

**КОМПЛЕКСНЕ ОЦІНЮВАННЯ ПОТОМСТВ КЛОНОВИХ НАСІННИХ ПЛАНТАЦІЙ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ ЗА РОСТОВИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ ТА ОЗНАКАМИ СТІЙКОСТІ В УМОВАХ ЛІСОСТЕПУ ХАРКІВСЬКОЇ ОБЛАСТІ**<sup>1</sup>Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г.М. Висоцького<sup>2</sup>Лісовий науково-дослідний інститут, Польща

Обстежено 20-річні сортовипробні культури сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.), представлені насінневими потомствами клонів насінних плантацій та загального збору насаджень державних підприємств Волинської, Київської і Харківської областей. У кожному варіанті відібрано 20 дерев, які дослідили за ростовими характеристиками (висотою, діаметром), прямизною стовбура, станом, а також за ознаками, пов'язаними зі стійкістю сосни до ураження кореневою губкою (масою насіння, щільністю розташування хвої на пагонах, параметрами провідної системи хвої на серединному перерізі, шириною шарів пізньої та ранньої деревини, інтенсивністю виходу живиці з мікропоранень). Здійснено комплексне оцінювання потомств клонів насінних плантацій, представлених на ділянці, за стандартною методикою, яка передбачає оцінювання за ознаками росту, прямизною стовбура і станом, а також за запропонованою модифікованою шкалою, з урахуванням потенціалу стійкості дерев до ураження кореневою губкою. Під час оцінювання насінневого потомства клонів насінних плантацій за стандартною методикою лідерами визначили походження переважно зі сходу України, тоді як за модифікованою – з усіх трьох регіонів. Застосування ознак стійкості під час комплексного оцінювання потомств плюсових і найкращих дерев та популяцій дасть змогу запропонувати нові сорти лісових деревних видів для створення насаджень із підвищеною стійкістю.

**Ключові слова:** сорти-популяції, коренева губка, резистентність, «умовно стійкі» дерева.

**Вступ.** В Україні, як і в багатьох країнах світу, основним і найбільш перспективним об'єктом постійної лісонасінної бази (ПЛНБ) є клоніві насінні плантації (КНП), представлені вегетативним потомством плюсових і найкращих дерев (Lindgren 2013, Los et al. 2014, Hayda et al. 2019). КНП є не лише джерелом високоякісного насіння, але й об'єктом збереження генофонду підвищеної цінності. В Україні на об'єктах ПЛНБ заготовляють близько 25 % насіння лісових деревних видів (Los et al. 2014). Найбільшу кількість КНП створено у Вінницькій, Харківській, Рівненській, Волинській, Київській, Кіровоградській, Сумській областях (Hayda et al. 2019). У Швеції на КНП заготовляють 62 % насіння ялини європейської (*Picea abies* L.) та 94 % сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) (IUFRO 2017), у США – 98 % насіння сосни ладанної (*Pinus taeda* L.) (McKeand et al. 2017). У Туреччині попит на насіння з КНП сосни звичайної задовольняється лише на 9,2 % (Bilir et al. 2007), тому в країні створюють нові плантації, з яких у майбутньому планують збирати достатню кількість покращеного насіння.

Перспективність використання насінного матеріалу, отриманого з КНП, оцінюють випробуванням їхніх насінневих потомств. Основну увагу приділяють інтенсивності росту у висоту і за діаметром, формі стовбура та зовнішньому стану дерев. Результати проведених досліджень свідчать, що чим ближчим є середовище існування до оптимальних умов росту плюсового дерева, тим сильніше у фенотипі виявляються генетичні особливості, тим яскравіше виявляються в насінневому потомстві ознаки материнської особини (Mazhula 2009, Lindgren 2013, Los et al. 2014, Hayda et al. 2019). За результатами наукових досліджень, проведених у Волинській області, успадкування материнських ознак насінневим потомством сосни звичайної підтверджено лише у 30–40 % дерев (Mazhula 2009, Krynytskiy et al. 2010). Вчені розробили низку рекомендацій і нормативних документів, які регламентують широке коло організаційних, методичних і технологічних заходів щодо створення, випробування та ефективного використання КНП (Methodology of variety testing 2020), але, на жаль, у цих методиках не враховують ознаки, які би прямо або опосередковано свідчили про стійкість до хвороб.

Найбільш поширеною хворобою соснових насаджень є кореневі гнилі, викликані грибами *Heterobasidion annosum* s.l. Ця хвороба зазвичай поширюється у штучно створених

соснових насадженнях на землях, вилучених із сільськогосподарського обігу, але трапляється і в природних деревостанах (Tkachuk & Utsky 2002). Науковці пов'язують її поширення з фізико-хімічними властивостями ґрунтів – трофністю, наявністю ущільнених горизонтів і прошарків, нестійким водним режимом (Ladeyshchikova et al. 1974). Втрати деревини у насадженні внаслідок поширення кореневої губки можуть сягати 40 % (Musienko et al. 2018). За даними (Asiegbu et al. 2005) щорічні економічні втрати від всихання насаджень та гнилі деревини в лісах Європи сягають близько 600 млн євро.

Незважаючи на 200-річний досвід вивчення, механізми стійкості сосни звичайної до ураження кореневою губкою й дотепер залишаються невизначеними. Виявлено (Sierota 2013, Dyshko & Torosova 2016a, 2016b), що в окремих осередках всихання на високому інфекційному фоні зберігаються життєздатні («умовно стійкі») дерева, які тривалий час не виявляють зовнішніх ознак хвороби. Підвищену резистентність «умовно стійких» дерев дослідники пов'язують зі спадковістю (Carson & Carson 1989), морфолого-анатомічною будовою хвої та стовбура (Gori et al. 2011, Skrøppa et al. 2015, Vázquez-González et al. 2020), особливостями метаболізму (Deflorio et al. 2012) та фізіологічними процесами, пов'язаними зі смолопродуктивністю (Osadchuk 2013). Про ефективність використання для лісокультурної справи насінного матеріалу дерев з підвищеною резистентністю до ураження кореневою губкою йдеться в роботах низки вчених (Marčiulynas et al. 2019, Rieksts-Riekstīns 2019). Результати наших попередніх досліджень (Dyshko et al. 2015, Dyshko & Torosova 2016a, 2016b) свідчать, що «умовно стійкі» дерева суттєво перевершують сприйнятливі до хвороби («хворі») за масою насіння, щільністю розташування хвої на пагонах жіночого ярусу, ступенем розвитку провідних тканин хвої, часткою шарів пізньої деревини у радіальному прирості та виходом живиці після мікропоранення.

Napierała-Filipiak та Filipiak (2012) порівняли збережуваність і масу сіянцив сосни звичайної, вирощених з насіння «умовно стійких» дерев і з елітного насіння, зібраного на КНП. Згідно з їхніми даними потомство «умовно стійких» дерев характеризується більшою масою (на 14 %) та кращою збережуваністю (більшою у два рази), порівнюючи з потомством елітних дерев (Napierała-Filipiak & Filipiak 2012). Дослідження напівсибів сосни звичайної, інокульованих *H. annosum* s.l., виявили генотипові варіації між родинами щодо чутливості до патогена (Marčiulynas et al. 2019). Зважаючи на відмінності в сприйнятливості сосни звичайної до ураження кореневими гнилями, неприйнятною є стратегія масового відбору дерев на уражених ділянках для збору насінного матеріалу, призначеного для створення стійких і високопродуктивних насаджень.

Враховуючи загрози, викликані глобальною зміною клімату та поширенням корневих гнилей, пошук маркерних ознак, які би прямо або опосередковано свідчили про підвищену резистентність сосни, та їхнє застосування під час селекційного відбору є надзвичайно важливим завданням, яке стоїть перед науковцями. Водночас серед першочергових завдань є розроблення та застосування надійних і швидких методів діагностики, які не потребують значних витрат. Основними методами оцінювання наразі залишаються візуальні й таксаційні. Дані, отримані шляхом таких досліджень, не завжди є репрезентативними, тому доцільним є застосування комплексного підходу, який дасть змогу відібрати дерева з підвищеною резистентністю до ураження кореневими гнилями та використовувати їхній репродуктивний матеріал для вирощування.

*Метою дослідження* було вдосконалення наявного комплексного підходу до оцінювання насінневих потомств КНП сосни звичайної, із застосуванням методів діагностики дерев на стійкість до кореневої губки та відбір найбільш перспективних із них в умовах Лісостепової зони Харківської області.

**Матеріали й методи.** Об'єктом дослідження були випробні культури, представлені потомствами КНП сосни звичайної, які є кандидатами у сорти-популяції синтетичні. Культури закладено в 1999 р. на території філії «Гутянське лісове господарство» Державного спеціалізованого господарського підприємства (ДСГП «Ліси України») (далі філія «Гутянське

лісове господарство»). На момент дослідження вік дерев у культурах становив 20 років. На ділянці представлені насінневі потомства КНП із трьох областей України (Харківська, Київська, Волинська). Площа ділянки – 1 га, ТЛУ – В<sub>2</sub>–С<sub>2</sub>. Культури створено однорічними сіянцями, вирощеними з насіння загального збору на КНП I порядку, за винятком двох варіантів – 'Географічний' та 'Специфічний' (насінневе потомство КНП II порядку). Варіанти висаджено в трикратній повторності, рендомізовано, кожна повторність займає 50 % ряду, розміщення садивних місць – 2,5 × 0,75 м. Як місцевий контроль (Гути-контроль) використано сіянці, вирощені з насіння виробничого збору в насадженнях філії «Гутиянське лісове господарство». Як регіональні контролю використано сіянці, вирощені з насіння виробничого збору насаджень державних лісогосподарських підприємств, де розташовані КНП: Харків-контроль (філія «Зміївське лісове господарство» ДСГП «Ліси України»), Київ-контроль (філія «Київське лісове господарство» ДСГП «Ліси України»), Волинь-контроль (філія «Ківерцівське лісове господарство» ДСГП «Ліси України»).

У кожному варіанті відібрали по 20 дерев, у яких вимірювали висоту, діаметр, оцінювали якість стовбурів та стан. Висоту й діаметр дерев вимірювали в травні, до початку вегетації. Діаметр визначали за допомогою мірної вилки, а висоту дерев – за допомогою висотоміра. Для комплексного оцінювання цих ознак (висота й діаметр) використовували абсолютні значення показників.

**Прямизну стовбурів дерев** оцінювали за категоріями: 1 – рівний стовбур, відхилення від вертикальної осі менше ніж 10,0 %; 2 – викривлений (нерівний) стовбур, відхилення від вертикальної осі в межах 10,0–25,0 %; 3 – кривий стовбур, відхилення від вертикальної осі більше ніж 25,0 % (Methodology of variety testing 2020). Для комплексного оцінювання розраховували сумарний показник – частку дерев 1 і 2 категорій у варіанті.

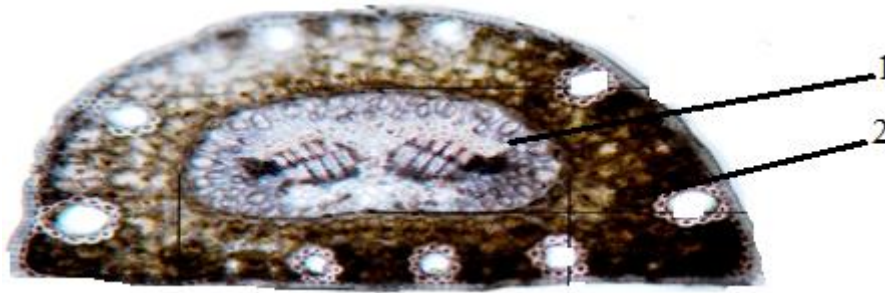
**Категорію стану дерев (КС)** оцінювали за шкалою, поданою в Методиці сорто випробування (Methodology of variety testing 2020). Для комплексного оцінювання КС розраховували середньозважене значення для всіх облікованих дерев у варіанті.

Керуючись напрацюваннями УкрНДІЛГА (Dyshko et.al. 2015, Dyshko & Torosova 2016a, 2016b) та даними літературних джерел (Gori et. al. 2011, Osadchuk 2013), продіагностували дерева у варіантах за масою насіння, щільністю розташування хвої на пагонах жіночого ярусу, ступенем розвитку провідних тканин хвої, часткою шарів пізньої деревини в радіальному прирості та виходом живиці після мікропоранення, отримані результати долучили до комплексного оцінювання й таким чином спробували удосконалити балову шкалу комплексного оцінювання з методики сорто випробування (Methodology of variety testing 2020).

З кожного відібраного дерева за допомогою висотного секатора зібрали шишки (20 шт.) та по три пагони з однорічною хвоєю з гілок третього приросту від верхівкової частини крони західної експозиції. Насіння, вилучене з шишок, зважили на електронних вагах «AXIS», попередньо видаливши порожнє. Масу насіння ( $m$ , г) розраховали для 1 000 шт. Для комплексного оцінювання використовували абсолютні значення показників, визначених за цією ознакою.

Щільність розташування хвої на пагонах жіночого ярусу ( $A$ , пар на 10 см) визначали шляхом підрахунку кількості пар хвоїнок на відрізку пагону завдовжки 10 см, починаючи від найнижчого місця їхнього розташування. Для комплексного оцінювання використовували абсолютні значення показників, визначених за цією ознакою.

Для вимірювання параметрів хвої на серединному поперечному перерізі з трьох пагонів (із середньої частини пагона) відбирали по 10 пар хвоїнок (30 пар хвоїнок з дерева) і виготовляли препарати для дослідження під мікроскопом. За допомогою леза з однієї хвоїнки виготовляли 2–3 поперечних тонких зрізи (рис. 1), які фотографували, використовуючи фотонасадку, установлену на мікроскоп Axiostar Plus Carl Zeiss із 200-кратним (10 × 4 × 5) збільшенням.



**Рис. 1 – Поперечний переріз хвоїнки сосни звичайної у серединній її частині:**  
**1 – центральний провідний циліндр; 2 – поперечний переріз хвої**  
**Fig. 1 – Cross-section of Scots pine needle in the middle section: 1 – central conductive cylinder;**  
**2 – cross section of needle**

За допомогою програми AxioVision 4.6 визначали площі центрального провідного циліндра ( $S_{ц/ц}$ ) і поперечного перерізу хвої ( $S_{п/п}$ ). Для комплексного оцінювання за формулою (1) розраховували показник ( $S$ , %) – співвідношення між площами центрального провідного циліндра і поперечного перерізу хвої:

$$S = \frac{S_{ц/ц}}{S_{п/п}} \times 100\%, \quad (1)$$

де  $S_{ц/ц}$  – площа центрального провідного циліндру;  
 $S_{п/п}$  – площа поперечного перерізу хвої.

Керни для вимірювання ширини шарів пізньої й ранньої деревини відбирали зі східного боку стовбура дерев на висоті 1,3 м буровом Преслера. Вимірювання проводили в лабораторних умовах за допомогою пристрою HENSON із точністю до 0,01 мм (Holmes 1994). У загальних деревно-кільцевих серіях для кожного варіанта визначали середній приріст шарів пізньої й ранньої деревини в річних кільцях. Для використання в комплексному оцінюванні розраховували частку ширини шарів пізньої деревини в радіальному прирості дерев ( $Z_p$ , %).

Для визначення об'єму живиці, виділеної після мікропоранення, із південного боку дерев на висоті стовбура 1,3 м свердлом (діаметром 5 мм) робили отвори глибиною 4 см, у які вставляли прозорі поліхлорвінілові трубки (Osadchuk 2013). Вільний кінець трубки прикріплювали скотчем до стовбура вище місця мікропоранення. Висоту підняття живиці в трубках вимірювали мірною стрічкою з точністю до 0,1 см. Тривалість підсочки визначали для 10 контрольних дерев, на яких припинення смолотечі зафіксували через 8 годин після поранення (рівень накопичення живиці в трубках не змінювався протягом 2 годин). Фактичний об'єм виходу живиці ( $V$ , мл), який вважали прямим критерієм рівня смолопродуктивності, розраховували за формулою (2):

$$V = \pi r^2 h, \quad (2)$$

де  $r$  – радіус отвору поліхлорвінілові трубки, см;  
 $h$  – висота підняття живиці, см.

Для комплексного оцінювання за цією ознакою використовували показник  $P$  (%) – частку дерев у варіанті із середнім і вищим за нього виходом живиці (Dyshko & Torosova 2016a). Як еталон для порівняння використовували середній показник виходу живиці, розрахований для всього насадження.

Комплексне оцінювання потомств КНП сосни звичайної лише за ростовими характеристиками (висотою, діаметром), прямизною стовбура, станом (І варіант) здійснювали за стандартними баловими шкалами з методики сортовипробування лісових

порід (Methodology of variety testing 2020), за винятком прямизни стовбура. Зважаючи на те, що прямизна не є обов'язковою умовою резистентності сосни звичайної, в нашому дослідженні для оцінювання варіантів за цією ознакою брали до уваги частки дерев 1 і 2 категорій. Для кожної ознаки було визначено еталон (середньозважений показник місцевого контрольного варіанта Гути-контроль), з яким порівнювали показник кожного дерева (зокрема у варіанті контролю) і, відповідно до таблиці 1, оцінювали балами від 1 до 5. Оцінюючи варіанти за прямизною стовбура балами, оцінювали сумарний показник частки дерев 1 і 2 категорій у варіанті. За комплексом досліджених ознак для кожного варіанта розраховували суму балів ( $\Sigma B_1$ ).

Таблиця 1

**Шкала балового оцінювання потомств сосни звичайної за показниками росту, стану і якості стовбурів з урахуванням ознак стійкості**

Table 1

**Scale for Scots pine progeny assessment in terms of growth, condition and quality of trunks, taking into account resistance traits**

1 бал 1 point	2 бали 2 points	3 бали 3 points	4 бали 4 points	5 балів 5 points
$X_n < X_{\text{сеп.}}$ поступається більше, ніж на 30 %	$X_n < X_{\text{сеп.}}$ на рівні 10–30 %	$X_{\text{сеп.}} - 10\%$ < $X_n$ < $X_{\text{сеп.}} + 10\%$	$X_n > X_{\text{сеп.}}$ на рівні 10–30 %	$X_n > X_{\text{сеп.}}$ переважає більше, ніж на 30 %

*Примітка.*  $X_n$  – середнє значення показника оцінюваного варіанта;  $X_{\text{сеп.}}$  – середнє значення показника контрольного варіанта (Гути-контроль).

*Note.*  $X_n$  is an average value of the characteristic of the variant being evaluated;  $X_{\text{aver.}}$  is an average value of the indicator in the control variant (Guty-control).

Щоб оцінити потенціал стійкості дерев у варіантах із урахуванням ознак резистентності до ураження кореневою губкою (II варіант), нами запропоновано удосконалити стандартну шкалу додаванням таких показників: маса насіння, щільність розташування хвої на пагонах, параметри провідної системи хвої на серединному перерізі, ширина шарів пізньої деревини, інтенсивність виходу живиці з мікропоранень. Кожне дерево діагностували за зазначеними ознаками та оцінили балами від 1 до 5 аналогічно вище описаному I варіанту (див. табл. 1). Винятком, як і в I варіанті, було оцінювання за виходом живиці з мікропоранень. За цією ознакою варіанти оцінювали, використовуючи такий показник, як частка дерев із середнім і вищим за нього виходом живиці ( $P$ , %). До результатів попереднього комплексного оцінювання (I варіант) долучали бали ( $\Sigma B_2$ ), отримані під час оцінювання ознак стійкості до ураження кореневою губкою. Визначили загальну суму балів ( $\Sigma B$ ) для кожного варіанта, репрезентованого на ділянці за обома варіантами комплексного оцінювання. Максимальна кількість балів для кожного варіанта за стандартною методикою (I варіант) становить 20, а з урахуванням ознак стійкості – 45.

За сумою балів варіанти розподіляли на категорії: I – перспективні; II порівняно перспективні; III – малоперспективні. Зважаючи на те, що потомство місцевого контрольного варіанта є найбільш адаптованим до умов місцезростання, перспективними, в умовах Лісостепової зони Харківської області, вважали варіанти, у яких сумарний показник балів перевищував показник контролю на 10 %, порівняно перспективними – у яких сумарний показник варіював у межах  $\pm 10\%$  від показника контролю, а малоперспективними – такі, що поступалися контрольному більше ніж на 10 %.

Для виявлення відповідності нормальному розподілу статистичних вибірок показників діаметра та висоти застосовано Shapiro-Wilk normality test, а також Бокс-Кокс трансформацію для приведення даних до нормального розподілу та стабілізації групових дисперсій і виконання умови гомоскедастичності (Hammer & Harper 2001). Після трансформації даних для встановлення статистично значущих відмінностей між вибірками використано t-критерій Стьюдента (Hammer & Harper 2001).

**Результати та обговорення.** У 20-річних сортовипробних культурах сосни звичайної, репрезентованих потомствами КНП і їхніми контрольними варіантами, досліджено висоту, діаметр, стан та прямизну стовбура дерев (табл. 2). Середній показник висоти місцевого контрольного варіанта (Гути-контроль) становив 16,6 м, діаметра – 14,9 см. У більшості потомств КНП (шість з дев'яти) середні висота й діаметр були вищими, ніж на контролі. За обома таксаційними показниками перевершували місцевий контроль варіанти 'Прихилківський-2' (на 4,1 % і 16,5 % відповідно), 'Специфічний' (на 1,2 % і 13,4 % відповідно) і 'Київський-3' (на 9,8 % і 11,9 % відповідно), тільки за висотою – 'Київський-5' (на 0,4 %), тільки за діаметром – 'Прихилківський-1' (на 10,4 %), і 'Луцький-3' (на 4,7 %). Диференціація дерев у варіантах за діаметром є суттєво більшою, ніж за висотою. Сім із дев'яти потомств КНП перевершували регіональний контроль за середніми висотою та діаметром. За діаметром виявлено більші (на 4–18 %) перевищення, ніж за висотою (на 1–8 %).

Таблиця 2

**Ростові показники, якість стовбурів і стан потомств сосни звичайної у випробних культурах на території філії «Гутиянське лісове господарство»**

Table 2.

**Growth characteristics, quality of trunks and condition of Scots pine progeny in variety tests in the "Huty Forestry" branch**

Назва варіанта Variant name	Висота Height <i>Хсер. ± m, м</i>	Діаметр Diameter <i>Хсер. ± m, см</i>	Якість стовбура*, % Trunk quality	Категорія стану Condition category	Сума балів, ΣБ <sub>1</sub> Sum of points
Гути-контроль	16,6 ± 0,23	14,9 ± 0,44	20	2,5 ± 0,08	11,9
Харків-контроль	16,6 ± 0,19	14,2 ± 0,37	35	2,6 ± 0,08	11,7
'Прихилківський-1'	16,3 ± 0,38	<b>16,3 ± 0,74</b>	25	2,3 ± 0,07	13,2
'Прихилківський-2'	17,3 ± 0,31	<b>16,0 ± 0,59</b>	35	2,3 ± 0,08	13,4
'Географічний'	16,5 ± 0,24	14,9 ± 0,46	30	2,5 ± 0,07	12,8
'Специфічний'	16,8 ± 0,55	<b>16,9 ± 0,56**</b>	35	2,3 ± 0,06	13,5
Київ-контроль	15,9 ± 0,39	15,3 ± 0,88	50	2,4 ± 0,08	12,4
'Київський-3'	<b>17,2 ± 0,38</b>	16,7 ± 0,85	40	2,3 ± 0,07	13,7
'Київський-4'	16,6 ± 0,29	14,1 ± 0,51	20	2,5 ± 0,06	11,9
'Київський-5'	16,7 ± 0,25	14,5 ± 0,44	30	2,1 ± 0,08	12,9
Волинь-контроль	16,1 ± 0,23	13,5 ± 0,61	20	2,5 ± 0,07	11,3
'Луцький-2'	16,5 ± 0,28	14,8 ± 0,56	40	2,3 ± 0,07	13,0
'Луцький-3'	16,4 ± 0,22	<b>15,6 ± 0,67</b>	25	2,3 ± 0,08	12,7

*Примітки:* 1. Символом \* позначено частку дерев у варіанті, оцінених показниками 1 і 2 категорій.

2. Символом \*\* позначено варіант, що статистично достовірно різниться з місцевим контролем ( $t_1$ ) при  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ .

3. Грубим шрифтом і курсивом виділено варіанти, які статистично достовірно різняться з регіональним контрольним варіантом своєї області ( $t_2$ ) при  $p \leq 0,05$ ;  $p \leq 0,01$ .

*Notes:* 1\*The symbol \* indicates the share of trees in the variant, assessed by the indicators of categories 1 and 2.

2. The symbol \*\* indicates the variant that is statistically significantly different from the local control ( $t_1$ ) at  $p \leq 0.05$ ;  $p \leq 0.01$ .

3. Variants that are statistically significantly different from the regional control variant in their region ( $t_2$ ) at  $p \leq 0.05$ ;  $p \leq 0.01$  are highlighted in bold and italics.

Суттєві відмінності з місцевим контролем підтверджено за діаметром лише в потомства КНП сосни звичайної 'Специфічний' ( $t_{\text{факт.}} = 2,8$ ;  $t_{0,01} = 2,7$ ). Із регіональним контролем за висотою достовірно різниться варіант 'Київський-3' ( $t_{\text{факт.}} = 2,4$ ;  $t_{0,05} = 2,2$ ), а за діаметром – 'Прихилківський-1' ( $t_{\text{факт.}} = 2,5$ ;  $t_{0,05} = 2,2$ ), 'Прихилківський-2' ( $t_{\text{факт.}} = 2,6$ ;  $t_{0,05} = 2,2$ ), 'Специфічний' ( $t_{\text{факт.}} = 4,0$ ;  $t_{0,01} = 2,7$ ) і 'Луцький-3' ( $t_{\text{факт.}} = 2,3$ ;  $t_{0,05} = 2,2$ ).

За даними О. С. Мажули (Mazhula 2009) у 3-річному віці кращими за місцевий контроль за висотою були більшість кандидатів у сорти-популяції (78 %), а в 10-річному – лише потомства з Харківської області 'Прихилківський-1' і 'Прихилківський-2', які перевершували контроль на 3,3 і 9,0 % відповідно. За діаметром у 10-річному віці варіант 'Київський-3' суттєво (на 6,5 %) перевершував місцевий контроль. Решта потомств або поступалися йому (на 4–10 %) або різнилися в межах  $\pm 2$  %. Слід зазначити, що згідно з даними цієї авторки, за діаметром потомство КНП 'Київський-3' було одним з найкращих як у 3-річному, так і в 10-річному віці.

Комплексне оцінювання варіантів, репрезентованих на ділянці, за вищенаведеними ознаками (див. табл. 1) свідчить, що за сумою балів потомства КНП не поступаються місцевому контролю ( $\Sigma B_1 = 11,9$ ). Подібним показником балів характеризується варіант 'Київський-4' ( $\Sigma B_1 = 11,9$ ), решта перевершують контроль на 6–13 %. Регіональному контрольному варіанту своєї області поступається також потомство 'Київський-4', решта його перевершують на 3–15%.

Згідно з результатами досліджень (Tereshchenko & Dyshko 2019) у 20-річних сортовипробних культурах сосни звичайної, створених аналогічним садивним матеріалом у південній частині Харківської області (філія «Зміївське лісове господарство» ДП «Ліси України»), суттєвих відмінностей між таксаційними характеристиками потомств КНП і місцевим контролем виявлено не було.

Оцінювання 38–40-річних півсібсових потомств плюсових дерев у Волинській області у випробних культурах щодо успадкування господарсько-цінних ознак (діаметр і висота) показало (Andreieva et al. 2020), що з віком відмінності між контролем і півсібсовими потомствами за цими ознаками нівелюються, тоді як на початкових етапах на ріст та розвиток насінневих потомств сосни суттєво впливає спадковість.

Результати наших досліджень прямизни стовбурів дерев свідчать, що частки дерев 1 (прямі) і 2 (викривлені) категорій у варіантах варіюють від 20 до 50 %. Місцевий контроль характеризується найменшою часткою дерев з прямими та викривленими стовбурами (20 %). У потомства КНП показники були вищими і варіювали від 20 до 40 %. Регіональний контроль своєї області за цією ознакою перевершували лише потомства з Волинської області 'Луцький-2' і 'Луцький-3' (на 5 і 20 % відповідно). У представників Харківської і Київської областей частки дерев 1 і 2 категорій були такими, як і в регіональних контролів, або меншими на 5–30 %. Найбільш суттєво (на 30 %) поступалося регіональному контрольному варіанту потомство 'Київський-4' (див. табл. 2).

У роботі (Andreieva et al. 2020) відзначено, що з віком у потомствах плюсових дерев селекційна структура покращується. Кількість плюсових і найкращих нормальних дерев, а також кількість мінусових дерев зменшується, а нормальних – збільшується. Naaranen et al. (1997) вважають, що прямоствобуровість менш пов'язана зі спадковістю, ніж висота та діаметр. Автори припускають, що можливою причиною цього є низька фенотипова варіація або недостатня кількість категорій, які використовують для оцінювання цієї ознаки.

Згідно з отриманими нами даними середній показник стану в потомств, репрезентованих у випробуванні, варіював від 2,1 до 2,5 бала. Сім з дев'яти потомств КНП не поступалися місцевому контролю за цією ознакою ( $KC = 2,5 \pm 0,08$ ). Подібним до контролю показником стану характеризувалися варіанти 'Географічний' ( $KC = 2,5 \pm 0,07$ ) і 'Київський-4' ( $KC = 2,5 \pm 0,06$ ). Найкращим за станом серед усіх варіантів було потомство КНП 'Київський-5' ( $KC = 2,1 \pm 0,08$ ).

За даними досліджень цих сортовипробних культур у 3-річному віці (Mazhula 2009) стан потомств КНП із Харківської і Київської областей був кращим, ніж варіанти контролю, на відміну від походжень з Волинської області. З огляду на це можемо припустити, що віддаленість місць росту материнських насаджень може негативно позначатися на адаптивності насінневих потомств КНП у ювенільному віці.



Дослідження потомств КНП сосни звичайної у випробних культурах, створених на території філії «Зміївське лісове господарство» (Tereshchenko & Dyshko 2019), показали, що сумарна частка дерев відмінного й доброго стану в більшості потомств (70 %) є меншою, ніж на контролі. Причиною суттєвих відмінностей стану дерев на різних ділянках можуть бути відмінні кліматичні умови або, найімовірніше, розбіжності у методиці оцінювання дерев, що свідчить про доцільність застосування єдиної методики під час проведення досліджень.

Результати, отримані під час дослідження ознак, що за нашим припущенням свідчать про підвищену резистентність сосни звичайної до ураження кореневою губкою, подано в таблиці 3. Згідно з цими даними середні показники визначених нами ознак у більшості потомств КНП були вищими, ніж у місцевого контролю. Перевагу місцевого контролю над всіма потомствами КНП зафіксовано лише за часткою ширини шарів пізньої деревини в радіальному прирості. За рештою ознак переважання виявлено в походжень з Волинської і Харківської областей, з деякими винятками для останньої. Серед варіантів Київської області кращим за місцевий контроль був лише варіант 'Київський-3'.

Таблиця 3

**Характеристика маркерних ознак стійкості потомств КНП сосни звичайної до ураження кореневими гнилями**

Table 3

**Marker signs of resistance of Scots pine progeny tests to root rot**

Назва варіанта Variant name	Маса насіння, г Seed weight, g	A, пар на 10 см	S, %	Zn, %	P, %	Сума балів, ΣB <sub>2</sub> Sum of points
Гути-контроль	6,0	16,7	30,0	30,7	40	14,9
Харків-контроль	6,4	22,4	31,0	28,6	25	15,4
'Прихилківський-1'	8,2	20,2	28,0	26,3	45	16,7
'Прихилківський-2'	6,3	21,4	33,1	24,8	55	15,4
'Географічний'	6,4	20,6	32,3	23,4	40	15,3
'Специфічний'	5,9	21,3	30,1	21,8	55	15,6
Київ-контроль	4,8	17,3	30,4	22,6	45	12,9
'Київський-3'	6,4	20,7	31,6	28,5	45	16,0
'Київський-4'	6,0	14,5	33,3	24,7	25	12,6
'Київський-5'	6,0	15,7	29,9	24,7	35	13,6
Волинь-контроль	5,9	20,1	31,5	23,0	30	13,9
'Луцький-2'	8,9	20,0	32,8	23,5	45	16,7
'Луцький-3'	8,6	21,3	31,4	23,7	45	16,4

*Примітка.* A – щільність хвої на пагонах жіночого ярусу, пар на 10 см; S – частка провідних тканин на серединному поперечному перерізі хвої, %; Zn – частка шарів пізньої деревини у радіальному прирості, %; P – частка дерев із середньою і вищою за середню смолопродуктивністю, %.

*Note.* A is a density of needles on shoots of the feminine tier, pairs per 10 cm; S is a proportion of conductive tissues in the median cross-section of needles, %; Zp is a proportion of latewood layers in radial growth, %; P is a proportion of trees with medium and higher resin productivity, %.

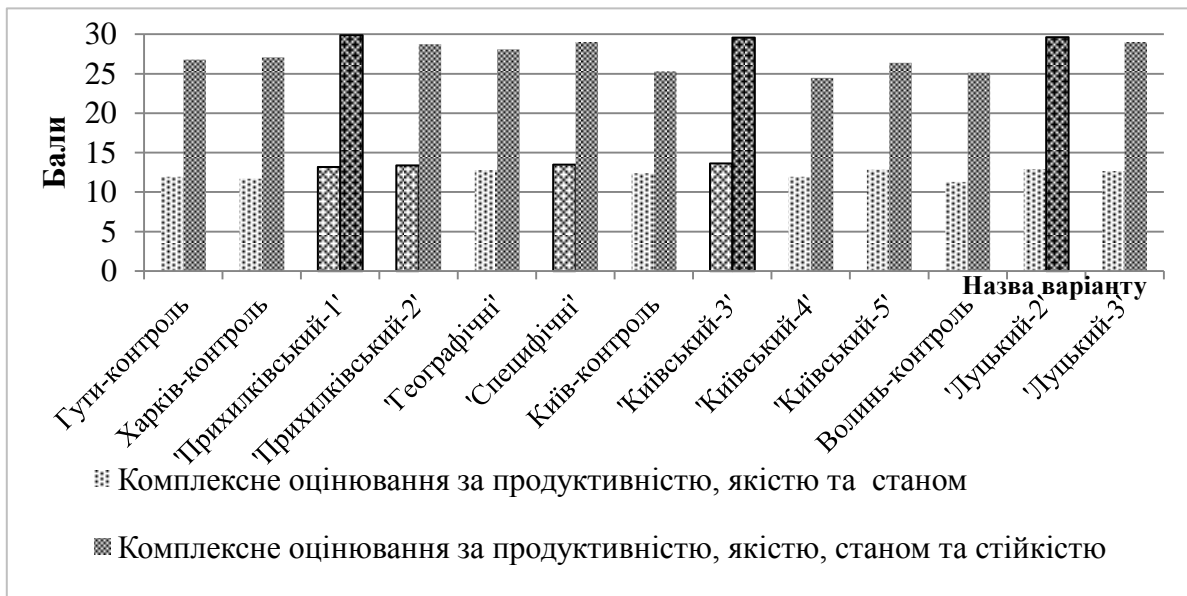
Аналіз відмінностей між потомствами кандидатів у сорти-популяції синтетичні й регіональним контрольним варіантом області свідчить, що всі походження КНП із Харківської області перевершують свій регіональний контроль лише за виходом живиці й одне ('Прихилківський-1') – за масою насіння; за рештою ознак, що свідчать про стійкість сосни до ураження кореневою губкою, вони поступаються контролю. Всі потомства КНП із Київської області були кращими від регіонального контролю за масою насіння й часткою пізньої деревини, одне потомство перевершувало його за щільністю хвої та два – за площею провідної системи хвої. За виходом живиці всі варіанти поступалися регіональному



контролю області (Київ-контроль). Потомства КНП із Волинської області перевершували свій регіональний контроль (Волинь-контроль) за всіма визначеними ознаками, за винятком показника площі провідної системи хвої.

Результати комплексного оцінювання варіантів за ознаками стійкості до ураження кореневою губкою (див. табл. 2) показали, що сім із дев'яти потомств КНП перевершують місцевий контроль ( $\Sigma B_1 = 14,9$ ) за сумою отриманих балів (на 3–12 %). Слід також відзначити, що у варіантах 'Прихилківський-1' 'Луцький-2', 'Луцький-3' зафіксовано збільшення відмінностей із контролем (10 і 12 %, 8 і 12 %, 3 і 10 % відповідно), а в решти – зменшення (3–7 % і 7–14 % відповідно). Поступалися місцевому контролю за ознаками стійкості потомства 'Київський-4' (на 16 %) і 'Київський-5' (9 %).

Місцевий контрольний варіант відповідно до комплексного оцінювання потомств КНП у сортовипробних культурах сосни звичайної за стандартною методикою, що враховує показники росту, прямизну стовбура і стан, оцінено сумою балів, яка дорівнює 11,9 (див. табл. 1), а з урахуванням ознак стійкості до ураження кореневою губкою – 26,8 (див. табл. 1, 2). Згідно із запропонованою нами методикою, перспективними за першим варіантом оцінювання є потомства, сума балів оцінювання яких становить не менше ніж 13,2, а за другим – не менше ніж 29,5 (перевищення показника місцевого контрольного варіанта більше ніж на 10 %) (рис. 2).



**Рис. 2 – Перспективність потомств КНП сосни звичайної за різними шкалами комплексного оцінювання (перспективні варіанти виділено темнішим кольором)**

**Fig. 2 – Prospects of clonal seed orchard progenies of Scots pine according to different scales of comprehensive assessment (promising variants are highlighted in a darker colour)**

Аналіз отриманих результатів свідчить, що за показниками росту, прямизною стовбурів та станом лідерами є потомства КНП переважно з Харківської області: 'Прихилківський-1' ( $\Sigma B = 13,2$ ), 'Прихилківський-2' ( $\Sigma B = 13,4$ ), 'Специфічний' ( $\Sigma B = 13,5$ ) і один варіант із Київської області – 'Київський-3' ( $\Sigma B = 13,7$ ). Під час оцінювання з урахуванням ознак стійкості в ранжуванні варіантів за балами відбулися зміни, і перспективними ( $\Sigma B \geq 29,5$ ) за комплексом всіх досліджених ознак виявилися представники з усіх трьох областей – 'Прихилківський-1' ( $\Sigma B = 29,9$ ) (Харківська область), 'Київський-3' ( $\Sigma B = 29,6$ ) (Київська область), і 'Луцький-2' ( $\Sigma B = 29,6$ ) (Волинська область). Решта варіантів були умовно перспективними ( $\Sigma B = 11,9-12,9$ ;  $\Sigma B = 24,5-29,0$  відповідно).

За результатами комплексного оцінювання (Tereshchenko & Dyshko 2019) потомств КНП, вирощених з того ж садивного матеріалу, але в кліматичних умовах, що характеризуються більшою сумою річних температур і меншим зволоженням, на ділянці «Зміївського лісового господарства» лідером серед кандидатів у сорти-популяції синтетичні був варіант 'Географічний', який було визнано перспективним для вирощування в локальних умовах ділянки за ростом, прямизною стовбурів та станом. Автори прийшли до висновку, що походження західних регіонів в умовах Харківщини поступаються варіантам зі сходу та центру України. На жаль, оцінювання у сортовипробних культурах сосни звичайної на ділянці філії «Зміївського лісового господарства» на стійкість до кореневих гнилей не проводили. Це б дало змогу підтвердити або ж спростувати раціональність використання системи балового оцінювання на стійкість.

Аналіз результатів проведених досліджень дав змогу виявити відмінності між потомствами КНП і порівняти їх між собою. Застосування додаткових показників під час комплексного оцінювання є доцільним, оскільки дає можливість отримати детальнішу інформацію та оцінити дерева з погляду стійкості до ураження кореневою губкою. Зважаючи на невисоку диференціацію показників під час оцінювання потомств КНП вважаємо необхідним продовжити пошук маркерних ознак стійкості.

**Висновки.** Пошук ефективних маркерних ознак, які можна було би використовувати для діагностики та відбору дерев із підвищеною стійкістю до кореневої губки, залишається одним з важливих напрямів досліджень. Запропонований нами підхід, на відміну від традиційних методів, які передбачають лише визначення ростових характеристик та частки уражених хворобою дерев у насадженні, дає можливість відбирати дерева, які відрізняються від сприйнятливих до ураження кореневою губкою за комплексом ознак та потенційно є стійкішими.

За показниками росту, якості стовбурів та стану лідерами серед потомств КНП були варіанти зі сходу ('Прихилківський-1', 'Прихилківський-2', 'Специфічний') та центру ('Київський-3') України, тоді як із урахуванням ознак стійкості серед найкращих були представники всіх регіонів ('Прихилківський-1', 'Київський-3' і 'Луцький-2').

Результати проведеного дослідження потомства КНП сосни звичайної з різних регіонів України свідчить, що віддаленість місць росту материнських насаджень впливає на адаптивність та інтенсивність ростових процесів у ювенільному віці потомств.

Комплексне оцінювання кандидатів у сорти-популяції за шкалою балового оцінювання лісових деревних видів за інтенсивністю росту, прямизною стовбурів, станом та з урахуванням ознак стійкості до кореневої губки дасть можливість визначити потенційно найперспективніші з них для збору насіння та заготівлі живців та створювати високопродуктивні насадження із підвищеним фітоімунітетом до ураження кореневою губкою в умовах Лісостепової зони Харківської області.

#### **ПОСИЛАННЯ – REFERENCES**

Andreieva, V., Voitiuk, V., Kychyliuk, O., Hetmanchuk, A. 2020. Silvicultural and breeding evaluation of Scots pine half-siblings in Volyn region. Lesya Ukrainka Eastern European National University Scientific Bulletin. Series: Biological Sciences, 2(390): 8–15 (in Ukrainian).

Asiegbu, F. O., Adomas, A., Stenlid, J. A. N. 2005. Conifer root and butt rot caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. sl. Molecular plant pathology, 6 (4): 395–409.

Bilir, N., Prescher, F., Lindgren, D., Kroon, J. 2007. Variation in seed related characters in clonal seed orchards of *Pinus sylvestris*. In Seed Orchards Genetic Considerations on Function, Management and Seed Procurement. New Forests; Dordrecht: 36 (2): 187–199. <https://doi.org/10.1007/s11056-008-9092-9>

Carson, S. D. and Carson, M. J. 1989. Breeding for resistance in forest trees-a quantitative genetic approach. Annual Review of Phytopathology, 27(1): 373–395.

Deflorio, G., Horgan, G., Woodward, S., Fossdal, C. 2012. Gene expression and metabolism of phenolic compounds in Sitka spruce clones inoculated with *Heterobasidion annosum*. Proceeding of the XIII International Conference on Root and Butt Rot of Forest Trees. Firenze (FI) – S. Martino di Castrozza (TN), Italy, 4th–10th September 2012. University Press, Firenze, p. 17–21.

Dyshko, V. A. and Torosova, L. O. 2016a. Features of growth processes of Scots pine in plantation affected by root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 128: 134–142 (in Ukrainian).

Dyshko, V. A. and Torosova, L. O. 2016b. Peculiarities of morphometric and anatomical characteristics of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) in the stand affected by root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 129: 153–161 (in Ukrainian).

Dyshko, V. A., Ustskyy I. M., Mykhaylichenko O. A. 2015. Morphological and biochemical differences of trees with different resistance to annosum root rot. *Forestry and Forest Melioration*, 126: 218–224 (in Ukrainian).

Gori, Y., Camin, F., Cherubini, P., La Porta, N. 2011. Tree-ring as proxies of stress caused by *Heterobasidion parviporum* at three different mature stands in Trentino. XIII Conference "Root and Butt Rot of Forest Trees". IUFRO Working Party 7.02. 01: 62.

Haapanen, M., Velling, P., Annala, M. L. 1997. Progeny trial estimates of genetic parameters for growth and quality traits in Scots pine. *Silva Fennica*, 31(1): article id 5605. <https://doi.org/10.14214/sf.a8506>

Hammer, D. and Harper, D. A. 2001. Past: paleontological statistics software package for education and data analysis. *Palaeontologia electronica*, 4(1), 1–9.

Hayda, Y., Los, S., Yatsyk, R., Tereshchenko, L., Shlonchak, G., Mytrochenko, V., Neyko, I., Samodai, V., Smashnyuk, L., Klisz, M. 2019. Seed orchards in Ukraine: past, present and prospects for the future. *Folia Forestalia Polonica*, 61: 284–298.

Holmes R. J. 1994. *Dendrochronology Program Library-Users Manual*. University of Arizona, Tucson, AZ, USA.

IUFRO, 2017. *Proceedings of IUFRO Seed Orchard Conference 2017*, 4–6 September 2017, Bålsta, Sweden. Funda, T. & Hallingbäck, H. (Eds.).

Krynytskiy, G., Voytiuk, V., Andreeva, V. 2010. New approaches in groundwork of early diagnostic method of growth of posterities of plus trees of Scotch pine. The nature of Western Polissia and adjacent territories: collection of scientific works of the Volyn National University named after Lesya Ukrainka, 7: 107–117 (in Ukrainian).

Ladeyshchikova, E. I., Pobegailo, A. I., Bely, G. D. et al. 1974. On the causes of the predisposition of pine trees on old arable lands to disease. In: *Root rot*. Kharkiv. Prapor, p. 22–31 (in Russian).

Lindgren, D. 2013. Seed orchards and aspects on supporting tree breeding. In: *Challenges and Opportunities for the World's Forests in the 21st Century*. Springer, p. 481–487.

Los, S. A., Tereshchenko, L. I., Gayda, Yu. I., Ustimenko, P. M. 2014. State of forest genetic resources in Ukraine. Kharkiv, Planeta-Print, 138 p.

Marčiulynas, A., Sirgedaitė-Šežienė, V., Žemaitis, P., Baliuckas, V. 2019. The resistance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) half-sib families to *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 10(3): 287.

Mazhula, O. S. 2009. Test plantations of artificial varieties-populations of Scots pine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 19(11): 17–20 (in Ukrainian).

McKeand, S., Jett, J., O'Berry, S., Heine, A. 2017. New challenges for seed orchard management of loblolly pine in the southern US. *Proceedings of IUFRO Seed Orchard Conference, 2017*, p. 4–6.

Methodology of variety testing of forest tree species. Departmental test (new edition). 2020. [Los, S. et al.]. Kharkiv, URIFFM, 37 p. (in Ukrainian).

Musienko, S., Luk'yanets, V., Tarnopylska, O., Kobets, O., Babenko, V. 2018. Merchantability and assortment structure of pine stands affected by root rot in the Volyn Polissya region, Ukraine. *Central European Forestry Journal*, 64: 96–103.

Napierala-Filipiak, A. and Filipiak, M. 2012. Higher resistance of the offspring of Scots pine trees resulting from natural regeneration in old foci of *Heterobasidion annosum* root rot. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 27(8): 794–799.

Osadchuk, L. S. 2013. Morphological and anatomical parameters of Scots pine needles in trees of different categories of resin productivity. *Scientific Bulletin of UNFU*, 23.8: 18–22 (in Ukrainian).

Rieksts-Riekstīns, R., Zeltīns, P., Baliuckas, V., Bruna, L., Zaluma, A., Kapostīns, R. 2019. *Pinus sylvestris* breeding for resistance against natural infection of the fungus *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 11: 23.

Sierota Z. 2013. *Heterobasidion* root rot in forests on former agricultural lands in Poland: Scale of threat and prevention. *Scientific Research and Essays*, 8 (47): 2298–2305.

Skrøppa, T., Solheim, H., Hietala, A. 2015. Variation in phloem resistance of Norway spruce clones and families to *Heterobasidion parviporum* and *Ceratocystis polonica* and its relationship to phenology and growth traits. *Scandinavian Journal of Forest Research*, 30: 103–111.

Tereshchenko, L. I. and Dyshko, V. A. 2019. Results of 20-year testing of candidates to synthetic varieties-populations of Scots pine in conditions of Zmiyivske Forestry Enterprise in Kharkiv Region. *Forestry and Forestry Melioration*, 134: 33–42 (in Ukrainian). <https://doi.org/10.33220/1026-3365.134.2019.33>

Tkachuk, V. I. and Ustsky, I. M. 2002. Soil conditions of pine plantations in Zhytomyr region affected by root rot. *Scientific Bulletin of UNFU*, 12(4): 143–150 (in Ukrainian).

Vázquez-González, C., Zas, R., Erbilgin, N., Ferrenberg, S., Rozas, V., Sampedro, L. 2020. Resin ducts as resistance traits in conifers: linking dendrochronology and resin-based defences. *Tree Physiology*, 40 (10): 1313–1326.

Dyshko V.<sup>1</sup>, Oszako T.<sup>2</sup>, Borowik P.<sup>2</sup>

**COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF SCOTS PINE CLONE SEED ORCHARD PROGENIES BY GROWTH CHARACTERISTICS AND RESISTANCE TRAITS IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF KHARKIV REGION**

<sup>1</sup>*Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky*

<sup>2</sup>*Forest Research Institute, Poland*

The 20-year-old variety-tests of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.), represented by seed progeny of clonal seed orchards (CSOs) and general collection of plantations of state enterprises from Volyn, Kyiv and Kharkiv regions, were examined. In each variant, 20 trees were selected and examined for growth characteristics (height and diameter), trunk straightness, condition, as well as for traits related to pine resistance to the root rot (seed weight, density of needles on shoots, parameters of the conductive system of needles in the mid-section, width of layers of late and early wood, intensity of oleoresin release from micro-wounds). A comprehensive assessment of the CSOs progeny presented at the site was carried out according to the standard methodology, which provides for the assessment of growth characteristics, trunk straightness and condition, as well as the proposed modified scale, taking into account the potential of tree resistance to root rot. In the evaluation of seed progenies of CSO using the standard methodology, the leaders were mainly from the east of Ukraine, while according to the modified methodology, the leaders were from all three regions. The use of resilience traits in the complex assessment of the progeny of plus and best trees and populations will allow to propose new varieties of forest tree species for the creation of plantations with increased resistance.

**Key words:** varieties-populations, *Heterobasidion annosum*, “conditionally resistant” trees.

*E-mail: valya\_dishko@ukr.net*

*Одержано редколегією 12.09.2023*