Для цього визначають зниження врожаю у його кількісному вираженні, наприклад, за зменшенням кількості й абсолютної ваги зерен у колосі. Звичайно втрати виражають у відсотках на облікову одиницю (кількість рослин, площу) і розраховують за формулою:

$$B = \frac{(A-a)}{A} \cdot 100, \quad (4.21)$$

де B – втрати врожаю, %;

a – урожай хворих рослин;

A – урожай здорових рослин.

Для хвороб різних культур емпірично розраховані формули чи шкали, за якими визначають їхню шкідливість.

4.2.5.2. Облік хвороб зернових і круп'яних культур

Обліки гнилей зернових проводять три рази за сезон, пристосовуючи їх до фаз повних сходів, цвітіння і молочної стиглості зерна. Уражені сходи озимих культур обстежують відразу після того, як зійде сніг, коли ознаки ураження сніжною плісенню й іншими хворобами (склеротинія, тифульоз) проявляються особливо чітко. На ярих культурах і кукурудзі ураження кореневими гнилями визначають з появою повних сходів.

Попередня оцінка загального стану посівів полягає в розподілі їх на три групи: не уражені, слабо уражені і сильно уражені хворобою. При цьому відзначають кількість і площу полів відповідних градацій і характер ураження – осередковий чи рівномірний. З кожної групи полів вибирають одне найтипніше, на якому і проводять основний облік.

Кількість і розмір облікових ділянок установлюють залежно від характеру ураження і площі поля. За наявності великих плішин на площі до 100 га виділяють чотири облікових ділянки розміром 0,25 га (50 × 50 м), розташовуючи їх по діагоналі. У разі загибелі рослин у вигляді дрібних плішин, розмір ділянки зменшують до 0,1 га (33 × 33 м). На площі більше ніж 100 га на кожні наступні 50 га додають по одній обліковій ділянці відповідних розмірів. На кожній обліковій ділянці проводять обмірювання плішин. Визначивши загальну площу усіх осередків хвороби на облікових ділянках, установлюють відсоток ураженої площі за формулою:

$$Q = \frac{\sum n \cdot 100}{N}, \quad (4.22)$$

де Q – осередкова загибель рослин (відсоток ураженої площі);

$\sum n$ – площа всіх осередків;

N – площа облікових ділянок.

При зрідженні посівів визначають відсоток загиблих рослин на облікових ділянках, на яких без вибору оглядають по 100 рослин. На площі до 100 га беруть 100 таких проб, додаючи на кожні наступні 50 га по одній пробі. У кожній пробі підраховують кількість загиблих і сильно уражених рослин. Загальну шкоду обчислюють як суму відсотків осередкової загибелі та зрідження посіву.

У фазі молочної стиглості і дозрівання зерна обліковують кореневі гнилі злаків. Для цього на площі до 100 га оглядають 10 проб по 10 рослин і визначають інтенсивність ураження рослин за бальною шкалою: 0 балів – здорові рослини; 1 бал – слабе побуріння основи

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
стебла чи підземного міжвузля; 2 бали – сильне побуріння основи стебла і підземного міжвузля; 3 бали – сильне побуріння і білостебельність; 4 бали – загиблі чи порожньококосі рослини. На підставі даних таких обліків обчислюють поширеність і інтенсивність розвитку коренових гнилей.

Втрати врожаю зерна від гелмінтоспоріозної кореневої гнилі (*Helminthosporium sativum* Р. К. et В.) у посушливих районах можна розрахувати, використовуючи таку шкалу: при інтенсивності ураження 1 бал – 5 %, 2 бали – 23 %; 3 бали – 50 %.

Облік сажки проводять у визначені фази вегетації культури, коли вона найбільше сильно виражена на рослинах: на пшениці, житі, ячмені і вівсі – наприкінці молочної – початку воскової стиглості зерна; у проса і рису – після появи забарвлення квіткових плівок у верхній частині волоті; на кукурудзі і сорго – на початку повної стиглості насіння основної маси рослин. Обліки проводять роздільно по видах сажки для кожного сорту тієї чи іншої культури. При цьому проби розташовують на однаковій відстані одна від іншої; рослини в пробі беруть підряд, без вибору. Кількість проб і рослин у них залежить від культури і площі поля.

Сажку кукурудзи обліковують під час аналізу відібраних для апробації качанів, ураженість інших органів (стебла, волоті тощо) визначають під час відбору проб на рослинах, з яких узято качани. Якщо на посівах кукурудзи не проводять апробації, то для обліку сажки на кожні 100 га беруть 10 проб по 25 рослин. Рослини оглядають і підраховують кількість здорових і хворих рослин (окремо уражені летючою і пухирчастою сажкою).

Під час обліку втрат зерна злакових культур від сажки варто мати на увазі, що повна шкідливість цього типу захворювання складається з явних і прихованих втрат урожаю. Обчислення загальних (явних і прихованих) втрат від сажки проводять за спеціальними формулами.

Таблиця 4.6

Формули для обчислення загальних втрат урожаю зернових злакових культур від сажки

Зернові злаки	При ураженні рослин сажкою, %	
	< 1,25	> 1,25
Ярі	$y=11x - 4,4x^2$	$y=5,89 + 0,79x$
Озимі	$y=20x - 8x^2$	$y=11,55 + 0,76x$

Примітка: y – загальні втрати врожаю, %; x – ураженість рослин сажкою, %.

Якщо ураження ярих посівів сажкою становить 30 % і вище, а озимих – 50 % і більше, приховані втрати, як правило, відсутні і загальні втрати урожаю відповідають значенню поширеності хвороби в полі.

Плямистості і нальоти на зернових колосових культурах обліковують у період від початку колосіння до молочної стиглості зерна; на кукурудзі – на початку дозрівання зерна. На площі до 50 га треба брати 20 проб по 10 рослин у кожній. На більших площах беруть додатково по дві проби на кожні 10 га. Для кожного захворювання визначають поширеність, а також розвиток хвороби. Ці показники розраховують на підставі визначення відсотка ураженості кожного органу облікової рослини.

Для деяких хвороб розроблено методи визначення їхньої шкідливості. Недобір урожаю зерна від борошнистої роси обчислюють за формулою:

$$y = k\sqrt{R}, \quad (4.23)$$

де v – втрати врожаю, %;

k – коефіцієнт; для пшениці 2,0, а для вівса і ячменю 2,5;

R – розвиток хвороби (%), що обчислюють по чотирьох верхніх листах між фазами колосіння і початком дозрівання зерна за спеціальною шкалою.

Залежність втрат урожаю озимої пшениці від смугастої мозаїки (*Streak mosaik*) виражена рівнянням:

$$y = 101,4 - 0,7 \cdot 493x, \quad (4.24)$$

де y – врожай (у відсотках від потенційного);

x – розвиток хвороби.

Усі види іржі, крім стеблової, раховують у період наливу – молочної стиглості зерна. Стеблову іржу (*Puccinia graminis Pers.*) обліковують одночасно із сажковими захворюваннями при апробації зернових культур. На полях площею до 100 га беруть 20 проб по 10 стебел у кожній. У пробі визначають ступінь ураження кожного листка за спеціальними шкалами (рис. 4.10).

Усі види іржі обліковують по головному стеблу рослини. При цьому визначають ураженість кожного міжвузля чи листка, починаючи зверху. Листки, що засохли більше ніж на 3/4, не враховують до уваги. У разі одночасного обліку двох видів іржі запис у польовий журнал роблять у вигляді дробу. Поширеність іржі при виробничих обліках не обчислюють.

Втрати врожаю зерна пшениці від іржі залежно від розвитку хвороби наведено в табл. 4.7.

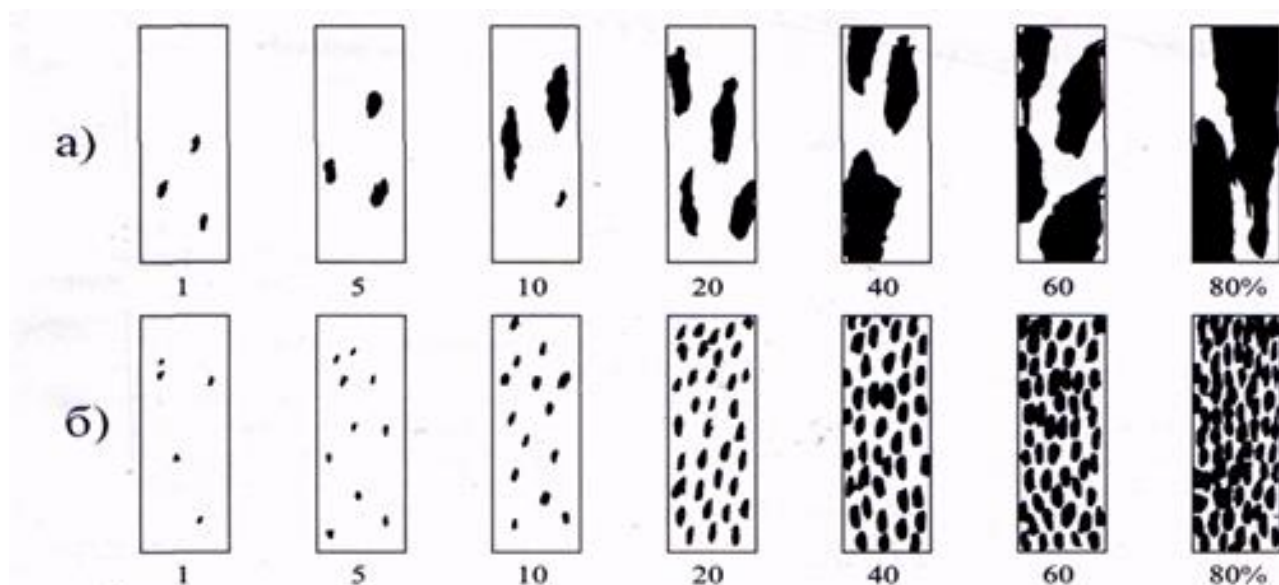


Рис. 4.10. Шкали для обліку хвороб злакових зернових культур:
а) борошнистої роси і септоріозу; б) бурої іржі

Таблиця 4.7

Втрати врожаю зерна пшениці від іржастих хвороб

Розвиток хвороби, %	Втрати врожаю зерна, %				
	бура іржа			жовта	стеблова
	цвітіння	молочна стиглість	налив зерна	молочна стиглість	повна стиглість
5	0,2	-	0	0,2	-
10	1,0	0	3,4	1,0	0,5
20	2,3	0,8	5,8	2,3	3,4
30	5,4	1,4	9,3	5,4	8,0
40	10,0	3,0	13,3	10,0	15,0
50	14,0	6,0	17,7	14,0	29,0
60	18,0	8,8	22,2	18,0	43,0
70	22,1	11,5	26,0	22,1	54,0
80	26,5	14,5	28,5	26,5	61,0
90	30,8	17,0	30,7	30,8	68,0
100	35,0	20,0	33,0	32,5	75,0

Обстеження ярих проводять перед колосінням. Для цього по діагоналі поля в 15–20 місцях оглядають рослини на облікових площадках розміром 0,25 м² або на 1 пог. м. Визначення хвороби

проводять орієнтовно, оскільки, щоб установити вид вірусу, у деяких випадках необхідні спеціальні аналізи. Для цього зразки хворих рослин пересилають у відповідні науково-дослідні установи.

Вірусні хвороби злаків обліковують восени через 15–20 днів після появи сходів і перед припиненням вегетації рослин. Ділянки вибирають на різних полях, при цьому фіксують відмінності у строках посіву озимих, тому що озимі ранніх термінів посіву значно сильніше уражаються вірусними хворобами. У зв'язку з цим результати обліків, проведених на різному агротехнічному фоні, мають важливе практичне значення. Осінні обстеження озимих закінчують перед припиненням вегетації рослин; навесні обліки проводять щодавно – до періоду колосіння.

4.2.5.3. Облік хвороб бобових культур

Під час обліків гнилей і в'янення сходів бобових культур на площі до 10 га оглядають 10 проб по 10 рослин, на площі 11–25 га – 20, 26–50 га – 30 і 51–100 га – 50 проб. Ступінь ураження враховують по відсотку ураженої тканини, використовуючи звичайну чотирибальну шкалу: 1 бал – 10 % ураженої поверхні; 2 бали – 11–25 %; 3 бали – 26–50 %; 4 бали > 50 %.

В'янення і гнилі на дорослих рослинах починають обліковувати з фази цвітіння і закінчують за 2–3 тижні до збирання врожаю. Кількість проб під час обстеження залежить від площі поля.

Ураження гнилями багаторічних бобових трав (конюшина, люцерна тощо) у період сходів чи після перезимівлі також призводить до загибелі рослини. При цьому, як і у випадку захворювання зернових культур, гнилі проявляються осередками чи дифузно. Захворювання обліковують за методикою виявлення гнилей зернових культур.

Спостереження за розвитком плямистостей, нальотів і пустул починають з моменту цвітіння і продовжують до початку збирання врожаю. Основний облік проводять у період максимального розвитку хвороб. Методика обліку така сама.

Методики визначення втрат урожаю бобових культур такі самі, що і для інших культур. При слабкому ураженні гороху іржею (5–8 %) шкідливість хвороби математично не доводять. Розвиток хвороби на 18,9 і на 28,3 % зумовлює зниження врожаю відповідно на 14,5 і на 28,9 %.

4.2.5.4. Облік хвороб картоплі, овочевих і баштанних культур

Обстеження сходів овочевих і баштанних культур на ураженість гнилями і в'яненням проводять у період розвитку другої пари листків. На ділянці беруть 10 проб по 0,25 м рядка. У кожній пробі викопують усі рослини і обліковують ураження хворобами за такою шкалою (у балах): 0 балів – здорові рослини; 1 бал – слабка ураження (на корінці і сім'ядолях помітні бурі смужки); 2 бали – ураження середнього ступеня (початок утворення перетяжки корінця); 3 бали – сильне ураження (перетяжка охоплює більше половини корінця); 4 бали – загибель проростка.

Характеризуючи стан посіву, указують відсоток зрідження (за кількістю загиблих паростків) та інтенсивність розвитку хвороби. Після проріджування проводять ще один облік за тією самою методикою і визначають відсоток рослин, що мають перетяжку кореня.

При ураженні сходів картоплі чорною ніжкою визначають тільки поширеність хвороби. При цьому мають на увазі, що у різних сортів картоплі спостерігаються неоднакові симптоми хвороби. Часто чорна ніжка проявляється у вигляді недорозвиненості рослини, пожовтіння і здрібнювання листків, почорніння стебла з подальшим його розм'якшенням і загниванням (у сортів Лорх, Приїкульський ранній, Північна троянда). Однак швидке пожовтіння і в'янення рослин нерідко відбувається без почорніння і загнивання стебел, іноді у вологі роки вони загнивають (ослизнюються, але не чорніють). У деяких стійких сортів і гібридів нижня частина стебла набуває бурого чи жовтого забарвлення без наступного загнивання.

Хвороби сходів розсадних культур (капуста, помідори тощо) обліковують у парниках і теплицях, де ураження може бути осередковим чи розсіяним. У разі осередковій загибелі рослин визначають площу кожного осередку і загальну уражену площу для кожного типу культивацийних споруд закритого ґрунту. У разі відсутності явно вираженого ураження у 10 місцях оглядають по 10 рослин. В результаті обліку встановлюють площу загиблої розсади (м²), відсоток загиблих і уражених хворобою рослин. Після висадження розсади в поле обліковують від 100 до 250 рослин у 10–20 пробах залежно від культури, виду хвороби та характеру її проявлення.

В'янення дорослих рослин обліковують з початку цвітіння до утворення плодів, у період максимального розвитку хвороби. Для цього на ділянках площею до 50 га беруть 20 проб. Якщо площа поля

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
перевищує 50 га, то на кожні наступні 10 га додають по дві проби. У кожній пробі оцінюють 10 рослин у рядку.

Гнилі коренеплодів і плодів овочевих культур обліковують залежно від культури. Хвостову і серцевинну гнилі коренеплодів буряку виявляють за 5–10 днів до збирання. Проби беруть у 20 місцях по діагоналі поля, оглядаючи по 10 рослин у рядку без вибору, визначають відсоток хворих коренеплодів. Гнилі на плодах баштанних культур обліковують безпосередньо перед збиранням урожаю, аналізуючи по 10 плодів у 10 місцях кожної ділянки. Обліки гнилей бульб картоплі і плодів овочевих культур проводять за 1–2 дні до збирання окремо для ранніх, середніх і пізніх сортів. На ділянці беруть у 10 місцях по 10 кущів. Урожай з кожних 10 кущів складає одну пробу, з якої аналізують по 20 бульб або плодів.

Облік вірусних хвороб овочевих культур у відкритому ґрунті проводять вибірково, у тепличних господарствах доцільно обстежувати всі рослини. Масове поширення вірусних хвороб томатів і огірків у теплицях звичайно починається через 2–3 тижні після висаджування рослин на постійне місце. У відкритому ґрунті вірусні хвороби томатів (бронзовість, мозаїка), мозаїчні хвороби огірків і баштанних культур досягають максимуму в другій половині вегетації. Саме в ці терміни необхідно проводити основні обстеження й обліки.

Аналіз бульб картоплі на виявлення фітофторозу та інших хвороб проводять три рази: перший – під час збирання врожаю, другий – через 3–4 тижні після збирання (якщо хворобу було виявлено під час першого аналізу) і навесні. Перед посадкою від кожної партії картоплі (бурт, засік) вагою до 10 т беруть 200 бульб з 10 місць. На кожні наступні 10 т додають по 50 бульб, узятих з п'яти різних місць. При аналізі невеликої партії (до 1 т) можна брати зразок у 100 бульб. Відібрані бульби ретельно миють водою і 100 з них розрізають уздовж. Визначають відсоток хворих бульб, середньозважену поширеність хвороби визначають окремо для бригади, господарства і т. д.

Плямистості і нальоти обліковують за методикою, аналогічною для обліків в'янень і гнилей. Інтенсивність розвитку хвороб на листках і плодах визначають за відсотком ураженості органів облікових рослин. Під час обліку ураженості стебел кавуна антракнозом інтенсивність розвитку хвороби визначають у балах за такою шкалою: 0 балів – відсутність хвороби; 1 бал – плями (до 10) на стеблах дрібні, крапкові, одиничні; 2 бали – більш 10 дрібних плям чи 1–2 великих, штрихи довжиною до 2 см, є плодоношення гриба; 3 бали – плями

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин злилися, є розриви тканини, окільцьовування стебла; 4 бали – засихання і загибель рослини.

Ступінь ураження листків огірків бактеріозом визначають за такою шкалою: 0 балів – захворювання відсутнє; 1 бал – захворювання проявляється приблизно на 1/10 частині всіх листків, бактеріальні плями зосереджені часто на одній дольці листка, укриваючи до ¼ частини його поверхні; 2 бали – захворювання охопило до половини листків рослини, бактеріальні плями вкривають до ½ частини поверхні листа; 3 бали – захворювання охоплено понад половину листків рослини, бактеріальні плями вкривають більше ½ частини поверхні листка; 4 бали – сильно уражені всі листки рослини в сильному ступені.

Під час обліків судинного бактеріозу капусти використовують таку шкалу: 0 балів – відсутність ураження; 1 бал – усихання у вигляді окремих дрібних плям на краях листків, переважно нижнього ярусу розетки; 2 бали – окремі, досить великі, підсихаючі з країв листової пластинки, бурі або коричневі плями, що мають характерну форму, облямовану вузьким яскраво-зеленим ореолом від клітин, які відмирають. На поперечному розрізі виявляються чорні судини жилок. На окремих листах уражений цілий сектор, вершина якого досягає центральної жилки листа; 3 бали – згортання сухого сектора і країв більшості листків з частковим чи повним потемнінням судинних пучків у черешку; 4 бали – велика частина листків близька до відмирання, спостерігається опадання листків, при цьому на поперечному зрізі кочериги добре помітні чорні судини.

Кореневий рак цукрового буряку виявляють одночасно з гнилями коренеплодів на тій самій кількості рослин, визначають поширеність хвороби. Аналогічні спостереження проводять і щодо кили капусти.

Рак картоплі виявляють у період копання бульб. Спочатку проводять попередній огляд ділянок, аналізуючи корені, основу стебел і бульби. Після цього детально обстежують уражені ділянки на виявлення осередків хвороби, беручи проби з трьох кущів, викопаних підряд. Проби розташовують рівномірно по площі, обов'язково обстежуючи ділянки поблизу тваринницьких ферм, місць збереження гною і т. ін. Якщо обстежувана ділянка більша за 20 га, її попередньо розбивають на менші ділянки і на кожній з них проводять обліки. Під час обстеження в період збирання врожаю, крім бульб, оглядають і бадилля (коренева шийка і столони). У ході аналізу бульб проби

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина відбирають не менш ніж з 10 % куп картоплі у різних місцях і на різній глибині у кількості 100 бульб на 0,1 т.

Втрати врожаю цукрового буряку від церкоспорозу можна встановити за даними табл. 4.8.

Таблиця 4.8

Втрати врожаю цукрового буряку від церкоспорозу

Хворих рослин, %	Інтенсивність ураження	Втрати врожаю, %		
		коренеплодів	гички	цукристість
6–25	слабке	3	10	незначні
26–50	середнє	10	25	0,5
51–75	сильне	20	30	1,0
більше 75	дуже сильне	30	75	2,0

Вірусні хвороби картоплі обліковують, ураховуючи зовнішні ознаки їхнього прояву за спеціальними шкалами. Обліки проводять у два терміни: у період бутонізації і при перших ознаках відмирання бадилля на ранніх сортах та після масового цвітіння на інших сортах.

4.2.5.4. Облік хвороб плодово-ягідних культур і винограду

Засихання плодових культур (цитоспороз, чорний рак тощо) обліковують, оглядаючи на площі до 100 га не менше ніж 50 дерев кожного основного сорту; на площах до 1000 га на кожні 100 га додають по 5 дерев. На невеликих ділянках оглядають усі плодові дерева.

Інтенсивність ураження цими типами хвороб оцінюють у балах. Під час обліку ураженості дерев некрозом кори використовують таку шкалу: 0 балів – здорове дерево; 1 бал – у кроні є одиничні засохлі гілки, на поверхні кори видно плодові тіла грибів; 2 бали – на скелетних гілках і штамбі добре помітно некротичні плями, частина гілок засохла; 3 бали – майже усі скелетні гілки уражені, на штамбах спостерігаються численні некротичні плями, велика частина крони засохла; 4 бали – повна загибель дерева.

Для обліку інтенсивності розвитку звичайного раку застосовують шкалу: 0 балів – здорове дерево; 1 бал – незначне ураження гілок крони (до 20 %), невеликі виразки, що не перевищують по площі 10 см², прикриті валиком калюсу; 2 бали – ракові виразки з оголеною деревиною на штамбі займають площу 20–70 см², у кроні засихають

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
окремі гілки; 3 бали – виразки на штабмі досягають 120 см², вони глибокі, листя в кроні рідке, світле, засохли окремі скелетні гілки крони; 4 бали – засохле дерево.

Інтенсивність прояву трахеомікозу характеризують за такою шкалою: 0 балів – здорова рослина; 1 бала – у кроні одиничні усохлі пагони чи скелетні гілки; 2 бали – частина скелетних гілок засохла (до 25 %), інші уражені в тому чи іншому ступені; 3 бали – майже всі скелетні гілки засохли, на штабмі спостерігається камедь, з'являється поросль; 4 бали – повна загибель дерева.

У разі швидкоплинної форми бактеріального раку визначають тільки поширеність хвороби (відсоток загибелі дерев).

Кореневий рак саджанців у розплідниках і шкілках виявляють під час їх викопування. Хворобу фіксують окремо для кожного сорту, групують за місцем прояву хвороби (коренева шийка, головний корінь чи тільки бічні корені). Для виявлення осередків поширеності хвороб на території розплідника чи шкілки обстежують 200 рослин кожної породи чи сорту, рівномірно розподілених на 10–20 площадках, які вибирають по діагоналях ділянки через рівні проміжки.

Опіки плодівих культур, спричинені грибами роду *Monilinia*, найчастіше проявляються у вигляді швидкоплинного в'янення квіток, листків і молодих пагонів. При сильному розвитку хвороби можливе усихання окремих скелетних гілок, а іноді і всього дерева. Кількість дерев, що підлягають обліку, така сама, як і при обстеженні садів на ураженість усиханням. Облік ураження листків і квіток проводять один–два рази через 10 днів після початку цвітіння. Ураженість пагонів і гілок реєструють два рази за сезон: перший раз – під час визначення кількості загиблих квіток, коли відбувається ураження лубу міцелієм, що проникає із заражених суцвіть, другий раз – восени, під час появи на пагонах поперечного кільця, коли додатково засихають нові пагони, заражені від плодів. Ступінь ураження дерева оцінюють комплексно, за станом квіток, листків і пагонів. При цьому використовують шкалу: 0 балів – захворювання відсутнє; 1 бал – загибель маточок і пелюсток (на листках одиничні дрібні червоні крапки); 2 бали – загибель квіток, зав'язей і квітконіжок (почервоніння центральної жилки листка і черешків); 3 бали – повна загибель квіток і листків; 4 бали – на уражених органах спостерігається спороношення гриба, почалося ураження пагонів.

У результаті таких обстежень одержують дані про поширеність хвороби на кожному дереві і в насадженні в середньому, а також

установлюють інтенсивність її розвитку. Для цього на кожному обліковому дереві беруть 4 гілки третього порядку і підраховують кількість хворих і здорових пагонів. Маючи достатньо навичок, можна окомірно визначати, яка частина органів якою мірою уражена опіком.

Ураженість листків і плодів плямистостями і нальотами встановлюють у період максимального прояву захворювання. На відібраних для обстеження ділянках площею до 50 га беруть рівномірно у різних місцях по 10 дерев основного сорту. На кожні наступні 10 га додають ще по 2 дерева. На облікових деревах вибирають по 4 пагони, на яких оглядають по 25 листків і плодів. Для оцінки падалиці на ураження паршею під кожним обліковим деревом збирають по 50 плодів. Поширеність і інтенсивність розвитку хвороб установлюють на основі визначення ступеня ураження кожного органа.

Восени, після опадання листків, і навесні, до розпускання бруньок, доцільно визначити ступінь ураження вегетативних органів плодкових дерев борошнистою росою. Це дозволяє зробити висновок про успішність перезимівлі патогена. Розвиток цієї хвороби визначають за шкалою: 0 балів – пагони здорові; 1 бал – незначне ураження верхньої частини пагона; 2 бали – міцеліальний наліт покриває до 1/4 довжини пагона; 3 бали – пагони до половини своєї довжини покриті нальотом міцелію і спороношенням; 4 бали – міцелій поширився на всю довжину пагона, верхівки відмирають.

При обліку плямистостей і нальотів на ягідниках на кожній обстежуваній ділянці рівномірно оглядають по 10 кущів. Інтенсивність розвитку хвороби визначають за відсотком ураження кожного органа. Під час обліку іржі на листках плодкових і ягідних культур застосовують ту саму методику, що і в процесі обліку плямистостей.

Інтенсивність розвитку антракнозу на пагонах малини оцінюють у балах: 0 балів – ураження відсутнє; 1 бал – плями поодинокі, виразок немає; 2 бали – плями численні, з рідкими виразками чи без них; 3 бали – численні плями великі, звичайно зливаються з виразками; 4 бали – відмирання пагона.

Для обліку хвороб винограду (типу плямистостей і нальотів) на кожній ділянці площею до 50 га беруть по 10 кущів, вибираючи їх рівномірно по території обстежуваної площі. На кожні наступні 10 га додатково обстежують по два кущі. Ураження листків і грон обліковують роздільно. Обстеження на листках проводять у період максимального розвитку хвороби, для мілдью – обов'язково до чеканки виноградних кущів. Грона аналізують перед збиранням урожаю.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

На облікових кущах вибирають по одному основному пагону, на якому оглядають усі листки, визначають ступінь ураження кожного з них. На гронах визначають відсоток ураження їх на кожному обліковому кущі, а також інтенсивність розвитку хвороби.

Деформації на плодкових культурах («відьмини мітли», кучерявість листків, кишеньки плодів сливи) обліковують один раз за сезон одночасно з обстеженням садів на усихання. У разі кучерявості визначають кількість хворих дерев і ступінь їхнього ураження, оглядаючи на кожному дереві по 25 листків з чотирьох сторін. Кишеньки сливи і вишень ураховують не раніше, ніж через 20 днів, а на стійких сортах – через 35–40 днів після цвітіння, установлюють поширеність хвороби окремо для дерев і плодів.

Гнилі плодів обліковують з моменту появи товарної падалиці на 10 деревах кожного основного сорту, рівномірно розподілених по насадженню. Для цього під кожним деревом збирають без вибору у 5 різних місцях по 50 плодів, визначають відсоток уражених плодів.

Обліки хвороб у садах і виноградниках варто проводити щорічно в одних і тих самих господарствах на визначеному наборі основних сортів стаціонарних ділянок.

4.2.5.5. Моніторинг хвороб зерна

Хвороби пов'язані з зерном – фузаріоз колоса, чорний зародок, ріжки злаків та деякі інші – можуть суттєво зменшувати врожай зерна та його якість.

Фузаріоз колоса поширений переважно в західних областях України. Оптимальні умови для розвитку – часті дощі, підвищена вологість (більше 77 %) і температура повітря 28–30 °С у період від початку колосіння до досягання. Швидкий розвиток хвороби відбувається при виляганні посівів або тривалого перебування скошених хлібів у валках. При ранньому зараженні формується щупле неповноцінне зерно з низькою або втраченою життєздатністю, а при пізньому – знижуються посівні якості зерна. При зберіганні зерна в буртах, якщо його вологість вища за 18 %, фузаріоз продовжує розвиватися. Уживання ураженого зерна може викликати токсикози в людини і тварин. Це відбувається через утворення грибом вомітоксину, норма вмісту якого в продовольчій сильній та твердій пшениці не більше 1 мг, рядовій – 0,5, у зерні на корм – 2 мг на 1 кг зерна.

Фузаріоз колоса обліковують на посівах пшениці на початку колосіння – повної стиглості зерна через кожні 10–15 днів. Оглядають 20 проб по 10 колосів і визначають ступінь ураження за шкалою: 0 балів – ураження немає; 1 бал – уражено до 10 % поверхні колоса; 2 бали – уражено 11–25 % поверхні колоса; 3 бали – уражено 26–50 %; 4 бали – уражено понад 50 %.

Облік ураження зерна. Із партії зерна беруть середню пробу масою не менше 2 кг, з якої відбирають дві наважки масою $50 \pm 0,1$ г. Виділяють усі зерна з ознаками фузаріозу і зважують з точністю до 0,01. Вміст маси фузаріозних зерен у відсотках обчислюють за формулою:

$$P_m = 50 \left(\frac{m_1}{M_1} + \frac{m_2}{M_2} \right), \quad (4.25)$$

де P_m – вміст фузаріозних зерен за масою, %;

M_1, M_2 – маса зерна в першій і другій наважках, г;

m_1, m_2 – маса фузаріозного зерна в першій і другій наважках, г.

Відсоток фузаріозних зерен у пробах визначають за аналогічною формулою:

$$P_n = 50 \cdot \left(\frac{n_1}{N_1} + \frac{n_2}{N_2} \right), \quad (4.26)$$

де P_n – вміст фузаріозних зерен за їх кількістю (поширеність хвороби на зерні, %);

N_1, N_2 – кількість зерна в першій і другій пробах;

n_1, n_2 – кількість фузаріозного зерна в першій і другій пробах.

Хвороби зерна обліковують різними методами фітоекспертизи: зовнішній огляд, центрифугування, біологічний і анатомічний. В окремих випадках застосовують серологічні, люмінесцентні аналізи.

Метод зовнішнього огляду використовують при виявленні сажкових мішечків і ріжок. Визначають їх кількісний вміст у зерні у відсотках.

Зараженість насіння зернових культур поверхневою та внутрішньою інфекцією (фузаріоз, альтернаріоз, гельмінтоспоріоз, пліснявіння) визначають методом вологої камери із застосуванням паперових рулонів. Із партії насіння беруть середню пробу 200 г, розсипають її на скло тонким шаром і ділять на чотири трикутники. Із кожного з них відбирають по 50 зернин. Для пророщування насіння беруть дві смужки фільтровального паперу 100×15 см. уздовж смужки на відстані 2 см від верхнього краю простим олівцем проводять лінію.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Зверху записують характеристику зразка і дату аналізу. Потім папір стерилізують, зволожують стерильною водою і накладають на поліетиленову плівку розміром 100 × 10 см. По окресленій лінії розкладають насіння зародком донизу на відстанні 1 см по 100 шт. на кожну смужку. Насіння закривають цим самим папером, згорнувши його навпіл уздовж, здвигують до нижнього краю плівки, скочують у рулон разом із плівкою, ставлять у скляний стакан, місткістю 250 мл, насінням догори, на дно якого наливають небагато води. Насіння пророщують 7 днів за температури 20–22 °С. Потім ножицями обрізають корінці, які знаходяться нижче від фільтрувального паперу, розгортають рулон і починають аналіз. Підраховують кількість проростків, уражених гелмінтоспоріозом, альтернаріозом, фузаріозом, іншими мікроорганізмами за відповідною шкалою.

Гриби роду *Fusarium* проявляються у вигляді пухкого нальоту білого або рожевого відтінку. Грибниця також забарвлює папір в рожевий колір.

Гриби роду *Helminthosporium* формують чорний бархатистий наліт, який переходить на папір. Хвороба проявляється у вигляді побуріння корінців і колеоптиля.

Насіння з альтернаріозом вкриває наліт від сірого до майже чорного кольору, схожий на проявлення гелмінтоспоріозу. Для точного визначення необхідно оглянути під мікроскопом або через лупу великого збільшення (10^x). Спори гелмінтоспоріуму значно більші і мають веретеноподібну форму.

Ураженість насіння грибами оцінюють за такою шкалою: 1 бал – слабкий наліт або спороношення грибів, корінці і проросток нормально розвинені, їх забарвлення не змінилося або помітні слабкі штрихи та плями; 2 бали – спостерігається наліт або спороношення грибів, інтенсивне побуріння нормально розвинених корінців і проростка біля основи; 3 бали – густий наліт і спороношення грибів, сильне побуріння корінців і проростка. Корінці і проросток відстають у розвитку; 4 бали – густий наліт і спороношення грибів, зернівка буріє і загниває. Корінці і проросток уражені, сильно пригнічені, закручені і загнивають.

Перший бал відповідає ураженню зернівок зовнішньою інфекцією. Проростки, уражені сильніше (2, 3, 4 бали), звичайно несуть внутрішню інфекцію. Зараженість насіння та розвиток хвороб визначають за загальноприйнятими формулами.

Найточнішим методом обліку зараженості насіння є біологічний, з використанням штучних живильних середовищ. Його застосовують переважно для визначення внутрішньої зараженості насіння патогенними грибами та бактеріями, що повільно розвиваються, що їх заглушити сапрофітні мікроорганізми.

Відібране для аналізу насіння дезінфікують протягом 1 хв 96 % спиртом з подальшим просушуванням між листами фільтрувального паперу або 5 хв 0,5 % розчином марганцевокислого калію з подальшою ретельною промивкою стерильною водою. Після цього насіння розкладають у вологі камери (чашки Петрі) на фільтрувальний папір та інкубують при температурі 24–27 °С протягом 5–7 днів. Вид збудників визначають за характером спороношення на зерні, за необхідності висівають міцелій на штучні середовища з подальшою ідентифікацією збудника за зовнішнім виглядом колоній на штучних середовищах та мікроскопічним аналізом. Зараженість насіння зменшується за рахунок знищення поверхневої грибниці грибів.

Під час пророщування насіння, зараженого фузаріозом, на ньому може проявлятися різна ступінь ураження. Якщо на насінні формується білий пушок грибниці, є побуріння корінців, колеоптиля, насіння проросло нормально – ураження слабке поверхневе.

Ураження сильне, якщо спостерігається загнивання корінців, стебла, проростки ненормальні, з побурілими тканинами, грибниця біло-рожева або яскраво-помаранчева (спороношення гриба).

4.3. Основи моніторингу і прогнозу розвитку бур'янів

На посівах культурних рослин може рости більше 1000 видів диких рослин, з яких біля 400 видів можуть спричиняти шкоду, а 100–120 вважають стабільно шкідливими бур'янами. Прямі втрати врожаю сільськогосподарських рослин від них у середньому становлять 10,3 % від валового збору врожаю, а при сильній забур'яненості сягають до 30 % і більше.

За останні роки проблема захисту від бур'янів значно загострилася внаслідок погіршення фінансово-економічного стану господарств. Втрачають до 20 % продукції, на захист від бур'янів витрачають до третини витрат, які йдуть на вирощування культур.

Бур'яни зменшують родючість ґрунту, конкурують з культурними рослинами за живильні речовини, вологу, світло, чим можуть значно пригнічувати їх розвиток. Вони ускладнюють

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин проведення робіт по догляду за посівами, збільшують витрати пального, добрив, засмічують урожай. На забур'яненних посівах температура ґрунту зменшується на 2–4 °С, що уповільнює процеси мінералізації органічних речовин та швидкість розвитку культурних рослин. Коріння деяких бур'янів виділяє фітонциди, які пригнічують культурні рослини. На бур'янах розвивається і зберігається велика кількість небезпечних хвороб і шкідників рослин, унаслідок чого утворюються природні резервації шкідливих організмів, що зумовлює епіфітотії та масове розмноження шкідників на культурних рослинах.

Бур'яни набагато краще пристосовані до розвитку в агроценозах і характеризуються високою продуктивністю насіння, наявністю періоду спокою та іншими біологічними особливостями, які дозволяють їм зберігатися і накопичуватися на полях.

В орному шарі ґрунту товщиною 30 см може бути від 100 млн до 4 млрд і більше насінин бур'янів на 1 га, не враховуючи їх кореневищ!

Конкурентоздатність і шкідливість основних бур'янів у посівах культурних рослин добре відомі. Вони залежать від особливості агротехніки культури і сорту, строків і способів посіву, густоти рослин, видів, строків і способу застосування гербіцидів та добрив, особливості погодного режиму під час вегетації і в попередні періоди та інших факторів.

На кожному полі залежно від культури та екологічного стану, що склався, можна виявити від 10 до 50 видів бур'янів. Для планування заходів проти них необхідно орієнтуватися не на окремі види, а на сукупність видів, що переважають на полі. На основі біологічних особливостей, сприйнятливості до гербіцидів, заходів, які необхідні для боротьби з ними, можна виділити для сукупностей бур'янів п'ять простих типів забур'яненості:

- злаковооднорічний (куряче просо, мишій сизий і зелений);
- дводольномалорічний (ярі, зимуючі, озимі і дворічні бур'яни з класу дводольних);
- коренепаростковий (коренепаросткові та деякі кореневищні та бульбочкові бур'яни з класу дводольних);
- коренестрижневий;
- пирієвий.

Але прості типи трапляються лише на третині полів, на інших переважають їх комбінації.

Втрати врожаю від комплексу бур'янів можна визначити за їх чисельністю на одиниці площі (табл. 4.9).

Втрати врожаю сільськогосподарських культур від бур'янів, %

Культура	Кількість бур'янів, шт./м ²							
	5	10	15	25	50	75	100	200
	Втрати врожаю, %							
Озима пшениця	1,9	3,6	5,3	8,6	15,8	22,0	27,1	41,0
Яра пшениця	1,8	3,4	5,1	8,3	15,7	22,0	27,6	43,9
Ячмінь	1,5	3,1	4,7	7,4	13,5	18,8	23,2	34,9
Кукурудза на силос	2,9	5,7	8,4	13,6	25,2	34,9	43,1	65,3
Картопля	2,4	4,7	6,8	10,9	19,4	26,1	31,2	43,0
Цукровий буряк	3,0	5,9	8,7	14,0	25,8	35,7	44,1	66,2
Соняшник	2,6	5,1	7,4	11,8	21,4	29,1	35,1	49,7
Багаторічні трави	3,0	5,7	8,0	12,1	19,1	23,1	25,4	28,2

Будяк польовий при формуванні на 1 га маси рослин 5,6 т виносить з ґрунту живильних речовин, яких достатньо для отримання 3,2 т зерна озимої пшениці або 20,0 т коренеплодів цукрового буряку.

Прогноз бур'янів набув великої актуальності в умовах інтенсивних і особливо інтегрованих технологій захисту рослин, обов'язковим елементом яких є моніторинг розвитку бур'янів. Система заходів проти бур'янів може бути дієвою, тільки якщо її здійснюють з урахуванням видового складу бур'янів та рівня забур'яненості на кожному полі. Значення такої інформації особливо зросло протягом останніх років у зв'язку із збільшенням втрат урожаю від бур'янів та коштів на проведення заходів проти них. Герботологічний моніторинг орних земель – це система спостережень за станом забур'яненості на полях та прогноз її змін з метою розробки і проведення економічно й екологічно обґрунтованих заходів проти небажаної рослинності, які дозволяють за найменших витрат звести до мінімуму втрати продукції.

Моніторингу бур'янів стали приділяти увагу не так давно – близько 40 останніх років. На сьогодні використовують методи прогнозування за результатами обліку вегетуючих бур'янів і визначенням запасу їх насіння у ґрунті. Для розробки прогнозів необхідно мати багаторічну інформацію про засміченість полів, урахувати біологічні особливості

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин бур'янів та культурних рослин, погодні умови, ефективність заходів боротьби з ними, умови застосування добрив та ін.

Розробку довгострокових і оперативних прогнозів виконують наукові установи разом із службою захисту рослин та агрономами господарств. Для кожної ґрунтово-кліматичної зони і технологій вирощування сільськогосподарських рослин, залежно від культури землеробства, характерні певні комплекси найрозповсюдженіших бур'янів. За багаторічними даними обліків та на основі зонального районування необхідно:

1. Визначити середній рівень можливої шкідливості окремих видів або комплексів бур'янів;

2. Виявити основні періоди появи і розповсюдження основних бур'янів з урахуванням впливу зовнішніх факторів (перш за все, погодних і агротехнічних).

3. Визначити залежність між ступенем забур'яненості й урожаєм культури, а також технологіями її вирощування;

4. Знати зв'язок між потенціальною засміченістю (запас насіння і зачатків відновлення) та реальною появою і розповсюдженням бур'янів.

Основні фактори довгострокового прогнозу: гідротермічний режим осіннього і весняного періодів, технологія вирощування культури залежно від типу ґрунту, попередника, системи добрив, ефективності гербіцидів та інших заходів, які проводять проти бур'янів. Цей прогноз повинен показувати видовий склад бур'янів по культурах, а щодо найшкідливіших видів наводять оцінку умов їх масового розмноження, виявляють причини, що зумовили такий стан. На основі цього рекомендують конкретні заходи на певній культурі чи в регіоні, складають карти забур'яненості, визначають, які поля, якими гербіцидами і коли необхідно обробити. Довгостроковий прогноз корегує оперативне прогнозування, основане на даних основного обстеження та аналізі умов розвитку бур'янів під час вегетації.

Основне обстеження посівів є головним етапом гербологічного моніторингу. Його проводять щорічно на всіх посівах. Отримана інформація дозволяє:

– скласти план заходів проти бур'янів для умов конкретного поля на наступний рік у цілому за по періодами робіт;

– підібрати необхідний асортимент гербіцидів та їх норми;

– проаналізувати ефективність заходів, виконаних раніше.

Оперативний прогноз є основою визначення оптимальних строків проведення винищувальних заходів проти бур'янів і особливо важливий під час застосування гербіцидів ґрунтової дії, або якщо дія препарату обмежена певним періодом розвитку культурної рослини (використання гербіцидів селективної дії).

На відміну від шкідників та хвороб, динаміка популяцій бур'янів проходить скачкоподібно, залежно від погодних умов, антропогенних та інших факторів. У цілому по сівозмінах, господарствах, регіонах стійкі зміни забур'яненості полів проявляються не раніше, ніж через три роки після цілеспрямованого й активного впливу людини.

4.3.1. Інформаційне забезпечення прогнозів бур'янів

Єдині вимоги до первинної інформації для розробки довгострокового прогнозу бур'янів:

1. *Для однорічних бур'янів* (ефемери, ранні ярі, пізні ярі): потенційна засміченість ґрунту в попередній сільськогосподарський період; дані обстежень полів протягом вегетаційного періоду; метеорологічна інформація; якість і своєчасність агротехнічних заходів.

2. *Зимуючі, озимі*: дані обліку вегетуючих бур'янів; потенційна засміченість ґрунту насінням; якість проведених агротехнічних заходів; обсяги застосування ґрунтових гербіцидів та їх ефективність; метеодані.

3. *Дворічні*: потенційна засміченість ґрунту насінням; дані обліків вегетуючих бур'янів у кінці вегетаційного періоду; насіннева продуктивність бур'янів, якість проведених агротехнічних заходів, метеодані.

4. *Багаторічні*: дані обстежень у період вегетації; якість проведених агротехнічних заходів; дані про застосування гербіцидів восени та їх ефективність, метеодані.

Необхідно враховувати конкурентноспроможність бур'янів і пам'ятати, що деякі з них постійно ростуть поряд з культурними рослинами. По кожній агрокліматичній зоні визначають потенційно шкідливі види та комплекси видів бур'янів для кожної культури. Дані потенційної засміченості насінням необхідно корегувати з урахуванням того, що максимальна схожість насіння, яке осипалося восени не перевищує 50 %, а проростання його з орного шару після проведених агротехнічних заходів становить не більше 15 %. Можливу

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
кількість сходів бур'янів навесні можна визначити за табл. 4.10. Аналіз засміченості ґрунту насінням проводять один раз на 3–5 років.

Таблиця 4.10

Прогноз забур'яненості посівів навесні залежно від кількості насіння в ґрунті

Ступінь забур'яненості восени (рослин/м ²)	Кількість насіння бур'янів на 1 м ² орного шару ґрунту, шт.		
	осіння засміченість (за коефіцієнтом розмноження)	оптимальна схожість (до 50 %)	прогноз проростання насіння навесні (10–15 %)
Дуже слабка (до 5)	< 5000	< 2500	250–300
Слабка (6–15)	5000–15000	2500–7500	300–900
Середня (15–50)	15000–25000	7500–12500	900–1500
Сильна (51–100)	25000–50000	12500–25000	1500–3000
Дуже сильна (більше 100)	>50000	>25000	>3000

Довгостроковий прогноз розвитку однорічних бур'янів можна скласти, використовуючи тільки дані засміченості орного шару ґрунту насінням. Прогноз багаторічних бур'янів ґрунтується переважно на даних обліків надземної засміченості посівів протягом періоду вегетації.

Аналіз чинників довгострокового прогнозу свідчить, що зміни видового складу бур'янів і ступеня засміченості протягом одного року зумовлені діяльністю людини, а також значними змінами погодних умов. Достовірність прогнозу становить 70–85 % при стабільних технологіях вирощування культур, структурі посівних площ, сортах, використанні гербіцидів широкого спектру дії.

Оперативний (короткостроковий, сезонний) прогноз складають на основі весняних обстежень, ураховуючи погодні умови для уточнення обсягу агротехнічних і хімічних заходів.

Фенологічний прогноз базується на здатності кожного виду бур'янів розвиватися при певних показниках температури та вологості ґрунту. Він необхідний для визначення строку появи сходів бур'янів

та темпів їх розвитку у порівнянні з аналогічними показниками культурної рослини. Для розрахунків використовують суми температур і значення ГТК. На полях, де з'явлення сходів перервано агротехнічними заходами (оранка, дискування, культивація, боронування), відлік часу для визначення строків проростання необхідно починати з моменту останньої обробки.

Для продуктивного аналізу і визначення динаміки засмічення полів результати обліків краще наносити на карту – проводити картографування, яке можна робити на основі визначення потенційного запасу насіння бур'янів у верхньому шарі ґрунту або обстежуючи поля в період вегетації.

4.3.2. Методи гербологічного моніторингу

Нині відомо понад 20 методик обстеження посівів, які дозволяють визначити рівень забур'яненості за допомогою таких показників:

- кількість бур'янів;
- проективне покриття бур'янами поверхні ґрунту;
- маса бур'янів;
- співвідношення чисельності культурних рослин та бур'янів на полі.

Методики для виробничих обстежень повинні бути маловитратними і доступними для спеціалістів господарств, при цьому забезпечувати достатню точність даних, що відображають зв'язок між умовами зовнішнього середовища, рівнем забур'яненості і можливих при цьому втрат. Найбільше цим вимогам відповідає метод оцінки забур'яненості за питомою вагою бур'янів від загальної маси культурних рослин і бур'янів.

Для оцінки стану засміченості поля за різними параметрами запропоновано спеціальну шкалу (табл. 4.11). При дуже слабкій засміченості (бал 1) часто немає необхідності застосовувати гербіциди і проводити ручне прополювання. При слабкій засміченості (бал 2) доцільність заходів визначають залежно від розміру витрат на них і розміру збереженої продукції. При середньому та висщих ступенях засміченості витрати на заходи окупаються з тим чи іншим рівнем рентабельності.

Основне обстеження посівів культур суцільної сівби і низькорослих просапних проводять перед збиранням урожаю, а високих просапних – після закінчення робіт по догляду за посівами. Кращим періодом для обстеження більшості культур є III декада червня – I декада липня. Для збереження часу під час обстежень

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин планують такий маршрут руху, який дозволяє проходити кожне поле по діагоналі без холостих переходів.

Таблиця 4.11

Шкала визначення ступеня засміченості

Кількість насіння бур'янів, млн/га	Кількість рослин бур'янів на 1 м ²	Питома вага бур'янів до загальної маси рослин, %	Бал	Ступінь засміченості
Менше 5	1–5	до 1	1	Дуже слабка
5–10	6–15	1–5	2	Слабка
10,1–50	16–50	5–15	3	Середня
50,1–100	51–100	15–45	4	Сильна
Більше 100	Більше 100	Більше 45	5	Дуже сильна

Кількісні методи застосовують у період масової появи основних видів бур'янів у ході проведення основного (суцільного) й оперативних обстежень. Результати обстежень дозволяють виявити рівень засміченості окремими видами та комплексами видів бур'янів по культурах і регіонах.

Оперативне обстеження проводять перед початком заходів проти бур'янів тими самими методами, що й основне, у такі строки:

- озимі – кінець вегетації восени та навесні після відростання;
- ярі зернові – початок кущіння;
- кукурудза – фаза 2–3 листків;
- зернобобові – при висоті до 8 см;
- просапні культури – перед першою міжрядною обробкою;
- багаторічні трави – до фази кущіння злакових або у фазі трійчастого листка бобових;
- плодово-ягідні насадження – перед першою обробкою міжрядь;
- чисті пари – при масовій появі бур'янів.

За результатами оперативного обстеження уточнюють видовий склад бур'янів, об'єм, строки і способи обробки, види та норми гербіцидів на кожному полі.

Кількість облікових проб на полях до 50 га – 10, від 50 до 100 га – 15, більше 100 га – 20. Приблизна норма обстеження на культурах суцільної сівби – 80–100 га, просапних – 100–120, у садах і виноградниках – 30–50 га. Проби відбирають за допомогою рамок з проволочки відповідних розмірів: на культурах суцільної сівби 0,3 × 1 м, на просапних з шириною міжрядь 70 см – 0,7 × 0,71 м, з шириною 45 см – 0,45 × 1,1 м. Записують усі виявлені види бур'янів, а ті, що невідомі, збирають для подальшого визначення. У злакових

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
 просоподібних бур'янів до викидання волоті важко визначити їх вид, тому в ранні строки вказують не конкретний вид, а загальну назву „злаки”. Для зручності аналізу видового складу бур'янів на полі їх доцільно розділити на три групи: 1) ярі; 2) озимі та дворічні, ті які зимують; 3) багаторічні.

Після обстеження й аналізу всі бур'яни підрозділяють на 3 групи – домінуючі („д”), маса яких більша за 10 % від усіх виявлених бур'янів, субдомінуючі („с”) з масою 3–10 % та інші, маса яких менше 3 %.

Результати обстежень по періодах і роках використовують для прогнозування. При наявності даних за 5–6 років і більше можна визначити постійні види бур'янів для тих чи інших полів та культур у господарстві, а також виготовити карту забур'яненості, на якій тип забур'яненості показують кольором, а ступінь – відповідною штриховкою.

За даними Інституту рослинництва ім. В.Я. Юр'єва НААН, втрати врожаю приблизно дорівнюють питомій вазі бур'янів за період вегетації відносно загальної маси всіх рослин за формулою:

$$П = \frac{V_n - V_k}{2}, \quad (4.27)$$

де $П$ – втрати врожаю (%),

V_n – початкове значення питомої ваги бур'янів (%) перед проведенням заходів;

V_k – те саме на кінець вегетації культури.

При оперативному обстеженні визначають V_n , потім прогнозують V_k і розраховують можливі витрати. Якщо витрати на захист від бур'янів нижчі від вартості втрат урожаю, приймають рішення про доцільність проведення того чи іншого заходу. Для прогнозування показника питомої ваги бур'янів на кінець вегетації культури використовують спеціальний коефіцієнт (від 0 до 4), який залежить від виду домінуючих бур'янів та культури.

Визначення *потенціальної засміченості ґрунту* як трудомістку операцію доцільно проводити на полях, де в майбутньому році планують застосовувати ґрунтові гербіциди. Відбір зразків ґрунту проводять восени після оранки або рано весною. Насіння основної маси бур'янів здатне дати сходи з глибини не більше 10 см, тому на цю глибину за допомогою бура або невеликої лопати відбирають зразки ґрунту. При використанні бура число проб не менше 30, лопати – 15. Відбирають проби по діагоналі поля. Для виділення насіння з ґрунту у разі використання лопати залишають середній двокілограмовий

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин зразок, проби, відібрані буром, аналізують повністю. Найпростішим методом виділення насіння з ґрунту є промивка ґрунту на ситах з отворами 0,25 мм. Відмитий залишок зразка підсушують і виділяють насіння, визначають видовий і кількісний склад. Перерахунок кількості насіння на 1 м², проводять за формулами:

1. При використанні бура:

$$M = \frac{m \cdot 10000}{S \cdot n}, \quad (4.28)$$

де M – кількість насіння на 1 м², шт.;

m – кількість насіння у пробі, шт.;

S – площа перетину бура, яку визначають за формулою: $S = 3,14 R^2$, де

R – радіус стакану бура, см;

n – число точок відбору (проб) на полі.

2. При відборі ґрунту лопатою:

$$M = \frac{m \cdot 122}{2}, \quad (4.29)$$

де m – кількість насіння у пробі, шт.;

122 – маса 10-сантиметрового шару ґрунту з 1 м², кг (маса ґрунту 1,06 г/см³ при вологості 15 %);

2 – маса середнього зразка ґрунту, кг.

За один сезон насіння, яке є у верхньому шарі ґрунту до 10 см, дає рослини частково (табл. 4.12). Основна його кількість залишається у стані спокою або рослини гинуть у фазі проростків.

Таблиця 4.12

Співвідношення потенційної і фактичної забур'яненості посівів

Культура	Частка насіння бур'янів у шарі ґрунту (10 см), яка сформує дорослі рослини	
	злакові	Дводольні
Ячмінь	0,41	0,12
Кукурудза	0,30	0,05
Просо	0,11	0,03
Горox	0,43	0,20
Соя	0,13	0,02
Цукровий буряк	0,32	0,05
Соняшник	0,23	0,05

Для візуального обліку використовують кількісно-ваговий, окомірний і кількісний методи, які необхідні для основного й оперативного обстежень у регламентовані строки.

Кількісно-ваговий метод передбачає визначення кількості сухої або сирої маси бур'янів на одиницю площі. Для цього беруть по діагоналях поля мінімум 10 проб 50×50 см ($0,25 \text{ м}^2$) на площі 50 га. Для відбору облікових ділянок використовують рамки, які накладають так, щоб один з рядків культур суцільної сівби став діагоналлю рамки. Рослини виривають, розбирають за видами, записують кількість кожного виду, корені зрізують біля кореневої шийки. Малорічні та багаторічні бур'яни зв'язують в окремі пучки, після чого об'єднують в один. У проби кладуть етикетку, висушують і зважують. Сиру масу бур'янів без коренів за необхідності визначають безпосередньо в полі на вагах.

Видовий склад визначають за 4–5 основними видами, оцінюють домінування тих чи інших видів. Після цього визначають тип засміченості поля (співвідношення бур'янів різних біологічних груп.

На полях звичайно переважають складні типи забур'яненості. При визначенні типу на перше місце у назві ставлять ту групу бур'янів, яка переважає над іншими.

Окомірний метод оснований на шкалі О.І. Мальцева. Він дає уяву про ботанічний склад бур'янів і їх поширення на полі. Затосовують його у виробництві на великих масивах при значних обсягах обстежень. Шкала для обліку така: 1 бал – поодинокі рослини; 2 бали – частіше, ніж поодинокі; 3 бали – бур'яни в масі не переважають над культурними рослинами; 4 бали – бур'яни глушать посіви.

Кількісний метод близький до кількісно-вагового і відрізняється від нього тим, що після підрахунку середньої кількості бур'янів на 1 м^2 визначають їх відсоток від кількості культурних рослин, яку приймають за 100 %. Цей метод дозволяє визначити засміченість у межах однієї культури при одному рівні агротехніки та рівномірному розподілі рослин на ділянках.

4.3.3. Прогнозування забур'яненості посівів сільськогосподарських рослин

Під час прогнозування забур'яненості необхідно враховувати:

1) рівень забур'яненості і видовий склад бур'янів у попередньому році, а краще – за декілька останніх років;

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

2) біологічні і технологічні особливості культури, яку вирощуватимуть на цьому полі;

3) заходи, які проводили на полі в період основної підготовки ґрунту;

4) погодні умови, які були перед сівбою в осінній, зимовий і весняний періоди.

Кількість сходів бур'янів значно залежить від запасу насіння в ґрунті, але можливості формування їх біомаси в майбутньому і, відповідно, проявлення шкідливої дії визначають, в основному, біологічними і технологічними особливостями культури, її реагуванням на конкретний вид бур'яну. Тому навіть висока потенційна забур'яненість по-різному реалізується у фактичну, виражену біомасою бур'янів у посівах культур.

Якщо не проводити лушчіння в період основної обробки ґрунту, або провести із запізненням, збільшиться кількість поживних (ярих і коренепаросткових) бур'янів. Не глибока оранка сприяє розвитку коренепаросткових та інших багаторічних бур'янів. Спрощення системи основної обробки ґрунту особливо посилює забур'яненість у роки з вологою погодою в кінці літа – на початку осені. Довга дощова і тепла погода в першій половині вересня створює сприятливі умови для масових сходів зимуючих бур'янів у посівах озимих. Рання весна, тепла, помірно волога погода допосівного періоду сприяє очищенню поля під час робіт, і навпаки – при холодній, сухій весні основна маса сходів бур'янів з'являється після сівби.

Прогноз розвитку бур'янів може бути розроблено на основі даних про кількість життєздатного насіння восени в шарі ґрунту 0–10 см, їх середньої багаторічної схожості та з урахуванням гідротермічних умов року. Кількість насіння визначають інструментально за наведеними методиками. Якщо зробити це неможливо, Ю.П. Манько запропонував в умовах відвальної обробки ґрунту розрахунковий метод, який дещо поступається в точності інструментальному. Кількість схожого насіння (x) підраховують за чисельністю бур'янів перед збиранням урожаю попередника (Z_{ϕ}), використовуючи спеціальний коефіцієнт відповідності ($K_c = \frac{x}{Z_{\phi}}$) за формулою:

$$x = \frac{Z_{\phi} \cdot K_c}{100}, \quad (4.30)$$

Довгостроковий прогноз сходів бур'янів на конкретному полі в умовах безгербіцидних технологій можна скласти за формулою:

$$y = 0,8 x_1 v_1 + 0,8 x_2 v_2 + \dots + 0,8 x_n v_n, \quad (4.31)$$

де y – сумарна кількість усіх бур'янів, шт/м²;

$x_1 x_2 \dots x_n$ – кількість схожого насіння окремих видів рослин у шарі 0–10 см (млн шт./га);

$v_1 v_2 \dots v_m$ – середня багаторічна польова схожість окремих видів бур'янів, %.

Сезонний прогноз для умов лісостепової зони можна розрахувати за формулами табл. 4.13, ураховуючи ГТК за травень (період, коли з'являється 70 % сходів бур'янів).

Таблиця 4.13

Рівняння для розрахунку кількості сходів бур'янів

Культура	Формула	Область визначення функції по X (млн шт./га)
Озима пшениця	$y = -0,52 + 0,08x = 1,99z - 0,2z^2$	1,4–39,0
Ячмінь	$y = 4,28 + 0,01x - 9,0z + 5,9z^2$	3,0–27,4
Кукурудза	$y = 12,2 + 0,03x - 36z + 25z^2$	12,1–77,0
Горох	$y = -2,34 + 0,59x + 2,79z$	2,0–7,1
Цукровий буряк	$y = 2,0 + 0,2x - 7,2z + 4,6z^2$	4,5–9,2

Примітка: x – кількість схожого насіння у верхньому шарі ґрунту, млн шт./га; z – значення ГТК за травень.

Для розробки довгострокового прогнозу необхідно враховувати, що розповсюдження бур'янів, їх видовий склад значно змінюється не тільки по роках, а й у межах одного року у зв'язку з проведенням спеціальних заходів, вірогідну ефективність яких показано у табл. 4.14.

Вірогідну забур'яненість можна визначити за формулою:

$$X = Z_n \cdot \frac{P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \cdot \dots \cdot P_n}{100^n}, \quad (4.32)$$

де X – вірогідна забур'яненість посіву, число бур'янів на 1 м²;

Z_n – запас життєздатного насіння бур'янів у ґрунті, шт./м²;

$P_1, P_2 \dots P_n$ – засміченість посіву після проведення кожного заходу проти бур'янів відносно початкової величини, %;

n – кількість заходів.

Показник P_n (%) визначають за ефективністю конкретних робіт в умовах господарства. Наприклад: P_1 – передпосівна обробка ґрунту має біологічну ефективність 20 %, тоді значення засміченості після цього заходу буде – 100 % – 20 % = 80 %.

Ефективність системи заходів проти бур'янів

Заходи і їх біологічна ефективність, %	Система заходів
Профілактичні заходи	
Механічні, 20–40	Знищення бур'янів на неорних землях
Хімічні, 40–95	Знищення бур'янів на неорних землях
Фізичні, 30–70	Очистка насіння. Підготовка кормів до згодовування. Правильне збереження та використання органічних добрив
Еколого-фітоценотичні, 15–80	Правильні сівозміна, система добрив, зрошення, строки і способи посіву, норми висіву, підбір сортів та гібридів
Винищувальні заходи	
Механічні, 20–95, у т. ч.:	Не пізніше 5 днів після збирання
лушпиння стерні, до 60	Не пізніше 5 днів після збирання
оранка, 85	Не пізніше 5 днів після збирання
боронування, 45	У перші 1–2 дні після досягнення фізичної зрілості ґрунту
культивуація з боронуванням, 80	Під пізні ярові та на парах, одразу після сходів бур'янів
міжрядна обробка, 50–70	Одразу після появи сходів і розеток бур'янів
Хімічні, 40–95	Застосування гербіцидів
Біологічні, 15	Використання живих організмів
Організаційні, 40	Картографування, підготовка кадрів

Вирішити питання про вибір заходів проти бур'янів можна також за допомогою таких формул:

$$x = z_n \cdot k \cdot n_1 \times n_2 \dots \cdot n_n ; \text{ або } x = y \cdot n_1 \cdot n_2 \dots \cdot n_n , \quad (4.33)$$

де x – кількість бур'янів після проведення заходів, шт./м²;

z_n – запас насіння, шт./м²;

y – кількість сходів бур'янів за прогнозом, шт./м²;

$n_1 n_2 \dots n_n$ – вірогідність виживання бур'янів після проведення заходів (частка від одиниці) для першої формули та коефіцієнт технічної ефективності заходів, визначений за формулою:

$$(100 - T) : 100, \quad (4.34)$$

де T – біологічна ефективність заходу (%) – для другої.

На основі метеорологічної інформації можна розрахувати загальну кількість бур'янів або їх окремих видів за формулою:

$$Ч = \frac{[(Z_{\text{вих.}} \cdot \text{Пр} \cdot C) + \Gamma_3] - A}{100} \cdot \text{ГТК} \cdot K_3, \quad (4.35)$$

де $Ч$ – кількість бур'янів, шт./м²;

$Z_{\text{вих.}}$ – вихідна забур'яненість за результатами обліку, шт./м²;

Пр – максимальна продуктивність насіння однієї рослини, шт.;

C – коефіцієнт схожості насіння;

Γ_3 – ґрунтовий запас життєздатного насіння, бруньок;

A – кількість бур'янів, знищених спеціальними заходами ($Z_n - X$);

ГТК – гідротермічний коефіцієнт;

K_3 – коефіцієнт наявності бур'яну в культурі (≤ 1).

Достовірність прогнозованої чисельності бур'янів при використанні цього методу становить 80–85 %. Обґрунтоване застосування гербіцидів дає змогу перейти від систематичних щорічних обробок до періодичних (2–3 рази за ротацію).

Збільшенню кількості бур'янів у наступному році сприяють: м'яка зима без значних коливань температури, а також помірно холодна, з високим сніговим покривом; суха і тепла весна з позитивними відхиленнями температури на 1–2 °С і меншою кількістю опадів.

Зменшення кількості дводольних бур'янів буває при дуже холодній і малосніжній або нестійкій, з сильними відлигами, ожеледицями і сильними морозами погоді взимку, особливо в другій її половині, а також при затяжній, прохолодній і дощовій весні.

Несприятливі умови складаються при $\text{ГТК} < 0,35$ у ранньовесняний період, оптимальні – при $\text{ГТК} 1,5\text{--}1,7$. У разі посух початок проростання насіння продовжується до випадання значних опадів. Сходи більшості видів бур'янів з'являються при середньодобових температурах 20–25 °С і $\text{ГТК} > 1,0$.

Лобода біла, редька польова і деякі інші ярі бур'яни добре розвиваються при значних весняних опадах і помірно теплій погоді. Масова поява сходів злакових бур'янів, особливо просовидних, більше залежить від накопичення суми ефективних температур.

4.3.4. Особливості моніторингу бур'янів на основних сільськогосподарських культурах

Пшениця озима. Має високу конкурентоспроможність і за оптимальних умов її вирощування зменшує забур'яненість полів, тому

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин її вважають добрим попередником для багатьох культур. При ранніх строках сівби і вологій погоді *перше обстеження* проводять за висоти рослин пшениці 5–10 см і появи бур'янів. Виявляють перш за все будяк польовий та інші зимуючі бур'яни. На полях із середньою і високою забур'яненістю при достатньому зволоженні ґрунту проводять боронування впоперек рядків пізно восени, що забезпечує знищення до 90 % сходів бур'янів. Це збільшує конкурентоспроможність озимої пшениці і значно зменшує кількість малорічних бур'янів.

Повторне обстеження роблять навесні (квітень), після масової появи дводольних бур'янів, щоб уточнити довгостроковий прогноз і підготувати оперативний. Сильно забур'яненіми бувають слаборозвинуті і зріджені посіви озимої пшениці.

Третє обстеження необхідно виконувати для уточнення видового складу бур'янів і ступеня забур'яненості перед застосуванням гербіцидів. Потенційну засміченість ґрунту насінням бур'янів визначають після проведення основного обробітку ґрунту.

Ярі колосові. Культивуація з боронуванням ґрунту навесні до посіву культури дозволяє знищити розетки зимуючих бур'янів і паростки ранніх ярих бур'янів на 50–70 %. Цей захід стимулює проростання насіння бур'янів, паростки потім легко знищити під час наступного боронування на 60–80 %. Візуальне обстеження на забур'яненість посівів ярих колосових культур проводять у фазі кущіння.

Кукурудза. Ця культура не має спеціалізованих бур'янів, їх чисельність і видовий склад визначаються погодними умовами, чергуванням культур у сівозміні, способами обробітку ґрунту тощо. У перший період росту кукурудзи поле має бути чистим. Агротехнічні заходи необхідно спрямовувати на провокування проростання насіння для наступного знищення сходів бур'янів, а також їх наземних органів до формування насіння.

Прогноз забур'яненості поля на наступний вегетаційний період можна розрахувати, знаючи запас схожого насіння бур'янів (шт./м²) і теоретичну ефективність заходів, які планують провести на цьому полі (табл. 4.15).

Такий самий підхід використовують під час проведення моніторингу і розробки прогнозу розвитку бур'янів на інших культурах.

Визначення доцільності заходів проти бур'янів та прогноз їх шкідливості можливий завдяки показникам втрат урожаю, порогу шкоди,

**Інформація для розробки прогнозу забур'яненості посівів
 кукурудзи**

Строки проведення заходів	Назва заходу	Мета проведення заходів	Теоретична ефективність, %
1	2	3	4
Серпень – вересень (до оранки)	Вибір попередника; визначення засміченості полів попередника, видів та кількості бур'янів	Зменшення кількості насіння бур'янів у ґрунті, вибір оптимальних заходів, асортименту й обсягів застосування гербіцидів	Зменшення у 5–8 разів
Вересень – жовтень	Дворазове лушіння стерні, оранка	При однорічному (насінневому типі забур'яненості)	40–80
	Дворазове лушіння стерні, застосування гербіцидів, оранка на глибину 30 см	При багаторічному коренепаростковому типі забур'яненості (наявність бур'янів ≥ 5 шт./м ²)	65–80
Квітень (при зрілому ґрунті)	Вирівнювання поверхні ґрунту	Стимулювання проростання насіння бур'янів	20–30
Квітень II–III д. – травень I д. (до посіву)	Застосування ґрунтових гербіцидів	При середній і високій забур'яненості ґрунту насінням злакових і дводольних бур'янів	60–80
Квітень III д. – травень I д.	Передпосівний обробіток ґрунту	Знищення бур'янів	35–50
Травень II–III д. (за 3–4 дні до появи сходів)	Досходове боронування	Знищення бур'янів	40–60
Травень III д. – червень I д.	Візуальне обстеження посівів у фазі 2–3 листків кукурудзи	Виявлення видів і ступеня забур'яненості для оптимізації подальших заходів	50–60

Червень II д.	Обробка гербіцидами у фазі 1–2 листків у бур'янів	Знищення однорічних бур'янів при наявності ≥ 5 шт./м ²	60–80
Червень II – III д.	Міжрядний обробіток у фазі 6–8 листків у кукурудзи	Зменшення засміченості посівів	25–40

економічному порозу шкідливості (ЕПШ) та економічному порозу доцільності заходів (ЕПД). Більшість дослідників вважає, що ЕПШ бур'янів – це показник рівня забур'яненості посівів, за якого втрати врожаю дорівнюють або більші за витрати на застосування гербіцидів, а ЕПД – це рівень забур'яненості, за якого в конкретних умовах господарства витрати на застосування гербіцидів мають таку окупність, яка не зменшує задану рентабельність виробництва культури. Для визначення цих показників необхідні такі дані: витрати на захист гербіцидами, показники негативного впливу бур'янів на величину і якість врожаю, додаткові витрати на догляд за посівами і збирання врожаю на полях з бур'янами, реалізаційні ціни на продукцію. Багатофакторність і мінливість показників має суттєвий вплив на ЕПШ і ЕПД у різних регіонах та за роками, що зумовлює необхідність їх уточнення з урахуванням усіх складових.

У загальному вигляді співвідношення показників для визначення ЕПШ виглядає так:

$$E_{ПШ} = \frac{B}{C \cdot Y_0 \cdot a}, \quad (4.36)$$

де B – витрати на застосування гербіцидів, грн.;

C – ціна продукції, грн;

Y_0 – урожай без впливу бур'янів, ц/га;

a – коефіцієнт зменшення врожаю на одиницю забур'яненості.

Для того, щоб заходи проти бур'янів були доцільними і не зменшували економічної ефективності виробництва продукції, витрати, пов'язані із захистом, не повинні зменшувати рентабельність виробництва культури.

Економічні пороги (ЕП) забур'яненості можна визначити за такими формулами:

$$E_{Пф} = \frac{B \cdot (100 + P) \cdot T}{C \cdot Ш \cdot V_{ф}}, \text{ або } E_{Пн} = \frac{B \cdot (100 + P) \cdot 0,01 \cdot T}{C \cdot Ш \times \cdot V_n}, \quad (4.37)$$

де EP_{ϕ} – економічний поріг фактичної забур'яненості поля на строк застосування післясходових гербіцидів, шт./м²;

EP_n – економічний поріг потенціальної забур'яненості поля перед унесенням ґрунтових гербіцидів, млн шт./га схожого насіння у шарі ґрунту 0–10 см;

B – витрати на захист гербіцидами, грн;

P – планова рентабельність культури в господарстві, %;

T – технічна ефективність заходів, виражена в частках від одиниці;

C – ціна 1 ц продукції, грн;

Π – середня шкідливість бур'янів, яку визначають для конкретного поля залежно від видів та їх кількості на ньому, ураховуючи частку певного виду (в частках від одиниці) в загальній забур'яненості поля, ц/га (табл. 4.16);

B_{ϕ} , B_n – виживаність сходів бур'янів до збирання врожаю, %.

Таблиця 4.16

Втрати врожаю для забур'яненості протягом вегетаційного періоду 1 екз./м²

Види бур'янів	Втрати врожаю (т/га) за культурами					
	пшениця озима	буряк цукровий	кукурудза на силос	кукурудза на зерно	горох	ячмінь ярий
Березка польова	0,025	0,6	0,124	0,058	0,05	0,036
Галінсога дрібно-квіткова	0,016	0,36	0,038	0,016	0,006	0,008
Гірчиця польова	0,014	0,3	0,04	0,02	0,008	0,011
Жовтушник прямий	0,017	0,36	0,04	0,019	0,007	---
Зірочник середній	0,004	0,1	0,01	0,006	0,003	0,002
Лобода біла	0,027	1,0	0,123	0,048	0,02	0,021
Осот польовий	0,037	0,6	0,124	0,058	0,024	0,03
Пирій повзучий	0,055	0,9	0,098	0,048	0,018	0,019
Підмаренник чіпкий	0,013	0,36	0,059	0,016	0,006	0,011
Просо куряче	0,017	0,42	0,051	0,002	0,009	0,009
Ромашка непахуча	0,017	---	0,062	0,029	0,012	---
Щириця звичайна	0,034	1,35	0,14	0,06	0,023	0,029

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

У разі наявності на полях бур'янів інших видів їх шкідливість, з певною похибкою, може дорівнювати масі бур'янів наведених у табл. 4.16.

Економічні пороги шкідливості деяких найпоширеніших бур'янів на окремих сільськогосподарських культурах наведено в табл. 4.17.

Таблиця 4.17

Приблизні значення ЕПШ окремих бур'янів

Вид бур'янів	ЕПШ, росл./м ²			
	ярі колосові	кукурудза зернова	буряк цукровий	картопля
Будяк польовий	3	2	—	—
Березка польова	8	4	—	—
Лобода біла	9	1	1	4
Осот польовий	4	1	1	1
Просо куряче	—	6	4	8
Щириця біла	—	2	2	3

Оперативний прогноз появи сходів усіх видів бур'янів можна розрахувати за допомогою рівнянь:

$$\text{Пшениця озима: } y = -0,52 + 0,08 \cdot x + 1,99 \cdot k - 0,2 \cdot k^2;$$

$$\text{Буряк цукровий: } y = 2,0 + 0,2 \cdot x - 7,2 \cdot k + 4,6 \cdot k^2;$$

$$\text{Кукурудза: } y = 12,2 + 0,03 \cdot x - 36 \cdot k + 25 \cdot k^2;$$

$$\text{Горох: } y = -2,34 + 0,59 \cdot x + 2,79 \cdot k;$$

$$\text{Ячмінь ярий: } y = 4,28 + 0,01 \cdot x - 9,0 \cdot k + 5,9 \cdot k^2,$$

де x – кількість схожого насіння бур'янів навесні в шарі ґрунту 0–10 см, млн шт./га;

k – гідротермічний коефіцієнт травня поточного року (в Лісостепу України 70 % сходів бур'янів з'являються саме у травні).

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть основні методи моніторингу шкідників.
2. Як можна визначити поширеність і щільність шкідника?
3. Що таке абсолютна та відносна щільність?
4. Як і в яких випадках визначають середньовиважені показники просторової структури популяцій?
5. Яким чином визначають коефіцієнти розмноження, розселення і заселення?

6. Які показники характеризують ступінь втрати врожаю?
7. Що таке ЕПШ і як його можна розрахувати?
8. Як можна визначити комплексний (КЕППШ) та еколого-економічний (ЕЕППШ) пороги шкідливості?
9. Охарактеризуйте 5 типів динаміки популяцій шкідників.
10. Як проводять ґрунтові розкопки?
11. Охарактеризуйте метод облікових ділянок.
12. Охарактеризуйте метод облікових рядків та облікових рослин.
13. Коли використовують метод рослинних проб?
14. Поясніть методику косіння сачком.
15. Для яких шкідників і як використовують метод пасток?
16. Що ви знаєте про феромонні пастки?
17. Назвіть складові „трикутника” хвороби.
18. Назвіть основні фактори, що впливають на патологічний процес.
19. Які передумови виникнення епіфітотій?
20. Назвіть чотири рівні епіфітотійного процесу.
21. Яка роль збудника хвороби у виникненні масового ураження рослин?
22. Що залежить від рослини-господаря в патологічному процесі?
23. Назвіть основні фактори зовнішнього середовища, які впливають на перебіг хвороби.
24. Які фактори погоди і як впливають на динаміку ураження рослин?
25. Наведіть приклади використання погодних характеристик у прогнозуванні хвороб.
26. Охарактеризуйте шкалу Мілса і спосіб її використання.
27. Для чого використовують номограму Н.А. Наумової, криві Я.А. Сайдаметова, К.М. Степанова?
28. Яким чином впливає фактор вологості на розвиток хвороб?
29. Назвіть основні антропогенні фактори, що впливають на розвиток хвороб.
30. Які виробничі завдання вирішує моніторинг і прогноз хвороб?
31. Що ви знаєте про багаторічний прогноз хвороб рослин?
32. Які особливості розробки довгострокового (річного) прогнозу хвороб рослин?
33. Назвіть основні етапи короткострокового прогнозування.
34. Які завдання вирішує короткостроковий прогноз хвороб, які фактори при цьому враховують?

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

35. Охарактеризуйте фенологічний та біометеорологічний прогноз хвороб рослин.
36. Як визначають показники поширеності і розвитку хвороби?
37. Яка методика обліків основних хвороб зернових і круп'яних культур?
38. Назвіть шкали обліку хвороб рослин.
39. Назвіть особливості обліку хвороб бобових культур.
40. Охарактеризуйте моніторинг хвороб картоплі, овочевих і баштанних культур.
41. Як проводять облік хвороб плодово-ягідних культур і винограду?
42. Назвіть прості типи забур'яненості полів.
43. Навіщо застосовують гербологічний моніторинг і прогноз бур'янів?
44. Назвіть основні види прогнозу бур'янів.
45. Охарактеризуйте поняття «довгострокове прогнозування бур'янів».
46. Поясніть поняття «оперативний і фенологічний прогноз бур'янів».
47. Які дані використовують для прогнозування бур'янів?
48. Коли і як саме проводять основне обстеження посівів на наявність бур'янів?
49. Як визначають потенціальну засміченість ґрунту?
50. Охарактеризуйте кількісно-ваговий метод обліку бур'янів.
51. Які методики використовують під час візуального обліку бур'янів?
52. Які профілактичні та винищувальні заходи враховують при прогнозування бур'янів?
53. Як проводять гербологічний моніторинг на зернових культурах?
54. Назвіть показники шкідливості бур'янів.
55. Наведіть приклади ЕПШ основних бур'янів для ярих колосових культур, кукурудзи, буряків, картоплі.

5. ПРОГНОЗИ ЗА ПРИЗНАЧЕННЯМ

5.1. Прогнози фенології

Моніторинг шкідливих організмів неможливий без фенологічної інформації. Служба захисту рослин, наукові заклади України щорічно під час багатьох видів робіт і спеціально проводять спостереження за появою і розвитком фенофаз основних шкідливих організмів і культурних рослин. Це дозволило накопичити велику інформативну базу даних, обґрунтувати і перевести на календарно-фенологічну основу проведення фітосанітарного моніторингу і багатьох інших заходів захисту рослин.

Фенологічні прогнози визначають час початку етапів онтогенезу шкідливих організмів і рослин, а також можливий темп їх проходження в конкретних екологічних умовах. Вони є основою для визначення оптимальних строків проведення заходів захисту рослин і прогнозу шкідливості, тому найчастіше необхідні для розробки короткострокових прогнозів і сигналізації. Фенологічну інформацію враховують також у довгостроковому і навіть багаторічному прогнозі.

Фенопрогноз ґрунтується на тісному зв'язку розвитку популяцій шкідливих організмів і рослин, на яких відбувається їх розвиток, з умовами зовнішнього середовища за довгий попередній період їх існування в певній зоні та реакції виду на зміну цих умов. Кожна природно-кліматична зона (регіон) має свій клімат – середній стан погоди за всі роки спостережень. Біоекологічні властивості шкідливих організмів і рослин формувалися під впливом клімату протягом багатовікової еволюції видів і закріплені в них генетично. Тому середні строки проходження фенофаз еволюційно сформовані кліматом зони, а відхилення від цих середніх строків у поточному році залежить від ступеня відхилення від норми погодних умов у попередніх періодах року.

Фактори погоди можуть суттєво змінювати швидкість проходження і співвідношення фенофаз шкідливих видів і культурних рослин. Різниця за роками у строках розвитку може досягати 15–20 днів. Найдоцільніше проводити розрахунок фенофаз за показниками температури і впливу сумарного ефективного тепла на організми. Більш точним прогнозування є в першій половині вегетації для перших генерацій шкідливих видів. У другій половині літа і восени строки розвитку змінюються за роками не так помітно і в основному під

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин впливом умов зволоження, а температурний режим цього періоду впливає переважно на підготовку до зими і стан зимуючого запасу, а також на строки переходу з активного в зимуючий стан.

Краще розробляти фенопрогноз на початок фенофаз, тому що визначення строків проходження масового феноявища звичайно ускладнене через коливання чисельності видів і стану популяцій за роками.

На значній території України з вирівняним рельєфом, фенологічні явища спостерігають одночасно на великих площах.

Вважають, що запізнення або випередження строків розвитку на один день у напрямку південь – північ може бути на відстані 100–120 км, а в напрямку захід – схід – 200–300 км. У гористій місцевості, залежно від висоти і експозиції схилу, можуть бути значні відхилення. Тому фенологічна інформація, яку отримують пункти сигналізації і прогнозів у більш теплих природно-кліматичних зонах України, може бути сигнальною для районів, де фенофази проходять пізніше.

Для прогнозування розроблено декілька методів. Метод температурно-фенологічних номограм А.С. Подольського не набув значного поширення через трудомісткість, а також у зв'язку з тим, що ритм існування організмів визначається не тільки температурою середовища, а і багатьма іншими факторами. Перспективним можна вважати *метод багаторічних фенограм*.

5.1.1. Використання фенограм

Цей метод базується на встановленні середніх термінів настання визначених фенологічних показників для конкретних видів на основі обробки багаторічних емпіричних даних. Для цього щорічно фіксують дати настання онтогенетичних фаз (їх початку, масового проходження і завершення). Одночасно враховують хід температури повітря, вологості повітря, опадів і температури ґрунту. Обробка і синтез багаторічних рядів таких даних (за термін не менш ніж 10 років) дозволяє визначити: 1) середні терміни настання основних фенологічних фаз; 2) діапазон відхилень у днях термінів їх настання від середніх показників; 3) зв'язок термінів фактичного настання фенологічної фази з ходом і показниками стану кліматичних чинників, які зіставляють. У підсумку стає можливим передбачати приблизні терміни настання визначених фенологічних фаз для умов певного року з урахуванням їх ймовірного відхилення від середніх показників у

зв'язку зі сформованими особливостями погодних та інших умов минулих періодів. Точність прогнозування становить $\pm 2-3$ доби.

Для розробки фенограм використовують набори умовних позначок фаз онтогенетичного розвитку шкідливих організмів і рослин. Нагромадження багаторічних показників ходу фенології шкідливих об'єктів і стану визначених елементів погоди можна здійснювати за допомогою комп'ютера. Обробку й аналіз також можна виконати за допомогою комп'ютера, щоб одержати уточнюючі критерії для фенологічних прогнозів з урахуванням особливостей погоди у цьому році.

На сьогодні багаторічні фенограми і фенопрогноз за цим методом ще недостатньо впроваджено в практику. Існує нагальна потреба і реальна можливість розробки базових багаторічних фенограм для різних прородно-кліматичних зон, регіонів, районів, ПСП України.

Розроблені на основі багаторічних фенологічних даних, такі фенограми дозволяють досить точно для умов певної зони чи району визначити середні строки початку і масового проявлення фенофаз шкідників та інших шкідливих організмів. Особливо необхідні тут точні дані про строки розвитку шкідливих фаз і тих фенологічних явищ, які можна бути використати для планування моніторингу і заходів захисту рослин.

Відхилення фенології від середніх строків (у днях) під впливом погодних факторів поточного року визначають, аналізуючи особливості гідротермічного режиму, накопичення ефективного тепла за певний період, фенофазу чи генерацію шкідливого виду. Фенологічну норму (середні строки фенофаз) пов'язують із середніми показниками погоди (клімат), а відхилення фенофаз від норми прогнозують за допомогою аналізу погоди.

Закономірності, на яких оснований цей метод, можна виразити через правило стійкості багаторічних фенодат: у комах, які ведуть наземний спосіб життя, строки їх появи в різних фазах розвитку в найбільшій кількості відбувається в певні періоди і змінюються в різні роки у визначених межах.

5.1.2. Розрахунок термінів настання онтогенетичних фаз за показниками температури

В основі цього методу – два взаємозалежні положення. Перше полягає в тому, що пойкилотермні організми здатні розвиватися при досягненні температури середовища, визначеного для кожного виду

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин й етапу його онтогенезу рівня, а для проходження кожного етапу розвитку необхідна певна сума теплових впливів. Рівень температури, за якою починається розвиток пойкилотермного організму, має назву поріг розвитку. Загальна кількість тепла, необхідного для завершення етапу онтогенезу чи біологічного циклу, називається *сумою ефективних температур*. Установлюють суму ефективних температур шляхом додавання щоденних або середньодекадних показників температури повітря, за мінусом показника порога розвитку для цієї стадії виду. Друге положення полягає в тому, що рівень температури одночасно є пусковим механізмом прояву життєвих функцій чи елементів поведінки (вихід із ґрунту, піші пересування, перельоти, заселення нових біотопів тощо). Тому за показниками, які характеризують температурний режим періоду, можна прогнозувати не тільки фенологію, але й поведінку і шкідливість окремих видів.

Доступність, простота і результативність методу фенологічних прогнозів на основі використання сум ефективних температур забезпечили його широке впровадження в практику. Цей метод застосовують для розрахунку дат появи певних стадій онтогенезу і генерацій шкідників (озимої совки, колорадського жука, шкідливої черепашки, яблуневої плодожерки і багатьох інших видів), а також для розрахунку інкубаційних періодів патогенів рослин (фітофтора картоплі, мілдью винограду та ін.).

Практичне застосування методу сум ефективних температур для розрахунку фенології шкідливих видів свідчить, що суми тепла, необхідного для розвитку окремих стадій онтогенезу чи біологічного циклу, не стандартні. Вони істотно змінюються за сезонами року і за окремими роками. Ігноруючи причин, що зумовлюють мінливість сум ефективних температур для проходження фаз розвитку шкідливих організмів, можна допустити великих помилок у розрахунках.

Сума ефективних температур, що необхідна для забезпечення проходження певної фенологічної фази шкідливого виду, істотно змінюється залежно від довжини дня, ступеня зволоження території, загального рівня температури середовища і його коливань у ході доби і декад. Надійнішими є розрахунки тільки при оптимальних рівнях температури для конкретних фаз розвитку шкідливих видів. У зв'язку із цим слід аналізувати причини, які спричиняють нестандартність показників сум ефективних температур. Відомо, що на суму ефективних температур, як і на роль температури середовища для стимуляції певних

функцій взагалі, істотно впливають умови середо-вища, у яких існувала популяція в попередні сезони. Наприклад, терміни відкладання і появи личинок нового покоління шкідливої черепашки залежать від погодних умов періоду зимівлі шкідника. Після зими з гідротермічними умовами в межах норми, сума ефективних температур, необхідна для відродження нового покоління шкідника, становить у середньому 200–210 °С, після зими з різкими коливаннями температури вона зростає до 240–250 °С, а після холодної зими – до 280–290 °С.

Друга причина помилок полягає в тому, що під час розрахунків за середньодобовими і середньодекадними даними недовраховують ефективне тепло, що накопичується у дні із середньодобовою температурою, близькою за своїм значенням до нижнього температурного порога розвитку організму, або нижчою від нього. Такі дні спостерігаються навесні і восени, але їх не беруть до уваги під час підрахунку сум ефективних температур. Водночас, у денні години таких днів температура повітря нерідко піднімається вище від порога розвитку певного виду і впливає на нього. Для більш точного обліку ефективного тепла при середньодобових температурах, близьких до граничного рівня, розроблено таблиці поправок.

У процесі розрахунку термінів розвитку пойкилотермних організмів у літній період варто враховувати негативний вплив на них температур, вищих від оптимальної межі. Для більшості шкідників такий вплив виявлено при середньодобових температурах вищих за 20–25 °С. Вони спричиняють уповільнений розвиток, що призводить до завищення сум ефективних температур. У цих випадках фактичний розвиток організму затримується порівняно з розрахунковим. Щоб запобігти подібним помилкам, розроблено поправочні коефіцієнти. Значення поправочного коефіцієнта для визначеного рівня температури обчислюють, розподіляючи суму температур, необхідну для розвитку організму в умовах оптимуму, на суму температур, яка накопичується при розвитку за цих умов.

Поправочний коефіцієнт дозволяє уточнити значення суми ефективних температур, необхідної для розвитку окремих онтогенетичних стадій і поколінь при сформованому в природі рівні температур.

Метод розрахунку фенології шкідливих організмів за сумою ефективних температур з використанням поправочних коефіцієнтів може значно полегшити розробку і підвищити точність фенологічних прогнозів.

5.2. Прогноз шкідливості

Важливим завданням інтегрованого захисту рослин є обґрунтування і оптимізація проведення заходів на основі моніторингу і прогнозування розвитку шкідливих видів і втрат від них. Особливо це необхідно для визначення доцільності хімічного захисту, який повинен забезпечувати збереження врожаю при мінімальних об'ємах застосування пестицидів.

Шкідливість – це негативний вплив на культурні рослини конкретної сукупності особин шкідливого виду або комплексу видів. Вона виражається зменшенням продуктивності рослин або погіршенням якості продукції.

Першим етапом оцінки шкідливої діяльності видів є установлення ступеня пошкодженості посіву шкідниками, ураженості хворобами і засміченості бур'янами. Якщо інтенсивність ураження хворобами значною мірою характеризує ступінь ураження хворобою, то щільність шкідників не завжди прямо пов'язана зі ступенем пошкодження.

Результати життєдіяльності шкідливих видів дуже різні – це втрата частини листової поверхні, травмування стебла, провідних судин, знищення генеративних і репродуктивних органів та ін. Більшість типів пошкодження не можуть бути показниками ступеня втрати врожаю. Але без їх кількісної характеристики не можна оцінити фітосанітарний стан поля.

Шкідливість залежить від ряду факторів:

- ступеня ушкодження та агресивності шкідливого об'єкта, які залежать від стадії розвитку й активності шкідників, патогенності збудника хвороби рослин, кількості шкідливих організмів;
- стійкості рослини, значною мірою обумовленою специфічною для сорту нормою реакції і фізіологічним станом культури, який, у свою чергу, залежить від проведених агротехнічних заходів і ступеня сприятливості погодних та інших умов;
- збігу термінів появи агресивних стадій розвитку шкідливих організмів з найсприйнятливішими до ураження стадіями культурних рослин.

У процесі формування врожаю польових культур можна виділити три основних періоди:

- період отримання сходів і необхідної густоти стояння рослин в

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
оптимальні фенологічні чи календарні строки;

- період від початку формування і нагромадження біомаси до розвитку генеративних органів;

- формування і дозрівання врожаю (зерна, плодів і т. д.)

Для окремих польових культур відносна тривалість кожного із зазначених періодів може бути різною, але загальна схема для всіх культур та сама. Для кожного з трьох періодів визначають комплекс шкідливих видів, механізм їхнього впливу на врожай і загальні потенційні втрати, які вони можуть заподіяти, можливості їхнього запобігання, технологію й окупність заходів. Такий підхід до оцінки факторів, що визначають утрати врожаю на окремих етапах його формування, дозволяє не тільки повною мірою врахувати розміри шкоди по видах і групах, але й установити раціональні методи його запобігання чи зниження. При цьому характер втрат поділяють на чотири типи:

- зрідження посіву;
- зниження темпів формування і нагромадження біомаси;
- зниження якості і кількості врожаю;
- збільшення втрат під час збирання або його збереженні врожаю.

Основну увагу приділяють кількісному зниженню врожаю, значно рідше враховують погіршення його якості. Майже не беруть до уваги негативний вплив шкідників і хвороб на умови виробництва, що проявляється ускладненням умов збирання врожаю, зокрема, полягання рослин через ураження їх кореневими гнилями чи ушкодження стебловими шкідниками, засміченості посівів і врожаю бур'янами та їх насінням тощо.

Важливим аспектом оцінки шкідливості стало визначення можливості запобігання втрат урожаю і необхідних для цього економічних витрат. Вирішити це завдання можна, співставляючи потенційні втрати під час розвитку шкідливого організму з фактично збереженою кількістю врожаю в результаті проведених захисних заходів. Слід зазначити, що навіть у країнах, де захист рослин проводять надзвичайно інтенсивно, вдається попередити тільки 50–55 % потенційних втрат.

Таким чином, оцінка економічного значення шкідливих організмів і оснований на ній прогноз шкідливості є складним завданням, під час вирішення якого слід враховувати багато аспектів. Тому особливу увагу приділяють визначенню економічних порогів

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин шкідливості, тобто орієнтованих показників для проведення відповідних заходів з окремими видами шкідливих організмів, а також об'єктивному визначенню необхідного обсягу захисних заходів.

У процесі переходу до інтегрованих систем захисту рослин шляхом оптимізації фітосанітарних умов на основі широкого використання стійких сортів, організаційно-господарських і агротехнічних заходів, активного фітосанітарного моніторингу тощо, підвищується інтерес до диференційованої оцінки і прогнозу шкідливості, а також до відповіді на питання, у якому обсязі допустимі втрати в інтересах збереження природних ворогів шкідливих організмів і охорони навколишнього середовища.

За останні 30 років з'явилося багато різних понять і математичних інтерпретацій ЕПШ. Запропоновано терміни: „економічний поріг шкідливості”, „економічний поріг доцільності застосування пестицидів”, „поріг чисельності шкідників”.

За визначенням В.І. Танського, ЕПШ – це щільність популяції шкідливого виду або ступінь пошкодження (ураження) рослин, при якій заходи щодо захисту рослин починають давати прибуток.

Розрахункове рівняння для визначення ЕПШ має такий вигляд:

$$\text{ЕПШ} = \frac{B \cdot H \cdot P}{C \cdot D \cdot K}, \quad (5.1)$$

де B – витрати на захист рослин;

H – коефіцієнт додаткових витрат;

P – коефіцієнт рентабельності загальних витрат на виробництво продукції;

C – закупівельна ціна;

D – втрати врожаю на одиницю шкідливого організму або пошкодження рослин;

K – коефіцієнт зменшення втрат заходами захисту.

Математичний зв'язок компонентів формули досить простий, але складність під час практичного розрахунку виникає через велику мінливість показників, тому у виробництві керуються середніми значеннями ЕПШ, що дає задовільний результат.

Орієнтація на середній рівень втрат урожаю в межах 3–7 %, яку використовують багато спеціалістів, не достатньо точна. У цьому разі ігнорується варіабельність основного економічного показника – рентабельності – перевищення рівня доходів над витратами.

Під час вирішення питання щодо доцільності застосування пестицидів необхідно враховувати, що не всяке пошкодження рослин

викликає втрати врожаю. Між щільністю комах та кліщів, ступенем їх пошкодження, завданого ними, і втратами вчені встановили три основних типи реагування рослин на пошкодження:

1. Компенсація, коли при пошкодженні вегетативних органів сумарна асиміляція рослин посилюється внаслідок швидкої регенерації листкової маси, або при зрідженні посівів інтенсифікується кушніння зернових колосових злаків, збільшується маса плодів, коренеплодів у інших культур. У цьому разі збитки на одиницю щільності шкідника зростають поступово, криволінійно.

2. Лінійність – збитки збільшуються пропорційно до збільшення чисельності шкідника, що властиво для видів, які пошкоджують генеративні органи – плоди, насіння.

3. Десенсибілізація – втрати на одиницю щільності шкідника поступово зменшуються, що характерно для попелиць, кліщів, у яких у разі збільшення чисельності зростає загибель особин, знижується плодючість, підвищується смертність від природних ворогів, захворювань.

На рис. 5.1 показано мінливість ЕПШ залежно від екологічних факторів та реакції рослин на пошкодження.

У багатьох випадках на полі одночасно розвиваються декілька шкідливих організмів. Для прийняття рішень щодо захисту рослин необхідно оцінити їх спільний вплив на формування врожаю. Це дуже складне питання, але для розрахунків у спрощеному варіанті можна використати комплексний економічний поріг шкідливості – КЕПШ як суму економічних індексів (I_e) шкоди кожного з основних видів, виявлених на полі, і для яких відомі ЕПШ. Економічний індекс – це відношення фактично виявленої кількості шкідника ($Ч$) до його ЕПШ:

$$I_e = \frac{Ч}{\text{ЕПШ}}, \quad (5.2)$$

Якщо КЕПШ (сума I_e) більший від 1, обробку пестицидами проводити доцільно.

На сучасному етапі пороги шкідливості мають відображати не тільки економічну, а й екологічну та соціальну доцільність хімічного захисту рослин. Дослідник Б.А. Арешніков пропонував уживати термін еколого-економічний поріг (ЕЕП) і як показник брати триразову окупність витрат чистим доходом.

Пошкодженість шкідниками і хворобами, яка призводить до загибелі рослин і зрідження посівів, оцінюють у відсотках або балах. Прийняті такі градації балів: 1 бал – слабка зрідженість, загинуло до

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
 25 % рослин; 2 бали – середня, загинуло 25–50 % рослин; 3 бали – сильна, загинуло більше 50 % рослин.

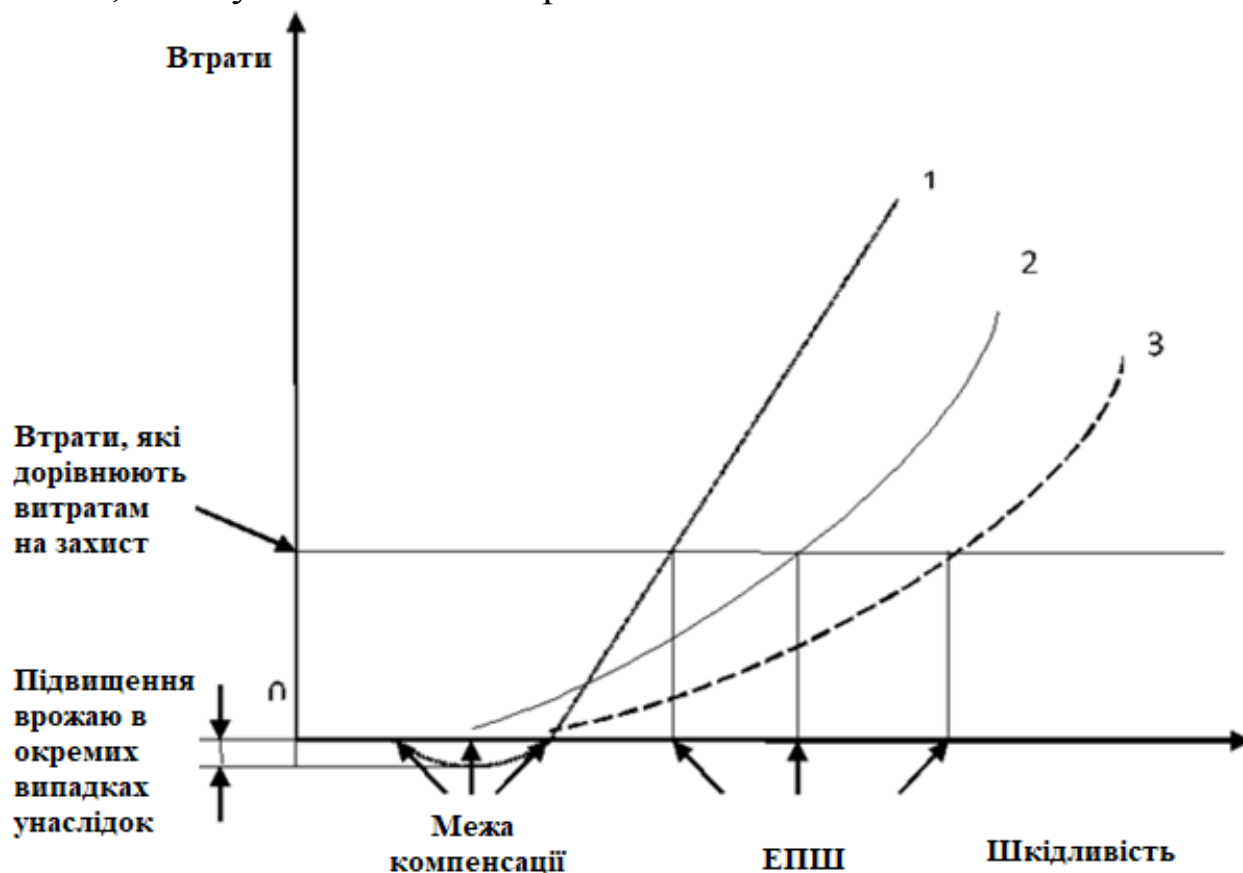


Рис. 5.1 Залежність шкідливості від основних факторів впливу:

- 1 – сприятливий для шкідливого організму режим погоди;
- 2 – середній стан погоди; 3 – несприятливий режим погоди

5.2.1. Принципи визначення пошкодженості (ураженості) рослин і втрат урожаю

При частковому пошкодженні листя застосовують таку шкалу:
 1 бал – слабка пошкодженість, знищено до 5 % листової поверхні;
 2 бали – сильна, 26–50 %; 3 бали – дуже сильна, більше 50 %.

Пошкодженість репродуктивних органів установлюють за відсотками пошкоджених органів від загального числа оглянутих. Ураження хворобами оцінюють за ступенем проявлення захворювання.

Утрати врожаю – це підсумковий показник фітосанітарного стану поля. Облік утрат протягом декількох років дозволяє оцінити ефективність захисту рослин в окремі роки і визначити тенденції у змінах шкідливості певних видів чи їх комплексів у майбутньому.

Слід розрізняти два типи впливу шкідливих організмів на рослини: а) повне знищення, б) зменшення продуктивності. У першому

випадку недобір урожаю визначають за відсотком загиблених рослин, при цьому не враховуючи можливість компенсації втрат рослинами, що залишилися, тому пок азник втрат звичайно дещо прибільшений. Якщо є можливість відібрати на полі проби з непошкоджених ділянок, то врахувати компенсацію дозволяє розрахунок за формулою:

$$P = Ax - By, \quad (5.3)$$

де P – втрати врожаю;

A – урожай рослин з непошкодженої частини посіву;

B – теж саме з пошкодженої ділянки;

x – кількість рослин на одиниці площі непошкодженої ділянки;

y – теж саме на пошкодженій ділянці.

У другому випадку в разі зменшення продуктивності рослин, залежно від характеру пошкодження або ураження, можна розрахувати втрати за такими формулами:

$$P = Ay - x, \quad (5.4)$$

де A – урожай непошкодженої рослини;

y – кількість рослин на одиниці площі;

x – фактичний урожай з одиниці площі.

$$P = Ay - Bx, \quad (5.5)$$

де A – урожай непошкодженої рослини;

B – урожай пошкодженої рослини;

y – загальна кількість рослин на одиниці площі;

x – кількість пошкоджених рослин.

Але точні результати за цими формулами можна отримати тільки при відсутності компенсації втрат за рахунок кращого розвитку непошкоджених рослин. Якщо рослини здатні компенсувати втрати, застосовують формулу:

$$P = (A - D)y - (B - A)x, \quad (5.6)$$

де A – урожай непошкодженої рослини на непошкодженій частині посіву;

B – урожай непошкодженої рослини на пошкодженій частині посіву;

D – урожай пошкодженої рослини;

x – кількість непошкоджених рослин на одиниці площі;

y – кількість пошкоджених рослин.

Значно спрощує оцінку втрат формула:

$$P = \frac{(A-a)}{A} \cdot 100, \quad (5.7)$$

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
де P – *утрати урожаю, %*;

A – *урожай непошкодженої рослини*;

a – *середній урожай однієї рослини*.

Основний недолік цього способу – складність під час відбору непошкоджених рослин. Велика перевага методу – можливість оцінки впливу на врожай комплексу шкідливих видів.

Оцінку втрат від хвороб проводять за результатами ступеня ураження у відповідну фенофазу рослини.

5.2.2. Оцінка втрат урожаю зернових колосових культур від основних шкідників і хвороб

Клоп шкідлива черепашка. Клопи, що перезимували, негативно впливають на кількісні показники врожаю. При цьому чим раніше вони завдають пошкодження, тим повніше рослини можуть компенсувати його вплив на врожай. Утрати маси зерна від одного клопа у фазі кущення пшениці становлять 3 мг, виходу в трубку – стеблування – 4–8 мг. Личинки та молоді клопи за період живлення в середньому пошкоджують близько 50 зерен, що дорівнює 0,5–0,7 % від усіх зерен при щільності 1 екз./м². Погіршення якості зерна проявляється при пошкодженні 2–5 % зерен.

Хлібна жужелиця. Основну небезпеку являють собою личинки, які спричиняють зрідженість посіву. Ступінь шкідливості залежить від густоти і розвитку рослин та вікового складу личинок.

Таблиця 5.1

Шкідливість личинок хлібної жужелиці (при щільності 1 лич./м²)

Фаза розвитку пшениці	Стебел/м ²	Зрідженість посіву, %		
		1-й вік	2-й вік	3-й вік
Сходи	200–300	3	10	25
	400–600	1	3	8
Сходи – 3-й листок	200–300	1	6	10
	400–600	0,3	1	3
Кущіння восени	200–300	0,5	2	5
	400–600	0,1	0,5	1

Визначивши щільність личинок, підраховують можливу зрідженість посіву, а за цим показником – утрати врожаю (табл. 5.2).

Таблиця 5.2

Втрати врожаю озимої пшениці залежно від зрідженості посіву

Зрідженість посіву, %	Утрати врожаю, %
5	1,8
10	7,2
20	13,5
30	26,2
50	49,1

Злакові попелиці. Досить надійні показники втрат можна отримати за результатами щільності попелиць у двох останніх обліках, використовуючи спеціальну шкалу (табл. 5.3).

Таблиця 5.3

Шкідливість злакової попелиці

Умови періоду вегетації	Втрата маси зерна від однієї попелиці, мг	
	пшениця м'яка	пшениця тверда
Посушливі	7	9
Середні	6	7
Вологі	3	4

Розраховують втрати за формулою:

$$B = \frac{X \cdot Z \cdot A}{10000}, \quad (5.8)$$

де B – втрати, ц/га;

X – кількість попелиць на колосі, екз;

Z – кількість колосів на 1 м^2 ;

A – утрати від однієї попелиці, мг.

Хлібні жуки. Для отримання точних даних необхідні результати двох–трьох обліків за період масового живлення жуків. Одна особина за добу в середньому зменшує врожай на 200 мг. Утрати визначають за формулою:

$$B = 200 \cdot x \cdot n, \quad (5.9)$$

де x – середньовиважена щільність, екз./ м^2 ;

n – період живлення жуків на полі, діб.

Розмір втрат від одного жука ($\text{г}/\text{м}^2$) на житі озимому – 1,8; ячмені – 2,1; пшениці озимій – 3,1; пшениці ярій – 5,7 $\text{г}/\text{м}^2$.

П'явиці. Утрати від жуків визначають за відсотком пошкодженості листової поверхні. При пошкодженні 50 % утрати

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин становлять 10–15 %. У разі пошкодження прапорцевого листка на 75–100 % урожай зменшується на 10–13 %. Утрати від личинок прогнозують за відсотком пошкодженого листя або щільністю личинок (табл. 5.4).

Таблиця 5.4

Втрати врожаю зернових колосових культур від личинок п'явиць

Личинок на 1 стебло, екз.	Втрати, %
0,5	1–2
1,0	3–4
1,5	6–7
2,0	8–10

Злакові мухи. Пошкодження молодих рослин у фазі 1–2 листків призводить до їхньої загибелі, що частково компенсується за рахунок кращого розвитку рослин, які збереглися. Зрідженість до 30 % може бути компенсована посівом. Утрати пошкоджених, але загиблих рослин, оцінюють залежно від характеру ушкодження. При пошкодженні головного стебла врожай зменшується на 50 %, бокового – на 15 %. Утрати визначають за формулою:

$$B = \frac{50x + 15y}{100}, \quad (5.10)$$

де B – утрати врожаю, %;

x – відсоток пошкоджених головних стебел;

y – те саме для бокових стебел.

Якщо враховані тільки пошкоджені рослини без розподілу стебел, втрати можна оцінити за коефіцієнтом шкідливості, який становить біля 30 %.

Хлібні пильщики. Зменшення маси зерна через пошкодження стебел становить у середньому 10–15 %.

Пшеничний трипс. Утрати від личинок залежать від погодних умов та сортових особливостей пшениці (табл. 5.5).

Таблиця 5.5

Втрати врожаю зерна від трипсів

Погодні умови, скоростиглість сортів	Втрата маси зерна від однієї личинки, мг
Посушливе літо, скоростиглі сорти	0,5
Помірно тепле літо, середньостиглі сорти	1,0
Прохолодне вологе літо, пізні сорти	2,0

Кореневі гнилі. Недобір урожаю спричиняє зріджування посіву і зменшення продуктивності уражених рослин.

Таблиця 5.6

Втрати врожаю м'якої пшениці від корневих гнилей залежно від погодних умов

Погодні умови	Втрати при загибелі сходів, %			Втрати врожаю хворими рослинами, %	
	10 %	25 %	40 %	1 бал	3 бали
Несприятливі	5	10	30	5	50
Звичайні	0	5	15	0	35

Таблиця 5.7

Шкала втрат урожаю від корневих гнилей залежно від розвитку хвороби

Розвиток хвороби, %	Втрати, %
11–16	0–5
17–21	3–9
22–26	6–14
27–31	8–18
32–36	11–23

На пшениці твердій утрати на 15–20 % більші.

Борошниста роса. Максимальне проявлення хвороби спостерігають у фазі колосіння–цвітіння.

Таблиця 5.8

Шкала втрат урожаю пшениці від борошнистої роси

Розвиток хвороби, %	Втрати врожаю, %		
	пшениця яра	озима пшениця	
		розвиток хвороби восени	
		слабкий (10–15 %)	сильний (20–30 %)
20	8,0	9,0	12,0
30	10,5	11,0	14,0
40	13,0	13,0	16,0
50	15,5	15,0	18,0
60	18,0	16,5	20,0
70	21,0	-	-

Сильне ураження (30–75 %) восени прикорневих та нижніх листків зумовлює під час зимівлі загибель рослин на 10–40 %. Утрати врожаю ячменю на кожний відсоток розвитку борошнистої роси після 20 % становлять 0,5–0,8 %.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
Сажка, іржасті хвороби, плямистості. Утрати врожаю зернових колосових культур від іржастих хвороб залежать від інтенсивності їх розвитку та часу проявлення на рослинах.

Таблиця 5.9

Шкала втрат урожаю зернових культур від сажкових хвороб

Поширеність сажки, %	Втрати врожаю, т/га	
	озимі	ярі
0,10	0,011	0,019
0,25	0,024	0,041
0,50	0,044	0,080
0,75	0,057	0,104
1,0	0,064	0,120
1,50	0,075	0,125
2,0	0,082	0,131
2,5	0,086	0,134
3,0	0,091	0,138

Таблиця 5.10

Шкала втрат урожаю озимої пшениці від бурої і жовтої іржі

Розвиток хвороби, %	Втрати врожаю, %				
	бура іржа			жовта іржа	
	колосіння	цвітіння	молочна стиглість	колосіння	налив зерна
5	0,7	0,2	-	0,0	0,0
10	3,0	1,0	0,0	6,0	3,4
20	7,8	2,3	0,8	12,0	5,8
40	20,0	10,0	3,0	24,0	13,3
60	32,0	18,0	8,8	36,0	22,2
80	41,5	26,5	14,4	48,0	28,5
100	50,0	35,0	20,0	60,0	33,0

Таблиця 5.11

Шкала втрат урожаю вівса від корончатої іржі

Розвиток хвороби, %	Втрати врожаю, %
10	2,6
20	7,2
40	11,9
60	14,6
80	16,5

Шкала втрат урожаю пшениці від септоріозу

Розвиток хвороби, % (на прапорцевому листку)	Втрати урожаю, %
< 30	10 (9–14)
31–50	20 (10–36)
51–75	30 (16–50)
> 75	40 (32–55)

Примітка: У дужках можливі коливання показника.

Втрати врожаю ячменю від сітчастої плямистості

Розвиток хвороби, %	Втрати врожаю, %	
	вихід у трубку	колосіння
5	8,7	3,0
10	15,8	6,2
15	22,9	9,4
20	30,0	12,6

Запитання для самоконтролю

1. Що визначає фенологічний прогноз?
2. Як впливають природно-кліматичні умови різних зон України на строки проходження фенологічних явищ?
3. Схарактеризуйте метод багаторічних фенограм.
4. Назвіть правило стійкості багаторічних фенофаз.
5. Як розраховують терміни проходження фенофаз за показниками температури?
6. Назвіть приклади використання суми ефективних температур у прогнозуванні.
7. Навіщо необхідний прогноз шкідливості?
8. Від чого залежить ступінь втрат урожаю?
9. Які особливості використання ЕПШ?
10. Перерахуйте типи реагування рослин на пошкодження комахами і кліщами.
11. Що таке економічний індекс шкоди?
12. Які дані необхідні для визначення втрат урожаю?
13. Назвіть методи визначення утрат урожаю від основних шкідників зернових культур.
14. Наведіть приклади визначення втрат урожаю пшениці від хвороб.

6. ОРГАНІЗАЦІЯ ЗБОРУ ФІТОСАНІТАРНОЇ ІНФОРМАЦІЇ І РОЗРОБКИ ПРОГНОЗІВ

6.1. Організація збору фітосанітарної інформації

Призначення вихідної інформації – охарактеризувати сформований фітосанітарний стан і визначити перспективи його можливої зміни під впливом зовнішніх факторів. У результаті її обробки та інтерпретації формують відповідні прогнози, які необхідні для обґрунтування планів, організації, вибору терміну і місця проведення заходів захисту рослин.

В Україні проведення захисних заходів дозволяє щорічно зберігати близько 5 млн т зерна, 9 млн т цукрового буряку, 4 млн т картоплі та багато іншої рослинної продукції. На території України поширено понад 200 видів шкідників і хвороб, близько 100 видів бур'янів, по яких необхідно збирати інформацію, що характеризує їхнє поширення, фенологію, морфологічний стан популяцій та інші показники. Одержання цих даних для всієї території країни методами, які звичайно використовують, неможливе, через величезні трудові і матеріальні витрати. Тому виникла необхідність обмежити види інформації і загальний обсяг її одержання за рахунок допущення певної науковообґрунтованої екстраполяції даних. Ці екстраполяції ґрунтуються на всебічному вивченні закономірностей динаміки процесів, які враховують, у кожного шкідливого виду для окремих зон його ареалу. Тільки глибоке знання цього дозволяє послідовно зменшити обсяг інформації, необхідний для об'єктивної характеристики фітосанітарного стану, що склався в той чи інший проміжок часу.

Розробка методів прогнозів, методів і технологій збору необхідної вихідної інформації для прийняття прогностичних рішень взаємозалежні. Удосконалення методів прогнозу поширення і розвитку кожного шкідливого виду на основі нових даних щодо його екології, фізіології та етіології повинно спрощувати всю систему і методи збору вихідної інформації. У технологію збору вихідної інформації необхідно закладати принцип прогнозу параметрів стану популяцій шкідливих видів і їхніх взаємин з культурними рослинами. Водночас, вимоги до змісту, термінів одержання і форми інформації визначаються логічними моделями прогнозованих процесів. Вони визначають і організацію збору цієї інформації.

Відповідно до логічної моделі прогнозування, прийнято, що динаміка популяцій шкідливих видів звичайно дозволяє виділити п'ять

фаз: депресія, підйом чисельності (розселення), масове розмноження, пік чисельності, спад чисельності. У патогенів і деяких високодинамічних шкідників фази пік чисельності і спад чисельності проходять дуже швидко, тому їх майже не виділяють.

Кожна фаза динаміки популяцій шкідливого виду в конкретному регіоні його ареалу характеризується чітко обумовленою просторовою структурою і морфофізіологічними характеристиками, що піддаються кількісній оцінці. Для складання прогнозу на майбутній рік чи сезон важливо визначити, яка фаза динаміки популяції склалася у шкідливого виду перед сезоном (роком). Це встановлюють на основі інформації, що безпосередньо характеризує просторову структуру і морфофізіологічний стан популяції. У міру нагромадження багаторічний даних, ряд характеристик популяцій можна установити не в результаті безпосередніх обліків і спостережень, а завдяки кількісній оцінці попередньо обраних для цього показників–предикторів прогнозу: кліматичних (температура, гідротермічний коефіцієнт, висота снігового покриву, промерзання ґрунту тощо); агротехнічних (терміни сівби, стан посівів і врожайність, терміни і якість збирання врожаю тощо). По деяких добре вивчених шкідливих видах цей підхід дозволяє знизити обсяг трудових витрат на збір інформації у 2–3 рази, одночасно підвищується точність прогнозів.

Визначають терміни і місця проведення захисних заходів також на основі обліку фази динаміки популяцій, фенології шкідливого виду, фенології і стану посівів, їхньої заселеності шкідливим видом (щільність поселення, інтенсивність розвитку хвороби, забур'яненість посіву). Для ряду шкідливих видів під час визначення їх фенології спостереження й обліки заміняють на розрахунки за сумами ефективних температур та інші екологічні критерії, що також значно знижує трудові витрати на одержання вихідної інформації.

Таким чином, уся система нагляду за фітосанітарним станом посівів і насаджень спрямована на те, щоб до мінімуму звести трудомісткі і дорогі спостереження й обліки. На перше місце висувують оцінку стану факторів середовища, що, відповідно до вироблених науковообґрунтованих моделей динаміки популяцій шкідливих видів, значною мірою визначають їхнє поширення, розвиток і економічне значення. Згідно з основним положенням протягом останніх семидесяти років розробляли програми дослідження екології, фізіології, етології, економічного значення шкідливих видів, статистичної обробки багаторічних даних, що характеризують динаміку їхнього поширення і розвитку. У реалізації

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин цих програм брали участь десятки наукових установ, кафедр вищих навчальних закладів, підрозділи державної служби захисту рослин.

Основний обсяг фітосанітарної інформації, необхідної для розробки довгострокових, сезонних, короткострокових, фенологічних та інших видів прогнозів збирає державна служба захисту рослин, підрозділом якої є служба діагностики і прогнозів. Основною структурною одиницею цієї служби є пункти сигналізації і прогнозів (ПСП), на яких, як правило, працюють по два спеціалісти з вищою спеціальною освітою. За кожним ПСП закріплено 2–3 адміністративних райони, на території яких вони проводять фітосанітарний моніторинг і розробляють відповідні прогнози розвитку шкідливих організмів рослин. Усього в Україні працює 240 таких пунктів, від 7 до 12 на область. Усі спостереження й обліки, передбачені планом роботи пунктів прогнозу, вони виконують на полях чи в насадженнях одного базового господарства, на території якого розташована також лабораторія пункту. Технологію збору інформації, її первинну обробку та оформлення проводять у суворій відповідності до методичних рекомендацій, розроблених і апробованих науковими установами і затверджених відповідним органом Мінагрополітики України.

У плані роботи пункту вказують перелік шкідливих видів, за яким збирають інформацію і розробляють короткострокові прогнози, у які терміни й в якому обсязі проводять обстеження, обліки і спостереження, для яких видів прогнозу вони призначені, у які терміни і куди слід надавати інформацію. В інформаціях для господарств йдеться про терміни проведення захисних заходів та їх доцільність з урахуванням економічних порогів шкідливості конкретних видів шкідливих організмів.

Інформація, що характеризує стан кліматичних факторів, фенологію і стан посівів і насаджень, надходить від гідрометеорологічної мережі, або збирається самостійно службою прогнозів, агрономами господарств. Гідрометеорологічна служба визначає ступінь репрезентативності цієї інформації.

У складі Державної станції захисту рослин кожної області є лабораторія прогнозів зі штатом із 3–4 фахівців. Ці лабораторії планують і контролюють роботу пунктів прогнозів, узагальнюють інформацію, що надходить від них та з інших джерел, для ефективного проведення фітосанітарного моніторингу і складання прогнозів. Крім того, вони збирають і аналізують оперативну інформацію для відповідних державних структур, яка необхідна для контролю за ходом проведення захисних заходів і їх ефективністю. Для господарств

передають регулярні планові і термінові повідомлення про строки проведення обстежень, обліків, захисних заходів, а також про економічні пороги доцільності їхнього проведення в певному році чи сезоні в період розвитку окремих генерацій шкідливих організмів. Для передачі інформації господарствам найчастіше використовують різні засоби зв'язку – періодичну пресу, радіо, телебачення, електронну пошту та ін.

У сільськогосподарських підприємствах усіх форм власності повинна працювати внутрішньогосподарська служба захисту рослин під керівництвом головного агронома. Крім проведення захисних заходів, вона виконує роботи з фітосанітарного моніторингу на землях господарства в терміни, обумовлені пунктами прогнозів. Мета цієї роботи – оптимізувати заходи із захисту рослин щодо фітосанітарного стану, обґрунтувати доцільність їх проведення. У господарствах з інтенсивними культурами (овочеві, плодові) на сезон слід призначати спостерігача на кожні 300 га посівів. Роботу спостерігачів у господарствах здійснюють під методичним керівництвом і контролем пунктів і лабораторій прогнозів.

6.1.1. Збір інформації, що характеризує просторову структуру популяцій

Просторову структуру популяцій шкідливих видів визначають для установлення фази їх динаміки, що враховують під час розробки довгострокових прогнозів. Вона змінюється по сезонах і роках залежно від стану популяцій. Для більшості шкідливих видів кожній фазі динаміки популяцій відповідає визначений характер заселення певних агроценозів (біотопів) у конкретні сезони року. Біотопи (стації, що їх заселяють шкідливі об'єкти) являють собою визначені види посівів, насаджень та інших сільськогосподарських угідь.

Іноді заселеність території шкідливим організмом визначається не тільки видом посіву, але і термінами сівби (ранній, середній, пізній). Площі кожного виду посіву, а також інших сільськогосподарських угідь, що можуть стати стаціями шкідливого виду, повинні бути відомі в межах будь-якого адміністративного регіону. Це істотно полегшує проведення обстеження, а також оцінку отриманих результатів для встановлення поширення і розвитку шкідливого виду.

Просторову структуру популяції виявляють у результаті встановлення заселених і незаселених шкідливим видом біотопів (стацій). Для цього планово проводять обстеження тих угідь, які

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин можуть на цій фазі динаміки популяції заселятися шкідливим видом. При цьому враховують фактичну заселеність кожного типу обстеженого біотопу. Це, по-перше, важливо для уточнення фази динаміки популяцій, по-друге, дозволяє проводити обстеження тільки частини полів, звичайно не більше від 10–15 %, і екстраполювати отримані дані на площу, зайняту цим типом стацій у певному регіоні. Метод і терміни проведення обстеження обирають відповідно до біологічних особливостей шкідливого виду і характеру заселення ним біотопів.

Виявляють заселеність біотопу шкідливим організмом одночасно з урахуванням щільності його заселення. Для форм і етапів онтогенезу, що піддаються обліку візуально (метелики, жуки, клопи, саранові тощо) чи за слідами життєдіяльності (нори гризунів, пошкоджені або уражені рослини), застосовують маршрутні обліки. Довжина маршруту і кількість облікових проб у кожному біотопі повинна бути однаковою чи пропорційною до його загальної площі. Так, довжина маршруту при обліку метеликів лучного метелика становить 10 відрізків по 10 кроків, а під час обліку полівок – 1000 м при ширині маршруту 2,5–5,0 м. Якщо в межах цього маршруту, що охоплює крайову і серединну частину біотопу, вид не виявлено, то територію вважають не заселеною ним.

Для видів, що живуть у ґрунті, усередині рослин, на рослинах, на ґрунті, одиницею обліку вважають 8–20 проб визначеного розміру, розташованих по краях і в серединній частині біотопу. Якщо в узятих пробах вид не виявлений, то біотоп вважають незаселеним.

Під час визначення ступеня заселеності біотопу шкідливим організмом установлюють три градації (бали) заселення: низька, середня, висока. Якщо шкідливий організм знаходиться на етапі онтогенезу, коли необхідно проводити заходи проти нього, відзначають такі градації: нижче економічного порогу шкідливості; на рівні чи вище від значення цього показника.

Терміни проведення обстежень вибирають з урахуванням фенології шкідливого об'єкта і культури. Як мінімум, обстеження проводять двічі на рік: після переживання видом несприятливих періодів, коли виявляють мінімальне в цьому році заселення стацій, і після періоду розмноження, коли заселення для цього року буває максимальним. При високому рівні чисельності шкідника чи інтенсивному розвитку захворювання кількість обстежень збільшують. Крім того, для видів, проти яких проводять відповідні

заходи на етапі онтогенезу, що дає найбільш повне уявлення про просторову структуру популяції, обліки проводять частіше.

Узагальнюючи дані в межах адміністративного району, регіону чи країни в цілому, установлюють:

1) яка фаза динаміки популяції склалася в певний період і як це вплине урахувавши інші показники стану популяції, на розвиток шкідливого виду в майбутньому;

2) розміри загальної заселеної шкідливим видом площі за типами угідь і площі з визначеною градацією їхнього заселення;

3) площі, що підлягають захисту з урахуванням їхньої фактичної заселеності й очікуваних змін у зв'язку з фазою динаміки популяції і загальним екологічним станом.

У міру накопичення багаторічних матеріалів про динаміку просторової структури популяцій шкідливого виду в кожній зоні (регіоні), можна виділити зони і навіть господарства, облік стану популяцій у яких дає досить репрезентативну інформацію для всього регіону. Це дозволяє знизити витрати праці на проведення обстежень без втрати повноти і точності одержуваної інформації.

6.1.2. Збір інформації, що характеризує морфологічну і вікову структуру популяцій

Для більшості шкідливих видів характерна значна морфологічна мінливість популяцій у процесі їхнього розвитку. Ця мінливість, залежно від біологічних особливостей виду, проявляється по-різному. У деяких форм (попелиці, фітопатогени) змінюється статеве співвідношення чи навіть тип розмноження. У більшості видів фаза динаміки популяцій характеризується визначеними змінами розмірів і маси тіла, вмістом резервних речовин в організмі, темпами розвитку, інтенсивністю розмноження, показниками життєздатності і загальною тривалістю життя. У форм, що впадають у діапаузу, виявляють неоднакову кількість (відсоток) діапаузуючих особин, різний ступінь її глибини, а отже, – різний характер реактивації і життєздатності популяцій у критичні періоди.

Змінюється в популяцій багатьох видів і загальний діапазон оптимальної межі стану факторів середовища (температури, вологості, вмісту води в кормі тощо), що істотно визначає інтенсивність їхнього розмноження і виживання. Суттєво змінюється віковий склад популяцій, що визначає сукупну межу оптимального стану для неї багатьох факторів середовища.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Усі відзначені зміни морфофізіологічних властивостей популяцій мають переважно фенотипний характер і визначаються тими умовами харчування і стану кліматичних факторів, у яких проходив їхній розвиток у минулих сезонах. Водночас, саме морфофізіологічні особливості популяцій у вирішальній мірі визначають стан виду в поточний період і в найближчих сезонах, що важливо враховувати під час розробки довгострокових і короткострокових прогнозів.

У практиці інформативного забезпечення прогнозів облік морфофізіологічних властивостей популяцій використовують обмежено у зв'язку з трудомісткістю способів їхньої репрезентативної оцінки. Звичайно для окремих видів застосовують 1–2 найбільш доступних для обліку показники.

Виявлення вікового складу популяцій напередодні відходу на зимівлю використовують як показник її ймовірної зимостійкості для совок, довгоносиків, багатьох інших шкідників. Відсоток діапаузуючих особин характеризує зимостійкість кліщів. Маса тіла, наявність жиру та інших резервних речовин визначають стан популяції перед відходом на зимівлю у деяких клопів. Аналіз стану гонад використовують для оцінки ймовірної плідності кожної генерації лучного і стеблового метеликів, капустяної совки тощо, а розтином самок визначають плідність гризунів.

Оцінку морфофізіологічного стану і вікової структури популяції проводять у строго визначені періоди, найчастіше одночасно з обліком її просторової структури. Морфофізіологічні показники виражають середніми величинами, мінімальними і максимальними, а також у відсотках особин, що мають показники вищі і нижчі від оптимальних. Віковий склад популяції характеризується відсотком особин із загальної кількості проаналізованих, що належать до певної вікової групи чи фази онтогенезу. Кількість особин, які розвиваються чи діапаузують, виражають у відсотках від загальної кількості проаналізованих.

Усі показники, що характеризують стан популяцій, оцінюють для кожного типу стацій окремо. Разом з обліком фактичної заселеності це дозволяє визначити, у яких стаціях і на якій загальній площі утворюється в конкретний період найбільш життєздатне ядро популяції, що важливо для обґрунтування прогностичних рішень і вибору профілактичних заходів.

6.2. Порядок інформаційного забезпечення розробки прогнозів

В Україні розробляють прогнози розвитку шкідників і хвороб сільськогосподарських культур різної завчасності. Ступінь завчасності прогнозів залежить від біологічних особливостей шкідливого об'єкта, призначення прогнозу і кількості доступної для використання вихідної інформації. У зв'язку з цим розроблено таку систему складання прогнозів, що досить повно задовольняє вимоги практики і водночас пристосована до певної вихідної інформації. Для обґрунтування поточного планування та організації заходів щодо захисту рослин від шкідників і хвороб складають такі види довгострокових прогнозів.

1. Наприкінці серпня – початку вересня складають попередній прогноз поширення шкідливих об'єктів на наступний рік. Цей прогноз використовують для планування заходів щодо захисту рослин на майбутній рік, для проведення необхідних профілактичних робіт восени та взимку, посилення уваги до збору інформації про стан популяцій окремих шкідливих видів перед зимівлею, якщо в цьому виникає потреба.

2. У грудні – на початку січня розробляють повний прогноз на майбутній рік. Він включає додаткову інформацію про стан зимуючих популяцій, обсяги проведених захисних робіт і агротехнічних заходів. На підставі цього прогнозу можна уточнити плани захисних заходів.

3. Навесні, ураховуючи умови зимівлі і стан погоди в ранньовесняний період, для деяких особливо динамічних видів складають уточнюючі сезонні прогнози. Для таких видів у попередньому і повному прогнозах указують два крайні варіанти ймовірних обсягів захисних робіт у майбутньому році залежно від можливих умов перезимівлі і весни. В уточнюючому прогнозі вказують, який з цих варіантів доцільний. У більшості випадків крайні варіанти обсягів захисних заходів відрізняються один від одного в межах 15–25 %, тільки для окремих видів вони можуть бути дво-, трикратними.

Короткострокові прогнози на термін до місяця розробляють для невеликої кількості об'єктів. Їх складають для кожної генерації деяких полівольтинних шкідників і хвороб і доводять до відома всіх господарств.

Річні регіональні прогнози розробляють учені науково-дослідних і навчальних закладів разом з фахівцями служби захисту рослин. Прогноз розвитку шкідливих організмів рослин по Україні розробляють спеціалісти відділу фітосанітарної діагностики і

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин прогнозів Головдержагрозахисту разом з науковими працівниками інститутів і дослідних станцій НААН, вищих аграрних навчальних закладів за матеріалами лабораторій діагностики і прогнозів державних станцій захисту рослин та ПСП.

Така система фітосанітарного моніторингу розробки прогнозів і сигналізації дозволила скоротити до мінімуму використання інформації, яку отримують трудомісткими методами. Одночасно підвищено вимоги до точного дотримання регламенту її збору, обробки і передачі її у відповідні установи. Велику увагу приділяють упорядкуванню одержання і використання інформації, що характеризує екологічний стан (дані гідрометеорологічної служби про погоду і стан посівів, дані господарств і служби захисту рослин про врожайність, терміни і якість проведення найважливіших агротехнічних заходів). Ці види інформації порівняно легко одержати, а при правильній їхній обробці й інтерпретації вони певним чином компенсують обмеженість даних, одержаних трудомісткими обліками і спостереженнями в полі і лабораторіях.

6.3. Порядок інформаційного забезпечення визначення строків і місця проведення захисних заходів (сигналізація)

Визначення термінів і місця проведення захисних заходів складається з двох взаємозалежних операцій.

Перша – визначення термінів розвитку рослин і шкідливих організмів та виявлення умов, що сприяють розвитку шкідливих організмів, оповіщення про це господарств. Цю роботу планово виконують пункти прогнозів у своїх базових господарствах і регулярно інформують про фітосанітарну ситуацію всі сільськогосподарські підприємства свого регіону обслуговування, а також лабораторію діагностики і прогнозів області, якій вони підлеглі.

Друга – виявлення полів і насаджень у господарствах, що підлягають обробці з урахуванням ступеня їхньої заселеності шкідливими об'єктами і видами на врожай. Цю роботу виконують агрономи господарств і допоміжний персонал. Про прийняті рішення і виконані обсяги обробок посівів і насаджень, а також їх ефективність, господарства інформують районну станцію захисту рослин, яка потім передає цю інформацію станції захисту рослин області.

Нижче наведено, як приклад, інформацію, яку використовують для визначення термінів і місця проведення захисних заходів проти

шкідливих об'єктів з різною динамікою поширення і розвитку. Указуються також джерела одержання цієї інформації.

Для визначення термінів і місця проведення заходів проти ховрахів використовують таку інформацію:

1. Терміни масового пробудження і його завершення навесні.
2. Весняна чисельність поселень (кількість жилих нір на 1 га). За наявності на багаторічних травах більше 5 ховрахів (чи 20 жилих нір) на 1 га, а на посівах просапних чи зернових культур – більш 3 ховрахів (8–10 жилих нір) проводять відповідні винищувальні заходи.
3. Ефективність винищувальних заходів (%).
4. Терміни розселення молодняка.
5. Чисельність поселень ховрахів на посівах після розселення молодняка. У цей період захист посівів проводять за наявності 5–8 гризунів (чи 25–50 жилих нір) на 1 га.

Для визначення місця і термінів боротьби з озимою совкою використовують таку інформацію:

1. Терміни льоту метеликів, його інтенсивність по поколіннях, плідність самок, початок і період масового відкладання яєць. Цю інформацію одержують пункти прогнозів і передають у відповідні строки господарствам, а також обласній лабораторії діагностики і прогнозів.

2. Заселеність окремих полів у період відкладання яєць, коли проводять випуск трихограми, а також у період розвитку гусениць, коли застосовують пестициди. Рішення про використання біологічного методу чи проведення хімічних обробок приймають агрономи господарств, урахувуючи рекомендовані для цього року і цієї генерації шкідника економічні пороги доцільності їх проведення і нормативи по видах культур і посівів. Про виконані захисні заходи проти кожної генерації шкідника та їх ефективність господарства інформують районну станцію захисту рослин, яка узагальнює і повідомляє дані вищим інстанціям для загального обліку обсягу проведених захисних обробок і їх ефективності.

Для сигналізації термінів і визначення місця проведення заходів проти бурої іржі злаків використовують таку інформацію:

1. Терміни настання фаз розвитку злаків – кушіння, початок виходу в трубку, колосіння.
2. Терміни появи спор збудника хвороби в повітрі і на листках злаків. Ступінь заспореності повітря.
3. Тривалість збереження краплинно-рідкої вологи на рослинах (роса, дощ), середня температура за цей період.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Ці дані дозволяють визначити дату первинного зараження пшениці хворобою. Після встановлення дня первинного зараження визначають тривалість уредогенерацій гриба.

Користуючись приладом ПОЗР-М чи спеціальною номограмою для визначення кількості спор, що осіли на посівах, визначають загрозу виникнення епіфітотії і величину можливих утрат урожаю. Сигнал про необхідність хімічного захисту проти бурої іржі передають, якщо за 15–17 днів до початку колосіння в середньому ураженість грибом усіх листів одного стебла становитиме 10 пустул і більше. Ймовірні втрати зерна визначають за номограмами. Хімічні обробки посівів проводять, якщо потенційні втрати врожаю будуть більше від 25 %.

6.4. Система обробки й інтерпретації фітосанітарної інформації

Інформація про заселеність біотопів шкідливими організмами, яку збирають безпосередньо пункти прогнозу, оброблюють для визначення середніх і максимальних показників по кожному типу угіддя. Фенологічну інформацію обробляють так, щоб можна було визначити:

- 1) дату початку фази (до 20 %), масового проходження (50 % і вище), завершення фази (80 % і вище);
- 2) загальну тривалість фази порівняно з багаторічною нормою;
- 3) відхилення в термінах проходження фази порівняно з багаторічною нормою.

Дані, від господарств про поширення і розвиток шкідливих видів, одержані ПСП, а також районними станціями захисту рослин обробляються так, щоб було показано:

- 1) обстежену і заселену шкідливим видом площу кожного угіддя в тій фазі його розвитку чи розвитку посівів (насаджень), що передбачені планом обстежень на рік;
- 2) середню і максимальну щільність заселення за прийнятими градаціями для конкретного шкідливого виду в певній фазі його розвитку;
- 3) площі, де виявлено чисельність фази, що шкодить, чи фази, з якою проводять боротьбу, вище від економічного порогу шкідливості.

У межах району діяльності пункту прогнозів фітосанітарну інформацію узагальнюють і за його власними матеріалами, і за одержаними від господарств. Крім того, використовують відповідну інформацію гідрометеорологічної мережі та агрослужб. Її обробку й

інтерпретацію, разом з даними безпосередніх спостережень і обліків, здійснюють пункти прогнозів за відповідним методичними посібниками диференційовано для кожного шкідливого виду.

У підсумку збору й обробки перерахованих видів вихідної інформації складають пункти прогнозів і планово, а в деяких випадках негайно, передають у різні інстанції таку інформацію:

1. Господарствам повідомляють терміни проведення захисних заходів щодо кожного шкідливого об'єкта, з яким необхідно проводити відповідні заходи в цьому році, згідно з прогнозом про економічні пороги шкідливості.

2. У лабораторію прогнозів області і відділ фітосанітарної діагностики Держагрозахисту надсилають такі види інформації:

а) поточна планова коротка звітність за заздалегідь розробленими формами один раз на 5–10 днів щодо відповідних шкідливих об'єктів (фенологія, поширення, шкідливість, обсяг проведених захисних заходів, їх ефективність);

б) термінова інформація про явища і характеристики популяцій, що заслуговують на увагу, але не передбачені в довгостроковому прогнозі;

в) річний звіт з підсумком накопиченим даних, їх аналіз і характеристика популяцій шкідливих видів перед їх відходом на зимівлю.

Господарства передають пунктам прогнозів чи районним станціям захисту рослин за визначеними, заздалегідь розробленими формами, дані про обстежені і заселені шкідливими видами площі, градації їх заселення, обсяги проведених захисних заходів і їх ефективність. Ці дані передають у міру їх одержання.

Лабораторії діагностики і прогнозів обласних станцій захисту рослин узагальнюють інформацію, що надходить від пунктів прогнозів і районних станцій захисту рослин, відповідно до існуючих методичних рекомендацій. За необхідності вони проводять контрольні обстеження й обліки, для чого мають у своєму розпорядженні необхідні засоби. Крім того, у разі очікуваного масового розмноження якого-небудь шкідливого виду вони організують спеціальні обстеження силами господарств, що охоплюють не менше ніж 10 % тих типів угідь, які цей вид може заселити.

Лабораторії прогнозів отримують необхідну гідрометеорологічну та іншу інформацію, а також довгострокові і короткострокові прогнози поширення шкідливих видів, які складають для

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин відповідного регіону. На підставі узагальнення й аналізу отриманої інформації лабораторії прогнозу діють так:

- оперативно інформують пункти прогнозів і господарства регіону щодо очікуваного фітосанітарного стану на найближчий місяць і, відповідно, уточнюють плани їхньої роботи;

- складають оперативні щодакдні інформації про фенологію, поширення, градацію заселення посівів і насаджень шкідливими видами, обсяги проведених захисних заходів і їх ефективність, очікувані зміни фітосанітарного стану, які передають у відділ фітосанітарної діагностики Головдержагрозахисту та інші державні органи;

- готують планові періодичні інформації, а також річні звіти, необхідні для розробки попереднього, повного і сезонного прогнозів.

Оперативну інформацію застосовують насамперед для контролю і корегування робіт із захисту рослин. Крім того, вона слугує головним джерелом створення банку даних, який використовують для вирішення наукових і організаційних завдань. Робота на всіх етапах збору, обробки, передачі інформації та її використання для складання прогнозів різної завчасності і технологія її проведення, аналізу й узагальнення даних, являє собою єдину систему. Її затверджено відповідними наказами Міністерства аграрної політики України, положеннями, методичними рекомендаціями.

Польові обліки і спостереження регламентовано за фенологічними критеріями або календарно. Записи результатів заносять у спеціальні журнали. Упроваджують у практику прийоми автоматизованого збору різних видів інформації. Розробляють дистанційні методи фітосанітарної діагностики, які необхідно вводити у практику протягом найближчих років. У цілому система фітосанітарної діагностики і прогнозу в Україні вирішує два взаємозалежні завдання:

- 1) визначає загальну фітосанітарну ситуацію в регіонах і в країні;
- 2) ураховуючи цю загальну ситуацію, раціонально будує систему організації захисту рослин у кожному господарстві і на кожному полі.

Для шкідливих видів виявлено ті фактори середовища, що, впливаючи на популяції у визначені критичні періоди життя виду, спричиняють мінливість фаз їхньої динаміки. Вирішальне значення серед цих факторів мають кліматичні, що піддаються точній кількісній оцінці. Ці обставини дозволили виробити логічні моделі прогнозу фаз динаміки популяцій, основані на використанні як предикторів

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
кліматичних факторів. Для кожного шкідливого виду, відповідно до фази його динаміки, обґрунтовано оптимальний обсяг захисних заходів.

Таким чином, система збору і використання фітосанітарної інформації спрямована на встановлення сформованих і прогнозування очікуваних фаз динаміки популяцій шкідливих видів. Це визначає профілактичну спрямованість захисту рослин, що дозволяє значно знизити обсяги використання пестицидів та витрати на захист рослин від шкідників, хвороб і бур'янів.

Запитання для самоконтролю

1. Чим можна обґрунтувати діючу систему збору і використання фітосанітарної інформації?
2. Назвіть структурні одиниці підрозділів служби прогнозів.
3. Укажіть основні вимоги щодо організації роботи пунктів сигналізації і прогнозів.
4. Перерахуйте обов'язки обласних лабораторій діагностики і прогнозів.
5. Назвіть особливості проведення робіт зі збору даних щодо просторової структури популяцій.
6. Як проводять облік змін морфофізіологічної і вікової структури популяцій?
7. Назвіть строки і порядок інформаційного забезпечення розробки прогнозів і сигналізації.
8. Назвіть основні елементи збору, обробки і використання фітосанітарної інформації.

7. КРИТЕРІЇ ДОЦІЛЬНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАСОБІВ ЗАХИСТУ РОСЛИН, ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАХИСНИХ ЗАХОДІ ТА ЇЇ ВИЗНАЧЕННЯ

Боротьба зі шкідливими організмами в посівах сільсько-господарських культур в умовах сучасної інтенсифікації землеробства спрямована не на їхнє знищення, а на регулювання чисельності або розвитку в агроценозах і утримання на господарсько невідчутному рівні. Цього можна досягти правильним застосуванням агротехнічних заходів вирощування культури, контролем за чисельністю шкідників чи розвитком хвороб та їхніх природних ворогів чи антагоністів і використанням біологічних або хімічних засобів захисту рослин в інтегрованих системах. При цьому хімічні засоби використовують, лише якщо чисельність шкідника чи розвиток хвороби і їхня шкідливість можуть призвести до значних втрат урожаю. Тому необхідно знати, коли той або інший організм, що живиться або паразитує на рослині, стане економічно чи господарсько шкідливим.

Живлення певного організму окремими частинами чи органами рослини з біологічного погляду може визначити його як шкідливого. Але рівень пошкодження не завжди призводить до втрат урожаю та залежить і від виду організму, і від пошкоджуваних ним рослин та їхніх органів. Експериментально встановлено, що, наприклад, знищення листогризучими шкідниками до 25 % листків картоплі, цукрових буряків і деяких інших культур не завжди знижує врожай, а пошкодження у межах 5–10 % може навіть підвищити його.

Пошкодження личинками яблуневого пильщика до 3 % зав'язі також не зменшує врожай, оскільки зав'язь, що залишилася на дереві, має кращі умови для росту і компенсує зменшення кількості збільшенням маси. Якщо ж пошкодження листової поверхні чи інших органів рослини знижує врожай, то така чисельність виду на рослині чи групі рослин на певній площі буде господарсько відчутною, тобто цей вид є шкідливим. У певних випадках пошкодження рослин чи окремих їх органів не призводить до кількісних втрат урожаю, але знижує його якість (пошкодження бульб картоплі дротяниками, ураження зерна фузаріозом). Тому чисельність виду з розрахунку на рослину чи певну площу, за якої зменшується продуктивність або знижується якість урожаю, є пороговою чисельністю, коли вид стає шкідливим.

Установити шкідливість і втрати врожаю від пошкодження або ураження можна такими методами: порівнянням урожаю пошкоджених і непошкоджених рослин; визначенням прожерливості шкідника; моделюванням пошкоджень (штучне пошкодження). У виробничих умовах найдоступніший – перший метод. Для цього в період максимальної чисельності шкідників чи розвитку хвороби на полі їх обліковують і помічають здорові, а також пошкоджені (уражені) рослини. Урожай з них збирають і зважують окремо. Порівнюючи врожай пошкоджених (уражених) та непошкоджених (неуражених) рослин, вираховують його втрати з розрахунку на одну особину шкідника чи відсоток розвитку хвороби або відносні втрати у відсотках за формулами 7.1 та 7.2:

$$B = \frac{A \cdot a}{c}, \quad (7.1)$$

де B – вагова втрата врожаю від однієї особини чи від певного рівня розвитку хвороби;

A – урожай непошкоджених (неуражених) рослин;

a – урожай пошкоджених (уражених) рослин;

c – середня чисельність шкідника (бал або ступінь розвитку хвороби).

$$B = \frac{A - a}{A} \cdot 100, \quad (7.2)$$

де B – відносні втрати врожаю, %;

A – урожай непошкоджених (неуражених) рослин;

a – урожай пошкоджених (уражених) рослин.

Залежно від виду шкідливого організму, характеру його шкідливості та культури ці формули можна використовувати в разі деяких емпіричних змін чи введення поправкових коефіцієнтів.

Установивши розмір втрат урожаю з розрахунку на одну особину шкідника, бал чи ступінь розвитку хвороби, можна підрахувати відповідно і порогові чисельність або розвиток, при яких можливі господарські втрати врожаю. Але це не критерій доцільності хімічних обробок, оскільки витрати на них можуть перевищувати вартість урожаю, що зберігається (втрат). Тому порогова чисельність шкідника чи розвиток хвороби завжди менші від економічного порогу шкідливості.

Економічний поріг шкідливості – така чисельність шкідника (розвиток хвороби) або пошкодженість (ураженість) рослин, за якої

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
 втрати врожаю можуть становити 3–5 %, а застосування хімічних засобів захисту підвищує рентабельність виробництва культури і собівартість урожаю (дод. А, Б). Економічний поріг шкідливості можна встановити за допомогою емпіричних розрахунків. Для цього підраховують вартість втрат урожаю від одного шкідника (рівня розвитку хвороби) і витрати на хімічні обробки з розрахунку на 1 га посіву, а також норму рентабельності культури. Одержані дані підставляють у формулу 7.3 і підраховують:

$$Pe = \frac{3 \cdot P}{B}, \quad (7.3)$$

де Pe – економічний поріг шкідливості, екз./га, бал;

3 – витрати на захист 1 га посіву, грн;

B – втрати врожаю від однієї особини або від певного рівня розвитку хвороби, грн;

P – норма рентабельності культури, %.

При цьому слід ураховувати, що технічна ефективність хімічних засобів боротьби не завжди стовідсоткова, а різні препарати можуть деякою мірою стимулювати або пригнічувати на певний час розвиток рослин, тобто впливати на їх урожай. Тому втрати врожаю на одну особину шкідника (чи рівень розвитку хвороби) та економічний поріг шкідливості необхідно встановлювати на полях, де проводять хімічну обробку, залишаючи в окремих місцях необроблені ділянки. Чисельність шкідника або рівень розвитку хвороби на оброблюваній і необроблюваній площі визначають через 5–7 днів, а врожай – у період стиглості.

Частку збереженого врожаю на одного знищеного обробкою шкідника чи знижений бал розвитку хвороби підраховують у ваговій або грошовій оцінці за формулою:

$$B = \frac{A-a}{Чн-Чо}, \quad (7.4)$$

де B – частка збереженого врожаю на одного знищеного шкідника чи знижений бал розвитку хвороби;

A – урожайність з 1 га (m^2) обробленої площі, кг або грн;

a – урожайність з 1 га (m^2) необробленої площі, кг або грн;

$Чн$ – чисельність шкідника на 1 га (m^2) необробленої площі або рівень розвитку хвороби;

$Чо$ – чисельність шкідника або рівень розвитку хвороби на 1 га (m^2) обробленої площі.

Економічний поріг шкідливості в такому разі визначають за формулою:

$$P_e = \frac{3 \cdot C_n \cdot P}{A - a} P_e, \quad (7.5)$$

де 3 – витрати на захист 1 га посіву, грн;

C_n – чисельність шкідника на 1 га необробленої площі (чи перед обробкою) або рівень розвитку хвороби;

A, a – вартість урожаю з 1 га відповідно обробленої та необробленої площі, грн;

P – норма рентабельності культури, %.

Визначений економічний поріг шкідливості може змінюватися залежно від пошкоджуваної (уражуваної) культури, фази її розвитку, погодних умов, ефективності хімічних препаратів та інших умов. Нерівнозначним він буде і в різних природних зонах. Зокрема, у Степу на сходах колосових культур економічно відчутні втрати врожаю можливі від зрідження посівів дротяниками за чисельності понад три особини на 1 м², кукурудзи і соняшнику – одна, а на посадках картоплі втрат урожаю не спостерігається навіть при чисельності п'ять–шість особин на 1 м². При цьому пошкодженість бульб досягає 80 %. У Лісостепу та на Поліссі значні втрати врожаю можливі за чисельності шкідників на зернових колосових – п'ять, а на кукурудзі – три особини на 1 м².

У посушливих умовах, коли рослини мають пониженою регенераційну здатність і підвищену втрату вологи в разі пошкоджень, а шкідники відповідно високу прожерливість, пороги їх чисельності й економічної шкідливості нижчі, ніж за достатньої вологозабезпеченості. Отже, користуючись показниками економічного порогу шкідливості, слід урахувувати, що вони мають середні значення. Тому, приймаючи рішення про доцільність захисних заходів, треба брати до уваги конкретний стан розвитку рослин, погодні умови, чисельність шкідника на кожному конкретному полі та ін.

Світова практика землеробства має у своєму розпорядженні найрізноманітніші заходи захисту рослин від пошкодження шкідниками. Результат від їх застосування прийнято оцінювати поняттям «ефективність». Розрізняють кілька її форм: технічну, господарську (урожайну) та економічну.

Технічна ефективність – це показник зниження чисельності шкідників, пошкодженості або ураженості рослин. Її визначають і для

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
оцінки самого заходу і для встановлення необхідності повторних обробок.

Загибель деяких шкідників можна встановити безпосереднім підрахунком кількості живих і загиблих особин на одну рослину. Більш поширений метод – порівняння чисельності шкідників до і після проведення заходів боротьби на певній одиниці обліку (1 м², одне стебло, 1 м рядка).

Технічну ефективність визначають за формулою:

$$Te = \frac{(A - B)}{A} \cdot 100, \quad (7.6)$$

де A – чисельність шкідника (заселених ним рослин, стебел, кущів) або розвиток хвороби до обробки, особин (балів);

B – чисельність шкідника або розвиток хвороби після обробки, особин (балів).

Технічну ефективність боротьби зі шкідниками, що дуже рухливі або швидко розмножуються, а також у разі значного коливання їх чисельності на різних полях чи ділянках, установлюють, порівнюючи показники зміни їхньої чисельності на контрольних полях і тих, де проведено обробку. Її визначають за формулою:

$$Te = \frac{B1 \pm A1}{100 \pm B1} \cdot 100, \% , \quad (7.7)$$

де $B1$ – змінена чисельність шкідника на обробленому полі;

$A1$ – те саме на контрольному полі.

Знак «+» чи «-» перед $A1$ ставлять відповідно до збільшеної чи зменшеної чисельності популяції на контролі.

Можна користуватися іншою формулою, але результат визначення технічної ефективності з поправкою на контроль буде однаковим:

$$Te = 100 - \frac{Ak \cdot Bd}{Ad \cdot Bk} \cdot 100, \% \quad (7.8)$$

де Ad – чисельність шкідників на ділянці, яку буде оброблено;

Ak – те саме на контрольній ділянці;

Bd – чисельність шкідників на обробленій ділянці;

Bk – те саме на контролі.

Висока технічна ефективність пестицидів часто супроводжується зниженням або припиненням пошкодження рослин чи розвитку захворювань. Проте за несвоєчасної обробки навіть у разі значної загибелі шкідників можливі досить великі пошкодження рослин і

втрати врожаю. Отже, технічну ефективність не завжди обчислюють на основі показника загибелі шкідників. Іноді її оцінюють за ступенем пошкодження рослин чи продукції (зерна, плодів, коренеплодів тощо):

$$T_e = \frac{(a - b)}{a}, \quad (7.9)$$

де a – середній ступінь (бал) пошкодження рослин (плодів) на контролі;

b – те саме на обробленій ділянці.

Зокрема, за цією формулою визначають технічну ефективність боротьби з яблуневою плодожеркою, клопом шкідливою черепашкою. Строки конкретного визначення технічної ефективності безпосередньо у полі чи саду насамперед залежать від препаратів, що застосовують для обробки. Наприклад, фосфорорганічних препаратів – через три доби, карбаматів – через 5–7 діб тощо.

Господарська або врожайна ефективність – це показник маси і якості збереженої продукції в натуральній чи грошовій оцінці. Він дорівнює величині потенційно можливих втрат урожаю за відсутності заходів боротьби або при несвоєчасному їхньому проведенні. Тому його підраховують аналогічно до визначення шкідливості й відносних втрат урожаю (див. формули 7.1–7.2) з тією різницею, що порівнюють урожай не здорових і пошкоджених (уражених) рослин, а оброблених і необроблених плодів (ділянок).

Додатковий урожай (приріст) визначають за формулою:

$$П = \frac{(a - b)}{a} \cdot 100, \%, \quad (7.10)$$

де a – середній урожай з облікової одиниці на обробленій ділянці (маса зерна, плодів, коренів, бульб);

b – середній урожай з облікової одиниці на контрольній ділянці.

За цим показником можна встановити частину збереженої продукції у валовому врожаї.

Шкода від хлібної жужелиці, дротяників, несправжніх дротяників, капустянки, підгризаючих совок, довгоносиків проявляється в зрідженні сходів польових культур, тому втрати і кількість збереженого врожаю під час проведення заходів боротьби треба підраховувати залежно від характеру зрідження сходів: у разі суцільної їх загибелі визначають площу посівів, що загинули, а якщо сходи зріджені порівняно рівномірно, урахують компенсацію врожаю завдяки кращому розвитку рослин, що встановлюють зважуванням проб з одиниці площі.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Визначивши збережений урожай і поліпшення його якості за товарними ознаками плодів, категорією клейковини зерна, кількістю крохмалю тощо, оцінюють кількість і якість продукції в заготівельних цінах. За умов гарантованого виконання плану поставок продукцію оцінюють за цінами реалізації, а під час здачі надпланової продукції – за цінами надпланової реалізації.

Економічну ефективність заходів захисту рослин установлюють оцінкою всіх витрат на їх проведення, вартістю одержаної продукції і додаткового (збереженого) врожаю.

У ході визначення економічної ефективності для високотоварних культур можна користуватися таким показником, як відсоткове відношення суми прибутку до суми повної собівартості продукції. Проте в економіці захисту рослин частіше встановлюють норму рентабельності: відношення прибутку, залежно від підвищення реалізаційної вартості основної і додатково одержаної продукції, до витрат на заходи боротьби зі шкідливими організмами, збирання, транспортування та обробку (сортування тощо) збереженої продукції.

Витрати на агротехнічні, техніко-експлуатаційні, організаційні заходи, а також виробничі витрати праці та грошово-матеріальних засобів на проведення заходів визначають у грошовій оцінці.

Залежно від поставленої мети економічну ефективність хімічних заходів боротьби можна визначати як для окремої культури, господарства, так і для певних районів, регіонів та країни загалом. Під час цього встановлюють такі показники: загальний вихід валової продукції та кількість додаткової (збереженої) продукції на одиницю площі; вартість додаткової продукції у перерахунку на 1 грн витрат, пов'язаних із застосуванням заходів захисту рослин; чистий прибуток у перерахунку на 1 га посіву та на 1 грн витрат, пов'язаних із захистом рослин; додатковий чистий прибуток у перерахунку на 1 га посіву, одержаний за рахунок збереження продукції і поліпшення її якості; рівень чи показник зниження собівартості продукції, одержаної за рахунок проведення заходів захисту рослин; зростання продуктивності праці на основі застосування заходів захисту рослин, рентабельність виробництва продукції та захисних заходів.

Загальний вихід валової продукції визначають за відомими методами після збирання врожаю, а кількість додаткової (збереженої) продукції – двома способами:

– *перший з них* ґрунтується на обчисленні різниці між урожаєм з 1 га посіву, на якому проводили хімічні обробки проти шкідливих

організмів, і з 1 га контрольного посіву, де їх не виконували. При цьому в додатковий урожай входить не лише основна, а й побічна продукція (солома, бадилля, полова тощо). Усю одержану продукцію оцінюють і за кількісними показниками, і за якісними: група клейковини, сортність, відповідність стандартам тощо;

– за другим способом вихід додаткової продукції з 1 га посіву визначають як різницю між урожаєм однієї і тієї самої культури, що її захищали різними заходами.

Вартість основної та додаткової продукції обчислюють у державних заготівельних або ж у середніх реалізаційних цінах. Побічну продукцію, що залишається в господарстві, оцінюють за даними середньої собівартості.

Собівартість продукції без урахування витрат на проведення захисних заходів визначають за формулою:

$$Cф = Vo - (Bзр + Bд) Уф - Пу, \quad (7.11)$$

де Vo – загальні витрати на виробництво продукції, включаючи заходи захисту рослин, грн;

$Bзр$ – витрати на проведення захисту рослин, грн;

$Bд$ – додаткові витрати на збирання і перевезення збереженого врожаю, грн;

$Уф$ – фактичний урожай, ц;

$Пу$ – додатковий урожай, одержаний завдяки проведенню заходів боротьби, т (усі показники наводять у перерахунку на 1 га).

Ступінь змінювання (збільшення чи зменшення) собівартості 1 т продукції вираховують за формулою:

$$Pc = \frac{Vo}{Уф} - \frac{Vo \cdot (Bзр - Bд)}{Уф - Пу}, \quad (7.12)$$

де Vo – загальні витрати на виробництво продукції на 1 га посіву або на всій площі його, включаючи й витрати на захист врожаю, грн;

$Bзр$ – витрати на захист врожаю, грн;

$Bд$ – витрати на збирання, перевезення і реалізацію частини продукції, що збережено, грн;

$Уф$ – фактичний урожай, т;

$Пу$ – додатковий урожай, одержаний завдяки проведенню заходів боротьби, ц (всі показники наводять у перерахунку на 1 га).

Вплив заходів захисту врожаю на собівартість продукції можна визначити за формулою:

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

$$P_c = \frac{(C_z - C_f) \cdot P_u}{U_f \cdot P_u}, \quad (7.13)$$

де P_c – змінювання (збільшення чи зменшення) собівартості продукції у зв'язку з проведенням заходів захисту рослин, грн;

C_z – собівартість збереженої продукції з урахуванням витрат під час збирання, перевезення й реалізації врожаю, грн;

C_f – фактична собівартість усього врожаю в господарстві, грн;

P_u – додатковий (збережений) врожай, т/га;

U_f – фактичний урожай, т/га.

Замінивши у формулі 7.13 собівартість C_z і C_f витратами праці на виробництво продукції – T_z і T_f , одержимо ступінь зміни показника завдяки застосуванню заходів захисту рослин.

Якщо їх проведено на всій площі, зайнятій культурою, то при визначенні собівартості продукції без обробки необхідно витрати на захист урожаю (грн/га) помножити на оброблену площу, а суму, що одержали, відняти від суми виробничих витрат, віднесених на цю культуру. Валовий збір урожаю також треба зменшити на величину додаткової продукції, одержаної зі всієї обробленої площі. Суму витрат ділять на умовний урожай, який могли б одержати на необробленій площі. Ця величина і буде характеризувати собівартість продукції без захисту рослин. Собівартість в умовах проведення хімічних заходів боротьби беруть з форм річних звітів, як і валовий урожай. Потім використовують показник зміни рівня собівартості.

Витрати на проведення хімічних заходів боротьби оцінюють за даними бухгалтерського обліку та чинними затвердженими нормами згідно з преїскурантами і нормативами. Ураховують експлуатаційні витрати, вартість препаратів (з урахуванням торгової націнки, що виплачує Сільгосптехніка), оплату вантажних і транспортних робіт, вартість збирання додаткового (збереженого) врожаю, його перевезення, сортування та реалізації (для товарної продукції).

Умовно чистий прибуток, одержаний завдяки застосуванню заходів боротьби, – це різниця між вартістю збереженого врожаю і сумою всіх витрат. Його визначають за формулою:

$$Ч_n = V_z - E, \quad (7.14)$$

де $Ч_n$ – умовно чистий прибуток, грн/га;

V_z – вартість збереженого врожаю з урахуванням підвищення якості продукції, грн/га;

Е – витрати на заходи захисту рослин, збирання, транспортування, обробку додаткової продукції, грн/га.

Норму рентабельності захисних заходів визначають як відсоткове відношення умовно чистого прибутку до витрат, пов'язаних з одержанням збереженого врожаю:

$$P = \frac{Чп}{E \cdot 100}, \quad (7.15)$$

де *P* – норма рентабельності, %;

Чп – умовно чистий дохід, грн/га;

E – витрати на заходи захисту рослин, збирання, транспортування, обробку додаткової продукції, грн/га.

Загальна ефективність системи заходів боротьби – відношення показника зниження потенціальної шкоди (*Зп*) до загальних витрат (*Во*), пов'язаних з проведенням заходів чи системи боротьби в перерахунку на 1 га посіву:

$$Eз = \frac{Зп}{Во}, \quad (7.16)$$

де *Eз* – загальна ефективність заходів боротьби.

За цим показником можна виявити й оцінити найоптимальніший захід або систему, строк обробки тощо. За ним також оцінюють організацію проведення заходів для порівняння даних, одержаних у різних господарствах чи районах. Точність показника загальної ефективності буде збільшуватися зі зростанням точності обліку шкідливих організмів та визначення неліквідних втрат урожаю.

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть методи визначення ефективності захисних заходів?
2. Якими методами можна установити шкідливість і втрати врожаю від пошкодження сільськогосподарських культур шкідливими організмами?
3. Що таке економічний поріг шкідливості та як його визначити?
4. Що називають технічною ефективністю та як її визначити?
5. Що називають господарською ефективністю та як її визначити?
6. Що називають економічною ефективністю та за якими показниками її визначають?

8. ТЕОРІЇ ДИНАМІКИ ПОПУЛЯЦІЙ КОМАХ

Теорія – це узагальнена система наукового знання. Вона повинна виконувати такі основні функції: описову, пояснювальну, синтезуючу і прогностичну (головна функція). Теорія прогнозування має показати, як можна синтезувати сценарій майбутнього за умови досить слабкого знання механізму тих процесів, які зумовлені втручанням людини в природу.

Динаміка популяцій – це сума середовищних і популяційних факторів, які безпосередньо чи опосередковано впливають на динаміку її щільності та чисельності. У реальних природних популяціях у будь-який момент часу одночасно наявні та взаємодіють всі основні фактори популяційної динаміки: мутаційний процес, популяційні цикли, ізоляція і природний відбір, тобто дарвінівська еволюційна тріада.

8.1. Теорії, що пояснюють сезонні і річні зміни чисельності комах

Історичні відомості про закономірності динаміки чисельності комах нечисленні й фрагментарні. Найбільш ранні дослідження екології комах виконав французький натураліст Р. Реомюр. У роботі, виданій у 1735 р., наведено оригінальні спостереження про вплив деяких факторів середовища на розвиток комах. У тому самому році Реомюр уперше описав масову появу совки-гами у Франції, а в наступні кілька років виконав цілий ряд спостережень за розвитком комах при різних режимах температури. Реомюр належить до класичних досліджувачів паразитизму в комах, його вважають засновником паразитарної і метеорологічної концепцій динаміки популяцій комах.

З винаходом термометра температура стала найочевидішим фактором зовнішнього середовища, тому, природно, перші дослідження в галузі екології комах насамперед стосувалися цього фактора.

Найбільш ранні спостереження впливу верхніх температурних меж на онтогенез і виживання комах зроблено Ніколе в 1841 р., Бютчлі в 1874 р. і Грабером у 1887 р.

Виявлення реакції комах на різні зміни температури, опадів, відносної вологості повітря і різних поєднань останніх стало основою для формування на початку ХІХ ст. кліматичної концепції регуляцій

У середині ХІХ ст. одночасно було сформульовано дві теоретичні концепції динаміки чисельності популяцій: «рухомої рівноваги» і трофокліматична К.Ф. Рульє (1814–1858). Їх сутність і концептуальні засади викладено в оглядовій роботі І.Я. Полякова, який показав в історичному аспекті становлення основних теоретичних уявлень про динаміку популяцій.

Справді науковою стала теорія еволюції Ч. Дарвіна, на думку якого чисельність тваринних і рослинних організмів коливається в природних умовах більш-менш регулярно, залежно від середовищних та популяційних змін, а в основі цих коливань – саморегуляція популяцій, як і будь-яких біологічних систем. Незважаючи на те, що Дарвін поділяв погляди Мальтуса з питань коливання чисельності популяцій, він підкреслив закономірний характер цього процесу і заклав основи для розвитку сучасної популяційної екології та біології в цілому. «Ця теорія, пізніше модифікована і розтлумачена на основі положень генетики, служить зараз тим стрижнем, навколо якого будується вся сучасна біологія».

Основні положення дарвінівської теорії еволюції, перш за все динаміки популяцій, стали потужним стимулом подальших досліджень популяційної екології, розробки і вдосконалення теоретичних уявлень про динаміку чисельності тварин. Проблема динаміки популяцій швидко стала однією з головних в екологічних дослідженнях.

У кінці 30-х – на початку 40-х рр. ХХ ст. вчені сформулювали факторіальні теорії динаміки популяцій: паразитарну, біоценотичну і кліматичну.

Характерною особливістю цих теоретичних уявлень була спроба повністю пояснити причини коливання чисельності будь-яких організмів, їх реакцію на ті чи інші абіотичні чинники. Подібного роду підхід в екології А.М. Гіляров (1981) кваліфікував як «аутекологічний редукціонізм». Останній, як указує автор, був прогресивною методологією і панував в екології приблизно до шістдесятих років.

На початку і в середині 50-х рр ХХ ст. І.Я. Поляков на прикладі мишоподібних гризунів сформулював теоретичну концепцію зміни життєздатності популяцій у процесі градацій їх чисельності. Сутність її полягає в тому, що життєздатність популяції в певний період (її структура, фізіологічний стан окремих вікових груп, темпи розвитку, інтенсивність розмноження, виживання, стійкість до

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин різних несприятливих факторів) визначається тими умовами, у яких розвивалися в минулому ті вікові групи, з яких вона складається. Автор цієї концепції вважав, що популяції розрізняються не тільки за віковим складом, співвідношенням статей, розмірами тіла, але і за характером реакцій на одні й ті самі фактори середовища. Ця мінливість формується під безпосереднім впливом умов харчування і кліматичних факторів, у яких проходять окремі етапи онтогенезу особини або відповідних вікових фракцій популяцій. Він вважає, що шкідники сільськогосподарських культур належать до таких груп тварин, для яких вирішальне значення в динаміці популяцій мають фізичні фактори і кормові ресурси середовища. Під впливом цих факторів формуються морфофізіо-логічні властивості популяцій, їх реакції на енергетичні ресурси та кліматичні чинники, характер внутрішньопопуляційних і міжвидових відносин не мають значення для тенденцій зміни чисельності. Основне і принципово нове положення цієї теорії полягає в тому, що вона дозволяє завчасно судити про динаміку чисельності й імовірні чинники, здатні на неї впливати, стан кормової бази, фізичне середовище і морфофізіологічні властивості популяції, це робить її прийнятною для вирішення завдань прогнозу.

В останні роки ХХ ст. серед вітчизняних і зарубіжних екологів були популярні теоретичні концепції, названі Г.А. Віктовим стохастизмом і регуляціонізмом, а сучасний етап дослідження популяційної динаміки – пошуком механізмів регуляції чисельності.

Прихильники першого напряму вважали вплив факторів зовнішнього середовища на популяції випадковими. Комбінації різних факторів визначають зміни чисельності комах (підйоми і спади), причому сприятливе поєднання умов, що визначають підйоми чисельності, спостерігається в природі набагато рідше, ніж несприятливе.

Представники другого напряму розглядають коливання чисельності як регульований процес. Вони вважають, що випадкові її зміни, викликані прямим або непрямим впливом абіотичних (головним чином фізичних) факторів, компенсуються діяльністю регуляторних механізмів, якими керують зміни щільності популяцій за принципом негативного зворотного зв'язку. На думку прихильників регуляціонізму, ними можуть бути біотичні фактори середовища, що реагують на зміни чисельності інших організмів.

Згідно з уявленнями більшості сучасних екологів, зміну

чисельності комах розглядають як взаємодію різних механізмів. Науковець Г.А. Вікторов поділив їх на модифікуючі і регулюючі. До модифікуючих він відніс кліматичні та інші геофізичні фактори середовища, до регулюючих – природних ворогів (паразити, хижаки, збудники хвороб), внутрішньовидові відносини (конкуренція), а також трофічні фактори (кількість, якість і доступність їжі).

Більше двох десятиліть тому на прикладі лісових комах сформульовано трофічну теорію динаміки популяцій. Засновник цієї теорії Д.Ф. Руднев вважав головним фактором динаміки чисельності стовбурових і хвоегризучих комах кількість і якість їжі. Погода та інші екологічні чинники, на думку цього автора, опосередковано впливають на чисельність популяцій через стан кормових рослин, «... вони можуть лише прискорити або сповільнити темпи зростання чисельності, основний напрямок якого визначається фізіологічним станом самих рослин».

У кінці 60-х – на початку 70-х рр. ХХ ст. П.М. Рафес обґрунтував біогеоценологічну теорію динаміки популяції лісових комах. Її концептуальна основа – залежність формування і величини, а також змін популяції від біогеоценозу як надсистеми, взаємозалежності попередньої (рослини) і наступної (фітофага) ланок у ланцюгах харчування. Відповідно до цієї теорії, популяція разом з регулюючими її чисельність факторами є не самостійною системою, а окремим елементом у біогеоценозах. При цьому стан популяції та зміни, яких вона зазнає, визначаються потоком речовини, що проходить через неї по ланцюгах живлення і здійснює круговорот речовини в цьому біогеоценозі. Учений П.М. Рафес на прикладі непарного шовкопряда зробив висновок про те, що масове розмноження будь-яких рослиноїдних комах – це ознака того, що швидкість надходження їхнього харчового ресурсу зросла, оскільки покращилася якість корму і збільшилася (наприклад, завдяки погоді) можливість його споживання. Отже, вважає автор, кругообіг речовини і потік енергії в біогеоценозі детермінує продуктивність (величину) кожної популяції, а тим самим і співвідношення чисельності партнерів по трофічних зв'язках.

Оцінюючи біогеоценологічну теорію П.М. Рафеса як спробу системного підходу до аналізу динаміки популяцій, слід визнати, що вона була одним з варіантів трофічної теорії.

З теоретичного огляду впливають методологічні висновки.

1. Поява паразитарної, кліматичної, трофічної та інших теорій

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин стала закономірним історичним етапом екологічних досліджень; вони відповідно відображали методологію того чи іншого періоду розвитку екології популяцій.

2. Існування теорій, що пояснюють динаміку популяцій на основі їх взаємодії з одним-двома факторами середовища, може бути лише тимчасовим, бо безперервно накопичуються факти, які не обмежуються цими теоріями.

3. В екології комах виникла необхідність теоретичного синтезу, який передбачає появу нової теорії, у якій діалектично зняті обмеженості колишніх.

4. Будь-яка по-справжньому наукова теорія повинна виконувати описову, пояснювальну, синтезуючу, а головне, прогностичну функцію.

Останній вимозі не відповідають зазначені теорії динаміки популяцій.

Для створення теорії, що пояснює повторюваність і циклічність масового розмноження комах, необхідний синергетичний синтез з урахуванням системних закономірностей їх розвитку та взаємодії із системами вищого рівня організації, нелінійності популяційної динаміки і хаосу, режимів із загостренням і обмеженістю прогнозів.

8.2. Динаміка чисельності популяцій як елементарний фактор мікроеволюції

На загальний характер коливань чисельності особин у природних популяціях і можливе еволюційне значення цього явища вперше вказав С.С. Четвериков на прикладі «хвиль життя» комах.

Згодом генетики й еволюціоністи довели, що популяційні хвилі є елементарним фактором мікроеволюції. Вони призводять до ослаблення природного відбору при збільшенні чисельності особин у природних популяціях і посилення його у разі зниження чисельності.

Через два десятиліття С.С. Четвериков у роботі «Про деякі моменти еволюційного процесу з точки зору сучасної генетики» виконав теоретичний синтез дарвінізму і генетики та заклав основи популяційної генетики і генетичної теорії видоутворення.

Завдяки цим роботам в біології твердо утвердилося фундаментальне значення популяцій, з яких складається будь-який вид. Стало зрозуміло, що саме на популяційному рівні відбуваються всі

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
еволюційні зміни, названі в 1938–1939 рр. Н.В. Тимофєєвим-Ресовським *мікроеволюцією*.

Детальні дослідження з генетики популяцій на прикладі комах зробили в 30-х роках ХХ ст. Н.П. Дубинін і Д.Д. Ромашов. Вони обґрунтували теорію генетико-автоматичних процесів, які пояснюють закономірності масових появ комах. Проведені авторами аналізи свідчать, що протягом усього життя популяцій у них відбуваються генетико-автоматичні процеси (ГАП). Вони проходять у популяціях з постійною чисельністю, але особливо інтенсивні в період її зниження, коли відбувається перебудова генетичної структури популяцій. Збільшення чисельності протягом генетико-автоматичних процесів надзвичайно повільне, але тим не менше триває безперервна диференціація генетичного складу популяцій.

Генетико-автоматичні процеси можуть значно впливати на хід динаміки чисельності, змінюючи плодючість і життєздатність особин у популяціях, особливо, коли та чи інша виникла мутація потрапляє під тиск природного відбору. Зміни чисельності популяцій є вираженням різноманітних екологічних залежностей між середовищем і організмом. За допомогою цих залежностей зовнішнє середовище реалізує частину свого впливу на генетичну будову виду і його еволюційний процес. Таким чином, теорія генетико-автоматичних процесів пояснила деякі причини коливань чисельності комах, в основі яких лежить динаміка генетичного складу популяцій.

Питання динаміки популяцій шкідливих комах і гризунів як обмеження панміксії дослідив у своїх роботах відомий біолог-еволюціоніст І.І. Шмальгаузен. Для теорії динаміки популяцій у методологічному аспекті важливі висновки І.І. Шмальгаузена про чотири фази зміни чисельності і їх наслідки.

Перша фаза – зростання чисельності в сприятливих умовах, при ослабленні дії природного відбору, – пов'язана з накопиченням і комбінуванням мутацій (збільшення індивідуальної мінливості).

Друга фаза – відносна стабілізація, що супроводжується посиленням конкуренції, а також прямою боротьбою за існування, – пов'язана з ефективним відбором найбільш сприятливих комбінацій і скороченням мінливості.

Третя фаза – більш-менш різке скорочення чисельності під тиском потужних елімінувальних чинників – пов'язана з подальшим скороченням мінливості і, частково, з випадковим переживанням деяких більш сприятливих комбінацій.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

Четверта фаза – нове розмноження – пов'язана із швидким розповсюдженням комбінацій, які вижили, і подальшим накопиченням нових мутацій.

Учений І.І. Шмальгаузен вважав, що циклічні зміни чисельності популяцій лише частково обмежують панміксію в періоди депресії, однак їх еволюційне значення не підлягає сумніву.

Для розуміння закономірностей динаміки популяцій комах важливі такі висновки:

– популяції здатні підтримувати свою чисельність у стані динамічної рівноваги, незважаючи на постійні зміни факторів зовнішнього середовища; це досягається адаптивними гомеостатичними реакціями окремих особин, динамікою екологічної структури популяції і зміною її генетичного складу;

– коливання якості популяції – настільки ж характерний її атрибут, як і коливання чисельності.

Неодмінною умовою підтримки життєздатності популяції в змінних умовах середовища, як вважав автор, є високий ступінь її генетичної різноманітності, яка забезпечується екологічними механізмами: різним способом життя різних внутрішньопопуляційних груп тварин, суворими закономірностями формування пар, різною швидкістю статевого дозрівання самців і самок, неоднаковим співвідношенням статей у різних вікових групах та ін.

За С.С. Шварцом, екологічні механізми еволюційного процесу проявляються в трьох найважливіших формах, оснований на зміні вікової структури популяції (віковий відбір), зміні чисельності (невибіркова елімінація) і зміні просторової структури популяції.

Різкі зміни чисельності – найважливіший фактор перетворення популяції, причому, у супереч з загальновизнаним уявленням, цей фактор (невибіркова елімінація) впливає на екологічну структуру популяції, як правило, суворо вибірково, перетворюючи її на певних напрямках, що відповідають змінам середовища. Різкі коливання чисельності популяцій, подібно до вікового відбору, сприяють швидкій мобілізації резервів популяції і, як правило, є одним з факторів її адаптивної еволюції.

Сьогодні є багато фактів, які свідчать, що збагачення генетичного фонду популяцій має фундаментальне значення. Тому, природно, повинні існувати спеціальні механізми підтримки гетерогенності популяцій. Один з таких механізмів – підвищена життєздатність гетерозигот. Гетерозиготність у популяціях досягається за рахунок

перемішування особин, особливо в періоди міграцій, коли збільшується ймовірність спарювання особин з популяцій, різних за генетичною структурою. Міграції та перемішування є для комах одним з основних механізмів підтримки генетичної гетерогенності популяцій і запобігання збіднення загального генетичного фонду.

Генетична різноманітність популяцій є однією з передумов мікроеволюційних перетворень. Однак, як наголошував С.С. Шварц, «... Природний відбір не може працювати в кредит. Це означає, що генетична різноманітність популяцій є не тільки передумовою їх перетворень, а й підвищує життєздатність популяції в поточний момент її історії».

Завдяки дослідженням С.С. Шварца та інших екологів-еволюціоністів окреслилося зближення еволюційних і екологічних уявлень. Покладено початок новому етапу вивчення екологічних механізмів мікроеволюційних процесів у розвитку сучасної синтетичної теорії еволюції. Для цього етапу досліджень було характерним пізнання екологічної своєрідності популяцій, співвідношення між рівнем і типом динаміки чисельності, плодючістю, тривалістю життя тощо, їх екологічної та генетичної структури. Зміна екологічної структури популяції, у т. ч. і зміна її чисельності, веде не тільки до генетичного дрейфу, тобто до випадкової зміни частоти народження різних генотипів, але і до спрямованого перетворення генетичного складу популяцій (екологічні механізми еволюційного процесу). Усебічне вивчення цих закономірностей створює передумови до розробки теорії управління якісним складом популяції.

Синтез еволюційних і екологічних уявлень, створення єдиного еволюційно-екологічного підходу у вивченні проблем життя сприяли виходу біологічного пізнання за межі емпіричної конкретності і знаменували собою новий етап теоретизації біології.

8.3. Теорії, що пояснюють закономірності популяційних циклів

Проблема масових розмножень комах протягом багатьох десятиліть займає одне з центральних місць в екологічних дослідженнях у всьому світі. Однак до сьогодні повторюваність спалахів масових розмножень деяких видів шкідливих комах залишається предметом роздумів, а їх закономірності майже не вивчено.

Давно було помічено багаторічну повторюваність масових розмножень комах та інших тварин, які цікавили Реомюра, Дарвіна і

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин Уоллеса, але закономірний характер цього явища вперше дослідив Ф.П. Кеппен на прикладі аналізу масових появ і міграцій шкідливих саранових у Російській Імперії і країнах Європи в період з 592 по 1866 рр.

На основі аналізу історичних даних, у середині 20-х – на початку 30-х рр. ХХ ст. екологи висунули теоретичні уявлення про періодичність масових розмножень (гризунів і комах), їх зв'язок і взаємодію з циклами сонячної активності, кліматом і природними ворогами (зоофагами і ентомофагами). Для пояснення причин циклічних коливань чисельності було запропоновано кілька різних теорій: метеорологічну, випадкових коливань, взаємодії популяцій (хижак – жертва, паразит – господар) і теорію трофічних рівнів.

Однак усі спроби зв'язати циклічні коливання чисельності з кліматичними факторами поки залишаються безуспішними.

У вітчизняній і зарубіжній екологічній літературі давно триває дискусія щодо питання про зв'язок популяційних циклів комах та інших тварин з багаторічною динамікою сонячної активності.

Це питання, що перетворилося на теоретичну проблему про можливість використання показників останньої як критеріїв для прогнозування появи шкідників сільськогосподарських культур, завжди торкалося основи теорії динаміки популяцій.

Перша спроба встановлення зв'язку масових розмножень комах належала Ф.П. Кеппену. Проаналізувавши масові розмноження та міграції шкідливих саранових у Російській імперії і країнах Європи майже за 1300-річний історичний період, він порівняв його з багаторічною динамікою сонячних плям і зробив висновок про те, що періоди з особливо сильними розмноженнями і подальшими міграціями саранових переважно починалися в епохи мінімумів сонячної активності, через рік після мінімуму або за рік до нього.

Згідно з його даними, грандіозні спалахи чисельності саранових мали місце в 1333–1339, 1689–1693, 1800–1806, 1822–1829, 1855–1862 рр. Ці періоди тривали кілька років і закінчувалися на шостий чи сьомий рік після мінімуму сонячних плям.

Через півстоліття до цієї проблеми знову звернувся Н.М. Кулагін. Систематизувавши історичні матеріали масових розмножень саранових у Російській Імперії і деяких країнах Європи в ХVIII і ХІХ ст. і зіставивши їх з динамікою сонячних плям, він дійшов до висновку, що періодичність у динаміці чисельності саранових відсутня. Це пояснюється складністю тих чинників, які обумовлюють динаміку їх популяцій. Масові розмноження саранових частіше спостерігаються в теплі роки,

ніж у холодні, хоча бувають і винятки.

Узагальнивши в 1930 р. хроніки масових розмножень лучного метелика за 1854–1929 рр., М.М. Конаков також констатував їх збіги з динамікою сонячної активності. Протягом 61 року, з 1854 по 1915 рр., спалахи чисельності цього шкідника мали місце п'ять разів (1855, 1867, 1889, 1901 і 1912 рр.) і були пов'язані з мінімумом сонячних плям цього року або в рік, що передував йому. Тільки в 1878 р. (рік мінімуму) лучного метелика не було, але в масі з'явилися саранові, хлібні жуки, совка-гамма, непарний і сосновий шовкопряди. З 1916 по 1922 рр. спалахи чисельності лучного метелика і азійської сарани спостерігали щорічно, а в 1922 р. зафіксовано масове розмноження совки-гамми і яблуневої молі.

Із середини 50-х рр. ХХ ст. проблему сонячно зумовлених спалахів чисельності комах для пустельної сарани шистоцерки особливо інтенсивно розробляв М.С. Щербиновський. Циклічність, як вказував М.С. Щербиновський, – одна з характерних сторін життя і розмноження пустельної сарани. Згідно з його даними, спалахи розмноження цього шкідника за 150 років відбувалися місце 13 разів і повторювалися в середньому з проміжками між максимумами спалахів в 11,5 року. Крім того, спостерігалася синхронність у початку, перебігу і згасанні спалахів чисельності сарани на величезній території двох материків, від Індії до Марокко. Ці факти свідчать, що розмноження шистоцерки залежить не тільки від екологічних умов місць її проживання, а й від процесів, що охоплюють цілі континенти і зумовлюють більш-менш аналогічні зміни екологічного середовища в постійних резерваціях шкідника, віддалених одна від одної на десятки тисяч кілометрів. Основна причина циклічності масових розмножень пустельної сарани, за М.С. Щербиновським, – зміна сонячної активності, що впливає на динаміку і циркуляційний режим атмосфери і, відповідно, погоду в зоні первинних осередків розмноження цього шкідника. Саме на ці зміни шистоцерка реагує циклічністю розмноження і міграціями куліг, що летять на тисячі кілометрів від своїх первинних осередків. Автор вважав, що в умовах саван, пустель і напівпустель еволюційно змінювалася форма існування шистоцерки і міграції її куліг як протягом кожного року, так і під час циклів масових її розмножень, які можна оцінити як реакцію виду на геологічний хід ритмів погодних умов у пустельних зонах основного її існування.

Ентомолог М.С. Щербиновський писав, що в період мусонів у

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин посушливих районах тропічної зони починається бурхливий ріст рослинності, а це у свою чергу призводить до різкого збільшення чисельності сарани, утворення останньої стадної форми, яка здійснює далекі міграції. Він довів, що міграції притаманні ті самі цикли, що і сонячній активності. При цьому заперечував усі антинаукові пояснення причин тимчасових масових розмножень і вимирань комах як саморегулювання видового життя організмів або «динамічну рівновагу» між «господарями» і їх паразитами і прагнув діалектичними методами пояснити існуючі в природі матеріальні причини спостережуваних явищ.

Пізніше, у 60-х рр. ХХ ст., М.С. Щербиновський розвинув уявлення про сонячно зумовлені спалахи чисельності всіх шкідливих комах, а для поліпшення методів прогнозу їх масових розмножень рекомендував ураховувати тричленну залежність і зумовленість:

- ритміку змінної сонячної активності;
- режим циркуляції атмосфери, підпорядкований не лише обертанню Землі навколо осі, але й імпульсам хвильової і корпускулярної радіації Сонця;
- екологічні зміни в біоценозах, викликані мінливими в просторі і часі сезонними змінами режиму погоди під впливом сонячної активності і діяльності людини.

Основні роботи М.С. Щербиновського стали вагомим внеском в обґрунтування проблеми «Сонце – біосфера». Їх свого часу гідно оцінив О.Л. Чижевський.

Однак серед ентомологів ці роботи тоді не отримали визнання, переважно через те, що природознавство ще не мало переконливих доказів реальності зв'язків між Землею і космічним простором – проблемою дуже складною і мало знайомою екологам.

Детально дослідив закономірності змін чисельності непарного шовкопряда В.І. Бенкевич. Він проаналізував хроніки масових розмножень цього шкідника в європейській частині СРСР за останні 100 років і пояснив їх зв'язок з сонячною активністю, циркуляційним режимом атмосфери, погодою і кліматом. Більшість спалахів чисельності непарного шовкопряда, як установив автор, мали місце на гілці спаду і в мінімумі 11-річних циклів сонячної активності або через 2, 3, 4 роки після максимуму індексу рекурентності і максимуму розвитку меридіальних процесів атмосферної циркуляції в травні, червні або листопаді–березні. Сонячна активність створює циклічний фон масових розмножень непарного шовкопряда, причому вона не є

рядовим модифікуючим фактором. Регулююча роль активності Сонця проявляється в упорядкуванні потужності впливу інших модифікуючих факторів і наданні їм властивої циклічності.

Акрідолог А.Н. Добрецов також вважав, що між популяційними циклами саранових і сонячними циклами є тісний зв'язок. Аналізуючи циклічність спалахів чисельності нестадних саранових у Красноярьському краї, він дійшов висновку про їх зв'язок із посухами, які в цьому регіоні припадають в основному на дев'ятий або десятий роки одинадцятирічного сонячного циклу.

Із циклічністю сонячної активності пов'язували спалахи масових розмножень шкідливих комах багато закордонних екологів.

Проте гіпотезу сонячно-земних зв'язків масових розмножень комах із сонячною активністю не визнавав відомий японський еколог Міяшіта. Він заперечував періодичність масових розмножень шкідливих комах і їх сонячну зумовленість. Показовими є результати досліджень з детальним аналізом багаторічних (за 60–70 років) змін чисельності 12 видів шкідників сільського і лісового господарства в різних регіонах Японії. Основний висновок автора: для більшості видів шкідників спалахи масових розмножень нерегулярні, тривалість їх неоднакова. Виняток становлять лише стадні саранові, динаміка чисельності яких збігається з багаторічними змінами сонячної активності. Масові розмноження шкідників лісу і динаміка активності Сонця в різних областях Німеччини асинхронні – такий висновок німецького еколога Кліметцека.

Головна причина скепсису полягає в застарілому методологічному підході до оцінки циклічності динаміки популяцій, що полягає в однозначному поясненні цього складного екологічного процесу, у спробі звести зміни чисельності до одного або декількох чинників середовища, виділити з них головний, якого, з погляду системного підходу, бути не може!

Не менш важливою причиною протиріч, наявних в екологічній літературі, є лінійний підхід до пояснення характеристик сонячної активності і її земних проявів, а нерідко і нерозуміння факту про наявність у систем, що самоорганізуються, якими є популяції, біогеоценози і біосфера, прямих і зворотних зв'язків, які забезпечують ієрархічність, взаємодію, синхронізацію і гомеостаз. Відповідно до сучасних уявлень, сонячна активність – це складна відкрита система з дивними атракторами і хаосом, яка чутлива до початкових умов, а її показник W (число Вольфа) вимірюють досить грубо, тому можна

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин розраховувати тільки на прогноз декількох довготривалих коливань сонячної активності.

У зв'язку з цим справедливими є вказівки опонентів на відсутність аналізу і підтвердження пов'язаності сонячно-екологічних зв'язків.

Свого часу Г.А. Вікторов писав, що «встановлення зв'язку між коливаннями чисельності та ритмікою сонячної активності вимагає більш ґрунтовних доказів, оснований на з'ясуванні причинних залежностей, а не на простій констатації циклічності з певним середнім періодом коливань».

Ця обставина викликала певний скептицизм у частини екологів, навіть тоді, коли сонячно-екологічну синхронізацію було встановлено на підставі якісної моделі.

Ситуацію в геліобіології свого часу вдало охарактеризував Ю.І. Вітинський, указавши, що нині скептиків щодо реальності впливу сонячної активності на біосферу, особливо серед біологів і медиків, поки не менше, ніж прихильників цієї точки зору.

Певною мірою це пояснюється і тим, що нерідко дослідники сонячно-земних зв'язків ототожнюють такі терміни, як періодичність, ритмічність і циклічність. Щоб чітко розмежувати ці поняття і теоретично обґрунтувати закономірності масових розмножень комах, необхідно є використати такі терміни і поняття.

Цикл – закінчений або не закінчений (перерваний) процес, елементи якого (фази, стадії, етапи тощо), полідовно один за одним або чергуючись, складають єдиний ряд, єдине ціле.

Циклічність – наявність, існування циклу або циклів у розвитку чого-небудь.

Ритм – закономірне (рівномірне) чергування, проходження (співвідношення) і (або) повторення будь-яких елементів, притаманне розвитку, перебігу будь-якої системи в просторі і часі.

Ритмічність – наявність ритму в розвитку чого-небудь. Ритм і ритмічність проявляються не тільки в поєднанні, чергуванні і повторенні циклів, але і в самих циклах, усередині них. Не зовсім правильно значення терміна «ритм» зводити тільки до рівномірної повторюваності, періодичності, бо остання, хоча і широко поширена, але всього лише окремий випадок ритмічності. Таким чином, ритм – це найбільш загальна властивість організації неживої і живої матерії, а проявів його закономірностей безмежно багато.

Період – проміжок часу (або іншого виміру), протягом якого щонебудь відбувається (починається, розвивається і закінчується). Отже,

період циклу – це проміжок часу, протягом якого він протікає (від його початку до закінчення).

Періодичність – закономірна (у т. ч. рівномірна) повторюваність будь-яких (закінчених) явищ, процесів (циклів) в часі і (або) у просторі через певні, але обов'язково рівні одиниці будь-якої системи вимірювання. Різницю понять циклу, ритму і періоду сформульовано так: цикл – це процес, явище; ритм – його характеристика, внутрішня організація, структура; період – міра (в будь-яких одиницях вимірювання) процесу, явища від початку до кінця.

Така характеристика процесів і явищ, що відбуваються в неорганічному й органічному світі, багато в чому схожа на діалектичну концепцію розвитку, згідно з якою повторюваність (циклічність) – це необхідна ознака будь-якого закону, наявність у процесів і явищ внутрішньої закономірності, що має об'єктивний характер.

На думку вчених, біологічні процеси і явища циклічні. Циклічність їх пояснюється, з одного боку, постійним впливом зовнішніх космічних факторів, з іншого – автоколиваннями, властивими будь-якій матеріальній системі.

8.4. Циклічність як загальна властивість розвитку і функціонування природних систем

Циклічність властива багатьом процесам і явищам космічного, геофізичного і біологічного характеру. Вона відома у стані зоряної і сонячної активності, кометно-метеорних потоків, в активації планет Сонячної системи, у коливаннях магнітного й електромагнітного полів, тектонічної, сейсмічної, вулканічної активності літосфери, зміни атмосфери (тиск, опади, температура, циркуляційний режим) і біосфери (біологічні ритми).

Про загальність просторово-часової організації матеріального світу, єдність циклічних змін в неорганічній та органічній природі йде мова в працях багатьох дослідників природи (Н.А. Агаджанян, Б.С. Алякринский, П.К. Анохін, Е.С. Бауер, Л.С. Берг, Є.П. Борисенков, В.І. Вернадський, Б.В. Володимирський, Ю.І. Вітинський, І.П. Дружинін, О.П. Дубров, М.С. Ейгенсон, В.О. Зубаков, С.В. Калесник, Г.І. Комин, В.І. Круть, Б.Л. Личков, О.О. Максимов, О.В. Максимов, Є.В. Максимов, К.К. Марков, М.М. Моїсеєв, О.І. Оль, О.С. Пресман, О.П. Резніков, Б.М. Рубашов, Б.І. Сазонов, Г.І. Тамразян, О.О. Трофимук, Ю.. Холодов, В.В. Чернишов, О.Л. Чижевський, О.В. Шнитников, М.С. Щербиновський,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин В.Н. Ягодинський і багато ін.). Кількість публікацій щодо цієї проблеми нині навряд чи піддається огляду. Досить зазначити, що тільки про зв'язок динаміки популяцій тварин з циклічними змінами сонячної активності до середини 50-х рр. ХХ ст. було опубліковано понад дві тисячі робіт, не кажучи вже про інші питання цієї складної і багатогранної природничо-наукової проблеми.

Обмежимося вказівкою лише на деякі основоположні роботи, що мають важливе методологічне значення для розуміння загальності циклічності природних процесів і явищ.

Учений Б.Л. Личков у монографії «До основ сучасної теорії Землі» виділяє геологічні періоди тривалістю 500 млн років, а всередині них – геологічні, кліматичні та біосферні цикли, пов'язані між собою і з ритмами всесвіту, і складові, на думку автора, кратну частину космічного року, тобто періоду обертання Сонячної системи навколо центру Галактики. У процесі детального аналізу вчений дійшов до висновку про те, що «хвилі життя» взаємодіють з космічними та геофізичними чинниками середовища. Аналогічну точку зору розвивали у своїх роботах багато вчених. Вони вважали, що циклічність охоплює досить різноманітні коливальні процеси – від елементарних фізичних до складних геліо-геофізичних та еколого-біологічних.

Циклічним процесам і явищам притаманний стрибкоподібний або вибуховий характер, що порушує хід природної обстановки. У зв'язку з цим циклічність як форма прояву діалектичної суперечності в його динаміці прямо стосується загальних законів розвитку природи: закону заперечення заперечення і переходу кількісних змін у якісні. Для останнього закону характерні якісні стрибки, вибухові процеси, фазові переходи, раптові генні мутації, спалахи масових розмножень популяцій тварин і мікроорганізмів та ін.

Циклічний процес – це поступальний, еволюційний процес. Цикл слід розглядати як виток у розвитку по спіралі, а оскільки всякий розвиток відбувається суперечливо, його поступальність знаходиться в єдності з елементами циклічності. Ознаку повторюваності, циклічності явищ у світлі сучасних уявлень природних наук, приймають за об'єктивний критерій наявності в них внутрішньої закономірності.

Дослідник П.К. Анохін вважав, що основою розвитку життя і його зв'язку з зовнішнім неорганічним світом були повторювані дії цього зовнішнього світу на організм. Послідовність і повторюваність є

основними часовими параметрами і являють собою універсальну форму зв'язку вже сформованих живих істот з навколишнім середовищем, тобто «Вписаність» «живої матерії» в уже готову просторово-часову систему світу.

Таким чином, *динаміка чисельності популяцій* – це циклічний процес повторюваності масових розмножень тварин, у т. ч. комах. Ці цикли відбуваються на тлі змін зовнішнього середовища, які вносять у цей процес певні корективи, прискорюючи або сповільнюючи реалізацію внутрішніх тенденцій.

У процесі геліобіологічних досліджень О.П. Дубров виявив циклічні зміни таких основоположних процесів, як генетичні, фізіологічні та біохімічні, і показав їх зв'язок з варіаціями геомагнітного поля в його спокійні і збуджені періоди. Він виявив узгоджений хід кривих, що відображає зміни геомагнітного поля і найважливішого генетичного показника – мітотичної активності (здатності клітин до поділу), при цьому «сезонна» динаміка зміни концентрації генів ST і TZ у третій хромосомі дрозофіли повністю збігається зі змінами геомагнітного поля за конкретний період у місці проведення дослідів. Важливу роль геомагнітного поля досліджено О.П. Дубровим для генетичних процесів генного, хромосомного і популяційного рівнів. Зокрема, цей геофізичний фактор впливає на генетичний код і генетичний гомеостаз, генетичну й екологічну структуру популяцій.

Отже циклічність і повторюваність є загальними властивостями розвитку і функціонування будь-яких природних систем у просторі й часі. Цей висновок є концептуальною основою для теоретичного синтезу закономірностей багаторічної повторюваності масових появ комах у зв'язку із законом циклічності, а циклічність – це загальна властивість розвитку, функціонування та перетворення організації будь-якої системи.

8.5. Теорія циклічності динаміки популяцій

Основні положення сучасної теорії динаміки популяцій та її практичне застосування в прогнозуванні викладено в роботах І.Я. Полякова. Відповідно до цієї теорії, динаміка популяцій шкідливих організмів пов'язана зі зміною їх життєздатності під впливом умов живлення, тепло- і водообміну, у яких проходив розвиток окремих поколінь або вікових груп. Мінливість цих умов

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин спричиняє якісну морфофізіологічну перебудову стану популяцій, що проявляється у зміні їх стаціонального розподілу, інтенсивності розмноження, темпів розвитку і виживання. Цю теорію дослідник назвав «сучасною об'єднаною теорією». Згідно з його уявленням, енергетичні ресурси і фізичні фактори середовища формують усі властивості популяції, у т. ч. її реакції на ці самі чинники в майбутньому, а також природу і регулююче значення внутрішньо- і міжвидових відносин. Принцип зворотного зв'язку характерний для всіх взаємовідносин популяцій із середовищем. При цьому визначальною стає взаємодія кормової бази популяції при одночасній залежності обох компонентів від кліматичних факторів.

Головними факторами, що направляють еволюцію видів на Землі, вважав І.Я. Поляков, були і залишаються кліматичні умови і енергетичні ресурси. Виживали тільки ті форми, які були здатні забезпечити позитивний енергетичний баланс, тобто кількість енергії, одержуваної з кормом або синтезованої рослинами, має перевищувати всі потреби життєзабезпечення, у т. ч. витрати енергії і накопичених резервів на розмноження.

Біотичні фактори (паразити, хижаки, збудники хвороб, внутрішньовидові відносини) проявляються залежно від ступеня сприятливості умов для розмноження шкідників. При оптимальному збігу умов для масового розмноження популяцій шкідливих видів хижаки, паразити, патогени не визначають їх динаміку. Фенологія хижаків і паразитів, для яких енергетичною базою слугують фітофаги, веде до відсікання найменш життєздатної частини популяції фітофагів, які запізнюються у розвитку або занадто рано починають розвиток та активність, що не відповідає оптимальним нормам. У підсумку в екосистемі складаються такі взаємини компонентів на енергетичній основі і її балансуванні, які забезпечують її стійкість у цілому – *гомеостаз*. В агроценозах, як вважає І.Я. Поляков, механізми, що забезпечують рівновагу взаємин у поєднанні компонентів рослина – фітофаг – ентомофаги, виявляються зруйнованими під впливом антропогенної діяльності (обробка ґрунту, строки сівби, удобрення та інші агротехнічні прийоми). Тому в умовах антропогенного ландшафту збільшується залежність динаміки популяцій шкідливих видів від стану енергетичних ресурсів (їжі) і кліматичних факторів. Цю теорію покладено в основу побудови річних прогнозів. Пізніше І.Я. Поляков висловлює думку про те, що пі час розробки багаторічних прогнозів для деяких об'єктів потрібно враховувати також багаторічну

мінливість активності сонячної радіації, бо вона істотно впливає на стан кліматичних факторів. «Однак впливи на природу результатів виробничої діяльності людини виявляються сильнішими. Тому неможливо використовувати циклічні зміни активності сонячної радіації в якості предикторів (показників) багаторічних прогнозів поширення шкідливих видів. Зіставлення багаторічних даних щодо спостережень за динамікою популяцій певних шкідливих видів і їх комплексів із циклами активності Сонця показує, що там, де в минулому спостерігався той або інший ступінь кореляції, її зараз не вдається відзначити». Також автор наголошує на можливості використання для деяких видів 100-річної та 50-річної періодичності зміни сонячної активності як критерію фонових багаторічних прогнозів. Він вважав, що зміни активності радіації впливають на норму реакції виду і чинники, що визначають динаміку його розвитку і поширення.

З цими суперечливими висловлюваннями можна погодитися, якщо мати на увазі довгострокові (річні) прогнози, для багаторічних прогнозів масових розмножень шкідників основоположною загальною властивістю розвитку і функціонування популяцій є циклічність.

Таким чином, є багато матеріалів про зв'язок, взаємодію і синхронізацію космічних, кліматичних, трофічних і популяційних циклів, які дозволяють виконати міждисциплінарний синтез, який обов'язково передбачає появу теорії.

Дійсно, «... Створення будь-якої теорії, як і відкриття будь-якого закону природи, причому більшою мірою, чим ширше коло явищ, охоплене даною теорією або цим законом, веде нерідко не тільки до внутрішньодисциплінарного синтезу, але і до міждисциплінарного».

У процесі міждисциплінарного синтезу теоретичних уявлень вітчизняних і зарубіжних екологів про зміни чисельності популяцій з погляду системного підходу, аналізу сучасних досягнень астрофізики, біоритмології, біофізики, космічної фізики, геліобіології, кліматології і інших природних наук, багаторічного аналізу та узагальнення історичних відомостей про масове розмноження 70 видів комах – шкідників сільського і лісового господарства в Україні та в інших регіонах, а також власних досліджень екології клопа шкідливої черепашки академік Є.М. Білецький обґрунтував теорію циклічності динаміки популяцій комах.

Концептуальна основа теорії – зв'язок, взаємодія і синхронізація в розвитку біосфери, біогеоценозів і популяцій з космічними та

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин кліматичними циклами; циклічність як загальна властивість розвитку і функціонування будь-якої матеріальної системи пояснює закономірності масових розмножень шкідливих комах у просторі й часі та є об'єктивним критерієм (предиктором) для прогнозування популяційних циклів.

Основні наслідки, що впливають з цієї теорії:

1. Багаторічна повторюваність масових розмножень комах – це закономірний процес розвитку і функціонування популяцій, синхронізований з циклами сонячної активності, погоди і клімату, що визначають енергетичні ресурси – трофічну базу і просторово-часову організацію, генетичну й екологічну структуру популяцій.

2. Циклічність як загальна закономірність процесу розвитку пояснює повторюваність масових розмножень шкідливих комах і служить критерієм для їх прогнозування.

3. Теорія циклічності динаміки популяцій виконує описову, пояснювальну, прогностичну і синтетичну функції. Вона об'єднує через закон циклічності раніше запропоновані теорії: кліматичну і трофічну.

4. На основі теорії циклічності динаміки популяцій розроблено міжсистемний метод багаторічного прогнозу масових розмножень комах, а також алгоритми їх прогнозування.

Протягом останнього десятиліття в Україні обґрунтовано еколого-генетичну теорію, яка пояснює механізм динаміки чисельності комах-фітофагів, і фенологічну, що трактує розходження динаміки популяцій окремих видів хвоелистогризучих комах і синхронність з кормовими рослинами й ентомофагами. Ці теорії широко обговорюють в ентомологічній літературі.

8.6. Нелінійність масових розмножень комах як аналоги режимів із загостренням з погляду синергетики

XX ст. характеризувалось колосальним інтелектуальним проривом, можливим завдяки розвитку науки і техніки протягом попередніх століть. Наука і нині є фундаментальним фактором прогресу, проте питання проблеми передбачуваності не розвивається. Це питання особливо актуальне в екології популяцій і захисті рослин, де проблема масових розмножень комах, відома людству здавна, залишається недостатньо вивченою і гостродискусійною. Це, перш за все, пізнання фундаментальних закономірностей і механізмів цього

складного екологічного процесу, і можливість його передбачення, а також граничний час передбачення – горизонт передбачуваності (прогнозу).

Приладом психологічного потрясіння від масових розмножень шкідливих комах, що мали місце на початку минулого століття, є «несподіване» масове розмноження метелика лучного, описане К.М. Россіковим: «1901 рік залишиться надовго в пам'яті землеробського населення здебільшого нашої Батьківщини. Протягом усього літа на величезному просторі від Томська до Кам'янця-Подільського в стихійних розмірах з'явився «хробак», як називали повсюдно гусеницю відомого метелика – лучного метелика або хуртовини. «Черв'як» з'являвся протягом усього літа різночасно в різних частинах нашої батьківщини. Спостерігався він, починаючи з травня, весь червень, липень, серпень і вересень. Весь цей час «хробак» робив спустошеність, які в районах вирощування буряків і конопель досягали колосальних розмірів. Черв'як виїдав суцільно посіви плантацій і полів, перетворював їх в одноманітні оголені, чорні, пилові простори. Колосальні спустошення робилися «хробаком», пересування «хробака» цілими полчищами на площах в кілька десятків квадратних верст і літ незліченних мас метеликів ціле літо наводили жах і страх на все землеробське населення всієї середньо-російської чорноземної області».

Масове розмноження метелика лучного в 1929 р. було приблизно таким, що і в 1901 р. У 1929 р. чисельність гусениць була настільки високою, що під час їх пересування (міграції) через залізницю зупинялися поїзди. Особливо високою чисельність гусениць була на півдні бурякосійних областей (від 250 до 800 шт. на одну рослину). «На залізниці біля станції Долинської по всьому фронту прилеглих до полотна залізниці плантацій Борисівки і Пелагіївки диміли вогняні завіси – захисту від наступаючої зі смуги відчуження гусениці; крім того по канаві по всьому фронту стояли сотні робітників з віниками, змитаючи гусениць, що прорвалися через вогонь. Зазвичай на день спостерігалось два напади: перший з 7–11 год. і другий з 15 год. На залізничних коліях спеціальна залізнична бригада на паровозі на чолі з начальником станції обдавала паром гусениць, що переповзали через колії. Збиті паром убиті гусениці лежали уздовж рейок. Привертали увагу чорні стіни селянських хат, розташованих біля залізничного полотна: вони суцільно були обліплені гусеницями і щоранку господині віниками змитають їх зі стін. Двори в радгоспі Пелагіївці були

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин заповнені гусеницями. Ганок контори і стіни до половини були обмазані патокою, щоб приняти доступ гусениць усередину приміщення; однак по прилиплих трупах вони пробиралися усередину приміщення і повзали по столах і стінах, заповзали в конторські книги, заповзали на людей; навіть кімнатні квіти були суцільно з'їдені гусеницею».

У 1975 р. знову відбувся глобальний (непрогнозований) спалах масового розмноження лучного метелика на величезній території колишнього СРСР, а також у деяких регіонах Болгарії, Угорщини, Румунії, Чехословаччини, Югославії, Монголії і Китайської народної республіки. Це масове розмноження не було прогнозованим, і його кваліфікували як «несподіване», хоча вже в 1969 р. на Північному Кавказі, а потім у південно-східних областях України і центральній чорноземній смузі було відзначено масовий літ метеликів цього шкідника, а в 1970 р. там провели винищувальні заходи, обсяг яких щороку зростав (у 1974 р. він становив 1,5 млн га). Аналогічна ситуація повторилася в 1988 р., у «прогнозі ... на 1988 рік» указувалося, що метелик лучний буде осередково поширений там, де в минулому (1987) році виявили підвищення чисельності його гусениць третього покоління. Обробку проти метелика лучного запланували в цілому в СРСР на 1,5 млн га на різних сільськогосподарських культурах, а фактично обробили 13,1 млн га, у т. ч. в Україні близько 6 млн га.

Співробітники Омської станції захисту рослин переконалися, що планувати обсяги захисту від метелика на основі розроблених фітосанітарних (екологічних) прогнозів майже неможливо. Зокрема, «За прогнозом на 1986 р. планувалася боротьба з лучним метеликом на площі 30 тис. га (люцерна, буркун, ріпак, просапні), а обробляти в 1986 р. в один слід довелося 336 тис. га або в 11 разів більше»!

До непрогнозованих, «несподіваних», масових розмножень відносять і спалах чисельності сірої зернової совки в 1957 р. в цілих районах Зауралля, Західного Сибіру і Північного Казахстану, саранових – у 1995–1996 рр. у Казахстані та Україні, у 1992–1999 рр. у Нижньому Поволжі, Західному Сибіру, Казахстані, у 2003–2008 рр. у Західному Сибіру та Україні. У 2003 р. масове розмноження італійського пруса в Криму досягло надзвичайного масштабу (вперше було зареєстровано пересування куліг зі щільністю личинок 5000 екз./м²).

Виникає питання – чому не виправдовуються фітосанітарні прогнози? На думку академіка Є.М. Білецького тому, що всі види прогнозів у захисті рослин розробляють на основі застарілої лінійної

методології, яка передбачає однозначність причин і наслідків, необмежені можливості передбачення, при цьому майбутнє незмінно має залежати від минулого (так званий лапласовський детермінізм). Сценарій майбутнього будують з безумовною упевненістю в його здійсненні. Однак нелінійність перебігу абсолютної більшості складних відкритих природних систем, у т. ч. популяцій комах, робить принципово ненадійними і недостатніми дуже поширені досі прогнози – екстраполяції, тому що розвиток відбувається через випадковість вибору шляху в момент біфуркації (різкої зміни характеру руху), а сама випадковість зазвичай не повторюється знову. Крім того, за нелінійністю, що дуже важливо, на певних стадіях криється можливість надшвидкого розвитку (режими із загостренням) в екології популяцій комах (масові розмноження). В основі надшвидкого (катастрофічного) розвитку лежить нелінійний позитивний зворотний системний зв'язок, який сприяє відходу системи від рівноваги до нестійкості, при цьому нелінійний позитивний зворотний зв'язок є в кожній точці зовнішнього середовища або виробництва речовини в кожній локальній області середовища (наприклад, локальна популяція в екології), яка пропорційна до концентрації речовини в цій області і зростає нелінійно, прискорюючи виробництво речовини (щільності, чисельності, біомаси тощо).

Це положення синергетики не узгоджується з досі домінуючими в екології класичними уявленнями про односпрямованість (лінійність) причинно-наслідкових зв'язків динаміки популяцій комах із факторами середовища, а також із можливістю прогнозувати їх у майбутньому, тобто в сучасній екології популяцій переважає лапласовський детермінізм. Можливо тому виникають «несподівані», непрогнозовані масові розмноження шкідливих комах. Однак результати досліджень, виконаних у ХХ ст. та на початку ХХІ ст., свідчать, що динаміка нелінійних систем (середовищ) – це можливість несподіваних катастрофічних процесів, які властиві практично всім нелінійним природним системам, у т. ч. популяціям комах. З одного боку, їх багаторічна динаміка обмежена в передбачуваному, з іншого – їх масові розмноження вже відбувалися в минулому в різних регіонах. Наприклад, саранові в Україні у 1008 р. в Київському князівстві; у 1708 р. – в Італії, Румунії, Україні; у 1583 р. – у Дикому Полі (Запорізька Січ); у 1783 р. – в Україні, Росії, Італії. Совка озима в Україні в 1823 і 1923 рр. Метелик луговий у 1086 (Київська Русь), у 1986 р. – в Омській області, Західному Сибіру, Алтайському краї,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин Мелітопольському районі Запорізької області. Шкідлива черепашка – у 809 р. в Іраку, через 1100 років у 1909 р. – у Росії, Україні, Туреччині, Йорданії; у 1736 р. – в Ірані; у 1936 р. – в Україні, Росії, країнах Близького і Середнього Сходу. Відповідно до сучасних уявлень нелінійної динаміки (синергетики), вони є запрограмовані в сьогоденні і майбутньому.

Запитання для самоконтролю

1. Назвіть теорії, які пояснюють сезонні і річні зміни чисельності комах.
2. Охарактеризуйте роль динаміки чисельності популяцій у процесі мікроеволюції.
3. Назвіть теорії, що пояснюють закономірності популяційних циклів.
4. Що являють собою циклічність, ритмічність і періодичність?
5. Перерахуйте основні положення теорії циклічності динаміки популяцій.
6. Охарактеризуйте зв'язок нелінійності масових розмножень комах і режимів із загостренням з погляду синергетики.

РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Белецкий Е.Н. Хроника массовых размножений главнейших вредителей сельскохозяйственных культур и лесных насаждений / Е.Н. Белецкий, С.В. Станкевич // Таврійськ. наук. вісн.: наук. журн. – 2018. – Вип. 100. – Т. 1. – С. 256–267.
2. Вознесенский В.Л. Первичная обработка экспериментальных данных (практические приемы и примеры) / В.Л. Вознесенский. – Ленинград: Наука, 1969. – 84 с.
3. Вредители сельскохозяйственных культур и лесных насаждений. Т. 3. Методы и средства борьбы с вредителями, системы мероприятий по защите растений / под общ. ред. В.П. Васильева; ред. тома В.П. Васильев, В.П. Омелюта. – Киев: Урожай, 1989. – 408 с.
4. Гешеле Э.Э. Методическое руководство по фитопатологической оценке зерновых культур / Э.Э. Гешеле. – Одесса, 1971. – 180 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. – Москва: Колос, 1985. – 416 с.
6. Дунаев Е.А. Методы эколого-энтомологических исследований / Е.А. Дунаев. – Москва: Мосгор СЮН, 1997. – 44 с.
7. Євтушенко М.Д. Хрестоцвіті блішки, ріпаковий квіткоїд на ріпаку ярому й гірчиці у східному лісостепу України: монографія / М.Д. Євтушенко, С.В. Станкевич, В.В. Вільна. – Харків: Майдан, 2014. – 170 с.
8. Євтушенко М. Д. Хрестоцвіті клопи на ріпаку ярому й гірчиці у Східному Лісостепу України: монографія / М. Д. Євтушенко, В. В. Вільна, С. В. Станкевич. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. – 184 с.
9. Израильский В.П. Руководство для изучения бактериальных болезней растений / В.П. Израильский. – Москва: Колос, 1968. – 343 с.
10. Константинов П.Н. Основы сельскохозяйственного опытного дела / П.Н. Константинов. – Москва: Сельхозгиз, 1952. – 446 с.
11. Красиловець Ю.Г. Наукові основи фітосанітарної безпеки польових культур / Ю.Г. Красиловець. – Харків: Магда LTD, 2010. – 416 с.
12. Кулешов А.В. Фітосанітарний моніторинг і прогноз: навч. посіб. / А.В. Кулешов, М.О. Білик, С.В. Довгань. – Харків: Еспада, 2011. – 608 с.
13. Мегалов В.А. Выявление вредителей полевых культур / В.А. Мегалов. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – Москва: Колос, 1968. – 175 с.
14. Мейнелл Д.Г. Экспериментальная микробиология / Д.Г. Мейнелл, Э. Мейнелл. – Москва: Мир, 1967. – 347 с.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

15. Методика учёта и прогноза развития вредителей и болезней полевых культур в Центрально-Чернозёмной полосе. – Изд. 2-е, испр. и доп. – Воронеж: Центрально-чернозёмное книж. изд-во, 1976. – 136 с.

16. Методики випробування і застосування пестицидів. / С.О. Трибель, Д.Д. Сігарьова, М.П. Секун та ін. – Київ: Світ, 2001. – 448 с.

17. Методические рекомендации по составлению прогноза развития и учету вредителей и болезней сельскохозяйственных растений / [сост.: И.В. Бабчук, В.Г. Григоренко, М.К. Коваль и др.]. – Киев, 1981. – 237 с.

18. Методические указания по выявлению и учету вирусных болезней злаков / сост. Н.Н. Артемьева. – Москва: Колос, 1971. – 21 с.

19. Методичні рекомендації з обліку чисельності шкідників і розповсюдженості хвороб у посівах зернобобових культур / уклад.: Т.В. Сокол, В.П. Петренкова, І.Ю. Боровська, І.М. Ниска; за ред. В.П. Петренко. – Харків, 2015. – 68 с.

20. Методичні рекомендації з обліку чисельності шкідників на посівах зернових колосових культур / уклад.: В.П. Петренкова, Т.Ю. Маркова, І.М. Черняєва та ін.; за ред. В.П. Петренко. – Харків, 2011. – 52 с.

21. Методы исследования возбудителей бактериальных болезней растений / К.И. Бельтюкова, М.С. Матышевская, М.Д. Куликовская, С.С. Сидоренко. – Киев: Наук. думка, 1968. – 316 с.

22. Минкевич И.И. Применение статистических методов в микологических и фитопатологических исследованиях / И.И. Минкевич, Т.М. Хохрякова. – Ленинград: ВИЗР, 1968. – 50 с.

23. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: підручник / Й.Т. Покозій, В.М. Писаренко, С.В. Довгань та ін.; за ред. Й.Т. Покозія. – Київ: Аграрна освіта, 2010. – 223 с.

24. Моніторинг шкідників і хвороб сільськогосподарських культур: навч. посіб. / С.В. Станкевич, І.В. Забродіна, Ю.В. Васильєва та ін. Харків. нац. аграр. ун-т ім. В.В. Докучаєва. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2020. – 624 с.

25. Наумов Н.А. Методы микологических и фитопатологических исследований / Н.А. Наумов. – Ленинград: Сельхозгиз, 1937. – 272 с.

26. Наумова И.А. Анализ семян на грибную и бактериальную инфекцию / И.А. Наумова. – Ленинград: Колос, 1970. – 208 с.

27. Никифоров А.М. Методические указания по выявлению вредителей и болезней сельскохозяйственных растений / А.М. Никифоров, Т.Г. Безденко. – Минск: Изд-во АН БССР, 1951. – 96 с.

28. Обліки шкідників та хвороб сільськогосподарських культур / В.П. Омелюта, І.В. Григорович, В.С. Чабан та ін.; за ред. В.П. Омелюти. – Київ: Урожай, 1986. – 274 с.
29. Осмоловский Г.Е. Выявление сельскохозяйственных вредителей и сигнализация сроков борьбы с ними / Г.Е. Осмоловский. – Москва: Россельхозиздат, 1964. – 273 с.
30. Основные методы фитопатологических исследований / под ред. А.Е. Чумакова. – Москва: Колос, 1974. – 192 с.
31. Палий В.Ф. Методика изучения фауны и фенологии насекомых / В.Ф. Палий. – Воронеж: Центрально-черноземное книжн. изд-во, 1970. – 190 с.
32. Писаренко В.В. Захист рослин. Фітосанітарний моніторинг, методи захисту рослин, інтегрований захист рослин / В.М. Писаренко, П.В. Писаренко. – Полтава, 2007. – 256 с.
33. Практикум з моніторингу шкідників сільськогосподарських культур / А.В. Кулешов, М.О. Білик, С.В. Станкевич, І.В. Забродіна. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. – 206 с.
34. Практикум із сільськогосподарської ентомології: навч. посіб. / за ред. Б. М. Літвінова. – Київ: Аграр. освіта, 2009. – 301 с.
35. Рекомендации по выявлению болезней сельскохозяйственных растений / сост.: Т.И. Захарова, И.И. Минкевич, Н.А. Шибкова, Р.И. Щекочихина. – Москва: Россельхозиздат, 1967.
36. Рекомендации по применению феромонных ловушек для учёта численности жуков-щелкунов степного, кубанского и посевного / сост.: И.Н. Олещенко, В.И. Терехов, Е.Д. Руднев и др. – Москва: Агропромиздат, 1986. – 14 с.
37. Самуцевич М.М. Техника фитопатологических исследований / М.М. Самуцевич. – Москва–Ленинград: Гос. изд-во с.-х. и колхоз.-коопер. лит-ры, 1931.
38. Сільськогосподарська ентомологія / за ред. проф. Б.М. Литвінова та М.Д. Євтушенка. – Київ: Вища школа, 2005. – 511 с.
39. Справочник агронома по защите растений / А.Ф. Ченкин, В.А. Захаренко, Н.Р. Гончаров. – Москва: Агропромиздат, 1990. – 367 с.
40. Станкевич С.В. Управління чисельністю комах-фітофагів: навч. посіб. / С.В. Станкевич. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2015. – 178 с.
41. Станкевич С.В. Економічні пороги шкідливості основних шкідників сільськогосподарських культур / С.В. Станкевич, І.В. Забродіна. – Харків: ХНАУ, 2020. – 24 с.
42. Станкевич С.В. Моніторинг шкідників сільськогосподарських культур: навч. посіб. / С.В. Станкевич, І.В. Забродіна. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2016. – 216 с.

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

43. Станкевич С.В. Методи огляду та експертизи підкарантинних матеріалів: навч. посіб. / С.В. Станкевич. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2017. – 255 с.

44. Станкевич С.В. Карантинні організми (з основами експертизи підкарантинних матеріалів): навч. посіб. / С.В. Станкевич, І.П. Леженіна, І.В. Забродіна, Л.В. Жукова. – Харків: ФОП Бровін О.В., 2021. – 459 с.

45. Тихомирова А.Л. Учет напочвенных беспозвоночных. Методы почвенно-зоологических исследований / А.Л. Тихомирова. – Москва: Наука, 1975. – С. 73–85.

46. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных / К.К. Фасулати. – Москва, 1971. – 421 с.

47. Федоренко В.П. Ентомологія: підручник / В.П. Федоренко, Й.Т. Покозій, В.М. Круть. – Київ: Фенікс, 2013. – 344 с.

48. Фітосанітарний моніторинг / М.М. Доля, Й.Т. Покозій, Р.М. Мамчур та ін. – Київ: ННЦ ІАЕ, 2004. – 294 с.

49. Фурсов В.Н. Как собирать насекомых-энтомофагов (сбор, содержание и выведение паразитических перепончатокрылых насекомых) / В.Н. Фурсов. – Киев: Логос, 2003. – 66 с.

50. Хейбл К. Методы вирусологии и молекулярной биологии / К. Хейбл, Р. Зальцман-Норман. – Москва: 1972.

51. Хохряков М.К. Методические указания по экспериментальному изучению фитопатогенных грибов / М.К. Хохряков. – Ленинград: ВИЗР, 1969. – 68 с.

52. Ченкин А. Ф. Методические рекомендации по составлению прогноза развития и учёту вредителей и болезней сельскохозяйственных растений / А.Ф. Ченкин, В.П. Омелюта. – Киев, 1981. – 237 с.

53. Чумаков А.Е. Основные методы фитопатологических исследований / А.Е. Чумаков. – Москва: Колос, 1974. – 193 с.

54. Bezpал'ko V.V. Ecologically safe methods for presowing treatment of cereal seeds / V.V. Bezpал'ko, L.V. Zhukova, S.V. Stankevych et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9(3). – P. 189–197.

55. Bezpал'ko V.V. Waysto increase the yield capacity of winter wheat and spring barley on the basis of applying pre-sowing seed irradiation with extra high frequencies microwave field in the conditions of Eastern Forest-Steppe of Ukraine: monograph / V.V. Bezpал'ko, L.V. Zhukova, S.V. Stankevych and other. – Kharkiv: Publishing House I. Ivanchenko, 2020. – 201 p.

56. Dowson W. J. Plant diseases due to bacteria. Second edition / W. J. Dowson. – Cambridge: The University Press, 1957. – 232 pp.
57. Elliot C. Manual of bacterial plant pathogens. Second edition / C. Elliott. – Waltham Mass., USA, 1951.
58. Gentosh D.T. Species compositions of root rot agents of spring barley / D.T. Gentosh, M.M. Kyryk, I.D. Gentosh et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10 (3). – P. 106–109.
59. Horiainova V.V. Species composition, morphological and biological peculiarities of leaf pathogens of spring wheat / V.V. Horiainova, V.P. Turenko, M.O. Bilyk et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10(3). – P. 115–120.
60. Koch M. Wir bestimmen Schmetterlinge / M. Koch. – Radebeul: Neumann Verlag, 1991. – 792 s.
61. Lutytska N.V. Soybean insect pests: A review of Ukrainian and world data / N.V. Lutytska, S.V. Stankevych, I.V. Zabrodina et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9 (3). – P. 208–213.
62. Maramorosch K. Methods in virology / K. Maramorosch, H. Koprowski. – 1967. – Vol. 3. – 677 pp. – Vol. 4. – 764 pp.
63. Maramorosch K. Viruses vectors and vegetation / K. Maramorosch. – London, 1969. – 666 pp.
64. Nakonechna Yu.O. Distribution area of *Hyphantria cunea* Drury: the analysis of Ukrainian and world data / Yu.O. Nakonechna, S.V. Stankevych, I.V. Zabrodina et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. 9 (3). – P. 214–220.
65. Plant pathologist's pocketbook. – Mycol. Inst. Kew, England, 1968. – 267 pp.
66. Schauff M. E. Collecting and preserving insects and mites: techniques and tools / M. E. Schauff. – USA: Agricultural Research Service, 2001. – 68 p.
67. Stankevych S.V. Dominant pests of spring rape and mustard in the eastern Forest-Steppe of Ukraine and ecologic protection from them: monograph / S. V. Stankevych, M. D. Yevtushenko, V. V. Vilna. – Kharkiv: Publishing House I. Ivanchenko, 2020. – 140 p.
68. Stankevych S.V. Polycyclic character, synchronism and nonlinearity of insect population dynamics and prognostication problem: monograph / S.V. Stankevych, Ye.M. Biletskyj, L.V. Golovan; Kharkiv V.V. Dokuchaiev National Agrarian University. – Kharkiv: Publishing House I. Ivanchenko, 2020. – 133 p.
69. Stankevych S.V. Efficiency of chemical protection of spring rape and mustard from rape blossom beetle / S.V. Stankevych,

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин
M.D. Yevtushenko, V.V. Vilna et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9 (4). P. 584–598.

70. Stankevych S.V. Algorithms of forecasting beginning of the next mass reproduction of some insects in Ukraine / S. V. Stankevych // Austria science. – 2018. – №17. – P. 17–21.

71. Stankevych S.V. Chronicle of insect pests massive reproduction / S. V. Stankevych, Yu.V. Vasylieva, L.V. Golovan et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – № 9 (1). – 262–274.

72. Stankevych S.V. Cycle populations dynamics of harmful insects / S.V. Stankevych, Ye.M. Biletskyj, I.V. Zabrodina et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10 (3). – P. 147–161.

73. Stankevych S.V. Integrated pest management of flea beetles (*Phyllotreta* spp.) in spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) / S.V. Stankevych, M.D. Yevtushenko, V.V. Vilna et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9(3). – P. 198–207.

74. Stankevych S.V. Prognostication in plant protection. Review of the past, present and future of nonlinear dynamics method / S.V. Stankevych, Ye.M. Biletskyj, I.V. Zabrodina et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10 (4). – P. 225–234.

75. Stankevych S.V. Wandering of mass reproduction of harmful insects within the natural habitat / S.V. Stankevych, H.V. Baidyk, I.P. Lezhenina et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9 (4). P. 578–583.

76. Stankevych S.V., Prognostication algorithms and predictability ranges of mass reproduction of harmful insects according to the method of nonlinear dynamics / S.V. Stankevych, Ye.M. Biletskyj, I.V. Zabrodina et al. // Ukrainian Journal of Ecology, 2020. 10(1), 37–42.

77. Stapp C. Bakterielle krankheiten. Handbuch der Pflanzenkrankheiten bergiindet von P. Sorauer / C. Stapp. – Berlin-Hamburg, 1956. – 567 s.

78. Turenko V.P. Dependence of species composition and development of root rots pathogens of spring barley on abiotic factors in the Eastern Forest-Steppe of Ukraine / V.P. Turenko, M.O. Bilyk, L.V. Zhukova et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9(2). – P. 179–188.

79. Zabrodina I.V. Morphobioecological features and harmfulness of apple-blossom weevil (*Anthonomus pomorum* Linnaeus, 1758) / I.V. Zabrodina, M.D. Yevtushenko, S.V. Stankevych et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10(2). – P. 219–230.

80. Zabrodina I.V. Ukrainian and international experience of integrated protection of apple-tree from apple-blossom weevil (*Anthonomus*

М.О. Білик, М.Д. Євтушенко, В.П. Туренко, І.П. Леженіна, Г.В. Малина
potorum Linnaeus, 1758) / I.V. Zabrodina, M.D. Yevtushenko,
S.V. Stankevych et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10(1). –
P. 277–288.

81. Zakharchuk N.A. Producing of potato varieties resistant to fusarial wilt by cell selection / N.A. Zakharchuk, M.M. Dolya, V.M. Polozhenets et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2020. – 10(1). – P. 289–291.

82. Zhukova L.V. Root rots of spring barley, their harmfulness and the basic effective protection measures / L.V. Zhukova, S.V. Stankevych, V.P. Turenko et al. // Ukrainian Journal of Ecology. – 2019. – 9(2). – P. 232–238.

ДОДАТКИ

Додаток А

ЕКОНОМІЧНІ ПОРОГИ ШКІДЛИВОСТІ ОСНОВНИХ
ШКІДНИКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

(за С. В. Станкевичем та ін., 2020)

Шкідник	Стадія	Культура та фенофаза, у якій проводять облік	Одиниця обліку	ЕПШ
1	2	3	4	5
Черепашка шкідлива	Клопи, що перезимували	Озима пшениця: вихід у трубку	1 м ²	2–4
		Яра пшениця: кущіння	1 м ²	1–2
	Личинки	Ярий ячмінь: кущіння	1 м ²	4–5
		Озима пшениця: цвітіння та початок формування зерна	1 м ²	10–15
		молочна стиглість	1 м ²	1–2
Сильні та цінні пшениці рядові посіви		1 м ²	1–2	
		1 м ²	4–6	
Гризуни мишо-подібні	Колонії Нори	Озима пшениця: кущіння	1 га 1 га	1–3 50–100
	Колонії	Багаторічні трави: відновлення вегетації	1 га	3–5
Ховрахи	Нори	Зернові: Сходи – кущіння	1 га	5
		Просапні: сходи	1 га	3
		Багаторічні трави: відновлення вегетації	1 га	5–10
Саранові нестадні	Імаго та личинки	Озимі культури сходи – колосіння	1 м ²	5–10

1	2	3	4	5
Жужелиця хлібна	Личинки	Озима пшениця: сходи кущіння весняне відростання	1 м ² 1 м ² 1 м ²	1–2 2–3 3–5
	Жуки	колосіння	1 м ²	3–5
Листовійка злакова	Гусениці	Озима пшениця, ячмінь: вихід у трубку	1 м ²	50–150
		колосіння	1 м ²	50–100
Попелиці злакові	Самки, личинки	Озима пшениця: кущіння колосіння та цвітіння	1 м ² стебло	100–150 5–10
		формування зерна та початок молочної стигlosti зерна	стебло	10–25
		Ярі зернові: сходи – кущіння	1 м ²	100–150
		трубкування – дозрівання	стебло	10–15
Ковалики	Личинки	Озима пшениця: перед сівбою	1 м ²	5–8
		Яра пшениця: перед сівбою	1 м ²	3–5
		Кукурудза: перед сівбою	1 м ²	3–5
		Цукрові буряки: перед посівом	1 м ²	1,5–2
		Соняшник: перед сівбою	1 м ²	3–5
		Картопля: перед садінням	1 м ²	5
		Томати: до висаджування розсади	1 м ²	5

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Чорниші (мідляки)	Личинки	Озима пшениця: перед сівбою	1 м ²	5–8
		Яра пшениця: перед сівбою	1 м ²	3–5
		Кукурудза: перед сівбою	1 м ²	3–5
		Цукрові буряки: перед посівом	1 м ²	1,5–2
		Соняшник: перед сівбою	1 м ²	3–5
		Картопля: перед садінням	1 м	5
		Томати: до висаджування розсади	1 м ²	5
Цикадки шести- крапкова, темна та смугаста	Імаго, личинки	Озима пшениця: сходи сходи	1 м ² 100 помахів сачком	40 150
		колосіння	5 помахів сачком	100
		колосіння	1 м ²	200–300
		Рис: трубкування	1 м ²	200–300
Клопик злаковий	Імаго, личинки	Рис: трубкування	1 м ² 5 помахів сачком	150–200 40–50
Трипс пусто- цвітий	Імаго, личинки	Рис: трубкування	стебло	8–10
Трипс пшеничний	Імаго Личинки	Озима пшениця: початок колосіння	стебло	10–15
		молочна стиглість зерна	колос	40–50

1	2	3	4	5
П'явиці	Жуки	Озима пшениця: вихід у трубку	1 м ²	40–50
	Личинки	Ярий ячмінь, овес, озима пшениця: колосіння	1 м ²	10–15
		Ярий ячмінь, овес: вихід у трубку	стебло 1 м ²	0,5–0,7 150–200
Жуки хлібні	Жуки	Озимі зернові: цвітіння – молочна стиглість	1 м ²	3–5
	Жуки	Ярі зернові: цвітіння – молочно-воскова стиглість	1 м ²	3–4
Блішка хлібна смугаста	Жуки	Ярі (ячмінь, пшениця, оves): сходи та кущіння	100 помахів сачком	300
		сходи та кущіння	1 м ²	60–100
Блішка стеблова велика	Імаго	Ярі зернові кущіння – стеблування	100 помахів сачком	30
	Личинки	кущіння – стеблування	1 м ²	6–10
Пильщики хлібні	Імаго	Озима пшениця: вихід у трубку	1 м ²	4
Мухи злакові	Імаго	Ярі (пшениця, ячмінь, оves), озима пшениця: кущіння	100 помахів сачком	30–50

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Комарик рисовий	Імаго	Рис: сходи	100 помахів сачком	30–40
Муха прибережна	Імаго	Рис: сходи	100 помахів сачком	30–40
	Личинки	3-й листок	1 м ²	30–40
Мінер ячмінний	Личинки	Рис: сходи та кущіння	стебло	0,5–1,0
Мінер рисовий	Личинки	Рис: сходи та кущіння	стебло	1,0
Совка озима та інші підгризаючі	Гусениці	Озима пшениця: сходи та кущіння	1 м ²	2–3
	Гусениці	Озиме жито: сходи та кущіння	1 м ²	5–8
	Гусениці	Кукурудза: сходи та 2–4 листки	1 м ²	3–4
	Гусениці	Цукрові буряки: змикання рядків	1 м ²	1–2
	Гусениці	Люцерна: відростання	1 м ²	3–8
	Гусениці	Картопля: сходи	кущ 1 м ²	8 5–10
	Гусениці	Капуста: розсада	1 м ²	0,5–1

1	2	3	4	5
Метелик лучний	Гусениці	Кукурудза: сходи та 5–6 листоків	1 м ²	5–10
		викидання волоті	1 м ²	15–20
	Гусениці	Цукрові буряки: 2–10 листків	1 м ²	4–5
		ріст коренеплоду	1 м ²	15–20
	Гусениці I генерації	Люцерна: період вегетації	1 м ²	10
Гусениці II генерації		1 м ²	20	
Метелик лучний	Гусениці I генерації	Соняшник: період вегетації	1 м ²	8–10
	Гусениці II генерації		1 м ²	20
Совка зернова звичайна	Гусениці	Озима пшениця: колосіння	100 колосків	20
Метелик стебловий кукурудзя- ний	Гусениці	Кукурудза: викидання волоті	рослина	1–2
Мухи шведські	Личинки	Кукурудза: 2–3 листки	рослина	1–2
Довгоносик сірий південний	Імаго	Кукурудза: сходи	1 м ²	2–3
		2–3 листки	1 м ²	3–4
Рачок щитневий	Доросла стадія	Рис: проростання	1 м ²	7–10
Естерія	Доросла стадія	Рис: проростання	1 м ²	50–60
Попелиця соняшникова	Імаго та личинки	Соняшник: період вегетації	% заселених рослин	20

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Попелиця горохова	Імаго та личинки	Горох: бутонізація	10 помахів сачком	250–300
		Люцерна: утворення бобів	10 помахів сачком	50–60
Трипс гороховий	Імаго та личинки	Горох: бутонізація	2 бутони 1 бутон	1 2
Зерноїд гороховий	Імаго	Горох: бутонізація	100 помахів сачком	10
			100 рослин	10
Довгоносики бульбочкові	Імаго	Горох і соя: сходи	1 м ² 3–5 рослин	10–15 1
		Люцерна: сходи та відростання	1 м ²	5–8
		Конюшина: сходи та відростання	1 м ²	5–10
Плодожерка горохова, плодожерка білопля- миста	Імаго	Горох і соя: цвітіння	феромонна пастка (1 доба)	40
	Яйця	утворення бобів	1 м ²	25–30
Плодожерка соєва	Яйця	Горох і соя: утворення бобів	рослина	2–3
Совка капустяна	Гусениці	Горох і соя: період вегетації	100 рослин	15–20
Совка люцернова	Гусениці	Горох, соя, люцерна: стеблування	1 м ²	8–10
Совка- гамма	Гусениці	Люцерна: стеблування	1 м ²	5

1	2	3	4	5
Клоп люцерновий	Імаго та личинки	Люцерна: бутонізація	100 помахів сачком	20–30
Клоп трав'яний	Імаго та личинки	Горох і соя: період вегетації	рослина	0,5
Насіннеїд-апіон конюшинний, довгоносик конюшинний стебловий	Імаго	Конюшина: бутонізація	10 помахів сачком 1 м ²	10–20 15–25
Довгоносик еспарцетний бруньковий	Імаго	Еспарцет: відростання	10 помахів сачком	20
Довгоносики люцернові листковий та степовий	Імаго Личинки	Люцерна: відростання	100 помахів сачком 100 помахів сачком	5–8 20–30
Довгоносик конюшинний листковий	Імаго Личинки	Конюшина: відростання	100 помахів сачком	5–8 20–30
Скосар люцерновий	Імаго	Люцерна: відростання	1 м ²	3–6
Насіннеїд люцерновий жовтий	Імаго	Люцерна: стеблування та бутонізація	100 помахів сачком	15–25
Довгоносик буркуновий листовий галовий	Імаго	Буркун: стеблування та бутонізація	100 помахів сачком	15–25
Насіннеїд буркуновий золотистий	Імаго	Буркун: стеблування та бутонізація	100 помахів сачком	15–25
Зерноїд еспарцетний	Імаго	Еспарцет: бутонізація	100 помахів сачком	20–30
Насіннеїд конюшинний	Імаго	Конюшина: бутонізація	100 помахів сачком	20–30

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Насіннеїд люцерновий	Імаго	Люцерна: бутонізація	100 помахів сачком	20–30
Насіннеїд еспарцетний	Імаго	Еспарцет: бутонізація	100 помахів сачком	20–30
Товстоніжка люцернова	Імаго	Люцерна: початок плодоутворення	100 помахів сачком	20–25
Совки листогризучі	Гусениці	Люцерна: бутонізація	1 м ²	5–10
	Гусениці I генерації	Цукрові буряки: період вегетації	1 м ²	2–3
	Гусениці II генерації		рослина	5–6
Галиця люцернова квіткова	Гали	Люцерна: бутонізація	1 м ²	10
	Імаго		10 помахів сачком 1 м ²	10 10
Клопи буряковий та польовий	Імаго та личинки	Цукрові буряки: сходи	100 помахів сачком	30
		після змикання рядків	рослина	5–10
Клоп люцерновий	Імаго та личинки	Цукрові буряки: сходи	1 м ²	2–3
Хрущі	Личинки	Цукрові буряки: перед посівом	1 м ²	2,5–3,5
		Картопля: перед садінням	1 м ²	3–5
Довгоносик буряковий звичайний	Імаго	Цукрові буряки: минулорічні бурячища, сходи та 2 пари листків	1 м ²	0,3–0,5
			1 м ²	0,3–0,7

1	2	3	4	5
Довгоносик буряковий смугастий	Імаго	Цукрові буряки: сходи та 2 пари листків	1 м ²	0,2–0,3
Довгоносик буряковий сірий	Імаго	Цукрові буряки: сходи та 2 пари листків	1 м ²	0,2–0,4
Довгоносик чорний	Імаго	Цукрові буряки: сходи та 2 пари листків	1 м ²	0,2–0,4
Стеблоїд амарантовий	Імаго	Цукрові буряки: сходи та 2 пари листків	1 м ²	0,2–0,3
Мідляк піщаний	Імаго	Цукрові буряки: сходи	1 м ²	2–3
Блішка бурякова звичайна	Імаго	Цукрові буряки: сходи та 2 пари листків	100 помахів сачком 1 м ²	100–200 1–2
Блішка бурякова південна	Імаго	Цукрові буряки: сходи та 2 пари листків	100 помахів сачком	26–100
Щитоноска бурякова	Імаго Личинки	Цукрові буряки: сходи 2–6 листків	1 м ² 1 м ²	0,5–1,2 10
Крихітка бурякова	Імаго	Цукрові буряки: до сходів сім'ядолі 2 листки 4 листки	1 м ³ ґрунту 1 м рядка 1 м ² рослина рослина рослина	1,5–2,5 20 300 6 10–12 18–20
Мертвоїд матовий	Імаго Личинки	Цукрові буряки: сходи	1 м ² 1 м ²	0,3–1,0 1,0

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Міль бурякова мінуюча	Гусениці	Цукрові буряки: 6–8 листків формування коренеплоду початок відмирання листя	рослина рослина рослина	0,5 0,8–1,0 2,0
Муха бурякова мінуюча	Яйце Личинки	Цукрові буряки: фаза «вилочки» 2–4 листки 5–6 пар листків понад 6 пар листків 3 пари листків	рослина рослина рослина рослина рослина	4–6 7–8 10–15 20 2–5
Попелиця бурякова коренева	Імаго та личинки	Цукрові буряки липень – серпень	% заселених рослин	5
Попелиця бурякова листкова	Імаго та личинки	Цукрові буряки травень червень липень	% заселених рослин % заселених рослин % заселених рослин	5 10 15
Трипс льоновий	Імаго Личинки	Льон: бутонізація бутонізація	рослина рослина	40–50 40–50
Блішка льонова	Імаго	Льон: сходи	рослина	1,0
Блішка конопляна	Імаго	Коноплі: сходи	рослина	1,5
Лепіронія жукоподібна	Личинки	Лаванда: після появи сходів	рослина	20–25
Попелиця трояндова листкова	Колонія з 50–80 особин	Троянда: період вегетації	рослина	7–11

1	2	3	4	5
Довгоносик шавлієвий	Імаго	Шавлія: період вегетації	1 м погонний	3–5
Міль кминна	Гусениці	Кмин: кінець стеблування	рослина	0,7–1,2
Жук колорадський	Личинки	Картопля: бутонізація	кущ	10–20
Сонечко 28-крапкове	Імаго та личинки	Картопля: сходи цвітіння	кущ кущ	1,0 3–8
Попелиця капустяна	Імаго та личинки	Капуста: розсада Ріпак: період вегетації	рослина % заселених рослин	15 10
Клопи хрестоцвіті	Імаго та личинки	Капуста: формування головки	рослина	2–3
Блішки хрестоцвіті	Імаго	Капуста: сходи розсада Ріпак: сходи	рослина рослина 1 м ²	2–3 10 1–3
Листоїд ріпаковий	Імаго та личинки	Капуста: розсада	рослина	5–6
Квіткоїд ріпаковий	Імаго	Капуста насіннева: бутонізація Ріпак: утворення бутонів збільшення бутонів початок цвітіння	рослина рослина рослина рослина	5 1 2–3 5–6

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Приховано-хоботник стебловий капустяний	Імаго	Капуста: розсада	рослина	1
	Личинка	розсада	рослина	3
Приховано-хоботник ріпаковий, або насіннєвий	Імаго	Капуста: розсада	рослина	2–3
		Ріпак: формування розетки	рослина	0,5–1
Барид бруквяний зелений	Імаго	Капуста: розсада	рослина	1–2
Міль капустяна	Гусениці	Капуста: листова розетка формування головки	рослина рослина	2–5 5–10
Вогнівка капустяна	Гусениці	Капуста: зав'язування головки	рослина	3–5
Білани капустяний та ріпний	Гусениці	Капуста: зав'язування головки	рослина	3–5
Совка капустяна	Гусениці	Капуста: листова розетка формування головки	рослина рослина	1–2 5
	Імаго (самці)	формування головки	феромонна пастка (5 діб)	9–13
Пильщик ріпаковий	Личинки	Капуста: зав'язування головки	рослина	3–5
		формування головки	рослина	5–7
		Ріпак: після сходів	1 м ²	2,0

1	2	3	4	5
Мухи капустяні весняна та літня	Яйця Личинки	Капуста: розсада	рослина рослина	5–6 3–5
Приховано- хоботник цибулевий	Імаго Личинки	Цибуля: ріст листків	1 м ² рослина	2–4 5–10
Міль цибулева	Гусениці	Цибуля: період вегетації	рослина	2,0
Муха та дзюрчалка цибулеві	Яйця	Цибуля: формування цибулини	рослина	3–4
Міль зонтична	Гусениці	Морква: бутонізація	рослина	3–4
Метелик лучний блідий	Гусениці	Морква: бутонізація	рослина	3–4
Муха морквяна	Яйця	Морква: початок вегетації	20 рослин	1,0
Трипс тютюновий	Імаго та личинки	Огірки, гарбузи, кавуни: період вегетації	листок	11
Білокрилка теплична	Імаго, личинки	Огірки, гарбузи, кавуни: період вегетації Томати: період вегетації	листок листок	40 10
Попелиця баштанна	Імаго, личинки	Огірки: перша половина вегетації; друга половина вегетації Перець: період вегетації	% заселених рослин % заселених рослин % заселених рослин	7–15 25–30 2–5

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Кліщ павутинний	Імаго та личинки	Огірки: період вегетації	% заселених рослин	5
		Томати: період вегетації	% заселених рослин	5
Совка бавовникова	Яйця I генерації	Томати: період вегетації	100 рослин	15–20
	Яйця II генерації		100 рослин	40–90
Муха паросткова	Імаго	Гарбузові, бобові, буряки, соняшник, кукурудза, капуста, цибуля: сходи	10 помахів сачком	5–8
Кліщі плодові	Яйця	Яблуня: до розпускання бруньок	10 см гілки 1 плодушка	50–100 10–15
		до росту плодів після росту плодів	листок листок	3–5 5–7
Листо-блішка яблунева	Яйця	Яблуня: до розпускання бруньок	10 см пагона	10–20
	Личинки	розпускання листків	роzetка листків	4–8
Листо-блішка грушева	Колонія	Груша: розпускання бруньок	100 пагонів 100 листків 100 квіткових розеток	10 10 5

1	2	3	4	5
Попелиці яблуневі	Яйця Колонія	Яблуна: до розпускання бруньок після розпускання бруньок	10 см пагона 100 листків	10–20 5
Попелиця вишнева	Колонія	Вишня: розпускання бруньок	100 бруньок	10
Попелиця кров'яна	Колонія	Яблуна: період вегетації	100 пагонів	10–12
Щитівка яблунева комоподібна	Щиток Личинки	Усі плодови: період вегетації	10 см гілок 1 см гілки	5 5
Щитівка каліфорнійська	Личинки	Усі плодови: період вегетації	1 м гілки	0,5
Несправжня каліфорнійська щитівка	Личинки	Усі плодови: до розпускання бруньок	1 м гілки	200
Щитівка грушева червона	Личинки	Усі плодови: до розпускання бруньок	1 м гілки	200
Несправжньо-щитівка акацієва	Личинки	Усі плодови: до розпускання бруньок	1 м гілки	200
Несправжньо-щитівка сливова	Личинки	Усі плодови: до розпускання бруньок	1 м гілки	200
Клоп грушевий	Личинки	Груша: період вегетації	100 листків	200–300
Букарка	Імаго	Яблуна: набрякання бруньок	дерево	30–40
Казарка	Імаго	Яблуна: набрякання бруньок	дерево	7–8

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Трубкокрут глодовий червоно- крилий	Імаго	Яблуня, груша: після цвітіння	дерево	7–8
Трубкокрут багатоїдний, або грушевий,	Імаго	Груша, яблуня: розпускання бруньок Виноград: період вегетації	дерево кущ	10 2–3
Трубкокрут грушевий великий	Імаго	Груша: після цвітіння	дерево	8
Трубкокрут вишневий	Імаго	Вишня: після цвітіння	дерево	8
Довгоносик бруньковий сірий	Імаго	Плодові: розпускання бруньок	дерево	20–30
Квіткоїд яблуневий	Імаго	Плодові: до утворення бутонів	дерево	40
Довгоносик- короїд плодовий	Імаго	Плодові: період вегетації	дерево	10
Златка чорна	Імаго	Плодові: період вегетації	дерево	2
Горностаєві молі яблунева та плодова	Щиток Гніздо	Яблуня: до цвітіння, після цвітіння	1 м гілки дерево	0,5–1,0 1–2
Міль глодова кружкова	Міна	Яблуня: період вегетації	листок	8–10
Міль плодова чохликова	Міна	Яблуня: період вегетації	листок	1,0

1	2	3	4	5
Звійниця листяна	Міна	Яблуня: період вегетації	листок	1,0
Плодожерка яблунева	Імаго (самці)	Яблуня: утворення зав'язі	феромонна пастка (5 діб)	3–5
		ріст плодів	феромонна пастка (7 діб)	2–3
	Гусениці	до розпускання бруньок	1 м ловильного поясу	10–15
	Яйця	ріст плодів	100 плодів	2–5
Плодожерка сливова	Імаго (самці)	Слива: цвітіння	феромонна пастка (5 діб)	5
Листовійки глодова, примороз- кова, розанова та різнокольо- рова	Кладка яєць	Яблуня: до розпускання бруньок	1 м гілки	0,5
	Гусениці	до початку цвітіння	1 м гілки	0,5–3,0
Листовійки брунькова, мінлива плодова, свинцево- смуриста, полохлива та сітчаста	Гусениці	Яблуня: відокремлення бутонів	100 розеток	4–10
		після цвітіння	100 зав'язей	2,0
П'ядун зимовий	Яйця	Плодові: до розпускання бруньок	1 м гілки	2–5
	Гусениці	період вегетації	1 м гілки	5–9

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
П'ядун-шовкопряд буро-смугастий	Яйця	Плодові: рожевий бутон	2 м пагонів	4–6
П'ядун сливовий	Гусениці	Слива: період вегетації	1 м гілки	4–5
Шовкопряд кільчастий	Кладка яєць	Плодові: до розпускання бруньок	дерево	1–2
Білан жилкуватий	Гніздо	Плодові: до розпускання бруньок	дерево	3–4
Совка-синьо-голівка	Яйця	Плодові: до розпускання бруньок	1 м гілки	2,0
Пильщики плодові яблуневий та грушевий	Імаго	Яблуня і груша: відокремлення бутонів	дерево	10
	Яйця	цвітіння	100 квіток	3–5
	Личинки	обсипання пелюсток	100 плодів	3,0
Пильщик-трач грушевий	Гніздо	Груша: до розпускання бруньок	дерево	1–2
Пильщики сливові	Пошкодженість Заселеність	Слива: цвітіння	% пошкоджених квіток	5
		після цвітіння	% заселеної зав'язі	3–4
Попелиці сливові	Колонія	Слива: після цвітіння	100 листків	15
Попелиця малинна пагонова	Колонія	Малина: після збирання ягід	100 верхівкових пагонів	3–5
Жук малинний	Імаго	Малина: період вегетації	кущ	2–3

1	2	3	4	5
Кліщ суничний	Кліщі	Суниця: період вегетації	заселеність	15–20
Листоїд суничний	Імаго	Суниця: період вегетації	5 кущів	2–3
Довгоносик малинний	Імаго	Малина: оголення бутонів	кущ	3–4
		Суниця: початок відростання	кущ	3–4
Довгоносик кореневий сірий, або землистий,	Імаго	Суниця та малина: до цвітіння	10 рослин	2–3
Міль малинна брунькова	Гусениці	Малина: розсування брунькових лусок	кущ	4–5
Пильщик суничний чорно-плямистий	Личинки	Суниця: до цвітіння	100 листків	10–12
Пильщик малинний гребінчато-вусий	Личинки	Малина: до цвітіння	100 листків	10–12
Пильщик малинний мінуючий	Личинки	Малина: до цвітіння	100 листків	10–12
Попелиці агрусова та червоно-смородинна	Колонія	Агрус та смородина: після збирання ягід	100 верхівкових пагонів	3–5
Златка смородинова вузькотіла	Імаго	Смородина: після цвітіння	кущ	2–3

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Агрусовий п'ядун	Гусениці	Агрус та смородина: до цвітіння	кущ	10–15
Міль смородинна брунькова	Гусениці	Смородина: ропускання бруньок	кущ	3–5
Пильщик жовтий чорносмородинний	Личинки	Агрус та смородина: до цвітіння	100 листків	10–12
Пильщик жовтий червоносмородинний	Личинки	Агрус та смородина: до цвітіння	100 листків	10–12
Пильщик агрусовий блідоногий	Личинки	Агрус та смородина: до цвітіння	100 листків	10–12
Скосар кримський	Личинки Імаго	Виноград: період вегетації набубнявіння та ропускання бруньок	1 м ² кущ	2–3 3,0
Листовійки гронова та двольотна	Імаго (самці) Гусениці	Виноград період вегетації ріст ягід ріст ягід	феромонна пастка (10 діб) 100 грон 100 ягід	10 3–10 6–10
Листовійка виноградна	Гусениці	Виноград: набубнявіння бруньок	кущ	2–3
Пістрянка строката, або виноградна	Гусениці	Виноград: набубнявіння бруньок	кущ	2–3

1	2	3	4	5
Кліщі	Кліщі	Виноград: до цвітіння після цвітіння період вегетації	листок листок заселеність листоків	2–3 6 30–50
Міль виноградна кружкова	Міна	Виноград: період вегетації	листок	3–5
Хрущі травневі	Личинки	Листяні породи дерев: період вегетації	1 м ²	5
Листовійка дубова зелена	Кладка яєць	Дуб: набрякання бруньок	1 м гілки	0,5
Чубатка дубова	Гусениці	Дуб: період вегетації	1 м гілки	1–3
Лунка срібляста	Гусениці	Листяні породи дерев: період вегетації	1 м гілки	1–3
П'ядун- обдирало плодовий	Яйця Гусениці	Листяні породи дерев: до розпускання бруньок розпускання бруньок	1 м гілки 1 м гілки	5 9
П'ядун жовтовусий	Гусениці	Листяні породи дерев: розпускання бруньок	1 м гілки	8–9
Золотогуз	Гніздо	Листяні породи дерев: до розпускання бруньок	дерево	2
Шовкопряд непарний	Кладка яєць	Плодові: до розпускання бруньок	дерево	1–2

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3	4	5
Хвилівка вербова	Гусениці	Листяні породи дерев: період вегетації	1 м гілки	1–3
Червоно- хвіст	Гусениці	Листяні породи дерев: період вегетації	1 м гілки	1–2
Шовкопряд дубовий похідний	Гусениці	Листяні породи дерев: період вегетації	1 м гілки	1–3
Підкоровик сосновий	Імаго та личинки	Сосна: період вегетації	дерево	500
Хрущ мармуровий	Личинки	Сосна: період вегетації	1 м ²	5
Довгоносик великий сосновий	Імаго	Сосна: період вегетації	5 дерев	2
Шовкопряд сосновий	Гусениці	Сосна: період вегетації	дерево	400–500
П'ядун сосновий	Лялечки	Сосна: період вегетації	1 м ² підстилки	2
Шовкопряд- монашка	Кладка яєць	Сосна: період вегетації	дерево	5
Совка соснова	Лялечки	Сосна: період вегетації	1 м ² підстилки	2
Пильщик сосновий звичайний	Лялечки	Сосна: період вегетації	1 м ² підстилки	4
Пильщик сосновий рудий	Лялечки	Сосна: період вегетації	1 м ² підстилки	4
Пильщик- ткач зірчастий звичайний	Пронімфи	Сосна: період вегетації	1 м ² підстилки	5

ЕКОНОМІЧНІ ПОРОГИ ШКІДЛИВОСТІ ОСНОВНИХ ХВОРОБ СІЛЬСЬКО-ГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

(за С.В. Станкевичем та ін., 2020)

Назва хвороби, культура	Термін обліку, фаза культури	ЕПШ
1	2	3
Сажкові хвороби ярих хлібних злаків	Повна стиглість	0,3–0,5 % уражених колосів
Сажкові хвороби озимих зернових культур	Повна стиглість	0,2 % уражених колосів
Сажка проса	Повна стиглість	1,0 % ураженої волоті
Пухирчата сажка кукурудзи	Налив зерна	5–10 % уражених рослин
Снігова пліснява озимих	Кущення навесні	20 % уражених рослин
Кореневі гнилі озимої пшениці	Початок вегетації	5 % уражених рослин
Офіобольозна коренева гниль (усі види)	Перед збиранням урожаю	30–35% розвитку хвороби
Церкоспорельозна коренева гниль озимої пшениці	Перед збиранням урожаю	25–30 % розвитку хвороби
Гельмінтоспорельозно-фузаріозна гниль озимої пшениці	Насінневий матеріал	10–15 % зараженого насіння
Гельмінтоспоріозна гниль ярої пшениці	Заселеність ґрунту	15–60 конідій в 1 г сухого чорнозему
Гельмінтоспоріозна гниль ярого ячменю	Насінневий матеріал	12 % інфікованого насіння (сухі роки) 34 % (вологі роки)
Борошниста роса пшениці	Початок вегетації	3–5 % уражених рослин
	Вихід у трубку	1–3 % розвиток хвороби
	Колосіння	15–30 % розвиток хвороби

Теорія і технологія прогнозування і прийняття рішень у захисті і карантині рослин

1	2	3
Борошниста роса ячменю		20 % розвитку хвороби
Стеблова іржа хлібних злаків	Початок вегетації	3–5 % уражених рослин
	Колосіння	10 % розвитку хвороби
	Повна стиглість	15 % розвитку хвороби
Жовта іржа пшениці	Цвітіння	30 % розвитку хвороби
Карликова іржа ячменю	Молочна стиглість	40 % розвитку хвороби
Бура листкова іржа пшениці	Початок вегетації	3–5 % уражених рослин
	Колосіння	1–3 % розвитку хвороби
	Молочна стиглість	10 % розвитку хвороби
	Вихід у трубку	40 % розвитку хвороби
Септоріоз пшениці	Початок вегетації	3–5 % уражених рослин
	Вихід у трубку	1–3 % розвитку хвороби
	Прапорцевий лист – цвітіння	15–20 % розвитку хвороби (у середньому) або 30 % на 3-му листку зверху
Сітчаста плямистість ячменю	Вихід у трубку	3–5 % розвитку хвороби
	Колосіння – цвітіння	10–20 % розвитку хвороби
Ринхоспоріоз (ячмінь, жито)	Вихід у трубку	10–20 % розвитку хвороби

1	2	3
Вірус штрихуватої мозаїки пшениці	Початок кущіння	15–20 % уражених рослин
Вірус штрихуватої мозаїки ячменю	Початок вегетації	10–15 % уражених рослин
Аскохітоз зернобобових культур	Початок формування бобів	30 % розвитку хвороби
Коренева гниль зернобобових	Передзбиральний період	20–25 % розвитку хвороби
Несправжня борошниста роса соняшнику	Визрівання кошиків	1 % уражених рослин
Біла і сіра гнилі соняшнику	Визрівання кошиків	1 % уражених рослин
Церкоспороз цукрового буряку	Ріст коренеплоду	5–10 % уражених рослин
Фітофтороз картоплі	До посадки	2–3 % уражених бульб
	Цвітіння	Поява перших плям на листках
	Формування бульб	10–20 % уражених рослин на ранніх сортах, 20–30 % – на середньостиглих, 30–35 % – на пізніх
Фітофтороз помідорів	Повна стиглість	5 % уражених плодів
Альтернاریоз помідорів	Початок бутонізації	1–2 % розвитку хвороби
Ризоктоніоз картоплі	Насінневий матеріал	3–10 % хворих бульб
Фомоз картоплі	Через 3 місяці після збирання	2–3 % хворих бульб
Чорна ніжка картоплі	Цвітіння	1–2 % уражених рослин
Парша яблуні	Кінець цвітіння	12–20 % уражених листків

Навчальне видання

Станкевич Сергій Володимирович
Забродіна Інна Вікторівна
Білик Микола Олексійович
Євтушенко Микола Дмитрович
Туренко Володимир Петрович
Леженіна Ірина Павлівна
Малина Генадій Васильович

ТЕОРІЯ І ТЕХНОЛОГІЯ ПРОГНОЗУВАННЯ І ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ У ЗАХИСТІ І КАРАНТИНІ РОСЛИН

Навчальний посібник

Редактор А.І. Осика
Коректор І.О. Бутильська
Дизайн обкладинки С.В. Станкевича
Комп'ютерний набір і верстка С.В. Станкевича

Підп. до друку 10.02.2021. Формат 60 × 84 1/16 Гарнітура Таймс.
Друк офсетний. Обсяг: 15,8 ум. друк. арк., 17,7 обл.-вид. арк. Тираж 300.
Замовлення ??