1. БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ РОСЛИННИХ УГРУПОВАНЬ

Наукові праці Лісівничої академії наук України
Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine

<http://fasu.nltu.edu.ua>
<https://doi.org/10.15421/411923>
Article received 2019.05.21
Article accepted 2019.12.26

ISSN 1991-606X print
ISSN 2616-5015 online
@ ✉ Correspondence author
Volodymyr Zaika
vkzaika@ukr.net

General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine

УДК [630*165.5 : 630*174.754] 477.83)

Морфофункціональні особливості *Pinus sylvestris* L. у лісостанах борів Малого Полісся

В. К. Заїка¹, А. В. Руденко²

Досліджували формування та морфофізіологічні особливості функціонування 27-145-річних соснових деревостанів природного насінного походження, які ростуть в сухих, свіжих, вологих, сирих і мокрих борах Малого Полісся. Встановлено, що *Pinus sylvestris* L. в борах Малого Полісся росте за V-I класами бонітету. Переважно тут формуються чисті соснові деревостани. Однак у складі близько половини деревостанів трапляється також *Betula pendula* Roth., частка якої коливається від поодиноких екземплярів до 10%. Вона характеризується істотним відставанням за ростом від сосни, яке за висотою становить 22,1-78,9%, а за діаметром – 17,4-70,1%. Повнота деревостанів природного походження, не залежно від віку, коливається в межах 0,50-0,93.

Найкращі умови для росту і функціонування *P. sylvestris* серед бурових типів складаються в свіжих і вологих борах. У цих умовах сосна характеризується найвищою продуктивністю. Вона формує хвою, яка за морфолого-анатомічними показниками та вмістом пластидних пігментів найбільшою мірою наближена до генетично-зумовленого рівня. В сирих борах виявлено істотне погіршення стану *P. sylvestris*, яке проявляється у зниженні інтенсивності росту дерев, зменшенні морфолого-анатомічних показників хвої та біосинтезу зелених і жовтих пігментів. Встановлено, що серед молодняків істотно вищими середньоденними показниками біоелектричних потенціалів характеризується сосна в сухих і свіжих борах. У середньовікових і пристиглих деревостанах виявлено істотне зниження біоелектричної активності сосни в сухих і свіжих борах та зростання – у вологих, сирих і мокрих. У молодняків, середньовікових і пристиглих деревостанів простежується достатньо чітко зростання показників імпедансу і зменшення поляризаційної ємності зі збільшенням вологості ґрунту. Найменш сприятливі умови для життєдіяльності *P. sylvestris* складаються в мокрому борі. Найбільш чутливими до зміни умов зволоження в борах виявились довжина, площа перетину і поверхні хвої, вміст хлорофілів і діелектричні показники.

Ключові слова: морфолого-анатомічні показники; пластидні пігменти; хлорофіли; каротиноїди; біоелектричні потенціали; діелектричні показники; деревостани; ріст; хвоя; лісорослинні умови.

¹ Заїка Володимир Костянтинович – академік Лісівничої академії наук України, доктор біологічних наук, професор кафедри лісівництва. Національний лісотехнічний університет України, вул. Генерала Чупринки, 103, м. Львів, 79057, Україна. Тел.: 032-258-42-80, +38-067-148-06-26. E-mail: vkzaika@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-023>

² Руденко Анатолій Вікторович – викладач, Березнівський лісотехнічний коледж, вул. Чорновола, 23, м. Березне Рівненської обл., 34600, Україна. Тел.: 03653-5-52-66; +38-098-356-99-59. E-mail: maydanec-84@ukr.net

Вступ. Мале Полісся характеризується значним розмаїттям лісорослинних умов. Тут переважають сугруди (61,8%) і субори (32,6%) (Gensiruk, Nyzhnyuk, & Koriy, 1998). Бори трапляються на площі 3,2%, у складі яких переважають свіжі і вологі гігروتони. У них формуються унікальні малопоширені для цього регіону рослинні угруповання, деревний ярус в яких представлений в основному *Pinus sylvestris* L. з незначною домішкою *Betula pendula* Roth. низької продуктивності (Gensiruk, Nyzhnyuk, & Koriy, 1998, Petrova, Petrov, & Patsura, 2008). Особливо малопоширеними тут є сухі, сирі і мокрі бори (Debryniuk, 2003).

У деревостанах природного походження за декілька поколінь за відсутності перехресного запилення формуються морфологічні адаптивні механізми пристосування до конкретних умов середовища. Так, у рівнинних лісорослинних умовах індекс фенологічної ізоляції між суходільними і болотними популяціями сосни становить 51-73% (Sannikov, & Petrova, 2003). Автори вказують також на деякі відмінності у проходженні фаз фенологічного розвитку репродуктивних процесів у різних типах лісу.

Морфолого-анатомічні показники сосни звичайної досліджували у зв'язку з вивченням їхньої зміни у межах ареалу (Pobedinsky, 1979, Pravdin, 1964, Mamaev, 1973, Sannikov & Petrova, 2003), здійсненням селекційного відбору високопродуктивних форм і успадкування їхніх ознак потомством (Zaika, 1995, Krynytsky, 1993), впливом чинників довкілля та умов фітоценозу (Margailik, 1965, Krynytsky, Zaika, Shlonchak, & Shlonchak, 1994, Zaika, Krynytsky, & Ivanytsky, 2013). Pravdin (1964), Sannikov & Petrova (2003) встановили закономірності зміни морфолого-анатомічних показників хвої сосни в межах ареалу та природних зон. Patlay (1984) довів, що морфолого-анатомічні ознаки хвої з різних частин її ареалу є генетично детермінованими і успадковуються та зберігаються в процесі росту географічних культур.

Під час дослідження взаємодії рослин з умовами середовища використовують також показники біосинтезу пластидних пігментів (Zaika, 1995, Zaika, Krynytsky, & Ivanytsky, 2013). Вони чутливо реагують на умови світлового і ґрунтового живлення (Nesterovich, Margailik, 1969), дію різних біотичних та абіотичних чинників (Rybak, 2012, Zaika, Krynytsky, & Ivanytsky, 2013). Інтенсивність процесів життєдіяльності характеризують електрофізіологічні показники – біоелектричні потенціали, імпеданс і поляризаційна ємність (Rutkovsky, 1965, Krynytsky, 1984, Mac Dougall, Thompson, & Piene, 1987, Mac Dougall, Maclean, & Thompson, 1988, Krynytsky, 1993, Zaika, 1995, Zaika, Krynytsky, & Ivanytsky, 2013). Використання морфологічних методів дає можливість з'ясувати інтенсивність життєдіяльності сосни в конкретних умовах середовища і таким чином показати формування і успадкування адаптивних ознак рослинного організму. Для проведення дослідження передбачалось вивчити: а) лісівничо-таксаційні показники дерево-

станів; б) морфолого-анатомічні показники хвої; в) вміст пластидних пігментів; г) біоелектричні потенціали і діелектричні (імпеданс і поляризаційну ємність) показники дерев сосни.

Об'єкти та методика дослідження. Об'єктом дослідження слугували 27-145-річні природного насінного походження соснові лісостани, які ростуть в сухих, свіжих, вологих, сирих і мокрих соснових борах Мале Полісся. Предмет дослідження – лісівничо-таксаційні та морфологічні особливості формування соснових лісостанів в борах Мале Полісся.

Мета дослідження полягала у встановленні морфологічних особливостей життєдіяльності сосни звичайної в різних гігروتоніях борів Мале Полісся.

Для дослідження морфологічних показників у дослідних деревостанах підбирали по 20 модельних дерев різної інтенсивності росту (швидко-, середньо- і повільнорослі). Хвою для проведення морфолого-анатомічних досліджень та визначення вмісту пластидних пігментів відбирали з однорічних пагонів верхньої частини південної сторони крони дерева після завершення її росту.

Анатомічну будову хвої досліджували за допомогою мікроскопа МБС-10. Поперечні зрізи робили в середній частині хвоїнок. Площу їхнього поперечного перетину і поверхні визначали за відповідними формулами (Geographic cultures..., 1983).

Вміст пластидних пігментів вивчали спектрофотометричним методом (Small workshop on plant physiology, 1982). З рослинного матеріалу їх екстругували 80% ацетоном. Оптичну густину визначали на спектрофотометрі КФК-3.

Для вимірювання біоелектричних потенціалів використовували високоомний біопотенціалметр і не поляризаційні хлорсрібні електроди. Вимірювання БЕР у дерев сосни проводили на рівні кореневої шийки відносно землі в денній динаміці – з 8 до 18 год. (Krynytsky, 1992). Діелектричні показники (імпеданс і поляризаційну ємність) прикамбіальних тканин лубу дерев визначали приладом Ф4320 (Krynytsky, 1984). Вимірювання здійснювали на частоті 1 кГц. Електроди вводили в луб дерев на висоті стовбура 1,3 м.

Результати та обговорення. Дослідженнями встановлено, що на ріст і формування деревостанів у борах Мале Полісся значною мірою впливають умови довкілля. Переважно тут формуються чисті соснові або мішані з незначною домішкою берези повислої деревостани (табл. 1).

Частка сосни звичайної у складі дослідних деревостанів становить 9-10 одиниць. Сосна звичайна в борах Мале Полісся росте переважно за IV-I класами бонітету і тільки на ділянці 16 характеризується п'ятим класом бонітету. В молодняках віком 27-33 роки (пр. пл. 1-4) середня висота *P. sylvestris* становить 7,2-13,3 м, а діаметра 10,2-14,5 см (див. табл. 1). В середньовікових деревостанах (пр. пл. 5-8) ці показники виявились на рівні 10,3-21,4 м і 13,3-31,0 см, в пристиглих

(пр. пл. 9-12) – 14,3-22,5 м і 23,8-34,4 см та в стиглих (пр. пл. 13-16) – 11,8-26,2 м і 18,4-30,3 см. Найбільшу інтенсивність росту сосни за висотою і діаметром спостережено в свіжих і вологих борах. Найгірші умови для її росту складаються в умовах мокрих борів, де її середні показники висоти і діаметра виявились найнижчими. *B. pendula* у складі деревостанів трапляється майже на половині до-

слідних ділянок. Тільки на ділянці №3 в умовах вологого бору в 33-річному деревостані береза росте за висотою і діаметром на рівні сосни. На інших ділянках відставання берези від сосни за висотою становить 22,1-78,9, а за діаметром – 17,4-70,1 %. Загалом існує тенденція до збільшення відставання берези від сосни за біометричними показниками з віком деревостанів.

Таблиця 1

Лісівничо-таксаційні показники деревостанів в борах Малого Полісся

№ пр.пл.	Індекс ТЛУ	Склад деревостану	Індекс деревного виду	Вік, років	Середні		Бонітет	Повнота	Запас, м ³ ·га ⁻¹
					d, см	h, м			
1	A ₁	10Сз	Сз	27	10,2	7,8	III	0,93	172
2	A ₂	10Сз	Сз	28	13,9	13,3	I	0,50	114
3	A ₃	9Сз1Бп	Сз Бп	33	14,5 13,7	10,0 9,2	III	0,76	181 10
4	A ₅	10Сз+Бп	Сз Бп	31	10,5 7,1	7,2 5,6	IV	0,86	129 3
5	A ₁	10Сз	Сз	53	22,8	15,4	II	0,89	260
6	A ₂	10Сз	Сз	56	31,0	21,4	I	0,67	295
7	A ₃	9Сз1Бп	Сз Бп	55	23,1 18,0	15,5 12,8	III	0,62	236 17
8	A ₅	10Сз	Сз	45	13,3	10,3	III	0,62	208
9	A ₁	10Сз+Бп	Сз Бп	63	30,8 8,0	19,0 9,8	II	0,60	209 1
10	A ₂	10Сз	Сз	64	34,4	22,5	I	0,61	288
11	A ₃	9Сз1Бп	Сз Бп	75	24,8 15,9	19,3 14,3	III	0,50	178 21
12	A ₄	10Сз+Бп	Сз Бп	75	23,8 7,8	15,1 8,0	IV	0,53	244 1
13	A ₁	10Сз	Сз	81	26,4	20,0	III	0,52	249
14	A ₂	10Сз+Бп	Сз Бп	90	29,4 6,2	23,4 7,0	II	0,60	275 2
15	A ₃	10Сз+Бп	Сз Бп	96	30,3 11,3	26,2 13,5	II	0,73	348 1
16	A ₅	10Сз	Сз	145	18,4	11,8	Va	0,87	221

B. pendula загалом вважається сильним і найпоширенішим конкурентом сосни у різних типах лісорослинних умов. Так, у молодняках природного походження в умовах сугрудів береза істотно перевищує сосну за біометричними показниками і за частки більше 30% у складі деревостанів пригнічує ріст сосни (Zaika, Krynytsky, & Ivanytsky, 2013). Однак її конкурентний потенціал знижується зі зменшенням трофності лісорослинних умов. В суборах Західного Полісся береза росте подібно до сосни або відстає від неї за біометричними показниками (Gonchar, Koriy, Klymenko, Koriy, 2018).

Повнота деревостанів природного походження у борах коливається в межах 0,50-0,93. Низькою пов-

нотою (0,50-0,60) характеризуються деревостани на ділянках № 2, 9, 11, 12, 13, 14. Високоповнотні деревостани (повнота більше 0,8) сформувались на ділянках № 1, 4, 5 і 16. Саме з біометричними показниками дерев та повнотами тісно пов'язане формування запасу деревостанів. У молодняках він становить 114-191, у середньовікових деревостанах – 208-295, у пристиглих – 199-288 і в стиглих – 221-349 м³·га⁻¹. Найменші відмінності за показниками запасу виявлено між середньовіковими і пристиглими деревостанами.

Особливості життєдіяльності сосни звичайної в різних гігروتпах борів проявляються на морфологічно-фізіологічному рівні. Аналіз морфолого-анатомічних

показників хвої сосни частково наведений у нашій попередній роботі (Zaika, Rudenko, 2012). Однак, для встановлення впливу вологості ґрунту на формування хвоїнок сосною нами здійснено детальніший аналіз та математичне опрацювання отриманих результатів. За результатами досліджень, довжина хвоїнок у дерев сосни звичайної в умовах борів різних гігروتопів коливається в межах 52,2-88,0 мм, ширина – 1,49-1,84 мм, товщина – 0,74-0,88 мм, площа поперечного перетину – 0,84-1,26 мм² і площа поверхні – 151,9-294,3 мм² (табл. 2).

У дерев різних вікових категорій по-різному спостерігаються зміни розмірів морфологічних елементів хвої залежно від гігروتопу. Так, у пристиглих і стиглих деревостанах виявлено переважно істотне зменшення (на 2,3-36,9%; $t_{\phi} = 0,89-10,5$; $t_{05} = 2,02$) морфологічних показників хвоїнок у напрямку від сухих до мокрих борів. У середньовікових деревостанах вологих борів морфологічні

показники хвої виявились істотно (на 10,3-29,2%; $t_{\phi} = 3,06-3,58$) вищими, ніж в умовах сухих борів. У свіжих борах сосна формує хвою за морфологічними показниками близьку до сухих борів. У мокрих борах тільки окремі морфологічні показники хвоїнок (довжина, площа поверхні) дерев сосни характеризувались істотно меншими показниками ($t_{\phi} = 4,12-5,05$), ніж у сухих умовах. У молодняках сосни свіжих і вологих борів морфологічні показники хвої виявились подібними до таких у сухих борах, а в мокрих борах вони істотно зменшились ($t_{\phi} = 5,66-8,83$).

Значного впливу ступеня зволоження ґрунтів на формування смоляних каналів нами не встановлено (табл. 3). Їхня кількість на поперечному перетині хвоїнок дерев сосни у борах Малого Полісся становить 12,7-16,6 штук. Деяке зростання кількості смоляних каналів спостережено в пристиглих дерев сирого (16,6 шт.) і сухого (15,3 шт.) бору.

Таблиця 2

Морфологічні показники хвої дерев *Pinus sylvestris* в борах Малого Полісся

№ пр. пл. (ТЛУ)	Довжина, мм		Ширина, мм		Товщина, мм		Площа поперечного перетину, мм ²		Площа поверхні, мм ²	
	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
1 (A ₁)	78,2±2,46	14,1	1,81±0,03	7,6	0,88±0,02	8,6	1,26±0,04	14,7	263,1±10,39	17,7
2 (A ₂)	76,8±2,47	14,7	1,75±0,04	11,0	0,84±0,02	12,5	1,17±0,06	22,4	250,2±11,30	20,7
3 (A ₃)	81,8±2,06	11,5	1,78±0,05	13,5	0,85±0,02	13,2	1,21±0,07	25,1	269,7±11,45	19,5
4 (A ₅)	52,2±1,69	16,5	1,57±0,03	9,8	0,74±0,01	8,3	0,92±0,03	17,8	151,9±7,07	23,7
5 (A ₁)	70,9±1,83	11,5	1,64±0,02	6,4	0,78±0,01	6,8	1,00±0,03	12,2	213,8±6,56	13,7
6 (A ₂)	74,7±2,43	14,2	1,59±0,05	13,6	0,77±0,02	13,3	0,97±0,06	27,7	221,2±12,90	25,4
7 (A ₃)	81,1±2,80	14,2	1,84±0,06	13,1	0,86±0,02	11,8	1,26±0,07	23,5	276,2±16,16	24,1
8 (A ₅)	57,3±2,01	15,7	1,61±0,03	7,7	0,78±0,01	8,2	0,99±0,03	15,2	171,1±8,04	21,0
9 (A ₁)	73,3±1,97	12,6	1,82±0,03	8,6	0,88±0,02	10,1	1,26±0,05	18,1	248,0±9,53	18,0
10 (A ₂)	67,1±1,72	11,5	1,71±0,05	13,5	0,83±0,02	11,7	1,09±0,06	26,0	206,2±8,82	19,1
11 (A ₃)	67,4±1,76	11,4	1,62±0,03	9,3	0,78±0,02	10,2	1,00±0,04	18,1	201,8±7,54	16,3
12 (A ₄)	70,9±1,81	10,8	1,68±0,03	8,6	0,79±0,01	7,7	1,04±0,04	15,5	218,3±7,63	14,8
13 (A ₁)	88,0±2,36	11,7	1,80±0,04	10,8	0,86±0,02	10,0	1,23±0,05	19,1	294,3±12,59	18,7
14 (A ₂)	66,3±2,54	16,2	1,49±0,03	8,0	0,75±0,01	7,4	0,88±0,03	14,9	186,2±9,26	21,1
15 (A ₃)	71,6±1,79	11,2	1,57±0,04	11,4	0,77±0,02	9,6	0,96±0,04	20,0	209,9±7,96	17,0
16 (A ₅)	57,7±1,55	11,7	1,74±0,03	6,3	0,84±0,01	4,0	0,84±0,01	4,0	185,7±4,93	11,6

Ширина і товщина центральної провідної системи (ЦПС) хвоїнок *P. sylvestris* більшою мірою залежить від гідрологічних умов ґрунтів, ніж кількість смоляних каналів (див. табл. 3). У дерев сосни різного віку середня ширина ЦПС становить 0,91-1,15 мм, а товщина – 0,33-0,41 мм. В пристиглих і стиглих деревостанах борів зі збільшенням вологості ґрунту ширина і товщина ЦПС хвої відносно типу A₁ зменшилась на 4,4-21,1 %. Зазвичай, тут переважають істотні відмінності

($t_{\phi} = 1,12-5,37$; $t_{05} = 2,02$). У молодняках і середньовікових деревостанах, які ростуть в свіжих і сирих борах, ширина і товщина ЦПС хвоїнок переважно не відрізняється від таких у сухих борах ($t_{\phi} = 0,00-4,00$). Особливо вагоме зменшення розмірів ЦПС (майже на 18%; $t_{\phi} = 4,95-7,07$) виявлено у молодняках мокрих борів. Водночас, ширина і товщина ЦПС хвої сосни у середньовікових деревостанах в умовах A₅ слабо відрізняється від розмірів ЦПС у сухих борах.

Інтенсивність транспіраційних процесів значною мірою визначається густотою продихів. Їхня кількість на 1 мм ряду в сосни різного віку змінюється слабо і становить 11,5-12,4 шт. Проте більшою мінливістю дослідні ділянки характеризуються за густотою рядів продихів та загальною густотою продихів на 1 мм². Ці показники, відповідно, змінюються в межах 7,5-9,8 шт.·мм⁻¹ і 86,3-118,5 шт.·мм².

У межах вікових груп різних гігروتопів закономірності формування продихів проявляються

по-різному. В середньовікових, пристиглих і стиглих деревостанах встановлено чітке зменшення кількості рядів продихів і загальної їхньої густоти за збільшення вологості ґрунту. Так, у середньовікових деревостанах сосни кількість рядів продихів на 1 мм в умовах A_2 - A_5 зменшилась порівняно з сухими борами на 1,1-7,6% ($t_{\phi} = 0,35$ -2,47), в пристиглих – на 3,1-8,3% ($t_{\phi} = 0,71$ -1,89) і в стиглих – на 6,5-19,4% ($t_{\phi} = 1,66$ -4,99).

Таблиця 3

Анатомічні показники хвої дерев *Pinus sylvestris* в борах Малого Полісся

№ пр. пл. (ТЛУ)	К-сть смоляних каналів, шт.		Ширина ЦПС, мм		Товщина ЦПС, мм		К-сть продихів на 1 мм ряду, шт.		К-сть рядів продихів на 1 мм, шт.		К-сть продихів на 1 мм ² , шт.	
	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
1 (A_1)	13,2±0,51	17,2	1,11±0,02	9,4	0,40±0,01	10,0	11,9±0,20	7,5	9,3±0,17	8,4	110,8±3,21	12,9
2 (A_2)	13,0±0,84	29,7	1,10±0,03	14,4	0,39±0,01	11,4	12,0±0,14	5,2	9,4±0,20	9,6	112,8±2,98	12,1
3 (A_3)	13,9±0,74	24,3	1,14±0,04	17,3	0,40±0,01	16,7	12,1±0,15	5,6	9,8±0,21	9,8	118,5±3,34	12,9
4 (A_5)	13,1±0,35	13,8	0,91±0,02	12,0	0,33±0,01	11,1	11,8±0,15	6,5	8,5±0,15	9,3	99,8±2,55	13,0
5 (A_1)	12,7±0,49	17,3	1,01±0,02	9,0	0,36±0,00	5,9	12,4±0,20	7,3	9,2±0,19	9,2	113,7±3,52	13,8
6 (A_2)	13,1±0,42	13,9	1,01±0,04	16,0	0,35±0,01	16,7	12,0±0,17	6,3	9,1±0,21	10,1	108,5±3,08	12,4
7 (A_3)	14,6±0,70	19,7	1,17±0,04	15,3	0,40±0,01	12,0	11,8±0,16	5,6	8,6±0,34	16,2	101,5±4,24	17,2
8 (A_5)	13,6±0,57	18,8	0,95±0,03	12,0	0,35±0,01	9,9	11,6±0,16	6,1	8,5±0,16	8,4	97,5±2,22	10,2
9 (A_1)	15,3±0,63	19,3	1,15±0,03	11,0	0,41±0,01	12,3	11,7±0,17	6,9	9,6±0,25	12,2	111,8±2,55	10,7
10 (A_2)	14,8±0,66	20,1	1,07±0,04	17,9	0,38±0,01	14,6	12,0±0,16	5,9	9,3±0,25	12,0	111,9±3,35	13,4
11 (A_3)	14,3±0,59	18,0	1,00±0,03	12,9	0,35±0,01	10,1	12,0±0,21	7,7	8,8±0,31	15,1	106,1±5,06	20,8
12 (A_4)	16,6±0,70	17,9	1,02±0,02	9,9	0,35±0,01	8,6	11,9±0,16	5,9	8,9±0,29	13,6	106,1±3,97	15,9
13 (A_1)	15,0±0,74	21,5	1,14±0,04	13,6	0,39±0,01	11,0	12,0±0,17	6,0	9,3±0,28	13,2	111,3±4,07	16,0
14 (A_2)	14,8±0,68	19,5	0,90±0,02	10,5	0,33±0,01	6,9	11,9±0,16	5,8	8,7±0,17	8,3	103,0±2,55	10,5
15 (A_3)	14,7±0,69	21,0	0,95±0,03	14,2	0,35±0,01	10,2	12,0±0,15	5,6	8,5±0,17	9,2	101,5±2,38	10,5
16 (A_5)	14,3±0,55	16,6	1,09±0,02	7,0	0,37±0,00	4,8	11,5±0,24	9,2	7,5±0,15	8,7	86,3±2,73	13,8

Примітка. ЦПС – центральна провідна система.

Густота продихів (шт.·мм²) зі збільшенням вологості ґрунту в середньовікових деревостанах зменшується на 4,6-14,2% ($t_{\phi} = 1,11$ -3,92), у стиглих – на 7,5-22,5% ($t_{\phi} = 1,71$ -5,09). У пристиглих деревостанах ці зміни виявились найменшими. В умовах свіжого бору густота продихів виявилась подібною до такої у сосни в сухих борах. У вологих і сирих борах цей показник зменшився на 5,1% ($t_{\phi} = 1,00$ -1,19). У молодняках свіжих і вологих борів показники, які характеризують формування продихової системи, зросли на 0,8-6,9% ($t_{\phi} = 0,35$ -1,68), а в мокрих – знизилась на 0,8-9,9% ($t_{\phi} = 0,35$ -2,83). При цьому встановлено істотне зменшення густоти рядів і загальної кількості продихів.

Результати кластерного аналізу морфолого-анатомічних показників хвої і дослідних ділянок наведено на рис. 1.

Отже, найбільше на зміну вологості ґрунту в борах реагують довжина (1), а також площа поперечного перетину (4) і поверхні (5) хвої, а найменше – кількість смоляних каналів на поперечному перетині хвоїнок (6) (див. рис. 1А). Ці показники хвої використали для аналізу реакції сосни звичайної на умови росту в борах (див. рис. 1Б). За здійсненим аналізом, дослідні ділянки поділились на три групи. Ділянки мокрих борів (№ 4, 8 і 16) увійшли до другої групи. До цієї групи також потрапив деревостан ділянки № 14, яка знаходиться в умовах свіжого бору. До I і III кластерів потрапили ділянки борів різних гігروتопів – від A_1 до A_4 .

Варіабельність дерев в деревостанах борів Малого Полісся за морфолого-анатомічними показниками хвої змінюється від слабкої до сильної ($V = 4,0$ -29,7%). Слабкий ступінь мінливості де-

рев переважає за густотою продохів в рядах та за густотою рядів продохів. Найбільшою мінливістю в деревостанах характеризуються дерева сосни за площею поперечного перетину і поверхні хвоїнок та кількістю смоляних каналів. Загалом впливу ступеня вологості ґрунтів на динаміку мінливості морфолого-анатомічних показників хвої дерев сосни у деревостанах Малого Полісся нами не ви-

явлено. Спостережено лише тенденцію до зменшення варіабельності дерев сосни за морфолого-анатомічними показниками хвої в мокрих борах.

Ще одним важливим показником, який характеризує реакцію рослин на умови росту, є пластидні пігменти. Результати дослідження вмісту зелених і жовтих пігментів в однорічній хвої наведено в табл. 4.

Рис. 1. Дендрограма зв'язків морфолого-анатомічних показників хвої і дерев *P. sylvestris* на дослідних ділянках за її морфолого-анатомічними показниками: А – морфолого-анатомічні показники хвої: 1) довжина; 2) ширина; 3) товщина; 4) площа поперечного перетину; 5) площа поверхні; 6) кількість смоляних каналів; 7) ширина ЦПС; 8) товщина ЦПС; 9) кількість продохів на 1 мм ряду; 10) кількість рядів продохів на 1 мм; 11) кількість продохів на 1 мм². Б – дослідні ділянки (1-16 номери дослідних ділянок)

Таблиця 4

Вміст пластидних пігментів в однорічній хвої дерев *Pinus sylvestris* в борах Малого Полісся, мг · г⁻¹ абс. сух. маси

№ пр. пл. (ТЛУ)	Хлорофіли		Каротиноїди		Відношення			
	<i>a+b</i>		«с»		<i>a/b</i>		<i>a+b/c</i>	
	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1 (A ₁)	2,22±0,06	12,4	0,24±0,01	6,8	3,0±0,1	7,2	9,2±0,2	11,1
2 (A ₂)	2,28±0,06	11,9	0,26±0,01	6,1	3,6±0,1	7,4	8,8±0,2	9,7
3 (A ₃)	2,35±0,07	13,8	0,25±0,01	8,1	3,4±0,1	7,3	9,4±0,2	9,6
4 (A ₃)	1,53±0,05	15,5	0,18±0,01	14,5	2,8±0,1	18,2	8,6±0,2	11,8
5 (A ₁)	2,22±0,05	9,8	0,28±0,01	4,2	3,6±0,1	7,6	7,9±0,1	8,0
6 (A ₂)	2,62±0,06	10,1	0,28±0,01	5,2	2,9±0,1	7,6	9,3±0,2	10,3
7 (A ₃)	2,66±0,05	7,3	0,34±0,01	8,6	3,6±0,1	8,3	7,3±0,3	14,6

Продовж. табл. 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9
8 (A ₅)	1,97±0,03	7,1	0,23±0,01	15,0	3,0±0,1	2,6	8,6±0,3	20,0
9 (A ₁)	2,46±0,07	12,7	0,31±0,01	16,0	3,8±0,1	11,4	8,1±0,2	12,3
10 (A ₂)	2,80±0,06	9,2	0,30±0,01	4,5	3,4±0,1	5,7	9,3±0,2	8,3
11 (A ₃)	2,44±0,08	14,6	0,29±0,01	6,1	3,2±0,1	7,4	8,5±0,3	12,9
12 (A ₄)	1,85±0,05	13,5	0,24±0,01	11,2	3,1±0,1	22,8	7,7±0,2	13,7
13 (A ₁)	2,47±0,09	15,6	0,30±0,01	9,7	3,4±0,1	14,6	8,4±0,4	18,1
14 (A ₂)	2,51±0,05	9,6	0,26±0,01	6,2	2,9±0,1	8,7	9,6±0,3	12,8
15 (A ₃)	2,22±0,05	9,0	0,24±0,01	6,9	3,1±0,1	5,9	9,4±0,2	8,1
16 (A ₅)	2,16±0,07	14,1	0,25±0,01	14,4	3,3±0,1	7,4	8,8±0,4	21,0

За результатами досліджень, хвоя сосни на дослідних ділянках характеризується значною мінливістю вмісту хлорофілів і каротиноїдів. Так, концентрація зелених пігментів у хвої дерев дослідних деревостанів змінюється в межах 1,53-2,80, а каротиноїдів – 0,18-0,34 мг · г⁻¹ абс. сух. маси. Низьким вмістом хлорофілів характеризується хвоя сосни на ділянках № 4, 8, 12 і 16 в умовах мокрих борів, а каротиноїдів – на ділянках № 1, 4, 8, 12 і 15, які знаходяться в сухих, вологих, сирих і мокрих борах. Високий вміст хлорофілів виявлено у хвої сосни на ділянках № 6, 7, 9, 10, 11, 13 і 14, які ростуть у сухих, свіжих і вологих борах. Аналогічним зростанням біосинтезу каротиноїдів характеризується хвоя сосни на ділянках № 6, 7, 10. В умовах сухого, свіжого

і вологого бору сосна звичайна синтезує хлорофіли і каротиноїди на генетично зумовленому рівні. Їхня концентрація відповідає кількості, яка характерна для сосни регіону дослідження (Krynytsky, 1993, Dankevych, Zaika, & Krynytsky, 2014). Зниження вмісту пластидних пігментів спостережено у дерев сосни, які ростуть в сирих і особливо – в мокрих борах.

Таким чином, встановлено зниження біосинтезу пластидних пігментів деревами сосни в умовах мокрих борів та зростання – в умовах свіжих і вологих борів.

Для вивчення особливостей життєдіяльності дерев сосни звичайної застосували електрофізіологічні показники (табл. 5).

Таблиця 5

Електрофізіологічні показники дерев *Pinus sylvestris* різного віку в борах Малого Полісся

№ пр. пл.	Індекс типу лісу	Середньоденні БЕП, мВ		Імпеданс, кОм		Поляризаційна ємність, нФ	
		M±m	V, %	M±m	V, %	M±m	V, %
1	A ₁ C	-77,5±1,8	15,0	15,9±0,8	39,5	1,45±0,04	23,4
2	A ₂ C	-72,9±2,2	19,7	18,0±1,3	56,4	1,35±0,05	31,5
3	A ₃ C	-36,9±1,3	25,1	17,1±0,9	45,0	1,38±0,04	28,6
4	A ₅ C	-59,8±1,6	17,4	28,1±1,2	44,9	0,73±0,02	25,7
5	A ₁ C	-42,4±1,8	26,5	13,2±0,5	35,1	1,38±0,03	18,4
6	A ₂ C	-21,5±1,1	28,2	13,9±0,6	34,5	1,41±0,03	17,7
7	A ₃ C	-52,0±1,5	18,4	21,0±0,8	38,0	1,21±0,03	26,9
8	A ₅ C	-58,1±1,6	17,2	30,5±1,1	38,1	0,70±0,02	26,1
9	A ₁ C	-35,2±2,9	46,8	9,5±0,1	13,2	1,72±0,03	14,9
10	A ₂ C	-18,3±1,1	33,4	12,7±0,5	28,4	1,43±0,03	17,5
11	A ₃ C	-44,0±1,1	16,5	22,1±0,8	31,4	1,14±0,03	21,8
12	A ₄ C	-51,8±1,5	18,3	15,1±0,6	35,0	1,26±0,02	17,0
13	A ₁ C	-60,7±1,4	15,0	17,9±0,7	30,2	1,17±0,04	29,4
14	A ₂ C	-41,0±1,8	28,0	22,1±0,7	30,7	0,97±0,03	26,9
15	A ₃ C	-52,1±2,5	30,2	20,1±0,6	38,9	1,05±0,02	24,6
16	A ₅ C	-47,1±1,4	16,5	19,9±0,5	21,9	0,94±0,02	20,2

За наведеними даними, середньоденні показники біопотенціалів кореневої шийки у молодняків соснового бору різних гігروتопів коливаються в межах -36,9...-77,5, у середньовікових деревостанів – -21,5...-58,1, у пристиглих – -18,3...-51,8 і в стиглих – -41,0...60,7 мВ. Загалом, спостерігається тенденція до зниження біоелектричної активності сосни зі збільшенням її віку.

Однак, закономірності зміни біопотенціалів у зв'язку зі зміною гігروتопу у сосни різних вікових груп проявляються по-різному. Так, серед молодняків найвищими абсолютними показниками БЕП характеризується сосна в сухих і свіжих борах (-72,9...-77,5 мВ). У вологому борі цей показник знизився у два рази, а в мокрому – на 18-23 %. Водночас, у середньовікових і пристиглих деревостанах встановлено істотне зниження біоелектричної активності сосни в сухих і свіжих борах та зростання – у вологих, сирих і мокрих. У деревостанів стиглого віку найвищі абсолютні середньоденні показники БЕП виявлено в сосни сухого бору, а найменші – у свіжого (див. табл. 5).

Як показують результати досліджень, чіткої залежності між показниками БЕП сосни і гігروتопом у борах Малого Полісся не виявлено. Очевидно, на процеси життєдіяльності сосни звичайної впливає низка чинників, серед яких ступінь зволоження ґрунту не завжди є визначальною. Важливе значення мають також генетично детерміновані особливості рослин, які сформувались у процесі природного добору в конкретних умовах середовища.

Діелектричні показники не мають чітко вираженої денної динаміки, однак вони тісно пов'язані зі станом рослин та інтенсивністю процесів життєдіяльності. Вони характеризуються добре вираженою сезонною динамікою (Zaika, 1995). У період вегетації показники імпедансу досягають мінімальних значень, а поляризаційної ємності – максимальних. Результати досліджень показують, що в борах Малого Полісся імпеданс в середині вегетаційного періоду у молодняків сосни звичайної становить 15,9-28,1 кОм, а поляризаційна ємність – 0,73-1,45 нФ (див. табл. 5). У середньовікових деревостанах ці показники, відповідно, змінюються в межах 13,2-30,5 і 0,70-1,41, у пристиглих – 9,5-22,1 і 1,14-1,72 та в стиглих – 17,9-22,1 кОм і 0,94-1,05 нФ. У молодняках, середньовікових і пристиглих деревостанах простежується достатньо чітке зростання показників імпедансу і зменшення поляризаційної ємності зі збільшенням вологості ґрунту. Ними встановлено, що найвищим життєвим потенціалом характеризується сосна в сухих і свіжих борах. Особливо несприятливі умови для її росту і життєдіяльності складаються в мокрих борах. В цих умовах показники імпедансу прикамбіальних тканин лубу в деревостанах сосни зросли до 28,1-30,5 кОм, а поляризаційної ємності зменшились до 0,70-0,73 нФ. У стиглих деревостанах відмінності між деревостанами сосни різних гігروتопів за показниками імпедансу і поляризаційної ємності виявились незначними. Це зумовлено низьким рів-

нем фізіолого-біохімічних та ростових процесів у зв'язку з віковими змінами.

Варіабельність електрофізіологічних показників у деревостанах сосни звичайної становила 13,2-56,4% (див. табл. 5). На більшості ділянок переважає середній і сильний ступінь мінливості показників біоелектричних потенціалів ($V = 15,0-46,8\%$) і поляризаційної ємності ($V = 17,0-31,5\%$) та сильний – імпедансу ($V = 13,2-56,4\%$). Зв'язку між варіабельністю електрофізіологічних показників та зміною вологості ґрунту не виявлено.

Висновки. Найкращі умови для росту і функціонування сосни звичайної складаються у свіжих і вологих борах. У цих умовах сосна звичайна характеризується найвищою продуктивністю. Вона формує хвою, яка за морфолого-анатомічними показниками та вмістом пластидних пігментів найбільшою мірою наближена до генетично-зумовленого рівня. В сирих борах виявлено істотне погіршення стану сосни звичайної, яке проявляється у зниженні інтенсивності росту дерев, зменшенні морфолого-анатомічних показників хвої та біосинтезу зелених і жовтих пігментів. У свіжих борах Малого Полісся найвищим життєвим потенціалом характеризується сосна звичайна в 50-70-річному віці.

Серед молодняків істотно вищими середньоденними показниками БЕП характеризується сосна в сухих і свіжих борах. У середньовікових і пристиглих деревостанах встановлено істотне зниження біоелектричної активності сосни в сухих і свіжих борах та зростання – у вологих, сирих і мокрих. У молодняках, середньовікових і пристиглих деревостанах простежується достатньо чітке зростання показників імпедансу і зменшення поляризаційної ємності зі збільшенням вологості ґрунту. Найменш сприятливі умови для життєдіяльності сосни звичайної складаються в умовах мокрого бору.

References

- Dankevych, S., Zaika, V., & Krynytsky, H. (2014). Biosynthesis of plastidic pigments of needles in Scots pine trees of different breeding categories in the reserve Lopatynsky. *Proceedings of the Shevchenko Scientific Society: Ecological Collection «Contemporary Issues of Research and Conservation of Biodiversity»*, XXXIX, 204-209 (in Ukrainian).
- Debryniuk, Iu. M. (2003). *Forest-cultural zoning of the Western Forest-Steppe of Ukraine*. Lviv: Kamula (in Ukrainian).
- Gensiruk, S. A., Nyzhnyk, M. S., & Kopiy, L. I. (1998). *Forests of the Western region of Ukraine*. Lviv: World (in Ukrainian).
- Gerushinsky, Z. Yu., Krinitsky, G. T., Gut, R. T., & Bozhok, A. A. (1983). *Geographic cultures of Scots pine at the Lviv Roztochia*. Lviv: World (in Russian).
- Gonchar, V. M., Kopiy, L. I., Klymenko, O. M., & Kopiy, S. L. (2018). *Features of formation of high-productivity birch-pine stands in Western Polissia*. Rivne: NSULDP (in Ukrainian).

- Krynytsky, G. T. (1984). On determining the viability of woody plants by the bioelectric method. *Forest Journal*, 4, 22-25 (in Russian).
- Krynytsky, H. T. (1992). About the method of using electrophysiological indicators for determining the viability of woody plants. *Forestry, Forest, Paper and Woodworking Industry*, 23, 3-10 (in Ukrainian).
- Krynytsky, H. T. (1993). Morphophysiological basis of tree breeding (Author's abstract doctoral dissertation, Ukrainian Agricultural Academy, Kyiv, Ukraine). (in Ukrainian).
- Krynytsky, H. T., & Zaika, V. K. (1991). Features of the anatomical and morphophysiological structure of pine needles in trees of different growth energies and their semi-sibling offspring. In *Proceedings of the 40th scientific and technical Conference*, 83-85. Lviv, Ukraine: Lviv Forestry Engineering Institute (in Russian).
- Krynytsky, H. T., Zaika, V. K., Shlonchak, H. A., & Shlonchak, H. V. (1994). Morphological and anatomical parameters of the needles of the offspring of irradiated pine stands. In *Proceedings of the 46th scientific and technical Conference*, 120-112. Lviv, Ukraine: Ukrainian State Forestry University (in Ukrainian).
- Mac Dougall, R., Maclean, D. A., & Thompson, R. G. (1988). The use of electrical capacitance to determine growth and vigor of spruce and fir trees and stands in New Brunswick. *Can. J. Forest Res*, 5, 587-594.
- Mac Dougall, R., Thompson, R. G., & Piene, H. (1987). Stem electrical capacitance and resistance measurements as related to total foliar biomass of balsam fir trees. *Can. J. Forest Res*, 17 (9), 1070-1074.
- Mamaev, S. A. (1973). *Forms of intraspecific variability of woody plants (case study of the Pinaceae family in the Urals)*. Moscow: Science (in Russian).
- Margailik, G. I. (1965). The effect of illumination on the development of Scots pine needles. *Ecology of woody plants*, 13, 100-107 (in Russian).
- Nesterovich, N. D., & Margailik, G. I. (1969). *The effect of light on woody plants*. Minsk: Science and technology (in Russian).
- Patlay, I. N. (1984). Study of the anatomical structure of Scots pine needles of various climatypes. *Forestry and Land and Forest Reclamation*, 69, 44-48 (in Russian).
- Petrova, L. M., Petrov, S. V., & Patsura, I. M. (2008). Structural diversity of the Small Polissia forests. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 18.8: 80-87. Available at: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2008/18_8/index.htm (in Ukrainian).
- Pobedinsky, A. V. (1979). *Pine*. Moscow: Forest industry (in Russian).
- Pravdin, L. F. (1964). *Scots pine*. Moscow: Science (in Russian).
- Rutkovsky, I. V. (1965). Electrophysiological method for determining the condition of woody plants. *Bulletin of Agricultural Science*, 4, 35-38 (in Russian).
- Rybak, Yu. L. (2012). Physiological and biochemical parameters of Scots pine trees in the conditions of infection by mottle butt rot. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22.11, 60-65. Available at: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_11/index.htm (in Ukrainian).
- Sannikov, S. N., & Petrova, I. V. (2003). *Differentiation of Scots pine populations*. Yekaterinburg: UrO RAS (in Russian).
- Small workshop on plant physiology* (1982). Moscow: Publishing House of Moscow State University (in Russian).
- Zaika, V. K., & Rudenko, A. V. (2012). Morphophysiological features of Scots pine trees in the pine forests of Small Polissia. *Scientific Bulletin of Ukrainian National Forestry University*, 22.9, 9-14 (in Ukrainian). Available at: https://nv.nltu.edu.ua/Archive/2012/22_9/index.htm
- Zaika, V. K. (1995). Breeding and ecological features of the formation of semi-sibling offspring of Scots pine in the conditions of the Lviv Roztochia (Author's abstract doctoral dissertation, Lviv Forestry Engineering Institute, Lviv, Ukraine) (in Ukrainian).
- Zaika, V. K., Krynytsky, H. T., & Ivanytsky, R. S. (2013). Natural afforestation and forest-ecological and morphophysiological features of forest stands formation in abandoned agricultural lands of North-Western Podillya. *Scientific Papers of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, 11, 41-50 (in Ukrainian).

Морфофункциональные особенности *Pinus sylvestris* L. в боровых древостоях Малого Полесья

В. К. Заика¹, А. В. Рудэнко²

Исследовали формирование и морфофизиологические особенности функционирования 27-145-летних сосновых древостоев естественного семенного происхождения, произрастающие в сухих, свежих, влажных, сырых и мокрых борах Малого Полесья. Установлено, что сосна обыкновенная в борах Малого Полесья растет по V-I классам бонитета. Преимущественно здесь формируются чистые сосновые древостои. Однако в составе около половины исследованных древостоев встречается также *Betula pendula* Roth., учас-

¹ Заика Владимир Константинович – академик Лесной академии наук Украины, доктор биологических наук, профессор кафедры лесоводства. Национальный лесотехнический университет Украины, ул. Генерала Чупринки, 103, г. Львов, 79057, Украина. Тел.: 032-258-42-80, +38-067-148-06-26. E-mail: vkzaika@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-023>

² Рудэнко Анатолий Викторович – преподаватель, Березновский лесотехнический колледж, ул. Черновола, 23, г. Бэрэзнэ Ровненской обл., 34600, Украина. Тел.: 03603-5-52-66; +38-098-356-99-59. E-mail: maydanec-84@ukr.net

тие которой колеблется от единичных экземпляров до 10%. Установлено существенное отставание березы от сосны по показателям роста, которое составляет по высоте 22,1-78,9, по диаметру – 17,4-70,1%. Полнота древостоев естественного происхождения, независимо от возраста, колеблется в пределах 0,50-0,93.

Среди боровых типов лучшие условия для роста и функционирования *P. sylvestris* сформировались в свежих и влажных борах. В этих условиях сосна характеризуется высокой производительностью. Она формирует хвою, которая по морфолого-анатомическим показателям и содержанием пластидных пигментов в наибольшей степени приближена к генетически обусловленному уровню. В сырых и особенно в мокрых борах выявлено существенное ухудшение состояния *P. sylvestris*, которое проявляется в снижении интенсивности роста деревьев, уменьшении морфолого-анатомических показателей хвои и биосинтеза зеленых и желтых пигментов. Среди морфолого-анатомических показателей наиболее чувствительными к изменению условий увлажнения в борах оказались длина, площадь сечения и поверхности хвои, а наименьшей реакцией на увеличение влажности почвы характеризуется количество смоляных каналов на поперечном сечении хвоинок.

В целом, наблюдается тенденция к снижению биоэлектрической активности *P. sylvestris* с увеличением ее возраста. Однако, закономерности изменения биопотенциалов в связи с изменением гиротопы у сосны различных возрастных групп проявляются по-разному. Установлено, что среднедневные показатели биопотенциалов на корневой шейке в молодняках соснового бора в различных гиротопках колеблются в пределах -36,9...-77,5, в средневозрастных древостоях – -21,5...-58,1, в приспевающих – -18,3...-51,8 и в спелых – -41,0...-60,7 мВ. В молодняках высокими абсолютными показателями БЭП характеризуется сосна в сухих и свежих борах. В средневозрастных и приспевающих древостоях установлено существенное снижение биоэлектрической активности сосны в сухих и свежих борах, и роста – во влажных, сырых и мокрых. В древостоях спелого возраста высокие абсолютные среднедневные показатели БЭП выявлены у сосны сухого бора, а наименьшие – в условиях свежего бора.

Показатели импеданса в середине вегетационного периода в молодняках *P. sylvestris* составляют 15,9-28,1 кОм, поляризационной емкости – 0,73-1,45 нФ. В средневозрастных древостоях эти показатели, соответственно, колеблются в пределах 13,2-30,5 и 0,70-1,41, в приспевающих – 9,5-22,1 и 1,14-1,72, в спелых – 17,9-22,1 кОм и 0,94-1,05 нФ. В молодняках, средневозрастных и приспевающих древостоях установлены закономерный рост показателей импеданса и уменьшение поляризационной емкости с увеличением влажности почвы.

Высоким жизненным потенциалом характеризуется *P. sylvestris* в сухих и свежих борах. Наименее благоприятные условия для ее роста и жизнедеятельности формируются в мокрых борах.

Ключевые слова: морфолого-анатомические показатели; пластидные пигменты; хлорофиллы; каротиноиды; биоэлектрические потенциалы; диэлектрические показатели; древостой; рост; хвоя; лесорастительные условия.

Morphological and functional features of Scots pine in pine forest stands of the Small Polissia

V. Zaika¹, A. Rudenko²

The paper examines the formation and morphophysiological features of functioning of 27-145-year-old pine forest stands of natural seed origin which grow in dry, fresh, moist, wet, and very wet pine forests of Small Polissia. It was found that Scots pine in the pine forests of Small Polissia grows on the V-I site classes. Mostly pure pine stands are formed here. However, in the composition of about half of the stands, weeping birch also occurs, the share of which ranges from single trees to 10%. It is characterized by a significant lagging behind pine in growth, which is 22.1 to 78.9% in height and 17.4 to 70.1% in diameter. The density of stands of natural origin, regardless of age, ranges from 0.50 to 0.93.

The best conditions for the growth and functioning of pine trees are in fresh and moist infertile pine site types. Under these conditions, pine is characterized by high productivity. It forms needles that are most closely related to the genetically determined level in terms of morphological and anatomical parameters and the content of plastid pigments. In wet, and especially in very wet pine forests, a significant deterioration in the condition of Scots pine was revealed, which appears itself in stunted growth of trees, a decrease in the morphological and anatomical parameters of needles and the biosynthesis of green and yellow pigments. Among the morphological and anatomical indicators, the length, cross sectional area and surface area of the needles turned out to be the most sensitive to changes in moisture conditions in the pine forests, while the number of resin channels in the cross-section of

¹ Volodymyr Zaika – Full Member of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine, Doctor of Biological Sciences, Professor of the Department of Forestry, Ukrainian National Forestry University, General Chuprynka st., 103, Lviv, 79057, Ukraine. Tel.: 032-258-42-80, + 38-067-148-06-26. E-mail: vkzaika@ukr.net ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6784-023>

² Anatoliy Rudenko – Lecturer, Bereznivskiy Forestry College, Chornovola st., 23, Berezne, Rivne region, 34600, Ukraine. Tel: 03653-5-52-66; +38-098-356-99-59. E-mail: maydanec-84@ukr.net

the needles is the least dependent on changes in soil moisture.

In general, there is a tendency to a decrease in the bioelectric activity of pine with an increase in its age. However, the patterns of change in bioelectric potentials (BEP) in pines of different age groups due to the change of the hygrotape manifest themselves in different ways. It is established that the average daily indexes of bioelectric potentials of root collar in young pine forests of different hygrotapes fluctuate between -36.9 and -77.5, in middle-aged stands – -21.5 and -58.1, in maturing stands – -18.3 and -51.8, and in mature stands – -41.0 to -60.7 mV. Among young stands, it is pine in dry and fresh pine forests that is characterized by high absolute BEP. At the same time, in middle-aged and maturing stands, a significant decrease in the bioelectrical activity of pine trees is observed in dry and fresh pine forests, and an increase in moist, wet and very wet stands. In mature stands, the highest absolute average daily BEP values were found in pine of dry pine forest, and the lowest – in fresh pine forest.

It is revealed that the impedance indices in the middle of the growing season in young stands of Scots pines are 15.9-28.1 kOhm, and the polarization capacity is 0.73-1.45 nF. In the middle-aged stands, these figures fluctuate respectively in the range from 13.2 to 30.5 and from 0.70 to 1.41, in the maturing – from 9.5 to 22.1 and from 1.14 to 1.72, and in the mature – from 17.9 to 22.1 kOhm and from 0.94-to 1.05 nF. In young, middle-aged, and maturing stands, a regular increase in impedance and a decrease in polarization capacity with increasing soil moisture was established.

Pine in dry and fresh pine forests is characterized by the highest vital potential. The most unfavorable conditions for its growth and vital activity are found in wet pine forests.

Key words: morphological and anatomical parameters; plastid pigments; chlorophylls; carotenoids; bioelectric potentials; dielectric indexes; stands; growth; needles; forest growth conditions.