

новой селекцией – наиболее эффективные методы создания сортов с необходимыми параметрами качественных и количественных признаков растений названной культуры. Установлено, что повышение масличности ее сортов методом индивидуального отбора, как и повышенной холодо- и засухоустойчивости незначительно. Поэтапно освещена история создания нового сорта Мрия, адаптированного к условиям выращивания в Лесостепи и Полесье. По сравнению с Орионом (контроль) новый сорт обеспечивает выход эфирного масла на 0,898 % больший, что соответствует требованиям к маслам высшего качества.

Изучен компонентный состав сортообразца 2-56, переданного на сортоиспытание под названием Мрия. Он соответствует требованиям международного стандарта: содержание линалацетата – 39,969, линалоола – 34,796 % и незначительное содержание камфоры (0,20 %).

**Ключевые слова:** селекция, производительность, эфирное масло, морозостойкость, качественные показатели

Одержано редколегією 16.01.19

DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-72-83

УДК 631:581.1:631.559:631.524

## МЕТОДИ ПРОГНОЗУВАННЯ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ РОСЛИН

**М.О. БУБЛИК**, доктор с.-г. наук, професор

**О.І. КИТАЄВ**, кандидат біол. наук, ст. наук. співр.

**Л.А. ФРИЗЮК, Г.А. ЧОРНА**, накові співробітники

Інститут садівництва (ІС) НААН України,  
03027, Київ-27, вул. Садова, 23, e-mail: sad-institut@ukr.net

**В.М. ПЕЛЕХАТИЙ**, кандидат с.-г. наук, доцент

Житомирський національний агроекологічний університет,  
10008, Житомир-08, бульвар Старий, 7,

e-mail: vadpel@meta.ua

**В.М. ВАСЮТА**, доктор с.-г. наук

с. Миколаївка, вул.Пушкіна, 2а, Полтавський р-н, Полтавська обл.

*На основі вивчення патентної та науково-технічної документації проведено аналіз методик і способів прогнозування врожайності сільськогосподарських рослин, у тому числі плодових та ягідних. Описано неінструментальні та інструментальні методи визначення прогнозованої та потенційної врожайності рослин. Ситуативну, або прогнозну, продуктивність (врожайність) оцінюють за морфофізіологічними параметрами генеративної сфери та біометричними показниками вегетативних органів і найчастіше на*

основі аналізу впливу на рослини погодно-кліматичних чинників та агрохімічних параметрів ґрунту. Оцінка потенційної продуктивності рослин проводиться за біохімічними показниками вмісту окремих речовин в їх тканинах, а також за показниками функціонування хлоропластів листків.

**Ключові слова:** методи визначення, потенційна продуктивність, урожайність, прогнозування, показники.

У зв'язку із змінами клімату існує необхідність вирішення питань адаптації сільськогосподарських культур і, зокрема плодкових, до умов вирощування, виведення нових сортів і гібридів, стійких до заморозків, посухи, хвороб тощо. Одним з показників, що визначають цінність сорту чи гібрида для промислового виробництва, є його врожайність. Вона визначається біологічними особливостями рослини, зокрема потенційною продуктивністю, та значно залежить від умов вирощування та рівня агротехніки. Тому при створенні нових сортів і гібридів важливим завданням є встановлення потенційної врожайності вже на ранніх етапах їх вивчення.

Вирішенням питань, пов'язаних з визначенням продуктивності рослин, займалося багато дослідників, про що свідчить низка запатентованих способів визначення її як для окремих сільськогосподарських культур, так і плодкових в цілому. Так, було запатентовано ряд способів оцінки потенційної продуктивності сільськогосподарських рослин, які ґрунтуються на її залежності від погодних умов регіону вирощування для злакових культур – RU2267909, RU2294091, RU2271096, RU 2248690, бобових – RU2360404, RU2366156 та ін., які передбачають застосування неінструментальних методів визначення.

Для кожної сільськогосподарської культури встановлені математичні залежності потенційної продуктивності рослин від погодних показників, зокрема таких, як сума середньодобових показників температури в період вегетації, сума плюсових температур, кількість опадів для різних періодів і фаз розвитку певної культури тощо. В рівняння залежності введені також коефіцієнти пропорційності, що враховують норми висіву насіння, сортові властивості культур, ґрунтово-кліматичні умови зони вирощування, запаси доступної вологи в кореневмісному шарі ґрунту, ширину міжрядь та ін. Наприклад, спосіб оцінки потенційної продуктивності озимих зернових колосових культур [1] включає оптимізацію строків, норм і способів висіву, встановлення суми середньодобових температур у межах 550-650 °С за 45-60 діб від моменту посіву до припинення вегетації. Згідно з цим способом, формування рослин озимих зернових культур доводять в кожному вузлі кушення до трьох-чотирьох стебел. Це сприяє накопиченню запасів цукрів, що забезпечує стійкість рослин до мінусових температур у діапазоні -18...-20 °С у безсніжні періоди. За допомогою розрахунку встановлюють плановану продуктивність озимих зернових культур, використовуючи вираз

$$y = \kappa_1 \cdot a \cdot x^2 + \kappa_2 \cdot t \cdot ГТК \cdot b \cdot p_0 \cdot x^1 + \kappa_3 \cdot b \cdot c^1,$$

де  $y$  – потенційна продуктивність озимих колосових рослин, т/га;  $\kappa_1 = (1,5-3,0) \cdot 10^{-6}$  – коефіцієнт пропорційності, що враховує сортові якості кожної насінини в накопиченні зернової маси, т·добу<sup>2</sup>/шт.;  $a$  – норма висіву, штук насінин, які сходять, на 1 га;  $x$  – тривалість висіву в днях від початку рекомендованих для зони термінів, діб;  $\kappa_2 = (0,8-1,3) \cdot 10^{-3}$  – коефіцієнт про-

порційності, що враховує вплив температурного режиму на формування кореневої системи рослин у період від висіву до відходу в анабіоз, т·добу/мм<sup>2</sup> · га;  $t$  – фактична сума позитивних температур від висіву до припинення вегетації, °С;  $ГТК$  – гідротермічний коефіцієнт, мм/°С;  $b = (0,6-2,5)$  – безрозмірний коефіцієнт, який враховує ґрунтово-кліматичні умови зони;  $p_0$  – запаси доступної вологи в кореневмісному шарі, мм;  $\kappa_3 = (0,04-0,08)$  – коефіцієнт пропорційності, що враховує розміщення рослин на поверхні поля, т·м/га;  $c$  – ширина міжрядь, м.

Запатентовано також способи прогнозування врожайності *озимої пшениці, ячменю, цукрового буряка* (RU 2158498, RU 2158500, RU 2158497), в яких встановлені математичні залежності врожайності культури від середньодобової температури повітря у квітні-червні і доз мінеральних добрив. Наприклад, спосіб прогнозування врожайності *ячменю* [2] полягає в тому, що визначають середньодобову температуру повітря у квітні-травні і в залежності від доз добрив, які використовують, прогнозують врожайність ячменю за математичною залежністю

$$y = 51,41 - 2,13x + 10,3d,$$

де  $y$  – врожайність ячменю, ц/га;  $x$  – середньодобова температура повітря у квітні-травні, °С;  $d$  – доза мінеральних добрив від 0 до 1 (0 – без добрив, 1 –  $N_{120}P_{120}K_{60}$ ).

Подібні способи дозволяють оцінити частку в урожайності при зміні режиму мінерального живлення, однак їх недоліком є досить велика різниця між прогнозою та фактичною врожайністю.

З метою прогнозування врожайності *виноградників* у районах з неукривним зрошуваним виноградарством розроблено спосіб визначення її за середньою масою грона [3]. Для цього визначають середню середньодобову температуру повітря за період від початку цвітіння винограду до початку листопаду в рік прогнозування. По ній визначають середню масу грона в наступному році, за якою за математичною залежністю судять про врожайність (прогнозовану) винограду в наступному році.

Для прогнозування середньої врожайності сортів *суніці* був розроблений спосіб визначення середньої врожайності сорту за біологічними ознаками рослини [4]. Так, на підставі визначення основних компонентів продуктивності в ряду сортів, розрахунку їх сум, а також коефіцієнтів співвідношень між кількістю квітконосів і числом ріжків на одну рослину та середньою масою ягоди і числом ягід на одному квітконосі будують графік залежності між двома останніми показниками і середньою фактичною врожайністю сортів. У подальшому його використовують як шаблон для визначення ступеня перспективності інших сортів суніці в даній еколого-географічній зоні. Цей спосіб дозволяє вже в перший рік плодоношення виявити найбільш перспективні сорти суніці, а також контролювати їх урожайність за допомогою диференційованого внесення добрив залежно від біологічних особливостей плодоношення.

Оскільки біологічною особливістю *смородини* є плодоношення на однорічному прирості, де зосереджено 66,0-91,7 % врожаю наступного року, то маса врожаю ягід на 1 м річного приросту може бути показником потенційної продуктивності культури вважає М.Ф. Кучер [5].

За рекомендаціями Інституту садівництва НААН прогнозу (ситуативну) врожайність *плодових* визначають такими способами: починаючи з осені, – за кількістю плодових бруньок, утворених на гілках дерева, весною – за інтенсивністю цвітіння, а на початку літа – за ступенем опадання плодів на десяти типових деревах з наступним перерахунком на всю площу саду [6].

Дослідники подали заявку на патент на винахід «Спосіб визначення очікуваного врожаю дерева, саду, масиву» [7]. Відповідно до нього очікуваний та фактичний урожай дерева, наприклад, яблуні, визначають в плодоносному обсязі крони, на висоті її максимальної ширини, в напрямку стовбура, в зоні найбільшого розміщення плодів, глибше сумарної довжини кінцевих приростів пагонів двох останніх років росту від периферії, з використанням об'ємоміра з однією незамкненою гранню, встановлюючи масу плодів в ньому для визначення питомої та загальної врожайності дерев, сортів, порід, впливу агроприйомів, на площі саду, масиву за наявності нормально розвинених дерев.

Відомий також спосіб визначення врожайності яблуні для вирощування її в луговому саду, за яким визначають показник потенційної врожайності, а потім здійснюють перерахунок на врожайність [8]. При цьому визначення проводять в період наростаючого плодonoшення, за показник беруть початковий рівень частки пазушного плодonoшення, а останній перерахунок здійснюють за формулою

$$V = 37,2x - 54,7,$$

де  $V$  – врожайність, ц/га;  $x$  – початковий рівень частки пазушного плодonoшення, %.

Розроблено спосіб визначення потенційної урожайності *плодових* рослин, за яким потенційну урожайність плодових рослин визначають за такими параметрами, як кількість пагонів на одиницю площі, частка пагонів, що заклали генеративні утворення, число зрілих плодів на пагін та середня маса плода [9]. За цим способом потенційну врожайність обчислюють за формулою

$$V = O \cdot \frac{G_n}{O_n} \cdot \frac{P_{xn}}{G} \cdot P \cdot 10^{-5},$$

де  $V$  – потенційна врожайність, ц/га;  $O$  – загальна кількість пагонів, шт./га;  $G_n/O_n$  – частка пагонів, що заклали генеративні утворення, шт.;  $P_{xn}/G$  – число зрілих плодів на пагін, шт.;  $P$  – середня маса плода, г.

Для визначення потенційної продуктивності дерев яблуні на слаборослій підщепі [10] щорічну величину приросту штамба ( $\Pi$ ) множать на коефіцієнт продуктивності сорту ( $K$ ) ( $V = \Pi \cdot K$ ). При цьому коефіцієнт продуктивності сорту ( $K$ ) визначають як відношення щорічного врожаю (кг) до величини щорічного приросту штамба (см<sup>2</sup>), причому величина врожаїв береться з перших років плодonoшення і величини приросту також з перших років зростання дерева на постійному місці. Коефіцієнт продуктивності визначається як середнє з не менше 4 років спостережень, починаючи з 8 року від початку плодonoшення. Вважають, що отримана величина є тією реальною потенційною продуктивністю дерева, яка визначена його біологічними особливостями і є універсальною для різних умов вирощування дерева.

Х.Г. Тоомінг вважає, що максимальна потенційна продуктивність рослини за ефективного використання фотосинтетично активної радіації (ФАР) забезпечується анатомоморфологічною структурою листя. При цьому як параметр розрахунку продуктивності пропонується використовувати питому поверхневу щільність листків [11].

А.О. Ничипорович стверджує [12], що потенційний урожай *зернових культур* наближено можна визначити за даними про калорійність біомаси рослин і приходу фотосинтетично активної радіації (ФАР) за формулою:

$$\Pi V = K_\phi \cdot K_m \cdot \frac{\Sigma Q}{g \cdot 10^3},$$

де  $\Pi V$  – потенційний урожай у сухому стані, ц/га, при оптимальних ме-

теоретичних та агротехнічних умовах;  $K_{\phi}$  – коефіцієнт використання ФАР, виражений у частках одиниці (ККД ФАР 4% становить у частках одиниці 0,04);  $K_m$  – коефіцієнт господарської ефективності врожаю, який показує частку корисної частини врожаю в загальній біомасі;  $\Sigma Q$  – кількість ФАР, що надходить за період вегетації, ккал/га або кДж/кг;  $g$  – калорійність біомаси рослин, ккал/кг або кДж/кг.

Рівень урожайності в залежності від теплозабезпеченості може бути виражений біокліматичним показником (БКП) запропонованим І.Д. Шашко [13]:

$$БКП = \frac{\Sigma t > 10^{\circ}C}{1000}.$$

Показники БКП 1,6-2,2 відповідають середній біологічній продуктивності рослин, обмеженої ресурсами тепла. При такому БКП продуктивність рослин залежить від наявності вологи та поживних речовин. В умовах зрошення ці фактори регулюються, що дає можливість з достатньою достовірністю встановлювати пряму залежність урожайності від БКП.

Значимо, що серед неінструментальних методів визначення продуктивності рослин широко розповсюджений метод математичного моделювання на основі застосування множинної регресії. Згідно з ним, продуктивність сорту чи породи визначається як функція ряду аргументів, представлених погодними та іншими чинниками, з якими вона корелює в певній зоні [14]. Можна навести багато прикладів застосування цього методу для визначення врожайності, зокрема, плодих культур. Так, І.А. Мазурик [15] розробив регресійну модель залежності урожайності *яблуні* від середньої температури в період набухання бруньок та в період росту плодів, від мінімальної температури в період набухання плодів бруньок і максимальної в період їх диференціації та від пошкодження борошністою россою. П.В. Кондратенко [16] встановив множинні кореляційні залежності продуктивності *яблуні* від погодних умов основних регіонів вирощування цієї породи. М.О. Бублик визначив кореляційні залежності урожайності сортів *вишні, черешні, сливи та ліщини крупноплодної* від погодних чинників [17, 18]. При цьому відмітимо, що застосування регресійного моделювання дозволяє отримати прийнятні результати, однак вимагає значних масивів експериментальної інформації для отримання достовірних результатів.

Петрушин В.Н. [19] пропонує оцінювати продуктивність *яблуні* за допомогою багатомірних моделей виду:

$$Y = A \prod_{i=1}^n X_i^{a_i}.$$

В цій моделі за аргументи для визначення приросту фітомаси підщепи дослідник обрав тривалість досліді, суми середньодобових температур ґрунту і повітря, суми середньодобових запасів продуктивної вологи, надходження фотосинтетично активної радіації, концентрації основних елементів живлення в ґрунті і площу листової поверхні рослини.

В.І. Кашин запропонував модель, яка дає змогу отримати кількісну оцінку біологічного потенціалу породи чи сорту, виявивши при цьому вплив конструкцій та щільності садіння, зрошення та удобрення, захисту рослин та інших агроприйомів на рівень реалізації їх потенційної продуктивності [20].

І.О. Драгавцева пропонує визначати потенційну продуктивність сортів на основі моделювання та прогнозу в системі сорт-клімат-урожай. При цьому паспорт сорту з якісними характеристиками основних його параметрів складають за даними еколого-генетичного аналізу [21].

Цікавим для фахівців може бути метод експрес-діагностики потенційної продуктивності *сільськогосподарських рослин* за концентрацією іонів водню в розчині, розроблений у 90-х роках минулого століття [22]. Він передбачає замочування насіння певного сорту (зокрема, пшениці) у слабкому розчині калійної солі (хлористого калію), вимірювання збільшення концентрації іонів водню через кожні 10 хв. та обчислення середньої швидкості збільшення її в розчині. Останній показник знаходиться у прямій залежності з потенційною продуктивністю сорту. Але незважаючи на достовірність отриманих результатів, що ґрунтуються на експериментальних даних, діапазон прогнозованої інформації обмежений: його не можна використати для району, області, зони, регіону, оскільки описаний метод не враховує ґрунтово-кліматичні умови зони, передбаченої для широкого впровадження культури. Крім того, його не можна застосовувати для визначення потенційної продуктивності деяких культур, наприклад, бобових. Так, слабкий розчин калійної солі не вплине на насінневу оболонку зерна сої: виділення іонів водню з її поверхні не спостерігається. Крім того, вона ні в якому разі не визначає ні посівні, ані продуктивні якості перспективних сортів сої.

Серед інструментальних методів визначення потенційного врожаю рослин відомі способи оцінки його за біохімічними показниками вмісту окремих речовин у тканинах рослин. Так, наприклад, з метою ранньої діагностики для прогнозування врожаю *чорної смородини* визначають вміст загального азоту у бруньках на стадії зеленого конуса однорічних пагонів [23]. Дослідники встановили високий коефіцієнт кореляції між кількістю азоту і врожаєм. Виявлено, що для досягнення рівня врожайності 40-50 ц/га вміст азоту має становити 3,3-3,4 %, фосфору – 0,40-0,50 %, калію – 1,4-1,7 %, а для вищого рівня врожайності (100-130 ц/га) – відповідно 4,4-4,6, 0,29-0,31 і 2,2-2,4 %.

В Україні розроблено спосіб оцінки та прогнозування продуктивності *рослин* за допомогою дослідження розміру хлоропластів [24]. Згідно з ним відбирають проби контрольних і досліджуваних рослин, рослинний матеріал фіксують, потім досліджують розмір хлоропластів, порівнюють його з контролем та оцінюють за ним рослини. При цьому як проби використовують суцільне листя, фіксацію рослинного матеріалу проводять в суміші Темпера, виготовляють парафінові мікромомні препарати, фотографують їх, визначають форму хлоропластів і обчислюють площу їх перерізу. При зменшенні площі перерізу хлоропластів у порівнянні з контрольним варіантом більш, ніж на 50 % і водночас зміні форми хлоропластів прогнозують зниження продуктивності досліджуваних генотипів.

Для *ожини* виявлено кореляційний зв'язок між її врожайністю та окремими погодними, господарськими, морфологічними та фізіологічними показниками, зокрема такими, як ГТК (0,50), висота рослин (0,49), вміст води у листках (-0,10), дефіцит води у листках (-0,11), водоутримувальна здатність листків (-0,31), концентрація хлорофілів  $a+b$  (0,72), середня маса ягоди (0,64) та максимальна маса ягоди (0,68) [25].

У 90-х роках минулого сторіччя було розроблено метод ранньої діагностики потенційної продуктивності сорто-підщепних комбінацій *плодових культур* [26], за яким в період активного росту однорічних комбінуваних визначають такий фізіолого-біохімічний показник, як вміст вільного проліну в листі, за значенням якого судять про потенційну продуктивність комбінації. При цьому з метою підвищення надійності діагностики перед визначенням рослини вирощують в контрольованих умовах, листки відбирають в фазу інтенсивного росту та визначають в них вміст вільного проліну. Рослини

відносять до потенційно продуктивних, якщо його кількість не перевищує 20-25 мг/% на суху речовину. Однак цей метод не враховує природно-кліматичні та ґрунтові умови вирощування сільськогосподарських культур, сортові особливості, якість виконуваних технологічних процесів тощо.

Серед інструментальних методів досить достовірним є спосіб оцінки потенційної продуктивності *сільськогосподарських рослин* за біофізичним показником, що характеризує стан фотосистеми, а саме: за спектром електронного парамагнітного резонансу (ЕПР) [27]. При цьому пробу листка досліджуваної рослини відбирають при освітленості інтенсивністю 10-40 Вт/м<sup>2</sup>. Безпосередньо після відбору пробу занурюють в рідкий азот, спектр ЕПР записують при температурі рідкого азоту і інтенсивності світла 300-500 Вт/м<sup>2</sup>, вимірюють амплітуди ЕПР сигналів, розраховують за формулою коефіцієнт і порівнюють його з показниками контрольної рослини з відомою продуктивністю. Недоліком цього способу є те, що вимірювання параметрів електронного парамагнітного резонансу листка рослини здійснюють у рідкому азоті, що ускладнює процес визначення.

Для прогнозування врожайності на ранніх стадіях розвитку рослин *персика* встановили параметр, величина якого тісно корелює з продуктивністю – це співвідношення інтенсивностей флуоресценції хлорофілу листка за різних довжин хвиль [28]. Для її визначення листя поміщають в рідкий азот, двічі збуджують і реєструють флуоресценцію хлорофілових пігментів. Щоразу визначають відношення інтенсивності флуоресценції при 728 нм до інтенсивності флуоресценції при 692 нм. Перед другим збудженням флуоресценції хлорофілових пігментів листя опромінують не менше 4 хвилин світлом у межах 350-450 нм інтенсивністю, більшою чи рівною 20 мВт/см<sup>2</sup>. За абсолютною величиною різниці між зазначеними відношеннями оцінюють потенційну продуктивність: чим більша ця величина, тим продуктивніша рослина. Для підтвердження такої залежності в описі винаходу наведено співвідношення врожайності і величини різниці по дворічних і десятирічних рослинах. Проте цей спосіб має недолік: вимірювання флуоресценції хлорофілу листка здійснюється у рідкому азоті і пов'язане з певними труднощами.

В ІС НААН розроблено метод оцінки потенційної продуктивності як генотипової специфічної ознаки рослини. Він передбачає використання показників фото- і термоіндукції флуоресценції хлорофілу, а також вмісту останнього в листках рослини [29].

Фото- і термоіндукція флуоресценції хлорофілу є функціональними тестами на ефективність функціонування фотосистеми II і хлоропластів в цілому. Так, інтенсивність флуоресценції в максимумі індукції ( $F_{max}$ ) пропорційна кількості пігментів, які беруть участь у фотосинтезі, а порівняння її з сумою хлорофілів ( $\Sigma_{chl}$ ) дозволяє виокремити вплив пігментного фактору, що зумовлено як генетичною особливістю, так і реакцією на зміни сонячної радіації, що надходить до рослини, мінеральним живленням тощо. Інтенсивність  $\gamma$ -хвилі термоіндукції флуоресценції хлорофілу (ТФХ) ( $F_{\gamma}$ ) зумовлена пігментами, що мають високу термостабільність, її порівнюють з  $\beta$ -хвилею ТФХ ( $F_{\beta}$ ), інтенсивність якої зумовлена процесами, що викликані фосфорилуванням супрамолекулярних комплексів в оточенні реакційних центрів фотосистеми II.

Паралельно у спиртових екстрактах визначають концентрацію хлорофілів ( $\Sigma_{chl}$ ) у перерахунку на сиру масу листка в мг/г.

Потенційну продуктивність рослин оцінюють за коефіцієнтом ( $K_{mn}$ ), який обчислюють за відношенням параметрів фото- та термоіндукції флуоресценції

хлорофілу та концентрації останнього в листках рослини за формулою:

$$K_{nm} = \frac{F_{max} \cdot F_{\gamma}}{F_{\beta} \cdot \sum_{x\alpha}}$$

Запропонований метод дозволяє надійно та експресно оцінювати сорти і гібриди на ранніх етапах вивчення рослин, що дозволяє скоротити термін їх випробування, більш об'єктивно проводити оцінку на потенційну продуктивність як генотипову специфічну ознаку рослини на протяжні вегетації, підвищити ефективність праці селекціонера.

Отже, за морфофізіологічними параметрами генеративної сфери та біометричними показниками вегетативних органів рослин і, найчастіше, за аналізом впливу на рослини погодно-кліматичних чинників та агрохімічних параметрів ґрунту оцінюють ситуативну або прогнозну продуктивність (врожайність). За біохімічними показниками вмісту окремих речовин в тканинах рослини, а також за показниками функціонування хлоропластів листків оцінюють потенційну продуктивність як генотипову специфічну ознаку рослини.

### **Список використаної літератури**

1. Способ оценки потенциальной продуктивности озимых зерновых колосовых культур: пат. 2267909 Российская Федерация: МПК А01G 7/00. № 2004119679/12; заявл. 28.06.2004; опубл. 20.01.2006, Бюл. № 2.
2. Способ прогнозирования урожайности ячменя: пат. 2158500 Российская Федерация: МПК А01G 7/00. № 98121738/13; заявл. 30.11.98; опубл. 10.11.2000, Бюл. № 31.
3. А. с. 1136766 СССР, МКИ А01G 7/00. Способ прогнозирования урожайности виноградников в районах неукрывного орошаемого виноградарства / Ш.Н. Гусейнов. №3222560; заявл. 24.12.80; опубл. 30.01.85, Бюл. № 4.
4. Способ прогнозирования средней урожайности сортов земляники: пат. 2228604 Российская Федерация: МПК А01G 1/00. №2002101569/12; заявл. 14.01.2002; опубл. 20.05.2004, Бюл. № 14.
5. Кучер М.Ф. Ріст, розвиток та продуктивність сортів чорної смородини в умовах правобережного Лісостепу України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук: 06.01.07. Уманська державна аграрна академія, Умань, 2002. 23 с.
6. Плодівництво: у 2 ч. / за ред. М.В. Андрієнка. Інститут садівництва УААН. Київ: Хрещатик, 1992. Ч. II. 116 с.
7. Способ определения ожидаемого урожая дерева, сада: заявка на патент 2000100377 Российская Федерация: МПК А01G 17/00. № 2000100377/13; заявл. 06.01.2000; опубл. 27.01.2002.
8. А. с. 1630677 СССР, МКИ А01G 7/00, А01G 17/00. Способ определения урожайности сортов яблони для выращивания их в луговом саду / В.Ф. Колтунов, В.М. Яковук. № 4664079/13; заявл. 21.03.89; опубл. 28.02.91, Бюл. № 8.
9. А. с. 1818004 СССР, МКИ А01G 7/00, А01Н 1/04. Способ определения потенциальной урожайности плодовых растений / Л.Б. Переяслова. № 4860645; заявл. 20.08.90; опубл. 30.05.93, Бюл. № 20.



10. А. с. 1625424 СССР, МКИ А01G 1/00. Способ определения потенциальной продуктивности деревьев яблони на слаборослом подвое / Теренько Г.Н., Никитчук Л.М. №4484187; заявл. 16.09.88; опубл. 07.02.91, Бюл. №5.
11. Тооминг Х.Г. Связь фотосинтеза листьев растений с урожайностью фитоденоза в свете математического моделирования. *Тезисы докладов VI делегатского съезда Всесоюзного ботанического общества. Кишинев 12-17 сентября 1978 г.* Ленинград: Наука, 1978. С. 272-273.
12. Ничипорович А.А. Теория фотосинтетической продуктивности растений. Итоги науки и техники. В 20 т. Серия "Физиология растений". Москва, 1977. Т. 3. С. 11-54.
13. Шашко Д.И. Агроклиматические ресурсы СССР. Ленинград: Гидрометеопиздат, 1985. 249 с.
14. Семенов В.А. Полевой опыт. Его место и роль в научном процессе. *Полевые эксперименты для устойчивого развития сельской местности*: тр. IV междунар. коллоквиума. Ст.-Петербург-Пушкин, 2002. С. 21-42.
15. Мазурик И.А. Влияние температуры на развитие яблони летнего срока созревания. *Прогноз развития метеоситуаций на ближайшие десятилетия 21 века и реакция на них сельскохозяйственных культур*: матер. межрегион. науч.-практич. конф. Краснодар, 1999. С. 78-81.
16. Кондратенко П.В. Адаптація яблуні в Україні. Київ: Світ, 2001. 191 с.
17. Бублик М.О. Методологічні та технологічні основи підвищення продуктивності сучасного садівництва. Київ: Нора-Друк, 2005. 288 с.
18. Бублик М.О., Шевчук Н.В., Моргун О.В. Вплив погодних факторів північного Лісостепу на продуктивність сортів ліщини. *Садівництво: міжвід. тематич. наук. зб.* Київ: Нора прінт, 2002. Вип. 53. С. 320-329.
19. Петрушин В.Н. Оценка биологической продуктивности яблони с помощью многомерных регрессий. *Методика исследований и вариационная статистика в научном плодоводстве*: сб. докладов Междунар. науч.-метод. конф. 25-26 марта 1998 г. Мичуринск: МГСХА, 1998. Т. 3. С. 21-25.
20. Кашин В.И. Проявление биологического потенциала садовых растений. *Биологический потенциал садовых растений и пути его реализации*: материалы междунар. конф. 19-22 июля 1999 г. ВСТИСП. Москва, 2000. С. 3-15.
21. Драгавцева И.А. Экологический метод оптимального размещения плодовых культур. *Садоводство и виноградарство 21 века*: материалы междунар. науч.-практ. конф. Краснодар, 1999. Ч. 2. Садоводство. С. 38-41.
22. А. с. 1414355 СССР, МКИ А01G 7/00. Способ экспресс-диагностики потенциальной продуктивности растений / Л.Н. Воробьев, Н.Н. Егорова, А.И. Мартыненко. № 4139372; заявл. 27.10.86; опубл. 07.08.88, Бюл. № 29.
23. А. с. 1433437 СССР, МКИ А01G 7/00. Способ прогнозирования урожая черной смородины / И.Г. Попеско, Д.Д. Дебелова. № 4214162; заявл. 23.03.87; опубл. 30.10.88, Бюл. № 40.
24. Спосіб оцінки та прогнозування продуктивності рослин: пат. 111420 Україна: МПК G01N 33/483, G01N 21/17, A01H 1/04. №a201411417; заявл. 20.10.2014; опубл. 25.04.2016, Бюл. № 8/2016.

25. Сіленко В.О., Сердюк О.В. Урожайність сортів та гібридних форм ожини звичайної в умовах правобережної підзони Західного Лісостепу України. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*: зб. наук. пр. Київ, 2010. Вип. 149. С. 319-323.
26. А. с. 1470239 СССР, МКИ А01G 7/00, А01G 17/00. Способ ранней диагностики потенциальной продуктивности сортоподвойных комбинаций плодовых культур / Т.Н. Дорошенко, Ю.С. Поспелова. № 4302160/30-13; заявл. 31.08.87; опубл. 07.04.89, Бюл. № 13.
27. А. с. 1505472 СССР, МКИ А01G 7/00, А01Н 1/04. Способ оценки потенциальной продуктивности сельскохозяйственных растений / А.Ю. Борисов, Н.М. Вандышева, М.Г. Гольфельд и др. № 4343644/30-13; заявл. 15.12.87; опубл. 07.09.89, Бюл. № 33.
28. А. с. 1375184 СССР, МКИ А01G 7/00. Способ определения потенциальной продуктивности персика / В.И. Раскин, Б.И. Легенченко, Н.М. Лукьянова, В.К. Смыков, Е.А. Яблонский, З.Н. Перфильева, Э.Э. Пауль. № 4145402; заявл. 21.08.86; опубл. 23.02.88, Бюл. № 7.
29. Спосіб оцінки потенційної продуктивності рослин: пат. 112622 Україна: МПК А01G 7/00, А01Н 1/04, G01N 21/64. №а201512387; заявл. 15.12.2015; опубл. 26.09.2016, Бюл. № 18/2016.

## **METHODS OF THE PREDICTION OF THE AGRICULTURAL PLANTS PRODUCTIVITY**

**M.O. BUBLYK**, Doctor, Professor

**O.I. KYTAYEV**, PhD

**L.A. FRYZYUK, G.A. CHORNA**, Research Workers

Institute of Horticulture, NAAS of Ukraine,  
03027, Kyiv-27, 23, Sadova st., e-mail: sad-institut@ukr.net

**V.M. PELEKHATY**, PhD

Zhytomyr National Agroecological University,  
10008, Zhytomyr-08, 7, Stary Blvd,  
e-mail: vadpel@meta.ua

**V.M. VASYUTA**, Doctor

2a, Pushkin st., Mukolaivka, Poltava district, Poltava region

*The authors have carried out the analysis of the methods of predicting the agricultural plants productivity including the fruit and small fruit crops, on the basis of studying the patent and scientific and technical documentation. The uninstrumental and instrumental methods of determining the prognosis and potential plants productivity are described as a result.*

*Using the uninstrumental methods, the potential fruit crops yield was determined taking into consideration their biological characteristics: beginning from autumn by the number of the fruit buds formed on the branches, in spring by the flowering intensity, in the beginning of summer by the degree of fruit falling, etc.*

*The method of the mathematical modeling on the basis of applying the multiple regression among the uninstrumental methods a widely used. The mathematical dependences of the potential plants productivity on the weather parameters were*

established, using the proportionality coefficients taking into account the crops varietal properties, soil conditions of the growing zone, available moisture reserves in the soil root zone rows width.

The instrumental methods determine the plants potential productivity with sufficient reliability by investigating the chloroplasts size, the free proline content in the leaves, the electron paramagnetic resonance spectrum, the correlation of the leaf chlorophyll fluorescence intensity at different wave lengths and the like. Thus the, situational or predicted productivity (yield) is estimated by the morphophysiological parameters of the generative sphere and the biometric indices of the plants vegetative organs and, most often, by the results of the analysis of the influence of the weather-climatical factors and soil agrochemical parameters. The potential plant productivity is appreciated by the biochemical indices of the certain substances content in the plant tissues, as well as by the indices of the leaves chloroplast.

The method of evaluating the potential productivity as genotype plant specific characteristics has been developed at the Institute of Horticulture of NAAS it stipulates using the indicators of the photo- and thermoinduction of the chlorophyll fluorescence as well as the content latter in the plant leaves. The proposed method enables to evaluate the cultivars and hybrids reliably at the early stages of the plant study.

**Key words:** determination methods, yield, productivity, prediction, plants

## **МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ УРОЖАЙНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ**

**Н.А. БУБЛИК**, доктор с.-х. наук, профессор

**О.И. КИТАЕВ**, кандидат биол.наук

**Л.А. ФРИЗЮК, Г.А. ЧОРНА**, научные сотрудники

Институт садоводства НААН Украины,

03027, Киев-27, ул. Садовая, 23, e-mail: sad-institut@ukr.net

**В.Н. ПЕЛЕХАТЫЙ**, кандидат с.-х. наук

Житомирский национальный агроэкологический университет,

10008, Житомир-08, бульвар Старый, 7,

e-mail: vadpel@meta.ua

**В.М. ВАСЮТА**, доктор с.-х. наук

с. Миколаївка, ул. Пушкина, 2а, Полтавский р-н, Полтавская обл.

*На основе изучения патентной и научно-технической документации проведен анализ способов и методов прогнозирования урожайности сельскохозяйственных растений, в том числе плодовых и ягодных. Описаны неинструментальные и инструментальные методы определения прогнозной и потенциальной урожайности растений. Ситуативную, или прогнозную продуктивность (урожайность) оценивают по морфофизиологическим параметрам генеративной сферы и биометрическим показателям вегетативных органов растений, но чаще всего по результатам анализа влияния на растения погодно-климатических факторов и агрохимических параметров почвы. Потенциальную продуктивность растений оценивают по биохимическим показателям содержания отдельных веществ*

в тканиях рослин, а також по показателям функціонування хлоропластов листяв.

**Ключевые слова:** методи определения, потенциальная продуктивность, урожайность, прогнозирование, показатели.

Одержано редколлегією 08.04.19

DOI: 10.35205/0558-1125-2019-74-83-90

УДК 519.85:632.914:634.725

## **ПРОГНОЗ ВРОЖАЮ АГРУСУ (*RIBES UVA-CRIPPA* L.) НА ОСНОВІ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ В ЗАЛЕЖНОСТІ ВІД РОЗВИТКУ СФЕРОТЕКИ**

**О.Г. ПОЛГОРОДНИК**, кандидат с.-г. наук

**О.Ф. ДЕНИСЮК**, провідний інженер

Інститут садівництва (ІС) НААН України,

03027, Київ-27, вул. Садова-23, e-mail: onbt@ukr.net

*Представлено математичну модель прогнозу врожаю агрусу, що ґрунтується на узагальненні впливу розвитку сферотеки (*Sphaerotheca morsuvae* Berk. et. Curt.) на нього, в залежності від схем застосування біологічних препаратів і факторів навколишнього середовища (температура повітря, опади), періодів вегетації та сортових особливостей.*

**Ключові слова:** метеорологічні фактори, біологічні препарати, агрус, сферотека, врожай, факторний аналіз.

**Обґрунтування, мета і завдання досліджень.** Розвиток ягідництва в певній мірі ускладнюється комплексом хвороб, які справляють значний негативний вплив на продуктивність рослин. Тому, однією з головних умов збільшення виробництва екологічно чистої продукції галузі є застосування систем інтегрованого захисту рослин від хвороб з урахуванням екологічних і економічних вимог [1, 2].

Серед багатьох хвороб агрусу в Україні найбільш небезпечною є сферотека (*Sphaerotheca morsuvae* Berk. et. Curt.). У сприятливі для патогену роки вона може викликати зниження врожаю до 50-75 %. До того ж сильний розвиток хвороби спричинює втрати врожаю наступного року до 80 % [3].

Станом на 2018 р. у «Перелік пестицидів і агрохімікатів, дозволених до використання в Україні» для чорної смородини зареєстровано лише 3 фунгіциди, малини – тільки 2 (розсадники), а для агрусу немає [4]. Враховуючи біологічні особливості збудників хвороб, а також досвід вчених усього світу, стає зрозумілим, що для пригнічення розвитку основних хвороб та збереження врожаю цього не достатньо, особливо на сприйнятливих сортах [5, 6].

Останніми роками все частіше ставиться питання про необхідність біологі-