

# КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

*D. Artemenko, V. Fedak*

## CONDITION OF THE PLANTS AND ITS DIAGNOSIS

*The main features of the diagnostics of plant state, specified requirements for selection of features and specifications for its diagnosis are proposed. Formal way to select diagnostic tests and diagnostic tools of measure of diagnostic features are showed.*

*Key words: plant, condition, diagnosis, symptoms, choice.*

*Рассмотрены основные черты диагностики состояния в растениеводстве, определены требования к выбору признаков состояния для диагностики, предложен формализованный способ выбора диагностических признаков и показаны инструментальные средства измерения данных признаков.*

*Ключевые слова: растение, состояние, диагностика, признаки, выбор.*

*Розглянуто основні риси діагностики стану в рослинництві, визначені вимоги до вибору ознак стану для діагностики, запропоновано формалізований спосіб вибору діагностичних ознак та показано інструментальні засоби вимірювання діагностичних ознак.*

*Ключові слова: біометрія, біометрична аутентифікація, біометрична технологія.*

© Д.М. Артеменко, В.С. Федак,  
2012

УДК 381.3

Д.М. АРТЕМЕНКО, В.С. ФЕДАК

## СТАН РОСЛИН ТА ЙОГО ДІАГНОСТИКА

**Вступ.** Основа сільського господарства – рослинництво. Вирощування зернових, кормових, огородніх, баштанних, садових та інших культур за сучасними інтенсивними технологіями потребує моніторингу стану рослин та своєчасної діагностики різних аномалій. Діагностика стану рослин необхідна для підвищення продуктивності рослинництва.

**Загальна частина.** Для однозначного розуміння використаних термінів, розглянемо їх тлумачення:

- діагностика – розпізнавання аномалій стану рослини щодо до нормативних значень ознак;

- діагноз стану рослини – якісний опис стану рослини на основі порівнянь кількісних значень діагностичних ознак з нормативами;

- діагностична ознака – властивість, ознака об'єкта, значення якої виражає відмінність його від нормативу.

Відомі різні види діагностик, зокрема: чинникова, структурна, функціональна, диференціальна, інтегральна, інструментальна, візуальна, окомірна, якісна, кількісна, одноразова, масова, лабораторна, стаціонарна, польова, рання, попередня, остаточна, експресна тощо. В залежності від задач, призначення та можливостей дослідника, здійснюють відповідний тип діагностики, вибирають методичні й технічні засоби та нормативи і відповідні діагностичні ознаки.

Мета діагностики стану рослини:

- оптимізація сучасних технологій вирощування сільгоспкультур;

- своєчасне виявлення лімітуючих і уражаючих чинників та умов оптимального росту й розвитку;

- забезпечення сучасних технологій підвищення урожайності сільгоспкультур;
- рання діагностика уражень сільгоспкультур;
- виявлення впливу на сільгоспкультури біологічно активних речовин та засобів захисту рослин;
- ідентифікація діючих та обмежуючих чинників.

У сучасних господарствах України існують різні способи діагностики стану рослин та сільгоспугідь, а методики діагностики створюють та здійснюють спеціалізовані інститути НААН України. Але в більшості діагностику здійснюють агрономи, коли визначають стан монокультурного поля за станом окремих рослин. Незважаючи на однаковість рослин вимірювання діагностичних ознак проводять на 20 – 30 рослинах. Оцінюють стан рослин здебільшого за морфологічними ознаками окремих рослин, характерними для даної фази розвитку на момент визначення. Показники стану порівнюють з характерними морфологічними ознаками або із зразковими (контрольними) рослинами. Така діагностика суб'єктивна і потребує високої кваліфікації агронома.

Відомі дистанційні методи діагностики стану сільгоспосівів [1], які полягають у порівнянні спектральних характеристик відбиття посіву із спектральним відбиттям контрольних ділянок з яких формують навчальну вибірку. Такий спосіб є високопродуктивним, але малодостовірним.

Відомі способи агрохімічного аналізу компонентного складу рослин, їх фрагментів та ґрунту. Такі способи визначення стану належать до лабораторних, вони є працевитратні, з обмеженими методичними характеристиками.

Для успішної діагностики стану рослин необхідно:

- нормативи станів від толерантного до летального у вигляді значень діагностичних показників (ознак);
- перелік головних і допоміжних діагностичних ознак;
- засоби визначення стану рослин, тобто вимірювання діагностичних ознак;
- значення діагностичних показників та нормативів у цифровій формі;
- методики порівняння значень діагностичних показників з нормативами для постановки діагнозу;
- методики вибору діагностичних ознак та нормативів.

Порівнюючи методи діагностики, наприклад, в медицині й методи діагностики стану рослин в Україні та вимоги до цієї діагностики, можна дійти до висновку:

- існуючих нормативів стану рослин недостатньо для успішної діагностики, а для більшості аномалій стану нормативи взагалі відсутні;
- серед діагностичних ознак стану рослин переважають описові, структурні ознаки. Існуючі ознаки, як правило, дозволяють виявити тільки аномалію і не дозволяють виявити чинник, що його викликав. Методики вибору діагностичних ознак стану рослин відсутні;
- відсутні шкалування та оцифровка описових показників ознак стану, що ускладнює порівняння при діагностиці;

- недостатньо методичних та інструментальних засобів визначення стану рослин за діагностичними показниками;

- відсутність нормативів стану рослин та діагностичних ознак у цифровому вигляді ускладнює процес постановки діагнозу. Це змушує замість нормативів використовувати контрольні рослини, що потребує подвійних вимірювань, а також тримати зразкові репрезентативні рослини.

З вищенаведеного видно, що опрацювання методичних та інструментальних засобів діагностики стану рослин, особливо сільгоспкультур, є актуальною і нагальною задачею.

**Порядок діагностики.** Виходячи з мети та враховуючи задачі, вибирають вид діагностики, відповідні методики і засоби їх проведення. Далі вибирають діагностичні ознаки стану і відповідні нормативи. Репрезентативні рослини для діагностики вибирають за допоміжними ознаками та вибирають або створюють нормовані умови проведення діагностики. При дотриманні зазначених рекомендацій розбіжності у визначенні стану рослини будуть мінімальними а діагноз достовірним.

Чинники, як рушійні сили, діють на рослину при певних умовах. Рослина переходить у стан, який характеризують значеннями чинникових ознак та значеннями допоміжних ознак стану і значеннями умов. Якщо значення допоміжних ознак і умов лежать у межах зони толерантних значень їх нормативів, то стан рослини можна визначати за значеннями діагностичних ознак та їх нормативами шляхом порівняння.

Під нормативами розуміють значення ознак стану зразкової рослини властиві різним станам.

Нормативами можуть слугувати: табличні цифрові значення ознак відповідних станів, значення ознак стану контрольної рослини та умовні, тимчасові нормативи, які визначають на дослідній рослині перед дією чинника, коли умови і допоміжні ознаки оптимальні.

Кожен із зазначених нормативів має свої області застосування.

Табличні нормативи застосовують при:

- наявності визначених, перевірених та випробуваних чинникових ознак стану;

- стабільних, нормативних значеннях умов і допоміжних ознак стану;

- вимірюваннях допоміжних показників і умов;

- масових вимірюваннях, наприклад, розбраковки саджанців або розсади;

- використанні інструментальних засобів експрес-діагностики.

Контрольні рослини використовують при:

- порівняльних дослідженнях впливів чинників;

- експериментах за вибором діагностичних показників та їх значень;

- порівняльних досліджень впливів допоміжних ознак та умов;

- дослідженнях переходу умов у чинники, а допоміжних ознак у діагностичні;

- виборі толерантних діапазонів ознак.

Використання дослідної рослини як умовного нормативу доцільно при:

- необхідності виявлення експресної реакції на чинник;
- обмеженому контролі допоміжних ознак і умов;
- експрес-діагностиці впливу засобів захисту рослин та біологічно активних речовин;

- визначення латентного періоду та часу післядії чинника.

Нормативи можуть бути:

- прийняті за домовленістю;
- визначені експериментально;
- розраховані теоретично;
- визначені на контрольній виборці рослин;
- визначені з огляду та аналізу фахових джерел.

Одним з доступних експериментальних способів визначення нормативних значень показників станів рослини може бути спосіб визначення значень вибраних показників на зразковій рослині, стан якої змінюють в межах від толерантного через стресовий, граничний, кризовий до летального.

Нормативи стану можуть бути як кількісними так і якісними, описовими, наприклад, толерантний стан – це стан процвітання, активності; стресовий стан – це пригніченість; граничний стан – це шкідливість, хворобливість; кризовий стан – це небезпечність, ураженість; летальний стан – це смертельний, не відновлюваний.

**Нормативи допоміжних ознак та умов.** Допоміжними вважають супровідні, додаткові ознаки стану, значення яких знаходяться в межах зони толерантності і слабо реагують на вплив основного чинника. До допоміжних ознак належать також умови, якщо їх значення знаходяться в зоні толерантності й вони не переходять у чинники. Вибір нормативів допоміжних ознак і умов аналогічний вибору нормативів основних ознак стану. Основним критерієм вибору допоміжних ознак стану й умов є знаходження значень цих ознак у межах зони толерантності. Це необхідно для зменшення варіабельності діагностичних показників, вибору однакових рослин, стандартних умов і режимів діагностики.

**Вибір показників стану рослин.** Стан рослини визначають за значеннями сукупності ознак (властивостей, показників) стану, тобто значення будь якої ознаки стану (ОС) може бути показником стану рослини. ОС викликану впливом чинника вважатимемо чинниковою ознакою стану (ЧОС). Якщо ОС використовують для діагностики стану рослини, то її вважають діагностичною ознакою стану (ДОС). Визначення стану рослини з використанням ЧОС дасть значення стану викликане дією чинника.

При використанні ЧОС як ДОС матимемо діагноз стану, залежний від чинника, що його викликав. Це дозволить, маючи діагноз стану, ідентифікувати чинник, що його викликав, наприклад, збудника хвороби. Так, наприклад, в [2] у якості ДОС вибрано зменшення сигналу наведеної флуоресценції інтактного листа рослини більше ніж на 25 %. При діагнозі уражень бактеріозом чинником виявилась бактерія *Ervinia amilovora*.

Враховуючи складність об'єкта і важливість діагностики стану рослин визначимо вимоги до вибору ознак стану рослини [3, 4]. Вимоги умовно можна

поділити на дві групи – технічні, пов'язані з вимірюваннями значень ознак, і методичні, які враховують особливості об'єкту.

Технічні вимоги до вибору ознак стану такі: вимірюваність, наявність шкал, чутливість, швидкодія, представлення результатів, використання функціональних ознак. До методичних вимог можна віднести: нативність, інтактність, екологічність, життєву вагомість, репрезентативність, допоміжність, роль умов, структурність ознак. Деякі з умов розглянемо докладніше.

Умова нативності потребує розгляду функцій окремих складових, зокрема хлорофілу, пігментів, хлоропластів тощо в непорушеному вигляді, як складових цілісного організму. Порушення цілісності вносить артефакти у вимірювання. Так флуоресценція ефірної витяжки хлорофілу дає зміщення довжини хвилі на 10 – 15 нм у сторону збільшення в порівнянні з нативним хлорофілом [5].

Умова інтактності являє собою дослідження морфофітоелементів без відокремлення їх від рослини. Це також збереже цілісність рослини.

Під екологічністю вибору показників стану розуміють використання положень екологічних законів толерантності Шелфорда і лімітування Лібіха та додаткових положень до цих законів [6]. Зокрема:

- чим далі значення впливу відхиляється від оптимуму, тим сильніша його негативна дія на організм;
- лімітуючими можуть бути як високі так і низькі значення впливів;
- додаткові положення можна розширити і додати;
- умови, значення яких лежать за межами зони толерантності, треба сприймати як чинники;
- ознаки стану рослини значення яких лежать у межах зони толерантності, сприймаються як допоміжні, а за їх межами – вважаються основними, суттєвими, визначальними тощо;
- при виборі діагностичних ознак стану переваги надаються ознакам, які знаходяться далі від зони толерантності [6].

При виборі ОС слід вибирати ознаки життєво вагомі, пов'язані з існуванням рослини, наприклад, показники фотосинтезу або водного обміну.

До методичних вимог слід віднести вибір репрезентативних екземплярів рослин для діагностики, тоді кількість повторностей при вимірюваннях суттєво зменшиться. При цьому важливо вибрати однакові рослини, листя та умови, в яких вони знаходяться. Це здійснюють шляхом окомірних оцінок морфологічних ознак при попередньому визначенні екологічних умов та експресних вимірюваннях допоміжних ознак, наприклад, деяких хлорофільних індексів. При цьому необхідно перевірити щоб значення ознак знаходились у межах зони толерантності. Вибір екземплярів для діагностики буде оптимальним при рівності значень допоміжних ознак у вибраних екземплярах рослин і листя.

Важливою складовою методичних вимог є допоміжні ознаки, їх роль в діагностиці та вимоги до їх вибору. Допоміжні ознаки використовують при діагностиці стану рослин, хоча до самого діагнозу вони не входять. Допоміжні ознаки включають додаткові ознаки стану рослини та умови їх існування і діагностики.

Допоміжні ознаки дозволяють вибрати однотипні, однакові, репрезентативні рослини, забезпечити однакові, нормовані умови діагностики, зменшити розбіжність діагностичних показників і тим самим збільшити достовірність діагнозу.

Зазначені властивості допоміжних ознак можна забезпечити при:

- використанні ознак стану, що змінюється повільно, зокрема структурних ознак – морфологічних та анатомічних елементів будови, якісного і кількісного речовинного складу листа тощо;

- серед структурних ознак вибирають концентрації пігментів, хлорофілу, хлорофільні індекси поглинання та відбиття, товщину листа, жилкування, долю ушкодженої площі листа, приріст фітоелементів та новоутворень і т. п.;

- серед слабодинамічних функціональних ознак можна використати зволоженість листа, його температуру, швидкість транспірації тощо;

- серед екологічних умов можна використовувати освітленість, ФАР, вологість і температуру повітря, швидкість вітру, час доби тощо;

- при виборі допоміжних ознак використовують також положення екологічних законів толерантності і лімітування [6].

**Технічні вимоги до вибору ознак ОС, ЧОС, ДОС.** Вимоги стосуються функціональних ознак стану, перетворень і вимірювань фізичних величин з подальшою їх біологічною інтерпретацією. Тому бажано вибрати ознаки стану, які можна вимірювати фізичними методами.

Діагностика стану рослин пов'язана з порівнянням, з нормативами, які мають якісне і кількісне представлення. Кількісне порівняння потребує кількісного представлення ознак як нормативних, так і дослідних. Для описових значень необхідно провести представлення у цифровій формі [7]. Для цього діапазон станів, який має максимальне і мінімальне значення (верхні і нижні кардинальні точки), розбивають на –  $N$  проміжних (одиниць), що утворюють шкалу. При цьому за крайні значення діапазону станів приймають толерантний і летальний стани. Шкали часто представляють в балах, долях одиниці або у відсотках від повної шкали. При діагностиці шкали нормативів і дослідів мають бути співмірними.

Вимоги швидкодії і чутливості стосуються біосенсорів, в яких чутливим елементом є біологічна субстанція, наприклад, хлорофіл, хлоропласт, листок, стебло, корінь тощо. Саме такі вимоги слід враховувати при виборі ознак стану, які вимірюються біосенсорами. Так тургор, який вимірюють з допомогою тензодатчика, є ознакою при діагностиці водозабезпеченості рослини при крапельному зрошенні.

Особливістю способів визначення функціональних ознак шляхом вимірювання фізичних величин є представлення результатів у вигляді відношень, коефіцієнтів, індексів, зокрема, хлорофільних індексів відбиття, поглинання, флуоресценції. Таке представлення результатів дозволяє виділити біологічну сутність діагностики, зменшити методичні й інструментальні похибки визначень за рахунок використання відношень.

Вищенаведеним методичним і технічним вимогам вибору ознак стану рослин відповідають оптичні методи дослідження матеріалів, зокрема, властивостей

поглинання, відбиття та флуоресценції нативного хлорофілу інтактного листа рослини. Такі методи дозволяють визначити як структурні, так і функціональні ознаки стану з використанням типових оптоелектронних біосенсорів.

Серед оптичних способів найбільш інформативним слід вважати спосіб індукції флуоресценції хлорофілу (ефект Каутського) [8 – 10]. Зміна поточних значень флуоресценції при освітленні нативного хлорофілу після темної адаптації має характерний вигляд кривої індукції флуоресценції хлорофілу (ІФХ) [8]. Порушення фотосинтезу, викликані чинниками, відображаються на кривій ІФХ. Різні показники цієї кривої дають номенклатуру хлорофільних флуоресценцій [10]. Це ознаки, що виражають стан фотосинтетичного апарату рослини. Для вибору ЧОС з номенклатури хлорофільних флуоресценцій необхідно вибрати ознаку, яка корелює з інтенсивністю чинника. Флуоресцентні ознаки стану включають значення флуоресценцій в характерних точках кривої ІФХ і індекси на основі вимірювань в характерних точках.

Хлорофільні флуоресценції, які визначають більшість флуориметрів [9 – 12] вимірюють  $F_0$ ,  $F_{Pb}$ ,  $F_P$ ,  $F_m$ ,  $F_S$ ,  $F_m^1$ ,  $F_0^1$  за специфікацією V-I-D-P-T, а інші індекси ( $F_V$ ,  $gP$ ,  $gN$ ,  $K_I$  тощо) – розраховані. При зміні інтенсивності чинника рослина послідовно проходить різні стани, від толерантного через стресовий, граничний та кризовий до летального [7].

У кожному зі станів вимірюють флуоресценції і будують криві ІФХ. Для кожної кривої визначають характерні значення й індекси. З них виділяють такі, які найбільше корелюють з інтенсивністю чинника. Це є необхідною умовою вибору ЧОС, але недостатньою. Для вибору ознаки вибіркової дії можливе використання суперпозиції ознак. Вищезазначені ознаки використовують значення флуоресценції в характерних точках і не використовують значення між ними, тобто крива ІФХ використовується обмежено. Якщо номенклатури хлорофільних флуоресценцій недостатньо для вибору ЧОС то доцільно їх вибрати з інших діагностичних фрагментів. Виділяють діагностичні фрагменти кривої ІФХ шляхом суміщення (накладання) контрольної і дослідної кривих, так щоб співпала максимальна кількість точок. Фрагменти дослідної кривої які відрізняються від контрольних, вважають діагностичними фрагментами [7]. Відхилення дослідної кривої від контрольної залежить від чутливості дослідної рослини до чинника та від інтенсивності чинника.

Представляємо обидві криві в межах діагностичного фрагмента у вигляді аналітичного виразу, наприклад полінома.

Для контрольної рослини

$$A_K X^2 + B_K X + C_K,$$

для дослідної

$$A_d X^2 + B_d X + C_d.$$

Їх різниця дасть поліном

$$(A_d - A_K) X^2 + (B_d - B_K) X + C_d - C_K.$$

Максимальне значення цієї різниці буде при рівності другої її похідної нулю.

Якщо розглядати поліном як повне квадратне рівняння, то його корні зв'язують всі коефіцієнти і слугують зведеною, узагальнюючою характеристикою кривої у межах діагностичного фрагмента. Як корні рівняння, так і коефіцієнти апроксимуючої кривої діагностичного фрагмента можуть слугувати чинниковою ознакою стану.

$$X_{1,2} = \frac{-(B_d - B_k) \pm \sqrt{(B_d - B_k)^2 - 4(A_d - A_k)(C_d - C_k)}}{2(A_d - A_k)}$$

Такий підхід потребує визначення залежностей вибраних ознак стану (коефіцієнтів полінома та коренів рівняння) від значень чинника і тоді ці показники будуть чинниковими ознаками стану ЧОС. Для вибраних ЧОС на контрольних рослинах необхідно визначити нормативні значення для різних станів і тоді можлива діагностика стану за показниками ЧОС і нормативами.

Визначення номенклатури хлорофільних флуоресценцій, з яких формують діагностичні ознаки стану рослини, базується на вимірюваннях флуоресценції нативного хлорофілу інтактного листа рослини. Флуоресценцію вимірюють у діапазоні хвиль 680 ÷ 750 нм при його опроміненні в діапазоні хвиль 400 ÷ 500 нм після темної адаптації. З поточних значень флуоресценції, будують криву індукції флуоресценції, яка має характерний вигляд за специфікацією O-I-D-P-T (рис. 1, крива Каутського). Визначають значення флуоресценції в характерних точках і з них формують характерні індекси флуоресценції.

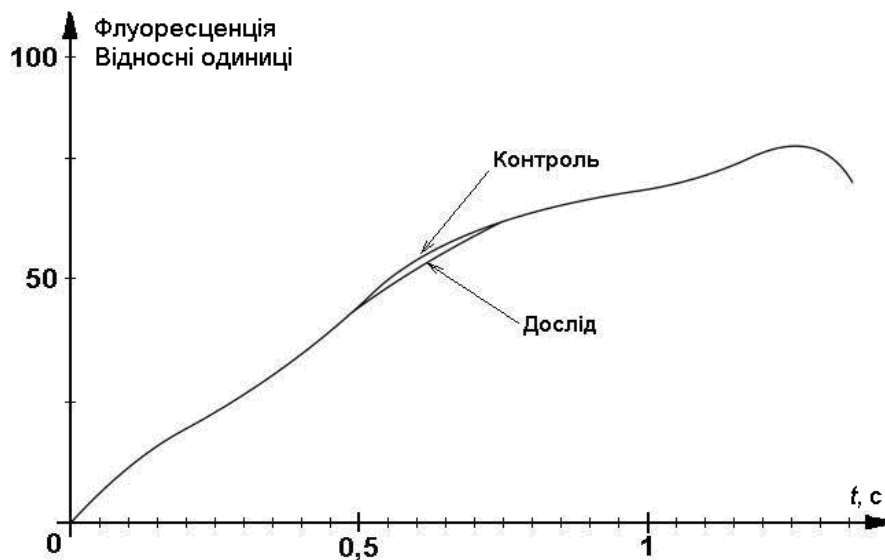


РИС. 1. Характерний вигляд кривої індукції флуоресценції за специфікацією O-I-D-P-T

Вимірюють флуоресценцію хлорофіл-флуориметрами (рис. 2). Основним чутливим елементом флуориметрів є оптоелектронний сенсор, в якому здійс-



нюють опромінення листа, прийом, виділення і перетворення сигналу флуоресценції в електричний [9].

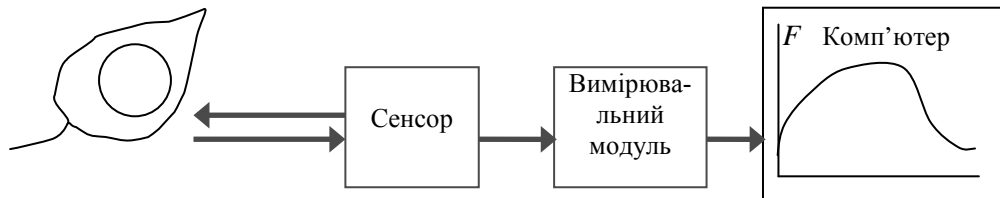


РИС. 2. Хлорофіл-індикатор

Вимірювання і зберігання результату виконує вимірювальний модуль. Визначення індексів і представлення результатів діагнозу після порівняння з нормативами, виконує комп'ютер [12].

Допоміжні ознаки стану формують із хлорофільних індексів відбиття і поглинання [13]. Вимірюють показники відбиття і поглинання на певних довжинах хвиль за допомогою хлорофілспектрометрів та хлорофілометрів. Сенсори таких приладів ідентичні і можуть бути виконані на базі типового оптоелектронного сенсора, який включає джерело опромінення, частіше це світлодіоди і фотоприймач із світлофільтром.

При дослідженні дерев та чагарників контрольні та дослідні рослини вибирають одного виду, сорту, віку та габітусу. На протязі вегетаційного періоду діагностику здійснюють декілька разів, зокрема на початку вегетації, фазі кінця росту пагонів, у засушливий та вологий період та в кінці вегетації. Листя для вимірювань краще вибирати з верхньої частини пагонів. Вимірювання слід проводити в першій половині дня не раніше ніж через два дні після дощу. Кількість повторностей – до 5 вимірювань на рослині. При дослідженнях доцільно вибирати дослідні рослини які знаходяться в екологічних умовах близьких до умов контрольної рослини. Бажано контролювати ці умови, зокрема NPK, вологість та температуру ґрунту, вологість та температуру повітря, актинометричні показники тощо.

Екологічні умови, зокрема, метеорологічні показники можна брати з найближчої метеостанції, або вимірювати портативними метеостанціями, точності яких досить для контролю метеоумов.

Сучасна інструментальна база дозволяє при наявності методик діагностувати стан рослин, зокрема сільгоспкультур.

#### **Висновки.**

1. Метою діагностики стану рослин слід вважати розпізнавання аномального стану рослини та ідентифікацію чинника, що його викликав.
2. Обмежені можливості діагностики в рослинництві пов'язані з недостатнім методичним, технічним та нормативним забезпеченням.
3. Серед діагностичних ознак перспективними слід вважати хлорофільні флуоресцентні індекси, серед допоміжних ознак – хлорофільні індекси відбиття та поглинання світла, а серед умов – екологічні умови.

4. Серед інструментальних засобів експрес-діагностики доцільно застосовувати комп'ютеризовані прилади з типовими оптоелектронними біосенсорами.

5. Використання показників апроксимуючої функції діагностичного фрагмента кривої ІФХ в якості ознак стану рослини розраховано на застосування в приладах з обмеженою кількістю вимірюваних показників до 3 – 4.

6. При діагностиці стану рослини доцільно застосовувати допоміжні ознаки стану, цифрові нормативи, нормовані умови та принципи лімітування і толерантності чинників.

1. Мовчан Я.И., Каневский В.А., Семичаевский В.Д. Фитоиндикация в дистанционных исследованиях. – Киев: Наукова думка, 1993. – С. 81– 82.
2. Патент України на винахід № 82714. Спосіб ідентифікації бактеріозу рослин / О.І. Китаєв, Я.І. Мовчан, Ю.С. Колесник, В.С. Федак. – Опубл. 12.05.2008, бюл. № 9.
3. Федак В.С. Фоновий моніторинг з позицій еколога // Проблемно-ориентированные комплексы в системах автоматизации контроля и управления. – Киев. – 1995. – С. 66 – 71.
4. Федак В.С. Вибір показників середовища для фонового моніторингу забруднень // Проблемно-ориентированные комплексы в системах автоматизации контроля и управления. – Киев. – 1995. – С. 72 – 79.
5. Нобел П. Физиология растительной клетки. – М.: Мир, 1973. – 227 с.
6. Одум Ю. Основы экологии. – М.: Мир, 1975. – 740 с.
7. Заявка на патент України. Спосіб діагностики стану рослини. А201201884 від 20.02.12. Артеменко Д.М., Романов В.О., Федак В.С.
8. Корнеев Д.Ю. Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – Киев: Альтерпрес, 2002. – 188 с.
9. Артеменко Д.М., Китаєв О.І., Федак В.С. Портативний РАМ хлорофілфлуорометр з вимірюванням термоіндукції // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2010. – № 9. – С. 92 – 98.
10. Olag van Kooten Lan E.H.Sne. Photosynthesis Research 25. – 1990. – P. 147 – 150.
11. FlaroPen FP-100, Photon Systems Instruments  
<http://psi.cz/products/pocket-sized-instruments/fluorpen-fp-100>
12. CCM-200 plus, Chlorophyll Contene Meter ADC Bioscientific Ltd  
[http://www.adc.co.uk/Products/CCM-200\\_plus\\_Chlorophyll\\_Content\\_Meter](http://www.adc.co.uk/Products/CCM-200_plus_Chlorophyll_Content_Meter)
13. SPAD 502 plus@ 502DL plus Chlorophyll Meter  
<http://www.specmeters.com/nutrient-management/chlorophyll-meters/chlorophyll/spad502p/>

Одержано 12.10.2012