

## **СЕЛЕКЦІЯ, ДЕНДРОЛОГІЯ**

УДК 630.174.175;181.36.416.16

<https://doi.org/10.33220/1026-3365.135.2019.58>



**В. А. ДИШКО, І. М. УСЦЬКИЙ, О. А. МИХАЙЛИЧЕНКО**

### **ОСОБЛИВОСТІ МОРФОЛОГІЧНИХ І БІОМЕТРИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕПРОДУКТИВНИХ ОРГАНІВ СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ РІЗНОЇ СТІЙКОСТІ В НАСАДЖЕННЯХ, УРАЖЕНИХ КОРЕНЕВОЮ ГУБКОЮ**

*Український науково-дослідний інститут лісового господарства та агролісомеліорації ім. Г. М. Висоцького*

Висвітлено результати дослідження морфологічних та біометричних характеристик дерев сосни звичайної різного санітарного стану в уражених кореневою губкою насадженнях V і VI класів віку. В осередках усихання відібрано дерева без ознак ослаблення («стійкі») та з ознаками хвороби («хворі»), а в міжосередковому просторі – середні за таксаційними показниками дерева I категорії санітарного стану – контроль. Оцінювали якісні й кількісні характеристики шишок, насіння, крилаток (забарвлення, розміри, форму та масу). Розміри генеративних органів сосни з підвищеною резистентністю виявилися більшими, ніж у дерев із ознаками хвороби та контрольних, що є наслідком адаптації дерева до відкритого простору прогалини на тлі розвитку патологічних процесів і з генетичними особливостями сосни пов'язано мало. Дерев з підвищеною резистентністю в осередках усихання характеризуються суттєво більшою варіабельністю показників діаметра ( $Cv = 21,2...27,4\%$ ), ніж «хворі» ( $Cv = 8,9...12,1\%$ ).

Ключові слова: сосна звичайна, коренева губка *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref., осередок усихання, «стійкі» дерева, «хворі» дерева, «здорові» дерева, шишки, насіння.

**Вступ.** У соснових насадженнях, уражених кореневою губкою (*Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. s. l.), із тривалим розвитком осередків усихання, поряд з інтенсивним патогенним відпадом трапляються поодинокі життєздатні дерева, іноді – їхні групи. Такі дерева були предметом вивчення низки вчених не лише в Україні, але й у країнах Західної Європи (Shigo 1984), США, Італії (Capretti et al. 2013) та Російської Федерації (Maksimov 2004, Tarakanov et al. 2012). В УкрНДЛГА також досліджували стійкі дерева у соснових насадженнях, що всихають від кореневої губки (Chernykh 1965, Ladeyshchikova et al. 1978, Ladeyshchikova 1980, Bulat 2006, Dyshko & Torosova 2016). Завдяки спільним зусиллям учених визначено й охарактеризовано основні й супутні ознаки стійкості дерев сосни до кореневої губки та запропоновано методики діагностування й відбору дерев із підвищеною резистентністю (Chernykh 1965, Ladeyshchikova 1980, Ustskiy 1988, Bulat 2006, Capretti et al. 2013, Tarakanov et al. 2012), окремі з них запатентовано (Sposob otbora 1984, Sposib henetychnoho vidboru 2012). Дерев, які зберігають життєздатність у відкритому просторі осередку усихання, відзначаються потужними горизонтальними коренями з недостатньо розвиненим стрижневим, добрим приростом за діаметром і сповільненим приростом за висотою, більшим накопиченням пізньої деревини та вищою межою розташування грубої кори. Вміст екстрактивних речовин, розчинних в ацетоні та хлороформі, у лубі та хвої дерев, не сприйнятливих до кореневої губки, та їхня смолистість є більшими, ніж у хворих (Ladeyshchikova et al. 1978, Ustskiy 1988, Dyshko et al. 2015).

Унаслідок тривалого розвитку патологічних процесів у соснових насадженнях відбувається природна диференціація дерев за станом. Незважаючи на це, діагностування дерев для визначення їхньої резистентності до появи та розвитку осередків усихання в деревостані залишається складним. Так, використання генетичних маркерів резистентності сосни і ялини до кореневої губки не дає чіткої ідентифікації стійких генотипів, а ступінь сприйнятливості сосни до *Heterobasidion annosum* суттєво різниться й залежить від генотипу дерева-живителя та експресії генів, які пов'язані з метаболізмом та іншими функціями захисту клітин (Asiegbu et al. 2003, Marčiulynas et al. 2019). Таким чином, умовно стійкі дерева виявляють насамперед за допомогою морфологічних та фітопатологічних методів (Adomas et al. 2007, Marčiulynas et al. 2019). Виявлення хворих дерев сосни в осередках кореневої губки є значно простішим завданням, ніж визначення таких дерев у ялинових насадженнях, оскільки в сосни коренева губка поширюється не вище рівня кореневої шийки,

утворюючи суцільну коренево-окоренкову гниль, а в ялини – піднімається ядром стовбура на висоту 5–6 м і на життєдіяльність дерева не впливає (Negrutskiy 1986), що заважає ідентифікації осередків до появи плодкових тіл. Зважаючи на те, що стійкість до розвитку хвороби окремих дерев активної частини осередку часто зумовлена добре розвиненим стрижневим коренем, а у відкритому просторі прогалини – потужним горизонтальним корінням (Ustskiy 2017), для визначення ступеня ураження дерев необхідно розкопування їхніх корневих систем, що не є доцільним. Складність таких досліджень спонукає до пошуку інших, доступніших та ефективніших, методів ідентифікації стійких дерев, використання яких дасть можливість визначати дерева з підвищеним потенціалом стійкості до кореневої губки не лише в осередках, але й у неуразених хворобою насадженнях на різних етапах онтогенезу. З урахуванням слабкої кореляції між резистентністю сосни й таксаційними показниками дерев (Pastukhova et al. 2015), перспективним може бути вивчення морфологічних і біометричних характеристик репродуктивних органів сосни. За даними Л. Ф. Поплавської та С. В. Ребко (Poplavskaya & Rebko 2013), дерева з підвищеною стійкістю в осередках усихання добре плодоносять, мають жіночий тип сексуалізації й характеризуються шишками широкої форми з гладким або пірамідальним апофізом. Також відомо про кращу адаптивність садивного матеріалу, вирощеного з насіння темних відтінків (чорного, чорно-сірого, коричневого) (Novikova 2007, Chemeris & Boyko 2008).

*Метою проведених досліджень* було виявлення зв'язків між ступенем стійкості дерев сосни звичайної до ураження кореневою губкою та морфологічними особливостями шишок і насіння.

**Матеріали й методи.** Дослідження проведено в чистих соснових насадженнях сосни звичайної V і VI класів віку, уражених кореневою губкою, які знаходяться на території Дергачівського (Варіант 1 – 21 дерево) та Липецького (Варіант 2 – 22 дерева) лісництв Харківської ЛНДС. В осередках усихання відбирали модельні дерева, які за зовнішніми ознаками відповідали I категорії санітарного стану (Sanitarni pravyla 2016), – «стійкі», та дерева, які віднесені до III–IV категорій стану – «хворі». У зімкнених фрагментах міжосередкового простору відбирали контроль – дерева I категорії стану з діаметрами, близькими до середнього показника в насадженні. В усіх відібраних дерев визначали висоту, діаметр (Hrom 2007) та інтенсивність плодоношення, а також заготовляли зразки шишок для дослідження їхніх біометричних та морфологічних характеристик. Облік плодоношення модельних дерев проводили за бальною шкалою оцінки В. Г. Каппера (Hordiyenko et al. 2005) згідно з якою: 0 – плодоношення відсутнє, 1 – плодоношення дуже слабке; 2 – слабке; 3 – середнє; 4 – добре; 5 – рясне. Форму апофізів, а також забарвлення шишок, насіння й крилаток визначали за шкалами Л. Ф. Правдіна (Pravdin 1964). За забарвленням шишок виділено три категорії (коричневі, бежеві та сірі), насіння – п'ять (жовте, бежеве, коричневе, чорне, строкате), крилаток – чотири (жовті, світло-коричневі, коричневі, темно-коричневі). Класифікацію форми апофізів шишок було здійснено за Л. Ф. Правдіним (Pravdin 1964) із виділенням трьох основних форм: *f. plana* С. (а), *f. gibba* С. (б) і *f. reflexa* С. (в). Для *f. Gibba* С. і *f. reflexa* С. виокремлено проміжні форми (відповідно  $\bar{b}_1, \bar{b}_2, \bar{b}_3$  і  $v_1, v_2$ ). Для кожної групи дерев визначали співвідношення часток кожної форми у відсотках.

Для визначення біометричних характеристик із загального збору кожного дерева відбирали зразки шишок (50 шт.). За допомогою штангенциркуля вимірювали довжину та ширину останніх. Дрібними вважали шишки завдовжки менше ніж 40 мм, середніми – завдовжки 40–50 мм, великими – завдовжки більше ніж 50 мм (Pravdin 1964). Через співвідношення довжини й ширини шишок визначали коефіцієнт їхньої форми та розподіляли на категорії (Pravdin 1964): видовжені –  $K_{ф-ш} = 2,5-3,0$ ; широкі –  $K_{ф-ш} = 2,0-2,5$ ; яйцеподібні –  $K_{ф-ш} = 1,5-2,0$ ; круглі –  $K_{ф-ш} = 1-1,5$ . Дисиметричну мінливість форми шишок визначали за методикою А. В. Хохріна (Khokhrin 1970). Рахували кількість правих і лівих парастих. Лівосторонніми формами (L) вважали шишки, в яких у лівому напрямку

8 парастих, а в правому – 5, а правосторонніми (*D*) – навпаки (відповідно 5/8; 8/5). У кожному зразку визначали частки *L* і *D* форм.

Для визначення розмірів насіння (довжина й ширина) і крилаток (довжина) також відбирали зразки насіння від кожного дерева (по 50 шт.). Розраховували коефіцієнт форми насіння ( $K_{ф-н}$ ) аналогічно коефіцієнту форми шишок (Pravdin 1964) і розподіляли насіння за категоріями: довгасте ( $K_{ф-н} = 2,0-1,8$ ), овальне ( $K_{ф-н} = 1,7-1,8$ ), широкоовальне ( $K_{ф-н} = 1,0-1,7$ ).

Масу шишок і насіння визначали на електронних вагах «AXIS». Для зважування шишок із кожного дерева відбирали 3 зразки по 10 шишок, середню масу однієї шишки  $m_{ш}$  визначали як середнє арифметичне зразків, поділене на 10. Масу насінин  $m_n$  визначали для 1000 шт.

Варіювання показників оцінювали за шкалою С. О. Мамаєва (Mamayev 1972): коефіцієнт варіювання дуже низький (до 7 %), низький (8–12,5 %), середній (13–20 %), підвищений (21–30 %), високий (31–40 %), дуже високий (більше 40 %). Отримані дані оброблено статистично в програмі MS Excel.

**Результати та обговорення.** Результати дослідження (табл. 1) свідчать, що середня висота модельних дерев сосни звичайної (контроль), відібраних у міжосередковому просторі насадження, ураженого кореневою губкою, – 27,0 м (Варіант 1) і 26,7 м (Варіант 2), а діаметр – 26,6 см і 25,4 см відповідно. «Стойкі» й «хворі» дерева з осередку всихання характеризуються меншою середньою висотою, ніж контрольні (відставання – на 2,6–10,1 %). Середній діаметр «стійких» був більшим, ніж на контролі, в обох варіантах (Варіант 1 – перевищення на 15 %; Варіант 2 – перевищення на 10 %), а «хворих» – лише у Варіанті 2 (перевищення на 13 %). Під час порівняння таксаційних показників дерев, відібраних в осередку всихання, виявлено, що середня висота «стійких» дерев в обох варіантах була меншою, ніж «хворих» (на 3 і 8 % відповідно). Середній діаметр «стійких» дерев у Варіанті 1 був більшим, ніж у «хворих», на 15,7 %, а у Варіанті 2 – меншим на 2,5 %.

Таблиця 1

**Таксаційні показники груп дерев із різною стійкістю до кореневої губки**

Показник	Контроль		«Стойкі»		«Хворі»		<i>t</i> *	
	$X_{сеп} \pm m$	$C_v, \%$	$X_{сеп} \pm m$	$C_v, \%$	$X_{сеп} \pm m$	$C_v, \%$	«Стойкі» – контроль	«Стойкі» – «хворі»
Варіант 1 (Дергачівське лісництво)								
Кількість дерев, шт.	5	–	10	–	7	–	–	–
Висота, м	27,0 ± 0,45	3,8	24,5 ± 0,33	4,3	25,3 ± 0,49	5,2	<b>-4,4</b>	-1,3
Діаметр, см	26,6 ± 0,70	5,9	31,3 ± 2,71	27,4	26,4 ± 0,89	8,9	1,6	1,7
Варіант 2 (Липецьке лісництво)								
Кількість дерев, шт.	7	–	8	–	7	–	–	–
Висота, м	26,7 ± 0,67	4,3	24,0 ± 1,00	7,2	26,0 ± 0,58	3,8	<b>-2,2</b>	-1,7
Діаметр, см	25,4 ± 0,95	9,9	28,3 ± 2,12	21,2	29,0 ± 1,44	12,1	1,3	-0,3

\*Показники порівнювали між собою за критерієм Стьюдента (грубим шрифтом виділено  $t > t_{Cr} = 2,13$ ;  $p \leq 0,05$ ).

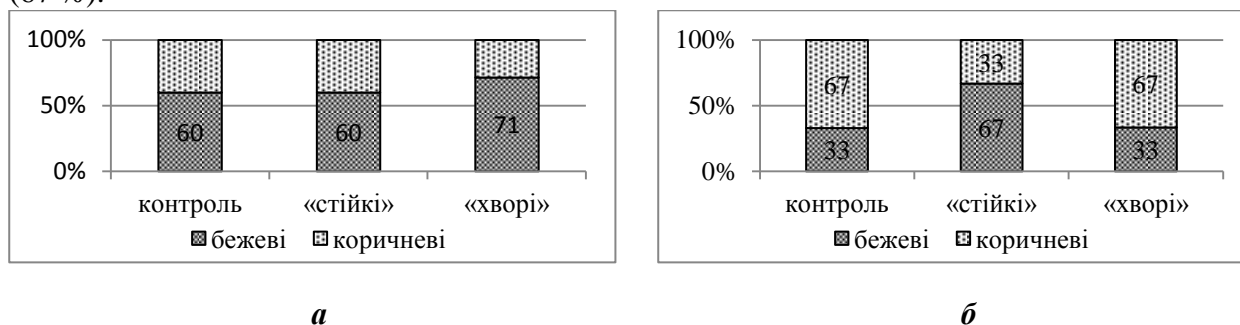
На особливості таксаційних показників «стійких» і «хворих» дерев можуть впливати як умови їхнього виростання, так і розвиток хвороби. Для «стійких» дерев характерним є розташування на відкритому просторі прогалін і відсутність конкуренції, а для «хворих» – порушення фізіологічних функцій, яке позначається на життєдіяльності та ростових характеристиках.

Варіювання висоти у групах «стійких» та «хворих» дерев, як і на контролі, оцінено показниками дуже низького рівня ( $C_v = 3,8...7,2 \%$ ). Варіювання показників діаметрів «стійких» дерев було підвищеним (Варіант 1 –  $C_v = 27,4 \%$ ; Варіант 2 –  $C_v = 21,2 \%$ ), а

«хворих» – низьким і середнім (Варіант 1 –  $C_v = 8,9\%$ ; Варіант 2 –  $C_v = 12,1\%$ ). Така варіабельність, на нашу думку, може бути зумовлена не лише станом кореневих систем та екологічними особливостями прогалін, але й індивідуальними властивостями дерев.

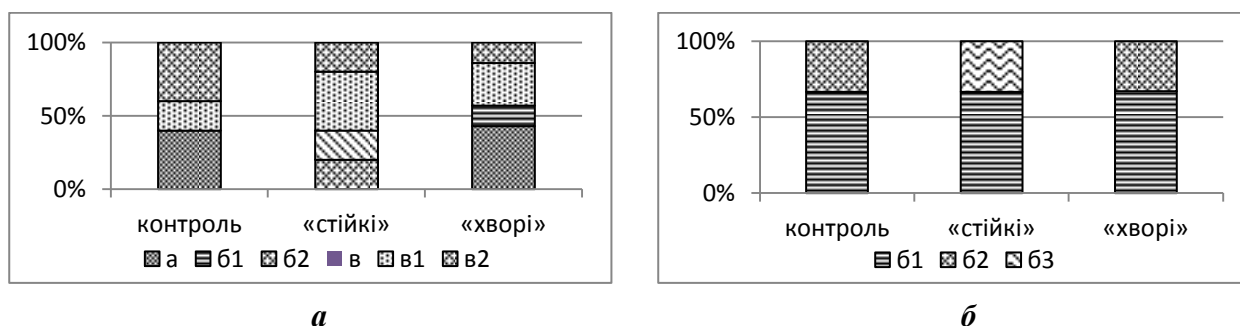
Інтенсивність плодоношення контрольних дерев в обох варіантах оцінено як дуже слабку (60 %) і слабку (40 %). Показники «стійких» дерев були вищими, ніж «хворих». Серед «стійких» частка дерев із середнім ступенем плодоношення становить 30 %, добрим – 50 % і рясним – 20 %, а серед «хворих» – із середнім – 60 % і добрим – 40 %.

Шишки відібраних модельних дерев усіх груп мали бежеве та коричневе забарвлення. Більшість «стійких» і «хворих» дерев із Варіанта 1 (рис. 1а) мають шишки бежевого кольору (60 та 71 % відповідно). У Варіанті 2 (рис. 1б) серед «стійких» переважають дерева з шишками бежевого кольору (67 %), а серед «хворих» – із коричневими (67 %). На контролі у Варіанті 1 виявлено більше дерев із бежевими шишками (60 %), у Варіанті 2 – з коричневими (67 %).



**Рис. 1 – Особливості розподілу дерев у групах різного стану за забарвленням шишок:**  
 а – Варіант 1; б – Варіант 2

Зважаючи на те, що в Білорусі під час відбору дерев сосни на стійкість до кореневої губки надають перевагу ширококронним соснам із гачкуватим апофізом шишок (Poplavskaya & Rebko 2013), проаналізовано розподіл дерев за формою апофіза в групах «стійких» та «хворих» дерев. У насадженнях зафіксовано дерева з апофізами насінних лусок типу *f. plana* С. (а), *f. gibba* С. ( $\bar{b}_1$ ,  $\bar{b}_2$ ,  $\bar{b}_3$ ) і *f. reflexa* С. (в,  $v_1$ ,  $v_2$ ). Розподіл дерев у варіантах (рис. 2) свідчить, що «стійкі» дерева із Варіанта 1 (рис. 2а) мали апофізи шишок типу *f. gibba* С. ( $\bar{b}_2$  – 20 %) і *f. reflexa* С. (в – 20 %,  $v_1$  – 40 %,  $v_2$  – 20 %), «хворі» – *f. plana* С. (а – 43 %), *f. gibba* С. ( $\bar{b}_2$  – 14 %) і *f. reflexa* С. ( $v_1$  – 29 %,  $v_2$  – 14 %). Дерев на контролі представлені формами типу *f. plana* С. (а – 40 %) і *f. reflexa* С. ( $v_1$  – 20 %,  $v_2$  – 40 %). У Варіанті 2 апофізи насінних лусок у всіх дерев мали тип *f. gibba* С., серед них розрізняли проміжні форми ( $\bar{b}_1$ ,  $\bar{b}_2$ ,  $\bar{b}_3$ ). У групі



**Рис. 2 – Особливості розподілу дерев у групах різного стану за формою шишок:**  
 а – Варіант 1; б – Варіант 2

«стійких» і «хворих» дерев, як і на контролі, переважають дерева з апофізами типу  $\bar{b}_1$  (67 %). Результати дослідження, отримані на прикладі Варіанта 1, співпадають із результатами (Poplavskaya & Rebko 2013), а у Варіанті 2 – ні. Результати окомірного оцінювання показали,

що в більшості «стійких» дерев розміри пірамідок і гачків були виразнішими, ніж у «хворих».

Дерева в насадженнях характеризуються видовженою (Варіант 1 – 9 %; Варіант 2 – 11 %), широкою (Варіант 1 – 66 %; Варіант 2 – 66 %) та яйцеподібною (Варіант 1 – 28 %; Варіант 2 – 22 %) формами шишок. Результати проведених досліджень показали (табл. 2), що в обох варіантах серед «стійких» дерев переважають форми з широкими шишками (70 і 66,7 % для Варіанта 1 і 2 відповідно). У «хворих» дерев Варіанта 1 частки дерев із широкими та яйцеподібними шишками є рівними (43 %), решту становлять форми з видовженими шишками (14,3 %), а у Варіанті 2 відзначено перевагу дерев із широкими шишками (66,7 %), тоді як дерева з яйцеподібними шишками становлять половину від цієї кількості (33,3 %). У контрольних варіантах зафіксовано перевагу дерев із широкими шишками (відповідно 80 і 66,7 %). Результати проведених досліджень показали, що дерева з широкими шишками досить часто трапляються як серед «стійких», так і серед хворих «дерев», тому стверджувати про більшу стійкість дерев із такими формами шишок не можна. Ефективність використання цієї ознаки для діагностування стійких до патогенних факторів дерев вважаємо сумнівною.

Таблиця 2

**Біометричні та морфологічні характеристики шишок сосни звичайної у дерев із різним ступенем стійкості до кореневної губки**

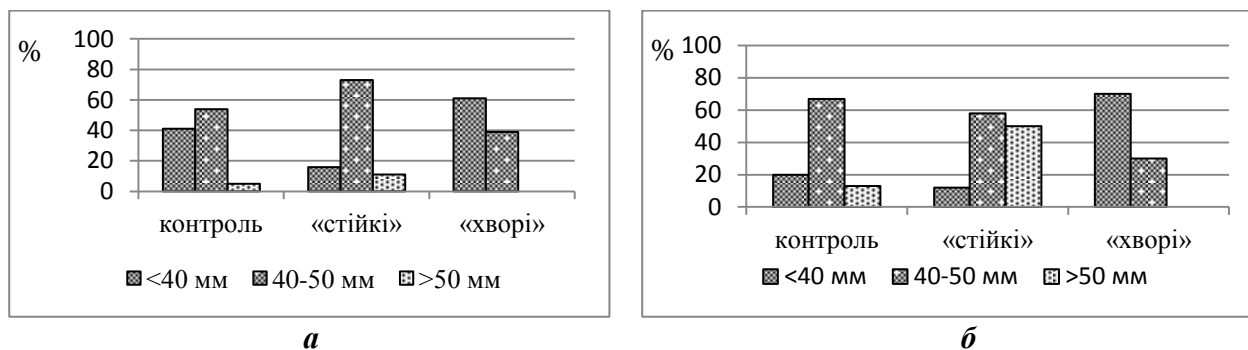
Показник	Варіант	Контроль		«Стойкі»		«Хворі»		<i>t</i> *	
		$X_{\text{ср}} \pm m$	$C_v, \%$	$X_{\text{ср}} \pm m$	$C_v, \%$	$X_{\text{ср}} \pm m$	$C_v, \%$	«Стойкі» – контроль	«Стойкі» – «хворі»
Довжина шишок, мм	1	37,4 ± 0,4	15,8	44,3 ± 0,3	12,0	37,2 ± 0,4	14,4	<b>13,1</b>	<b>13,9</b>
	2	44,0 ± 1,29	5,1	46,8 ± 2,54	9,4	37,7 ± 1,96	9,4	<b>-3,5</b>	<b>11,7</b>
Ширина шишок, мм	1	17,9 ± 0,2	14,2	20,4 ± 0,1	11,9	17,9 ± 0,2	14,9	<b>12,8</b>	<b>11,7</b>
	2	19,7 ± 1,43	12,6	21,1 ± 0,79	6,4	17,7 ± 0,17	1,6	<b>-3,3</b>	<b>10,9</b>
Маса 1 шишки, г	1	6,0 ± 0,85	31,3	7,9 ± 0,67	26,8	5,3 ± 0,48	26,0	1,7	<b>2,8</b>
	2	7,3 ± 0,30	39,9	8,7 ± 0,28	31,1	4,8 ± 0,13	25,9	-3,4	<b>12,6</b>
Дисиметрична мінливість шишок	1	<i>D</i> – 51 %; <i>L</i> – 49 %		<i>D</i> – 48 %; <i>L</i> – 52 %		<i>D</i> – 60 %; <i>L</i> – 40 %		–	–
	2	<i>D</i> – 56 %; <i>L</i> – 43 %		<i>D</i> – 35 %; <i>L</i> – 65 %		<i>D</i> – 70 %; <i>L</i> – 30 %		–	–
Форма шишок за коефіцієнтом форми	1	широка – 80 % яйцеподібна – 20 %		видовжена – 10 % широка – 70 % яйцеподібна – 20 %		видовжена – 14,3 % широка – 42,9 % яйцеподібна – 42,9 %		–	–
	2	видовжена – 33,3 % широка – 66,7 %		широка – 66,7 % яйцеподібна – 33,3 %		широка – 66,7 % яйцеподібна – 33,3 %		–	–

\*Показники порівнювали між собою за критерієм Стьюдента (грубим шрифтом виділено  $t > t_{\text{Cr}} = 2,58$ ;  $p \leq 0,05$ ).

Дослідження дисиметричної мінливості форм шишок (*L* і *D*), яку визначають за співвідношенням лівих і правих парастих, свідчить, що в «стійких» дерев у більшості шишок (Варіант 1 – 52 %, Варіант 2 – 65 %) переважали ліві парастихи, а у «хворих» – праві (Варіант 1 – 60 %, Варіант 2 – 70 %). На контролі частки *L* і *D* форм були майже однаковими, відмінності між ними не перевищували 4 %.

Середня довжина шишок, зібраних із контрольних дерев першого насадження, – 37,4 см, а другого – 44,0 см, середня ширина – 17,9 і 19,7 см відповідно, середня маса однієї шишки – 6,0 і 7,3 г відповідно. Розміри шишок та їхня маса були більшими, ніж на контролі, в «стійких» дерев на 6–24 %, у «хворих» – на 12–45 %, що підтверджено статистично ( $p \leq 0,01$ ). Варіювання розмірів шишок характеризується середніми показниками за шкалою С. А. Мамаєва ( $C_v = 5,1 \dots 15,8 \%$ ), тоді як маса – підвищеними і високими ( $C_v = 25,9 \dots 39,9 \%$ ).

Розподіл шишок за категоріями довжини показав, що в дерев із неуразеної частини насадження (контроль) зафіксовано великі, середні й дрібні шишки (рис. 3). У дерев із підвищеною резистентністю, як і на контролі, трапляються дрібні (Варіант 1 – 16 %, Варіант 2 – 12 %), середні (Варіант 1 – 73 %, Варіант 2 – 58 %) і великі (Варіант 1 – 11 %, Варіант 2 – 30 %) шишки, тоді як у «хворих» – дрібні (Варіант 1 – 61 %, Варіант 2 – 70 %) і середні (Варіант 1 – 39 %, Варіант 2 – 30 %).



**Рис. 3 – Розподіл шишок сосни звичайної за довжиною в групах дерев різного стану:  
а – Варіант 1; б – Варіант 2**

«Стійкі» дерева з Варіанта 1 представлені формами з бежевим (20 %), коричневим (10 %), чорним (20 %) і строкатим (30 %) насінням, а «хворі» – з коричневим (29 %), чорним (14 %) і строкатим (57 %). У Варіанті 2 «стійкі» дерева на 100 % представлені формами з чорним насінням, а «хворі» – формами з чорним (33,3 %) і строкатим (66,7 %). Аналіз отриманих результатів свідчить, що серед «стійких» більше дерев із чорним насінням (Варіант 1 – 40 %, Варіант 2 – 100 %), а серед «хворих» – зі строкатим (Варіант 1 – 57 %, Варіант 2 – 66%). Контрольні дерева у Варіанті 1 представлені формами з бежевим (20 %), чорним (60 %) і строкатим (20 %) насінням, а у Варіанті 2 – з чорним (33,3 %) і строкатим (66,7 %).

«Стійкі» й «хворі» дерева з першого насадження (Варіант 1) представлені формами зі світло-коричневими (14 і 40 % відповідно), коричневими (43 і 30 % відповідно) і темно-коричневими (43 і 30 % відповідно) крилатками, а в другому насадженні (Варіант 2) серед «стійких» траплялися лише дерева з коричневими крилатками (100 %), а серед «хворих» – зі світло-коричневими (33,3 %), коричневими (33,3 %) і темно-коричневими (33,3 %). На контролі в першому насадженні крилатки мали світло-коричневе (20 %), коричневе (40 %) і темно-коричневе (40 %) забарвлення, а у Варіанті 2 – коричневе (33,3 %) і темно-коричневе (66,7 %).

Насіння в «стійких» і «хворих» дерев (табл. 3) з першого насадження (Варіант 1) мало довгасту, овальну й широкоовальну форму; в обох групах переважають дерева з насінням овальної форми (72 і 70 % відповідно). У другому насадженні (Варіант 2) форма насіння дерев в обох групах – довгаста (100 %). На контролі представлені дерева з насінням довгастої та овальної форми.

Середня довжина й ширина насіння, зібраного зі «стійких» дерев (табл. 3), його маса (1000 шт. насінин) та середня довжина насінневих крилаток були суттєво ( $p \leq 0,01$ ) більшими, ніж у «хворих», відмінності між групами становили 8–25 %. У контрольних дерев показники досліджених ознак були меншими, ніж у «стійких», але не поступалися «хворим». Порожнє насіння зафіксовано у всіх без винятку дерев, що, ймовірно, пов'язане з комплексом еколого-біологічних факторів і від стану дерев залежить мало. У зразках «стійких» дерев відсоток порожнього насіння варіюється від 6,0 до 36,4 %, у «хворих» – від 0,15 до 33,0 %. У контрольних варіантах частка порожнього насіння варіюється від 1,7 до 75,8 %. Слід зазначити, що в більшості зразків (78 %) частка порожнього насіння не перевищує 10 % від загальної його кількості. Найбільшу частку порожнього насіння зафіксовано в здорового

дерев з міжосередкового простору (75 %). Результати дослідження ще раз підтвердили, що пригнічення фізіологічних процесів у дерев, уражених кореневою губкою, та особливості світлового й теплового режиму дерев на відкритому просторі галявин впливають на генеративну сферу, зокрема на біометричні показники шишок, насіння та його масу.

Таблиця 3

**Характеристики груп дерев різного стану за показниками насіння та крилаток**

Показник	Варіант	Контроль		«Стійкі»		«Хворі»		<i>t</i> *	
		$X_{\text{сеп}} \pm m$	$C_v, \%$	$X_{\text{сеп}} \pm m$	$C_v, \%$	$X_{\text{сеп}} \pm m$	$C_v, \%$	«Стійкі» – контроль	«Стійкі» – «хворі»
Довжина насіння, мм	1	4,6 ± 0,05	7,5	4,8 ± 0,06	6,8	4,1 ± 0,05	7,0	<b>2,56</b>	<b>8,96</b>
	2	4,6 ± 0,05	8,1	4,7 ± 0,06	10,4	4,3 ± 0,04	6,4	1,28	<b>5,55</b>
Ширина насіння, мм	1	2,4 ± 0,04	8,5	2,7 ± 0,05	10,1	2,4 ± 0,04	9,4	<b>4,69</b>	<b>4,69</b>
	2	2,5 ± 0,03	9,3	2,6 ± 0,04	11,5	2,2 ± 0,02	8,6	<b>2,0</b>	<b>8,94</b>
Довжина крилатки, мм	1	16,1 ± 0,88	26,7	17,7 ± 0,28	8,8	15,4 ± 0,26	7,9	1,73	<b>6,02</b>
	2	17,1 ± 0,21	9,6	19,1 ± 0,23	9,2	15,3 ± 0,24	12,2	<b>6,42</b>	<b>11,43</b>
Маса насіння (1000 шт.)	1	8,1 ± 0,32	8,9	9,4 ± 0,40	13,3	7,0 ± 0,40	15,2	<b>2,54</b>	<b>4,24</b>
	2	6,9 ± 0,36	8,9	7,7 ± 0,62	13,9	6,0 ± 0,18	6,8	1,12	<b>2,63</b>
Частка порожнього насіння, % (min–max)	1	1,7–20,0	–	4,2–36,4	–	0,15–28,6	–	–	–
	2	14,0–75,8	–	6,0–9,0	–	2,0–33,0	–	–	–
Форма насіння за коефіцієнтом форми	1	довгаста – 40 % овальна – 60 %		довгаста – 20 % овальна – 70 % широкоовальна – 10 %		довгаста – 14 % овальна – 72 % широкоовальна – 14 %		–	–
	2	довгаста – 33 % овальна – 67 %		довгаста – 100 %		довгаста – 100 %		–	–

\*Показники порівнювали між собою за критерієм Стьюдента (грубим шрифтом виділено  $t > t_{\text{Cr}} = 2,02$ ;  $p \leq 0,05$ ).

**Висновки.** Дерев сосни звичайної в осередках кореневої губки характеризуються пригніченням росту у висоту проти контрольних, але не поступають їм за показниками діаметрів. Середня висота «стійких» дерев є меншою, ніж у «хворих», а діаметр – більшим. Варіювання значень діаметра «стійких» дерев є більшим, ніж «хворих».

Суттєвих відмінностей за морфологічними особливостями шишок і насіння (забарвлення, форма) у дерев із підвищеною резистентністю та сприйнятливих до хвороби не виявлено. Водночас у групі «стійких» дерев простежується тенденція щодо переважання форм із чорним насінням (Варіант 1 – 40 %; Варіант 2 – 100 %), а в групі «хворих» – зі строкатим (Варіант 1 – 57 %; Варіант 2 – 66 %).

За забарвленням крилаток суттєвих відмінностей між «стійкими» та «хворими» деревами не зареєстровано, при цьому серед перших більше дерев із коричневими й темно-коричневими крилатками, а серед других – зі світло-коричневими.

Біометричні показники шишок і насіння (довжина, ширина, маса), а також крилаток (довжина) «стійких» дерев мають більші значення, ніж «хворих» (на 12,0–44,8 %).

На морфологічні особливості «стійких» дерев, що зберегли життєздатність в осередку кореневої губки, а також якісні й кількісні характеристики їхніх репродуктивних органів впливають світловий і тепловий режими у відкритому просторі прогалін на тлі розвитку патологічних процесів, що не дає змоги використовувати ці ознаки як самостійні критерії під час відбору дерев, резистентних до захворювання.

Подальшим важливим етапом досліджень за цим напрямом є пошук маркерних ознак стійких дерев, при цьому є необхідним вивчення таксаційних і морфологічних характеристик дерев сосни для комплексного оцінювання продуктивності та адаптивності.

#### ПОСИЛАННЯ – REFERENCES

- Adomas, A., Heller, G., Li, G., Olson, Å., Chu, T. M., Osborne, J., ..., Dean, R. A. 2007. Transcript profiling of a conifer pathosystem: response of *Pinus sylvestris* root tissues to pathogen (*Heterobasidion annosum*) invasion. *Tree Physiology*, 27(10): 1441–1458.
- Asiegbu, F. O., Choi, W., Li, G., Nahalkova, J., Dean, R. A. 2003. Isolation of a novel antimicrobial peptide gene (Sp-AMP) homologue from *Pinus sylvestris* (Scots pine) following infection with the root rot fungus *Heterobasidion annosum*. *FEMS microbiology letters*, 228(1): 27–31.
- Bulat, A. G. 2006. Osobennosti porazheniya kornevoy gubkoy sosnovykh nasazhdeniy Kharkovshchiny i meropriyatiya po profilaktike bolezni [Peculiarities of damage of the annosum root rot of pine plantations in Kharkiv region and measures for disease prevention]. Dis. na zdobuttya. nauk. stupenya kand. s.-g. nauk [PhD dissertation]. Kharkov, 280 p. (in Ukrainian).
- Capretti, P., Comparini, C., Garbelotto, M., La Porta, N., Santini, A. (Eds.) 2013. Proceedings XIII Conference Root and Butt Rot of Forest Trees, IUFRO Working Party 7.02.01, September 4th – 10th 2011, Firenze. S. Martino di Castrozza (Trento), Italy, Firenze University Press, 280 p. DOI: 10.13140/RG.2.1.4569.5521
- Chemeris, O. V. and Boyko, M. I. 2008. Vmist fenolnykh spoluk v infikovanykh hrybom *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. prorostkakh *Pinus sylvestris* L. ta *Pinus pallasiana* D. Don [Content of phenolic compounds in fungi infected with *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. seedlings of *Pinus sylvestris* L. and *Pinus pallasiana* D. Don]. In: Mizhvid. zb. nauk. pr.: Problemy ekolohiyi ta okhorony pryrody tekhnogennoho rehionu [Problems of ecology and nature conservation in technogenic region]. [Bespalova, S. V., Ed.], 8: 267–272 (in Ukrainian).
- Chernykh, A. G. 1965. Anatomicheskiye osobennosti drevesiny otdelnykh ekzempliarov sosny, sokhranivshikhsya v ochagakh kornevoy gubki [Anatomical features of wood of individual pine specimens preserved in the centers of the annosum root rot]. *Lesovodstvo i agrolesomeliyatsiya* [Forestry and Forest Melioration], 7: 121–125 (in Russian).
- Dyshko, V. A. and Torosova, L. O. 2016. Osoblyvosti rostovykh protsesiv sosny zvychnoyi u nasazhenni, urazhenomu korenevoyu hubkoyu [Features of growth processes of Scots pine in plantation affected by annosum root rot]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliyatsiya* [Forestry and Forest Melioration], 128: 134–142 (in Ukrainian).
- Dyshko, V. A., Ustskyy, I. M., Mykhalychenko O. A. 2015. Morfolohichni ta biokhimichni vidminnosti derev z riznoyu stiykisty do korenevoyi hubky [Morphological and biochemical differences of trees with different resistance to annosum root rot]. *Lisivnytstvo i ahrolisomeliyatsiya* [Forestry and Forest Melioration], 126: 218–224 (in Ukrainian).
- Hordiyenko, M. I., Huz, M. M., Debrinyuk, Yu. M., Maurer, V. M. 2005. Lisovi kultury [Forestry Crops]. Lviv, Kamula, 608 p. (in Ukrainian).
- Hrom, M. M. 2007. Lisova taksatsiya [Forest inventory]. Lviv, RVV NLTU, 416 p. (in Ukrainian).
- Khokhrin, A. V. 1970. Metodika otbora pravykh i levykh form sosny obyknovnoy i drugikh porod [The methods of selection of right and left forms of Scots pine and other species]. In: Lesa Urala i khozyaystvo v nikh: Sb. nauch. tr. Sverdlovsk, Vyp. 5. P. 110–114 (in Russian).
- Ladeyshchikova, E. H., Pasternak, G. M., Ustskiy, I. M., ladnykh, L. F. 1978. Sposob otbora ustoychivyykh k kornevoy gubkoy derevyev sosny obyknovnoy v ochagakh massovogo usykhaniya [The method of selection of Scots pine trees resistant to the annosum root rot in the foci of mass dieback]. *Express-informatsiya. Lesovedeniye i lesovodstvo* [Short Information. Forest Science and Forestry], 32: 26–28 (in Russian).
- Ladeyshchikova, E. I. 1980. Ustoychivost sosny protiv kornevoy gubki (itogi kompleksnykh issledovaniy i perspektivy) [Resistance of pine against annosum root rot (results of complex researches and perspectives)]. *Lesovodstvo i agrolesomeliyatsiya* [Forestry and Forest Melioration], 60: 41–46 (in Russian).
- Maksimov, V. M. 2004. Sozdaniye ustoychivyykh k kornevoy gubkoy nasazhdeniy sosny obyknovnoy s uchetom sostava efirno masla khvoi [Creation of resistant pine plantations to the annosum root rot, taking into account the composition of pine essential oil]. *Izv. vuzov: Lesnoy zhurnal* [Forest Journal], 5: 137–149 (in Russian).
- Mamayev, S. A. 1972. Formy vnutrividovoy izmenchivosti drevesnykh rasteniy (na primere semeystva *Pinaceae* na Urale) [Forms of intraspecies variability of tree plants (the case of the *Pinaceae* family in the Urals)]. Moscow, Nauka, 283 p. (in Russian).
- Marčiulynas, A., Sirgedaitė-Šėžienė, V., Žemaitis, P., Baliuckas, V. 2019. The resistance of Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) half-sib families to *Heterobasidion annosum*. *Forests*, 10(3): 287.
- Negrutskiy, S. F. 1986. Kornevaya gubka [Annosum root rot]. Moscow, Agropromizdat, 196 p. (in Russian).
- Novikova, T. N. 2007. Analiz potomstva tsvetosemennyykh form sosny obyknovnoy [Analysis of the progeny of flower-seeded forms of the Scots pine]. *Lesovedeniye* [Forestry], 1: 36–41 (in Russian).
- Pastukhova, N. O., Lebedeva, O. P., Lysikov, M. A., Novikov, Ye. A. 2015. Svyaz smoloproduktivnosti sosny obyknovnoy s morfolohicheskimi i selektsionnymi priznakami drevostoya [Connection of the resin productivity of Scots pine with the morphological and selection features of the stand]. In: Aktualnye problemy gumanitarnyykh i



yestestvennykh nauk [Actual problems of the social and natural sciences]. Moscow, «Institut strategicheskikh issledovaniy»: 1–1, p. 100–101 (in Russian).

*Poplavskaya, L. F. and Rebko, S. V.* 2013. Seleksionnaya kharakteristika derevyev sosny obyknovnoy razlichnoy ustoychivosti k kornevoy gubke [Breeding characteristics of Scots pine trees with different resistance to annosum root rot]. In: *Sovremennoye sostoyaniye i perspektivy okhrany i zashchity lesov v sisteme ustoychivogo razvitiya* Materialy mezhdunar. nauch.-prakt. konf. [Current state and prospects of forest conservation and protection in the system of sustainable development. Proceedings of International Scientific and Practice Conf.]. Gomel, p. 310–314 (in Russian).

*Pravdin, L. F.* 1964. Sosna obyknovennaya [Scots pine]. Moscow, Nauka, 191 p. (in Russian).

Sanitarni pravyla v lisakh Ukrainy [Sanitary Forests Regulations in Ukraine]. 2016. [Electronic resource]. V redaktsiyi postanovy Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 26 zhovtnya 2016. № 756. Available from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-95-п> (last accessed date 10.06.2019) (in Ukrainian).

*Shigo, A. L.* 1984. Compartmentalization: A conceptual framework for understanding how trees grow and defend themselves. *Annual Review of Phytopathology*, 22(1): 189–214.

Sposib henetychnoho vidboru za izofermentnyimi lokusamy v pryrodnykh populyatsiyakh ta shtuchnykh nasadzhenyakh sosny zvychnayoi roslyn z pidvyshchenoyu stiykistyu do korenevoyi hubky [The method of genetic selection of plants with increased resistance to root rot by isoenzyme loci in natural populations and planted stands of Scots pine]. 2012. Avtorske svidotstvo UA 69048 U MPK (2012.01) A01H 1/00A01G 23/00 [Authorship Certificate UA 69048 U MPK (2012.01) A01H 1/00A01G 23/00]. Korshykov, I. I., Demkovych, A. Ye. (UA); u 2011 09269; zayavl. 25.07.2011; opubl. 25.04.2012, Byul. [Bulletin of Inventions], No 8: 6 p. (in Ukrainian).

Sposob otbora ustoychyvykh k kornevoy hubke dereiev sosny obyknovnoy v ochakhakh massovoho ee usykhannya [The method of selection of Scots pine trees resistant to root rot in the foci of its mass decline]. 1984. Avtorske svidotstvo 1076033 SSSR [Authorship Certificate 1076033 SSSR]. Ladeyshchikova, E. Y., Pobehaylo, A. Y., Ustskiy, I. M. et al. *Bulleten izobreteniy i otkrytiy* [Bulletin of Inventions], 1984, No 8: 2 p. (in Russian).

*Tarakanov, V. V., Tkachev, A. B., Kalchenko, L. I. et al.* 2012. Izmenchivost sostava terpentynnykh masel khvoi i ustoychivost klonovykh plantatsiy i geograficheskikh kultur sosny v Zapadnoy Sibiri. [The variability of the composition of turpentine oils of needles and the resilience of pine clonal seed orchards and provenance trial in Western Siberia]. In: *Materialy VIII Mezhdunar. nauch. konf. "Ekonomicheskoye razvitiye Sibiri i Dalnego Vostoka"* Interekspo.GEO-Sibir'-2012 [Economic Development of Siberia and the Far East]. Novosibirsk, 4: 114–121 (in Russian).

*Ustskiy, I. M.* 1988. Osobennosti formirovaniya ochagov kornevoy gubki i vliyaniye lesokhozyaystvennykh meropriyatiy na ustoychivost nasazhdeniy sosny [Specific features of the formation of root rot foci and the influence of forest management activities on the resistance of pine stands]. Dis. na soiskaniye uchenoy stepeni kand. s-kh. nauk [PhD dissertation]. Kharkiv, 348 p. (in Russian).

*Ustskiy, I.M.* 2017. Osoblyvosti budovy korenevnykh system sosny v oseredkakh korenevoyi hubky *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. [Features of root system structure in the root rot foci caused by *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref.]. *Lisivnytstvo ta ahrolisomeliyatsiya* [Forestry and Forest Melioration], 131: 187–193 (in Ukrainian).

Dyshko V. A., Ustsky I. M., Mikhaylichenko A. A.

#### FEATURES OF MORPHOLOGICAL AND BIOMETRIC CHARACTERISTICS OF REPRODUCTIVE ORGANS OF SCOTS PINE TREES WITH DIFFERENT RESISTANCE IN STANDS AFFECTED BY *HETEROBASIDION ANNOSUM*

*Ukrainian Research Institute of Forestry and Forest Melioration named after G. M. Vysotsky*

The results of the study of morphological and biometric characteristics of Scots pine trees with a various health condition in the 5th and 6th age class stands affected by annosum root rot are presented. Trees with no signs of weakening ('resistant') and with signs of the disease ('affected') were selected in dieback foci, as well as the health trees with no signs of the disease in the area between the foci as control. The qualitative and quantitative characteristics of cones, seeds, and wings (color, size, shape, and weight) were evaluated. Pine trees with higher resistance have a larger size of reproductive organs than those with signs of disease or in control. It is the result of a tree's adaptation to open space of the gap against the background of pathological processes developing and is weakly related to the tree's genetic peculiarities. In the foci, a significantly larger variability in diameter ( $C_v = 21.2...27.4\%$ ) comparing to that in 'affected' trees ( $C_v = 8.9...12.1\%$ ) is characteristic of trees with increased resistance.

Key words: Scots pine, *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref, dieback focus, 'resistant' trees, 'affected' trees, 'healthy' trees, cones, seeds.

Дышко В. А., Усцький І. М., Михайличенко А. А.

**ОСОБЕННОСТИ МОРФОЛОГИЧЕСКИХ И БИОМЕТРИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК РЕПРОДУКТИВНЫХ ОРГАНОВ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ РАЗЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ В НАСАЖДЕНИЯХ, ПОРАЖЕННЫХ КОРНЕВОЙ ГУБКОЙ**

*Український науково-дослідницький інститут лісного господарства і агролісомеліорації ім. Г. Н. Высоцького*

Представлены результаты исследования морфологических и биометрических характеристик деревьев сосны обыкновенной с различным санитарным состоянием в пораженных корневой губкой насаждениях V и VI классов возраста. В очагах усыхания отобраны деревья без признаков ослабления («устойчивые») и с признаками болезни («больные»), а в межочаговом пространстве – средние по таксационным показателям деревья I категории санитарного состояния – контроль. Оценивали качественные и количественные характеристики шишек, семян, крылаток (окраска, размеры, форма и масса). Размеры генеративных органов сосны с повышенной резистентностью оказались большими, чем деревьев с признаками болезни и контрольных, что является следствием адаптации дерева к открытому пространству прогалины на фоне развития патологических процессов и с генетическими особенностями сосны связано слабо. Деревья с повышенной резистентностью в очагах усыхания характеризуются существенно большей вариабельностью показателей диаметра ( $Cv = 21,2...27,4 \%$ ), чем «больные» ( $Cv = 8,9...12,1 \%$ ).

Ключевые слова: сосна обыкновенная, корневая губка *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref, очаг усыхания, «устойчивые» деревья, «больные» деревья, «здоровые» деревья, шишки, семена.

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

*Одержано редколлегією 19.06.2019*