

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра лісівництва, лісових культур та
таксації лісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

ІВАНЕНКО ІЛОНА ІГОРІВНА

УДК 630*521.1(477.42)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

ОСОБЛИВОСТІ ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ
В УМОВАХ ЖИТОМИРСЬКОГО ЛІСНИЦТВА
ДП «ПУЛИНСЬКИЙ ЛІСГОСП АПК»

205 Лісове господарство

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

кваліфікаційна робота містить результати власних наукових досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на
відповідне джерело

_____ І.І. Іваненко

Керівник роботи

Кратюк Олександр Леонідович
доктор біологічних наук, доцент

Житомир – 2024

Висновок кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу за результатами попереднього захисту

Протокол засідання кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу
№ ____ від «____» 2023 р.

Завідувач кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу

к.с.-г.н., доцент

Сірук Юрій Вікторович

«____»

2023 р.

Результати захисту кваліфікаційної роботи

Здобувачка вищої освіти Іваненко Ілона Ігорівна захистила кваліфікаційну роботу з оцінкою:
сума балів за 100-бальною шкалою
за шкалою ECTS
за національною шкалою

Секретар ЕК

АНОТАЦІЯ

Іваненко І.І. Особливості діелектричних показників берези повислої в умовах Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

У магістерській роботі проведено лісівничо-таксаційну характеристику березових насаджень, які зростають у різних типологічних умовах. Встановлено відмінності зміни електрофізіологічних показників дерев *Betula pendula* упродовж вегетаційного періоду у лісових насадженнях та на сільськогосподарських угіддях. Виявлено сезонні зміни діелектричних показників дерев *Betula pendula* різних умов зростання. Досліджено залежність між показниками поляризаційної ємності та імпедансу дерев *Betula pendula* та умовами їх місцезростання. Доведено можливість застосування імпедансу та поляризаційної ємності, як універсальних показників для вивчення життєздатності дерев берези повислої у різних типологічних умовах, що є перспективним напрямком лісівничо-фізіологічних досліджень на території України.

Ключові слова: Береза повисла, поляризаційна ємність; імпеданс; *Betula pendula*; ДП «Пулинський лісгосп АПК».

ANNOTATION

Ivanenko I.I. Peculiarities of dielectric parameters of birch hanging in the conditions of Zhytomyr forestry of the SE «Pulyny Agro forestry» – Qualifying work on the rights of the manuscript.

Qualification work for the master's degree in specialty 205 – Forestry. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

In the master's thesis, the forestry and taxation characterization of birch plantations growing in different typological conditions was carried out. Differences in changes in the electrophysiological parameters of *Betula pendula* trees during the growing season in forest plantations and agricultural lands were found. The seasonal changes in the dielectric parameters of *Betula pendula* trees under different growing conditions were revealed. The dependence between the polarization capacity and impedance of *Betula pendula* trees and their habitat conditions was investigated. The possibility of using impedance and polarization capacity as universal indicators for studying the viability of *Betula pendula* trees in different typological conditions has been proved, which is a promising area of forestry and physiological research in Ukraine.

Key words: Birch hanging, capacitance polarization, impedance, *Betula pendula*, SE «Pulyny Agro forestry».

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ БЕРЕЗОВИХ НАСАДЖЕНЬ	8
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ТЕРИТОРІЇ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1. Еколого-біологічні особливості берези повислої	14
2.2. Характеристика території досліджень	17
2.3. Методика проведення досліджень	18
РОЗДІЛ 3. ЗАКОНОМІРНОСТІ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ	20
3.1. Загальні положення проведення досліджень	20
3.2. Діелектричні показники у весняний період	23
3.3. Діелектричні показники у літній період	26
3.4. Діелектричні показники у осінній період	27
3.5. Особливості динаміки діелектричних показників упродовж вегетаційного періоду	28
ВИСНОВКИ	31
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	32
ДОДАТКИ	37

ВСТУП

Актуальність теми. Для вирішення численних сучасних проблем лісового господарства, першочерговим є розуміння формування та функціонування лісових біогеоценозів, де одну з ключових ролей відіграє біологічна продуктивність лісових насаджень, яка тісно пов'язана із закономірностями росту та розвитку як насаджень загалом так і окремого дерева зокрема. Береза повисла цінна деревна порода, відома своїми унікальними можливостями до пристосування до різних умов навколишнього середовища, а також швидкими темпами росту. Фізіологічні основи таких властивостей потребують ретельного вивчення, а їх результати стануть у нагоді для практичного застосування у подальших процесах заліснення деградованих територій. Це дуже важливо і актуально саме для України, яка буде потребувати різноманітних механізмів відновлення території на яких проводилися бойові дії. Універсальне екологічне значення берези повислої полягає в здатності до швидкої колонізації порушених ділянок, відіграючи вирішальну роль на перших етапах екологічних сукцесії. Березові ліси сприяють підтримці біорізноманіття, забезпечуючи середовище існування для численних видів флори і фауни.

Мета і завдання дослідження. Метою роботи було дослідження впливу умов місцезростання на діелектричні показники дерев *Betula pendula* в умовах Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК».

Для досягнення поставленої мети передбачалось виконання наступних завдань:

1. Провести лісівничо-таксаційну характеристику березових насаджень, які зростають у різних типологічних умовах.
2. Встановити відмінності зміни електрофізіологічних показників дерев *Betula pendula* упродовж вегетаційного періоду у лісових насадженнях та на сільськогосподарських угіддях.

3. Виявити сезонні зміни діелектричних показників дерев *Betula pendula* різних умов зростання.

4. Дослідити залежність між показниками поляризаційної ємності та імпедансу дерев *Betula pendula* та умовами їх місцезростання.

Об'єктом досліджень є деревостани *Betula pendula*.

Предметом досліджень є закономірності зміни електрофізіологічних показників *Betula pendula* у різних типологічних умовах місцезростання.

Методи дослідження: лісівничо-таксаційні (для характеристики березових насаджень різного походження), електрофізіологічні (для вимірювання активної складової опору та поляризаційної ємності), екологічні (для виявлення закономірностей росту березових деревостанів у різних умовах місцезростання), математико-статистичні (для статистичної обробки отриманих даних).

Публікації.

Клим В.В., Сергійчук Б.В., **Іваненко І.І.** Основні етапи вивчення електрофізіологічних властивостей деревних порід. *Стан і майбутнє лісового господарства, деревообробки та землевпорядкування* : збірник матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції здобувачів вищої освіти та молодих вчених (9-10 жовтня 2023, м. Харків, Україна). Харків, 2023. С. 31–32.

Іваненко І.І. До питання вивчення електрофізіологічних показників дерев берези повислої. *Ліс, наука, молодь*: матеріали XI Всеукраїнської науково-практичної конференції (м. Житомир, 23 листопада 2023 р.). Житомир, 2023. С. 80.

Іваненко І.І. Значення вивчення фізіологічних особливостей берези повислої. *Технологія. Наука. Практика – 2023*: матеріали студентської наук.-практ. конф. (м. Житомир. 07 грудня 2023 р.). Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 62–63.

Практичне значення. Вперше для умов Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК» встановлено закономірності проходження

електрофізіологічних процесів у дерев *Betula pendula* упродовж вегетаційного періоду у лісових насадженнях та на сільськогосподарських угіддях.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота представлена на тридцяти шести сторінках друкованого тексту і включає в себе вступ, три розділи, висновки, список використаних джерел (сорок вісім посилань) та додатки. Кваліфікаційна робота містить одну таблицю та п'ять рисунків.

РОЗДІЛ 1

СУЧАСНИЙ СТАН ВИВЧЕННЯ БЕРЕЗОВИХ НАСАДЖЕНЬ

У наш час науковці приділяють значну увагу дослідженню впливу екологічних чинників на деревні рослини. Екологічні принципи висвітлюють фундаментальні характеристики, що регулюють функціонування лісових біогеоценозів. Ці екологічні закони та керівні принципи охоплюють структурні аспекти розуміння взаємодії між рослинами та їхнім середовищем. В цілому, вплив екологічних чинників на життя рослин можна назвати законом системної взаємодії [9, 29, 42, 48].

Важливо визнати, що класифікація чинників навколишнього середовища, які впливають на рослини, на окремі компоненти - це створена людиною конструкція. Як у природному, так і в контрольованому середовищі рослини зазнають впливу цілого комплексу екологічних чинників, а не лише одного. Для оптимального функціонування рослин необхідний одночасний і колективний вплив цього всеосяжного набору екологічних факторів. Важливо враховувати, що вплив кожного чинника навколишнього середовища на рослину залежить від наявності інших чинників. Більше того, всі ці чинники тісно пов'язані між собою, а це означає, що будь-яка зміна одного чинника неминуче спричинить зміни в усіх інших [3].

Наше розуміння біологічних і, зокрема, лісівничих особливостей берези повислої (*Betula pendula* L.) у різних типах лісу залишається неповним, незважаючи на широке розповсюдження виду, що охоплює різноманітні біогеоценози [40]. Такі дослідження є надзвичайно важливими, особливо у світлі зростаючих викликів, пов'язаних з ощадливим використанням лісових ресурсів.

Ареал поширення *Betula pendula* дуже обширний (рис. 1.1). На території України він охоплює лісові насадження від Криму на півдні (здебільшого на піщаних ґрунтах) до суцільних лісових масивів Українського Полісся. Ареал охоплює практично всю Євразію, крім тропічних і

субекваторіальних територій, а також Аляску, Канаду (Північна Америка) [15].



Рис. 1.1. Ареал поширення берези повислої

Березові деревостани України мають важливе лісівниче та екологічне значення. Роботи вчених спрямовані на вивчення різних аспектів біологічної продуктивності березових лісів [4, 5, 40] та особливостей росту і розвитку у декоративних деревостанах Київського Полісся [44]. Відома також вуглецедепонуюча роль березових насаджень [12, 27]. Вирощування березових насаджень стикається з різними проблемами як лісівничого характеру (проблеми вирощування чистих березових насаджень), так і проблеми погіршення санітарного стану [10, 43, 45]. Життєдіяльність березових біогеоценозів забезпечує високий рівень біорізноманіття [2, 11, 25, 46]. Досить великий матеріал накопичено стосовно мортмаси [1, 19, 20] та компонентів фітомаси березових лісів [10, 26, 39]. У межах Житомирського Полісся на початку XX століття велися активні наукові дослідження берези повислої П.В. Литваком та О.П. Тарасевичем. Ними досліджено внутрішню видову мінливість *Betula pendula* в умовах Центрального Полісся України, пасокопродуктивність та закономірності виділення пасоки деякими представниками роду *Betula*, особливості онтогенезу берези карельської та берези повислої (або української), особливості анатомічної будови деревини

деяких представників роду *Betula*, вивчено фіто-біологічне значення локалітету *Betula pendula* з особливою візерунчастою текстурою деревини у межах Житомирського Полісся [31-37].

В останні декілька десятиліть широкого використання набула практика вивчення різноманітних аспектів функціонування лісових біогеоценозів прикладними та теоретичними методами електрофізіології [18, 23, 47]. Наразі ціленаправлені дослідження електрофізіологічних показників дерев *Betula pendula* на території України не проводяться. У вітчизняній науковій літературі ми лише можемо знайти розрізнені дані про показники активного опору та поляризаційної ємності підросту *Betula pendula* на вітровальних ділянках Карпатах [24]. Досліджуючи особливості природного заліснення сільськогосподарських угідь Північного Заходу Поділля В.К. Заїка та Г.Т. Криницький [14], поряд з дослідженням лісівничо-таксаційних та морфо-фізіологічних особливостей лісових насаджень вивчали діелектричні показники деревних порід, у тому числі і *Betula pendula*. Проте акценти на дослідженні *Betula pendula* не були сфокусовані. Ряд робіт проведено магістрантами Поліського національного університету щодо вивчення впливу механічного пошкодження дерев *Betula pendula* [21], у тому числі під час добування березового соку [30].

Таким чином, на нашу думку, застосування діелектричних показників для вивчення життєвих функцій дерев *Betula pendula* є перспективним напрямком лісівничо-біологічних та лісівничо-фізіологічних досліджень у межах України [16, 17]. Для їх проведення потрібне глибоке розуміння проходження фізіологічних і, особливо, функціонування висхідного та нисхідного транспорту речовин та фундаментальна роль води у цих процесах.

Переміщення води в рослинах є постійним об'єктом досліджень через її фундаментальну важливість у житті рослин. Вода, яка спочатку поглинається кореневими волосками, проходить лише кілька міліметрів через живі клітини кореневої паренхіми, перш ніж потрапляє до судин ксилеми. Такий рух води

через живі клітини стає можливим завдяки існуванню різних градієнтів всмоктувальних сил, які зростають від кореневого волоска до сусідніх живих клітин біля судин ксилеми. Таким чином, вивчення водного балансу рослин з роками неухильно прогресує, чому сприяють як традиційні, так і сучасні методи дослідження [31, 34, 41].

Перебіг фізіологічних процесів у рослинах нерозривно пов'язаний з організацією води в рослині. Склад води дуже чутливо реагує на коливання рівня вологості ґрунту. В умовах дефіциту ґрунтової вологи відбувається перерозподіл різних фракцій води, що призводить до збільшення частки зв'язаної води. Ця перебудова відбувається паралельно зі змінами в біохімічних процесах. Як наслідок, значно збільшується частка водорозчинних білків, які мають здатність утримувати вологу. Ця адаптація відіграє важливу роль у збереженні життєздатності рослин, особливо за несприятливих умов [31].

Основою електрофізіологічних процесів у деревних рослинах є складний рух води та необхідних мінералів через провідні елементи, розташовані у стовбурі рослини. У наукових дослідженнях існує всебічне розуміння складного взаємозв'язку між управлінням водою в рослині та інтенсивністю транспортування поживних речовин. Цей взаємозв'язок, у свою чергу, можна оцінити за допомогою певних параметрів, один з яких використовується вже понад п'ятдесят років.

Переміщення води та поживних речовин у рослинах в першу чергу залежить від осмотичного тиску, як верхнього, так і нижнього, через провідну тканину. Варто зазначити, що клітини цих провідних тканин витягнуті, а поперечні мембрани, які їх розділяють, пронизані численними порами, що нагадують сито. Окремі провідні канали називаються ситовидними трубками [41].

Вода в рослинах переміщується у двох основних напрямках. По-перше, вона тече від коренів до листків, транспортуючи воду та мінеральні речовини. По-друге, вона рухається від листя назад до коренів, переміщуючи

органічні речовини. Причому мінеральні та органічні речовини рухаються різними шляхами. Судини, що характеризуються унікальною формою клітин із загостреними кінцями, відіграють важливу роль у цьому процесі [41].

Аналіз вмісту вологи в деревині з різних місць показує, що вона значно нижча в серцевині. Це спостереження означає, що вода в серцевині не бере активної участі у транспортуванні води до клітин. Однак, варіації вмісту вологи в серцевині в різних регіонах свідчать про потенційну можливість різниці діелектричних властивостей в різних частинах дерева.

Іншим важливим чинником, що впливає на імпеданс і поляризаційну здатність деревних рослин, є швидкість, з якою вода проходить через провідні елементи рослини. Для листяних порід ця швидкість в середньому становить близько 20 см^3 на годину на 1 см^2 поперечного перерізу деревини. Для хвойних порід, навпаки, цей показник значно нижчий і становить лише 5 см^3 на годину на 1 см^2 поперечного перерізу деревини. Важливо підкреслити, що в останні роки, завдяки застосуванню передових діагностичних методів, таких як важка вода та ізотопне мічення, вчені суттєво поглибили наше розуміння різних аспектів руху води в рослині, включаючи її швидкість. Було встановлено, що вода рухається вздовж стовбура зі швидкістю кілька метрів на годину, на відміну від попередніх припущень, що вона текла зі швидкістю кілька десятків сантиметрів на годину [41].

Крім того, було помічено, що найбільший вміст вологи має заболонь, причому вміст води зменшується по мірі віддалення від серцевини. Водний баланс рослини має сезонні коливання, причому вміст вологи збільшується в період фізіологічного спокою взимку порівняно з періодом активної вегетації. Крім того, насадження берези у різних трофічних і гідротропних середовищах мають унікальні біологічні особливості, що впливають на їхній водний баланс. Ці біологічні особливості перетинаються з сезонними та віковими коливаннями водного балансу.

Річний цикл росту берези можна умовно розділити на кілька етапів: фазу спокою, яку часто називають фізіологічним спокоєм, та активний

вегетаційний період. Дві перехідні фази з'єднують ці періоди: перехід від спокою до активної вегетації та перехід назад до фізіологічного спокою. Кожна з цих фаз має свої особливості, які проявляються в інтенсивності фізіологічних і біохімічних процесів.

Передбачення потенційних розмірів, яких рослини можуть досягти в майбутньому на основі їхніх розмірів на ранніх стадіях розвитку, називається ранньою діагностикою швидкості росту [13]. Прогнозування таксаційних параметрів лісових деревостанів називається ходом росту, який охоплює набір таблиць для основних деревних порід, відповідальних за формування лісу. Ці породи класифікуються на основі різних критеріїв, включаючи клас бонітету, лісорослинні умови, природну зону та регіон. Для ефективного управління лісовими насадженнями необхідно узгодити оцінки продуктивності, отримані на окремих стадіях росту, з оцінками продуктивності всього деревостану. Це зумовлює необхідність дослідження біологічних механізмів і принципів розвитку рослин у деревостані, а також стратегічних і тактичних аспектів онтогенезу деревних рослин у конкретних екологічних умовах [13].

Питання завчасної діагностики росту виникає на всіх етапах лісовирощування. Практика відбору найбільш перспективних у плані розвитку екземплярів використовується протягом тривалого періоду. Однак, коли йдеться про вирощування лісових насаджень, рослини десятиліттями зазнають конкурентного тиску з боку сусідньої рослинності. Вчені виявили різні моделі росту та онтогенезу дерев у модельних деревостанах після їхнього вирубування. Загалом розпізнано близько десяти таких типів росту. Фахівці лісового господарства лише починають розкривати чинники, що сприяють виникненню різних типів росту деревостанів, хоча дискусії щодо їх генетичних детермінант тривають вже деякий час [28]. Проте, регіональні особливості росту та розвитку березових лісів, ще далекі від повного охоплення території нашої держави.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА, ТЕРИТОРІЇ ТА МЕТОДИКИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Еколого-біологічні особливості берези повислої

Береза повисла (*Betula pendula* Roth.) найбільш поширена мяколистяна деревна порода. На відміну від інших видів роду *Betula* береза повисла більш вимоглива до трофності ґрунту та режиму його зволоження, тому вона займає переважно місця з оптимальними показниками зволоження ґрунту та доброю аерацією, з глибоким заляганням ґрунтових вод. Ґрунти з надмірним зволоженням береза повисла уникає. Незважаючи на такі вимоги *Betula pendula* має значно більший ареал поширення, ніж, скажімо, *Betula pubescens* Ehrh. На думку багатьох вчених береза повисла бере участь у формуванні виключно похідних березняків на місці вирубаних або знищених лісовими пожежами сосняків, ялиників та корінних лісів іншого видового складу.

За діаметром стовбура береза повисла перевершує подібну за властивостями березу пухнасту. В літературі описані випадки, коли діаметр стовбура берези повислою досягає 1,0 м. Характерна ознака цього виду берези – гілки, що звисають довгими пасмами. Цей вид берези більш світлолюбивий ніж інші види цього роду. Береза повисла може рости на сухому і бідному ґрунті разом із сосною звичайною. Не рідко в соснових борах на сухому бідному ґрунті можна зустріти невелику домішку повислої берези. У той самий час *Betula pendula* також може успішно зростати і на суглинистих ґрунтах, і на чорноземах [15, 33]

Маса 1000 насінин становить 170,0-220,0 мг. Дальність розльоту насіння значна: при слабкому вітрі насіння може поширюватися на відстань до 250,0 м від дерева, а при сильному на відстань понад один кілометр.

У берези повислої гілки звисають униз, довгими пасмами. Однорічні пагони берези повислої гладкі, мають червонувато-темне забарвлення. На пагонах помітні «бородавки», які дозволяють легко відрізнити її від інших видів.

Плоди, які у практиці лісового господарства частіше називають насінням, являють собою горішки з однією насіниною. Схожість насінин буває іноді внаслідок партенокарпії, не висока та взагалі швидко втрачається. Уже на наступну весну вона падає всього до декількох відсотків. Сходи дрібні, ніжні з двома овальними сім'ядолями, голі, зверху зеленого, знизу червонуватого кольору. Перші рік-два росте не дуже швидко, але потім ріст значно прискорюється, особливо у період від десяти до двадцяти років. До шістдесяти річного віку він зазвичай уже зупиняється. Рослина рідко доживає до 120 років та більше. Кора, починаючи з десяти років, стає білою та утворюється так звана береста. З віком кора у нижній частині стовбура робиться тріщинуватою та набуває чорного відтінку, який поступово піднімається вище, і у старих дерев стовбури не мають білої гладкої поверхні. У молодому віці розвивається один стрижневий корінь, який у подальшому сильно галузиться. Загалом коренева система неглибока, але дуже розгалужена. Гілки на старих деревах повислі, надаючи усій кроні характерного вигляду [33].

Пагони молодих дерев, а особливо пенькова поросль, сильно покриті залозистими бородавками, які на пагонах старих дерев зазвичай бувають зовсім відсутні. Листки чергові, тонкі, ромбічної форми, на більш сильних пагонах, і в тіні широко-ромбічні, майже трикутні, з широко-клиноподібною чи обрубленою основою, з довгою відтягнутою вершиною, двояко-гостро-зубчасті [33].

Плодоносити починає у вільному стані з десяти років, а в насадженнях з двадцяти-тридцяти років та плодоносить майже щорічно та сильно (один гектар дорослих насаджень утворює до 90 млн. штук насінин). Цвіте перед початком розпускання листків. Насіння дозріває у кінці літа. Жіночі сережки

(шишечки) циліндричної форми, при досяганні зразу розсипаються. Луски трилопатеві, з короткою середньою лопаттю та більш довгими зверху округлими боковими лопатями, відсунутими у боки та загнутими дещо донизу. Плоди з широкою крильцями, які у 1,5-3,0 рази ширші за горішка. Верхні краї крилець значно виділяються на фоні основи тичинки [33].

На зрубках дає велику кількість пенькової порослі із сплячих бруньок, які зазвичай у великій кількості зберігаються на кореневій шийці. Така здатність утворювати пагони зберігається у дерев насінневого походження довго, і хоча до сорока років вона послаблюється, але все-таки зберігається до 60-80 років.

За рахунок того, що ця деревна порода забезпечена далеким і легким поширенням свого насіння, вона володіє швидким ростом, завдяки чому добре бореться з бур'янами, не страждає від заморозків, легко заселяє нові, ще не зайняті лісом території. Тому вона належить до порід, які лісівники називають піонерами.

Достеменно про природні корінні березові ліси можна говорити лише на території степу і лісостепу, де береза, напевно, є піонером у заселенні лісом цих територій. Напевно корінними є і деякі березняки на заболочених територіях у лісовій зоні. У інших випадках в природних умовах береза повисла зустрічається лише як домішка до інших деревних порід, а самотійно чистих насаджень не формує [40].

Незважаючи на значну частку берези у наших лісах, переважні їх площі не є природного походження, не корінні, а похідні, пов'язані з втручанням людини у життя природи. Більшість березових насаджень розвиваються на місці зрубів чи згарищ соснових, ялинових та, навіть, дубових насаджень. Вказані вище властивості берези дозволяють їй швидко заселяти незаймані лісом території, а також і сільськогосподарські угіддя, які не використовуються. Проте, вона на таких місцях не здатна довго утримувати територію. Якщо є наліт чи наніс насіння інших деревних порід, то вони розвиваючись під наметом березових насаджень, у майбутньому витісняють

березу зовсім і таким чином відновлюється знову попередній характер лісу на місці тимчасових березняків [28].

2.2. Характеристика території досліджень

Дослідження проводили на території Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК». Підприємство створено у 2000 році на виконання наказу №13К від двадцятого червня 2000 року по Управлінню агропромислового комплексу Житомирської ОДА на базі лісів колгоспної власності та отримало назву ДП «Червоноармійський лісгосп АПК». Згодом, після перейменування населеного пункту Червоноармійськ на Пулини, у відповідності до наказу №115 ЖОКАП «Житомироблагроліс» від двадцять шостого грудня 2016 лісове підприємство було перейменовано на ДП «Пулинський лісгосп АПК».

Територія лісгоспу складає 33276,0 гектарів, до його складу входить п'ять лісництв. Житомирське лісництво знаходиться у межах новоствореного Житомирського адміністративного району та має загальну площу 6636,6 гектарів. Лісництво розділено на чотири майстерських ділянки та двадцять лісових обходів.

Розташовуючись у межах Центрального Полісся (згідно лісорослинного [5] та фізико-географічного районування [38]) територія Житомирського лісництва: її природно-кліматичні, екологічні, лісівничі, ґрунтові, економічні характеристики [6-8] – сприятливі для вирощування високопродуктивних лісових насаджень основних лісотвірних порід. Переважаючою породою у лісництві є сосна звичайна (*Pinus sylvestris*). Зважаючи на історію походження лісових насаджень, мається на увазі, що це переважно колишні колгоспні ліси та території самозаліснені у період занепаду сільськогосподарського виробництва, значні площі займають насадження берези повислої (*Betula pendula*) та вільхи чорної (*Alnus glutinosa*), значно менше дуба звичайного (*Quercus robur*). Житомирське

лісництво – це переважно сукупність невеликих за площею урочищ серед сільськогосподарських угідь різного ступеня використання.

2.3. Методика проведення досліджень.

Визначення діелектричних показників дерев *Betula pendula* проводили за загальноприйнятою методикою Г.Т. Криницького [22].



А

Б

Рис. 2.1. Прилад Ф4320 (А) та оригінальний щуп (Б).

Для вивчення електрофізіологічних процесів життєдіяльності дерев *Betula pendula* у різних умовах місцезростання нами використано діелектричні показники (поляризаційна ємність та імпеданс) прикамбіальних тканин лубу. Згадані параметри досить чітко відображають загальні тенденції стійкості рослин до дії чинників навколишнього середовища [22]. Такими

чинниками можуть бути як природні (біотичні і абіотичні) так і антропогенні чинники. Вимірювання проводили приладом комбінованим Ф4320 (рис. 2.1. А), який працює на частоті 1000 Гц. Прилад може бути використано для вимірювання показників у визначених температурних умовах (+10 - +35°C) та відносній вологості атмосферного повітря не вище 80%.

Для вимірювання діелектричних показників щупи стандартної комплектації приладу не пристосовані для використання. Для таких потреб використовують спеціальний авторський щуп. Він нагадує вилку з двома електродами у вигляді голок, які виготовлені з інертних металів. Голки щупа розташовані на відстані двох сантиметрів (рис. 2.1.Б).

Технологія застосування щупа наступна: електроди вводять у тканини деревної породи на один сантиметр на висоті стовбура 1,3 м. Вимірювання проводиться з південної сторони модельних дерев. Зазвичай обирають від десяти до двадцяти модельних дерев. Це залежить від завдання дослідження та конкретних умов їх проведення.

РОЗДІЛ 3

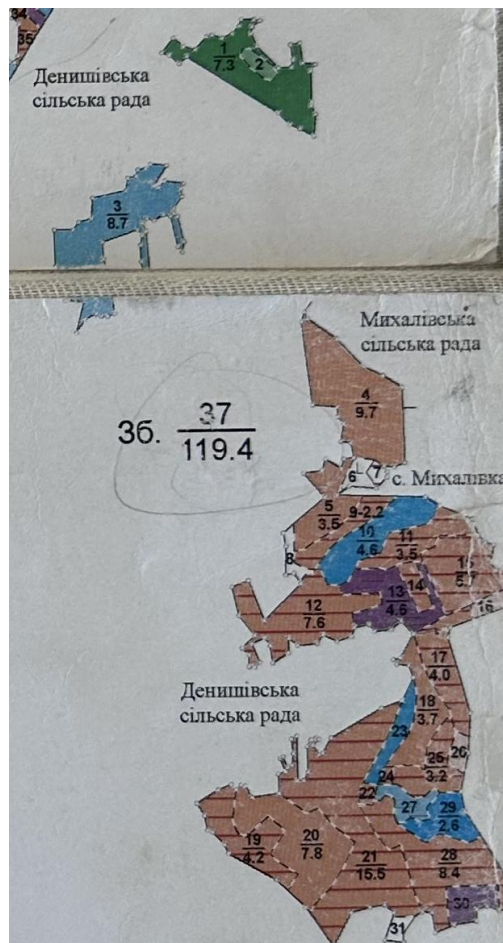
ЗАКОНОМІРНОСТІ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ

3.1. Загальні положення проведення досліджень

Для проведення порівняння ходу зміни показників поляризаційної ємності та імпедансу у дерев *Betula pendula*, які зростають у межах лісових насаджень та на покинутих сільськогосподарських площах нами вибрано дві тимчасові пробні площі. Перша – ТППліс – знаходиться у насадженнях Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК» (37 квартал, 3 виділ). Це природне березове насадження віком 40 років. Площа виділу – 8,7 га. Склад деревостану – 4Бп3Ос2Влч1Сз+Дз. Насадження зростає за II класом бонітету. Лісівничо-таксаційні показники наступні: діаметр стовбура 20 сантиметри, висота насадження 18 метрів, відносна повнота 0,70 одиниць, запас $190 \text{ м}^3 \cdot (\text{га})^{-1}$. Березове насадження зростає у типі лісу свіжий дубово-сосновий субір (Вз-дС). На ТПП у наявності підріст берези повислої, осики та вільхи чорної вегетативного походження. Наявний також підлісок з крушини ламкої та граба звичайного зімкнутістю 0,3. Загалом повнота насадження нерівномірною, а склад насадження – неоднорідний. Друга – ТППс/г – це колишні сільськогосподарські угіддя, на яких зростають березняки природного походження. Вони знаходяться на північ від села Дениші у напрямку до села Улянівка. На початку 80-х років 19 століття тут були проведені меліоративні роботи, проте належного ефекту для підвищення продуктивності сільськогосподарських угідь вони не дали. Досить скоро поля перестали обробляти та перетворили на пасовища. Пасовища почали активно заростати переважно березою повислою. Напрямок заростання був від стіни лісу та від меліоративних каналів, які без належного догляду почали досить швидко заростати. Лісівничо-таксаційна характеристика березового деревостану ТППс/г має такі показники. Це березове насадження природного

походження віком 40 років. Склад деревостану – 7Бп3Ос. Насадження зростає за II класом бонітету. Лісівничо-таксаційні показники наступні: діаметр стовбура 20 сантиметри, висота насадження 18 метрів. Березове насадження зростає у типі лісу свіжий дубово-сосновий субір (Вз-дС). Тимчасові пробні площі розташовані на відстані пів кілометра одна від одної.

Вимірювання електрофізіологічних показників проводили упродовж трьох періодів вегетації (навесні, влітку та восени) п'ять разів. У весняний період вимірювання проводили тричі: 04 березня 2023 року (до початку сокоруху), 08 квітня 2023 року (період активного руху поживних речовин) та 07 травня 2023 року (період після закінчення сокоруху). Влітку на восени проводили вимірювання по одному разу 09 липня 2023 року та 08 жовтня 2023 року відповідно.



**Рис. 3.1. Територія проведення досліджень
(Житомирське лісництво, кв 37, вид 3)**

Для проведення вимірювань відбирали по десять модельних дерев найвищих за категорією санітарного стану в межах тимчасових пробних площ. Таким чином, загальна кількість обстежених дерев *Betula pendula* на тимчасових пробних площах за весь період спостережень становить 100.

Результати досліджень упродовж вегетаційного періоду 2023 року представлено у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

Зміна діелектричних показників берези повислої

Дата	C, нF		R, кОм	
	$M \pm m$	V, %	$M \pm m$	V, %
ТППс/г				
04.03.23	6,28±0,25	12,6	28,75±2,46	27,1
08.04.23	9,59±0,40	13,1	15,15±0,93	19,3
07.05.23	13,45±0,84	19,9	16,65±1,59	30,2
09.07.23	14,90±0,78	16,6	14,80±0,77	16,5
08.10.23	9,57±0,81	26,8	22,45±3,23	45,5
ТППліс				
04.03.23	6,49±0,11	5,5	27,45±1,34	15,4
08.04.23	7,84±0,46	18,7	19,15±1,15	18,9
07.05.23	10,55±0,58	17,3	17,73±1,58	28,2
09.07.23	13,44±1,58	37,2	16,75±1,42	26,8
08.10.23	12,53±1,21	30,6	19,10±1,00	16,5

Окрім імпеданса та поляризаційної ємності за допомогою описової статистики ми визначили середні значення показників, їх стандартну похибку, а також коефіцієнт варіації вимірюваних показників. За допомогою однофакторного дисперсійного аналізу встановлено наявність, або ж відсутність достовірної різниці між показниками на ТППліс та ТППс/г, а також між показниками на одній ТПП, але у різний період.

3.2. Діелектричні показники у весняний період

У весняний період ми провели вимірювання діелектричних показників тричі: 04 березня 2023 року (до початку сокоруху), 08 квітня 2023 року (період активного руху поживних речовин) та 07 травня 2023 року (період після закінчення сокоруху). Це передусім зумовлено характерною особливістю *Betula pendula* – наявністю активного та яскраво вираженого процесу сокоруху. Загальновідомо, що в окремо стоячому дереві процесу сокоруху ідуть більш активно, ніж у дерев берези повислої у складі лісових насаджень. Тому ми мали на меті підтвердити чи спростувати цю тезу за допомогою визначення електрофізіологічних показників дерев берези повислої, які зростають у різних типологічних місцевостях.

Вимірювання до початку активного сокоруху у дерев *Betula pendula* проводили четвертого березня 2023 року. У межах тимчасових пробних площ нами відібрано по десять найкращих у насадженні модельних дерев. Усі дерева були без ознак механічних ушкоджень від добування соку.

Поляризаційна ємності дерев *Betula pendula* на ТППліс коливалася у проміжку 5,8 до 7,1 пФ (середнє значення $6,49 \pm 0,11$), а на ТППс/г від 5,1 до 7,3 пФ (середнє значення $6,28 \pm 0,25$) (табл. 3.1). Між показниками поляризаційної ємності на даних ТПП за результатами однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці у межах пробної площі ($F = 0,5867 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

Значення активного опору модельних дерев на початок березня 2023 року становили у межах: на ТППліс від 21,5 до 35,0 кОм (середнє $27,45 \pm 1,34$ кОм середнє), а на ТППс/г від 19,0 до 40,0 кОм (значення $28,75 \pm 2,46$ кОм середнє) (табл. 3.1). Між показниками імпеданса на ТПП згідно даних однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці ($F = 0,2150 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

Перед початком активної вегетації коефіцієнти V для електричних показників *Betula pendula* на ТПП коливалися у незначній мірі. Для

поляризаційної ємності це 5,5% (ТППліс) та 12,6% (ТППс/г), а для імпеданса відповідно 15,4% (ТППліс) та 27,1% (ТППс/г).

Таким чином, результати наших досліджень на ТППс/г та ТППліс показують, що у період спокою фізіологічні процеси у дерев *Betula pendula* не залежать від характеру місця зростання, проходять з однаковою інтенсивністю та не відрізняються на 95%-рівні значимості.

У берези період активного сокоруху розпочався у третій декаді березня 2023 року. Ми визначили імпеданс та поляризаційну ємність у період активного сокоруху – 08 квітня 2023 року.

Поляризаційна ємності дерев *Betula pendula* на ТППліс коливалася у проміжку 6,0 до 9,9 nF (значення $7,84 \pm 0,46$ середнє), а на ТППс/г від 8,0 до 12,0 nF (значення $9,59 \pm 0,40$ середнє) (див. табл. 3.1). Між показниками поляризаційної ємності на ТППс/г та ТППліс у дерев берези, за результатами однофакторного дисперсійного аналізу, встановлено достовірну різницю, яка виражена у формулі ($F = 8,22 > F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

Значення активного опору модельних дерев на початок квітня 2023 року становили у межах: на ТППліс від 14,0 до 24,0 кОм (середнє $19,15 \pm 1,15$ кОм середнє), а на ТППс/г від 12,0 до 21,0 кОм (значення $15,15 \pm 0,93$ кОм середнє) (див. табл. 3.1). Між показниками імпеданса на ТПП згідно даних однофакторного дисперсійного аналізу встановлено достовірну різницю ($F = 7,38 > F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

Отже, на сільськогосподарських угіддях фізіологічні процеси берез проходять більш інтенсивно, ніж в межах лісових насаджень, про що свідчить достовірна різниця діелектричних показників. На ТППс/г значення поляризаційної ємності достовірно вищі ніж на ТППліс, а показники імпеданса достовірно нижчі.

У період активного сокоруху коефіцієнти V для електрофізіологічних показників *Betula pendula* на ТПП коливалися у незначній мірі. Для поляризаційної ємності це 18,7% (ТППліс) та 13,1% (ТППс/г), а для імпеданса відповідно 18,9% (ТППліс) та 19,3% (ТППс/г). Значення

коефіцієнта варіації практично ідентичні для показників обох діелектричних параметрів.

Таким чином, результати наших досліджень на ТППс/г та ТППліс показують, що у період активного сокоруху у дерев *Betula pendula* характер місця зростання березових насаджень, впливає на інтенсивності фізіологічних процесів, що підтверджено на 95%-рівні значимості.

Третє визначення імпедансу та поляризаційної ємності у весняний період проводили 07 травня 2023 року.

Показники поляризаційної ємності дерев берези повислої на ТППліс знаходилися у проміжку від 8,0 до 13,0 nF (значення $10,55 \pm 0,58$ середнє), а на ТППс/г він становив від 9,5 до 17,0 nF (значення $13,45 \pm 0,84$ середнє) (див. табл. 3.1). Між показниками поляризаційної ємності на ТППс/г та ТППліс у дерев берези, за результатами однофакторного дисперсійного аналізу, встановлено достовірну різницю, яка виражена згідно формули ($F = 8,05 > F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

Значення імпедансу модельних дерев на початок травня 2023 року дорівнювала: на ТППліс від 13,0 до 29,0 кОм (середнє $17,73 \pm 1,58$ кОм середнє), а на ТППс/г від 12,0 до 28,0 кОм (значення $16,65 \pm 1,59$ кОм середнє) (див. табл. 3.1). Між показниками імпеданса на ТПП згідно даних однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці ($F = 0,2321 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

Отже, і у травні на сільськогосподарських угіддях фізіологічні процеси у дерев берези повислої проходять більш інтенсивно, ніж в межах лісових насаджень. Проте ця різниця вже не така суттєва, оскільки ми встановили, що на ТППс/г лише значення поляризаційної ємності достовірно вищі ніж на ТППліс, а показники імпеданса достовірно не відрізняються.

У травні коефіцієнти V для електрофізіологічних показників *Betula pendula* на ТПП коливалися у різній мірі. Для поляризаційної ємності це 17,3% (ТППліс) та 19,9% (ТППс/г) у межах двох попередніх вимірювань весняного періоду, а для імпеданса вони відчутно зросли і становлять 28,2%

(ТППліс) та 30,2% (ТППс/г) відповідно. Значення коефіцієнта варіації практично ідентичні для показників імпеданса та поляризаційної ємності.

Таким чином, у травні на ТППс/г та ТППліс показники поляризаційної ємності та імпеданса мають тенденції до відповідно зростання та зниження, як параметри антагоністи. Проте різниця між ними стає все менш суттєвішою.

Слід відмітити, що між діелектричними показниками, які ми вимірювали упродовж весняного періоду в межах кожної ТПП існує також достовірна різниця.

3.3. Діелектричні показники у літній період

У літній період нами проведено лише одне вимірювання діелектричних показників. Його було здійснено 09 липня 2023 року. Середина літа, це період активної фізіологічної діяльності лісових насаджень. Відбір модельних дерев здійснено відповідно до методики досліджень.

У літній період поляризаційна ємності дерев *Betula pendula* на ТППліс змінювалася у таких межах: 8,6 до 22,0 nF (середнє $13,44 \pm 1,58$ значення) та на ТППс/г від 11,0 до 20,0 nF (середнє $14,90 \pm 0,78$ значення) (див. табл. 3.1). Між показниками поляризаційної ємності на ТПП за результатами однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці у межах пробної площі ($F = 0,6869 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$). Звертає на себе увагу великий розмах показників поляризаційної ємності на ТППліс. Якщо найвищі показники в межах 19,0-22,0 nF цілком прийнятні для цього періоду вегетації, то показники 8,6-9,4 nF досить низькі. Можливо мають місце перші ознаки погіршення санітарного стану дерев *Betula pendula*, які ще не можна ідентифікувати візуально.

Значення імпедансу модельних дерев на початок липня 2023 року знаходилися у такому проміжку: на ТППліс від 11,0 до 24,5 кОм (середнє $16,75 \pm 1,42$ кОм значення), а на ТППс/г від 12,0 до 21,0 кОм (значення

14,80±0,77 кОм середнє) (див. табл. 3.1). Між показниками імпеданса на ТПП згідно даних однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці ($F = 1,4548 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$).

У період активної вегетації коефіцієнти V для різних діелектричних показників *Betula pendula* на різних ТПП коливаються з різною амплітудою. Для поляризаційної ємності це 37,2% (ТППліс) та 16,6% (ТППс/г), а для імпеданса відповідно 26,8% (ТППліс) та 16,5% (ТППс/г). Як бачило, у межах лісового насадження саме в літній період ми спостерігаємо широку амплітуду показників, що вказує на певну диференціацію дерев берези повислої за інтенсивністю фізіологічних процесів.

У літній період інтенсивність фізіологічних процесів поступово зростає у порівнянні з весняним. Результати наших досліджень на ТППс/г та ТППліс показують, що у літній період фізіологічні процеси у дерев *Betula pendula* не залежать від характеру місця зростання, проходять з однаковою інтенсивністю та не відрізняються на 95%-рівні значимості.

3.4. Діелектричні показники у осінній період

Восени, особливо у другій її половині починаються спостерігатися процеси переходу до періоду фізіологічного спокою. Інтенсивність біохімічних реакцій сповільнюється. В осінній період ми провели одне вимірювання діелектричних показників на ТПП. Його було проведено 08 жовтня 2023 року. Відбір модельних дерев здійснено відповідно до методики досліджень.

Восени поляризаційна ємності дерев повислої берези на ТППліс змінювалася у таких прогнозованих межах від 8,8 до 21,0 nF (середнє 12,53±1,21 значення) та на ТППс/г від 6,0 до 13,0 nF (середнє 9,57±0,81 значення) (див. табл. 3.1). Між показниками поляризаційної ємності на ТПП за результатами однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці у межах пробної площі ($F = 4,11 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$),

проте фактичний показник F практично відповідає теоретичному значенню у 4,41, що говорить про подальшу можливість їх розходження. Необхідні подальші вимірювання через певний період для підтвердження цієї гіпотези.

Значення імпедансу модельних дерев восени 2023 року знаходилися у такому проміжку: на ТППліс від 14,0 до 24,0 кОм (середнє $19,10 \pm 1,00$ кОм значення), а на ТППс/г від 13,0 до 37,0 кОм (значення $22,45 \pm 3,23$ кОм середнє) (див. табл. 3.1). Між показниками імпеданса на ТПП, згідно даних однофакторного дисперсійного аналізу, не встановлено достовірної різниці ($F = 0,9828 < F_{0,95} (1; 19) = 4,41$) на 95%-рівні значимості.

У період переходу до стану спокою коефіцієнти V для різних діелектричних показників *Betula pendula* на різних ТПП показують різні коливання первинних значень. Для поляризаційної ємності це 30,6% (ТППліс) та 26,8% (ТППс/г), а для імпеданса відповідно 16,5% (ТППліс) та 45,5% (ТППс/г). У межах ТППліс у осінній період ми спостерігаємо широку амплітуду поляризаційних показників та, фактично, середньостатистичну по імпедансу. На ТППс/г обидва діелектричних показники мають високі коефіцієнти варіації. Можливо такі показники варіації імпеданса і поляризаційної ємності свідчать про різну швидкість переходу фізіологічних процесів дерев берези повислої до стану спокою.

Таким чином, в осінній період на ТППс/г та ТППліс спостерігаються ознаки переходу фізіологічних процесів від періоду активної вегетації до періоду спокою у дерев *Betula pendula*.

3.5. Особливості динаміки діелектричних показників упродовж вегетаційного періоду

Зміни діелектричних показників упродовж року є сезонними закономірними і не залежать від умов місцезростання та життєвого стану деревних рослин. Для поляризаційної ємності характерне поступове зростання показників із досягненням максимуму у період активної вегетації,

натомість у цей період спостерігаються мінімальні значення імпеданса. Проте ми можемо прослідкувати особливості цієї зміни показників у залежності від типології розташування березових насаджень: у межах сільськогосподарських угідь чи лісових насаджень.

Тренди зміни поляризаційної ємності на ТППс/г та ТППліс при збереженні загальних тенденцій відрізняються у деталях (рис. 3.2.).

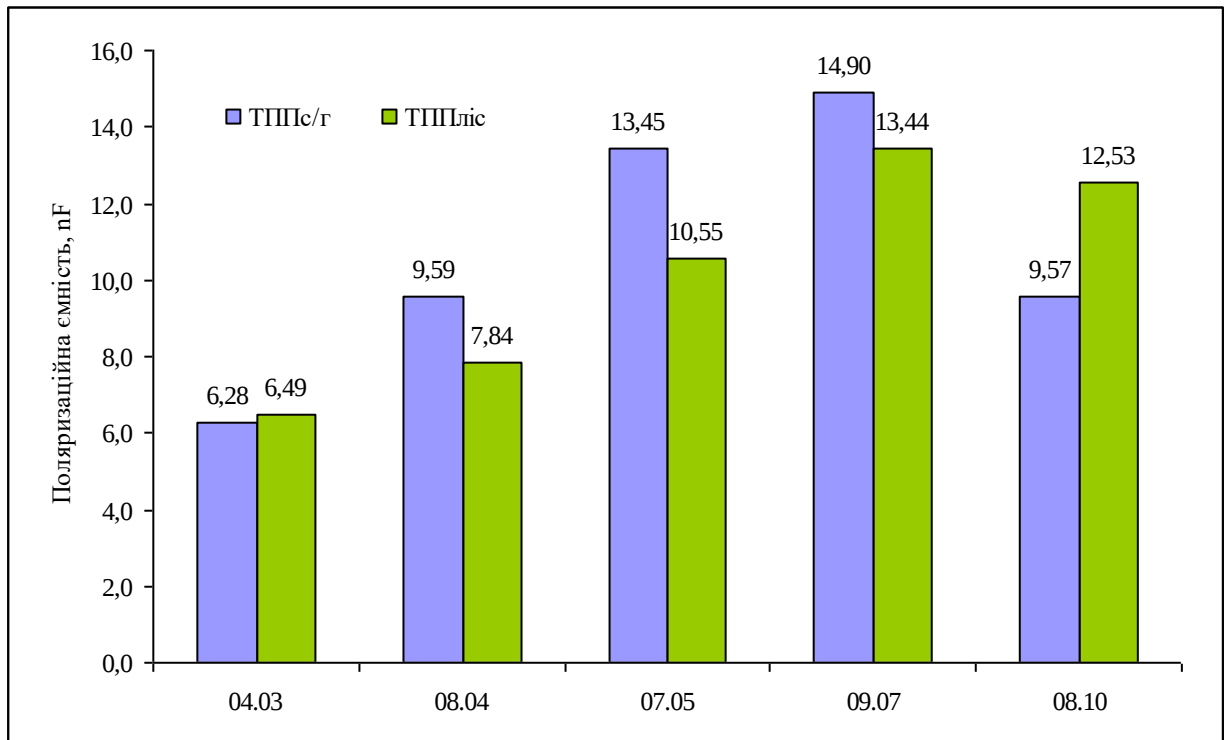


Рис. 3.2. Зміна поляризаційної ємності дерев берези повислої на ТППі упродовж періоду вегетації.

На ТППс/г фізіологічні процеси навесні проявляються значно швидше та інтенсивніше у порівнянні з насадженнями на ТППліс, у літній період вони вирівнюються, а восени інтенсивність сповільнення біохімічних процесів знов значно більше у дерев берези повислої на ТППс/г. При цьому це характерно як для поляризаційної ємності так і для імпеданса. Насадження берези на колишніх сільськогосподарських угіддях навесні більш чутливі до збільшення сонячної радіації, а восени менш захищені від перших осінніх заморозків.

Між показниками поляризаційної ємності дерев берези у періоди вимірювань на ТППліс достовірна різниця існує між значеннями у весняний

період, коли досить швидко зростає інтенсивність фізіологічних процесів. Показники травня, липня та жовтня достовірно між собою не відрізняються, тобто у травні показники поляризаційної ємності вийшли на рівень активної вегетації, але до жовтня сповільнення процесів життєдіяльності ще не видно. Для березових насаджень на ТППс/г характерна аналогічна ситуація, з тією різницею, що показники липня і жовтня мають достовірну різницю ($F = 22,40 > F_{0,95} (1; 19) = 4,41$)

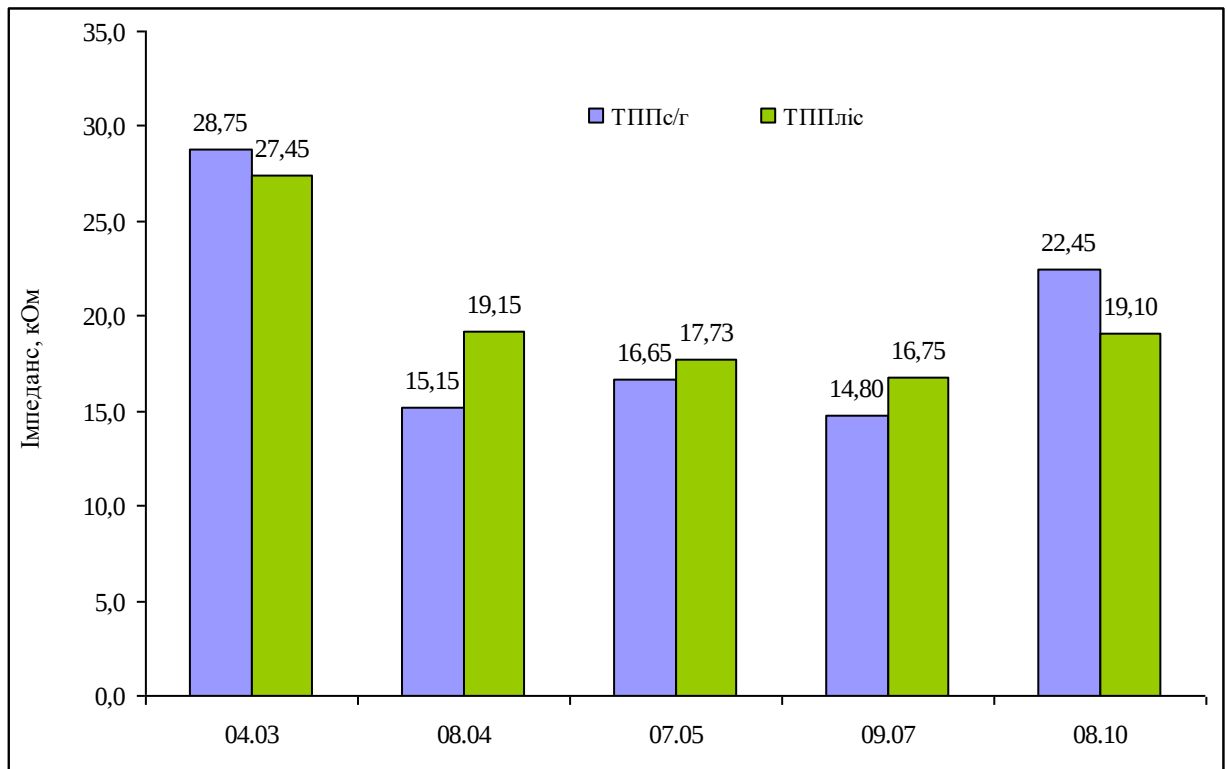


Рис. 3.3. Зміна імпедансу дерев берези повислої на ТПП упродовж періоду вегетації.

Стосовно імпедансу, то на ТППс/г спостерігається така ситуація, коли показники різко знизилися на рівень літнього періоду уже на початку квітня, а на початку жовтня вже почали достовірно підвищуватися до показників періоду спокою (рис. 3.3.). Для ТППЛіс взагалі існує достовірна різниця лише між показниками березня та квітня ($F = 22,24 > F_{0,95} (1; 19) = 4,41$). Отже в межах лісових насаджень перехід до періоду спокою більш згладжений у порівнянні з колишніми сільгоспугіддями.

ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено вивчення закономірностей зміни електрофізіологічних показників дерев берези повислої у різних умовах місцезростання Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК».

Універсальне значення берези повислої, як основної лісотвірної породи, полягає в здатності до швидкої колонізації антропогенно порушених земель, відіграючи вирішальну роль на перших етапах екологічних сукцесії.

Застосування імпедансу та поляризаційної ємності, як універсальних показників для вивчення життєздатності дерев берези повислої у різних типологічних умовах є перспективним напрямком лісівничо-фізіологічних досліджень на території сучасної України.

Загалом зміни електрофізіологічних показників упродовж періоду вегетації є сезонними і закономірними та не залежать від умов місцезростання та категорії життєвого стану берези повислої. Для поляризаційної ємності характерне поступове зростання показників із досягненням максимуму у період активної вегетації, натомість у цей період спостерігаються мінімальні значення імпеданса. Однак, закономірності її динаміки мають характерні риси, які залежать від географічних особливостей розташування та походження березових насаджень: у межах сільськогосподарських угідь чи лісових насаджень.

Ми можемо констатувати, що на сільськогосподарських угіддях фізіологічні процеси навесні проявляються значно швидше та інтенсивніше у порівнянні з лісовими насадженнями, у літній період вони вирівнюються, а восени інтенсивність сповільнення біохімічних процесів знов значно більше у дерев берези повислої на сільгоспугіддях. При цьому це характерно як для поляризаційної ємності так і для імпеданса. Насадження берези на колишніх сільськогосподарських угіддях навесні більш чутливі до збільшення притоку сонячної радіації, а восени менш захищені від перших осінніх заморозків.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Білоус А.М. Оцінка мортмаси деревної ламані березняків Українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.7. С. 25–31.
2. Білоус А.М., Ковбаса Я.В. Особливості дослідження живого надгрунтового покриву березняків Чернігівського Полісся. *Науковий вісник НУБіП України. Серія: Лісівництво та декоративне садівництво*. 2014. №198, Ч.2. С. 31–38.
3. Гандзюра В.П. Екологія : навчальний посібник. Київ: ТОВ «Сталь», 2009. 375 с.
4. Генсірук С.А., Нижник М.С. Географія лісових ресурсів України. Львів: УДЛТУ, 1995. 123 с.
5. Генсірук С.А. Ліси України. Київ: Наук. думка, 1992. 408 с.
6. Географічна енциклопедія України: в 3-х т. / Ред-кол. : ...О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. Київ: Українська радянська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1989. Т. 1: А-Ж. 416 с.
7. Географічна енциклопедія України: в 3-х т. / Ред-кол.: ...О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. Київ: Українська радянська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1990. Т. 2: З-О. 480 с.
8. Географічна енциклопедія України: в 3-х т. / Ред-кол. : ...О. М. Маринич (відповід. ред.) та ін. Київ: Українська радянська енциклопедія ім. М.П. Бажана, 1993. Т. 3: П-Я. 480 с.
9. Голубець М. А. Екосистемологія. Львів, 2000. 316 с.
10. Голяка М.А., Білоус А.М., Матушевич Л.М. та ін. Аналіз таксаційних показників сухостійних дерев у березових насадженнях Українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.1. С. 68–76.
11. Голяка М.А. Видовий склад мікобіоти мортмаси берези повислої. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.8. С. 46–54.

12. Голяка М.А., Білоус А.М., Голяка Д.М. Деревний детрит березових лісів Українського Полісся: монографія. Київ: НУБіП України, 2017. 214 с.
13. Гордієнко М.І., Гордієнко Н.М. Лісівничі властивості деревних рослин. Київ: ТОВ «Віста», 2005. 818 с.
14. Заїка В. К., Криницький Г. Т., Іваницький Р.С. Природне заліснення та лісівничо-екологічні і морфофізіологічні особливості лісостанів на покинутих сільськогосподарських землях Північно-Західного Поділля. *Наукові праці Лісівничої академії наук України*. 2013, т. 11. С. 41–50.
15. Заячук В.Я. Дендрологія. Львів: СПОЛОМ, 2014. 646 с.
16. **Іваненко І.І.** До питання вивчення електрофізіологічних показників дерев берези повислої. *Ліс, наука, молодь*: матер XI Всеукр наук-практ. конф. (м. Житомир, 23 листопада 2023 р.). Житомир, 2023. С. 80.
17. **Іваненко І.І.** Значення вивчення фізіологічних особливостей берези повислої. *Технологія. Наука. Практика – 2023*: матер. студ. наук.-практ. конф. (м. Житомир, 07 грудня 2023 р.). Житомир: Поліський університет, 2023. С. 62–63.
18. Клим В.В., Сергійчук Б.В., **Іваненко І.І.** Основні етапи вивчення електрофізіологічних властивостей деревних порід. *Стан і майбутнє лісового господарства, деревообробки та землевпорядкування* : збірник матер. Всеукр. наук-практ. конф. здобувачів вищої освіти та молодих вчених (9-10 жовтня 2023, м. Харків, Україна). Харків, 2023. С. 31–32.
19. Ковбаса Я.В. Моделювання мортмаси деревної ламані березових лісів Східного Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2014. Вип. 24.10. С. 94–100.
20. Ковбаса Я.В., Білоус А.М. Мортмаса березняків Чернігівщини: депонований вуглець та енергія: монографія. Київ: НУБіП України, 2017. 167 с.
21. Кратюк О.Л., Кордиш В.О., Лисогор С.М., Осипчук В.М. Використання діелектричних показників для визначення життєздатності

дерев сосни звичайної та берези повислої у результаті механічного пошкодження стовбура. *Сучасні проблеми лісового господарства та екології: шляхи вирішення*. Матер. міжнар. наук.-практ. конф. (7-8 жовтня 2021 р, м. Житомир). Житомир: Поліський університет, 2021. С. 94–95.

22. Криницький Г.Т. Про методику використання електрофізіологічних показників для визначення життєздатності деревних рослин. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 1992, т. 23. С. 3–10.

23. Криницький Г. Т. Електрофізіологічні дослідження деревних рослин в Україні. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001. Т. 2. С. 233–237.

24. Лавний В. В., Криницький Г. Т. Електрофізіологічні показники підросту деревних порід. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2011. Т. 21, № 17. С. 86–90.

25. Лавров В.В. Системний підхід як методологічна основа для оцінки і зменшення загроз біорізноманіттю (лісові екосистеми). *Оцінка і напрямки зменшення загроз біорізноманіттю України* / за заг. ред. О.В. Дудкіна. Київ : Хімджест, 2003. С. 156–273.

26. Лакида П.І., Матушевич Л.М. Фітомаса березових лісостанів Українського Полісся : монографія. Київ: ННЦ ІАЕ, 2006. 228 с.

27. Лакида П.І., Білоус А.М., Василюшин Р.Д., Матушевич Л.М., Макаруч Я.І. Біопродуктивність та енергетичний потенціал м'яколистяних деревостанів Українського Полісся : монографія. Корсунь-Шевченківський: ФОП Гаврищенко В.М., 2012. 454 с.

28. Лісівництво : підручник / за ред. В.Є. Свириденка. Київ: Арістей, 2006. 544 с.

29. Лісова політика: теорія і практика / Під наук. ред. проф., д.е.н. Синякевича І.М. – Львів, 2008. 612 с.

30. Лисогор С.М. Вплив заготівлі соку на фізіологічні особливості берези повислої. *Ліс, наука, молодь*: матер. IX Всеукраїнська науково-

практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих вчених (24 листопада 2021 р., м. Житомир). Житомир, 2021. С. 129.

31. Литвак П.В., Ткачук В.І. Берези карельська і українська. Житомир: Волинь, 1998. 144 с.

32. Литвак П.В., Тарасевич О.В. Фітобіологічне значення нового осередку беріз з візерунчастою текстурою деревини. *Вісник ДААУ*. 1999. № 1-2. С. 222–230.

33. Литвак П.В., Ткачук В.І. Дендрологія. Житомир: Полісся, 2002. 338 с.

34. Литвак П.В., Тарасевич О.В. До анатомічної характеристики деревини деяких представників роду *Betula* L. *Вісник ДАУ*. 2003. № 1. С. 151–156.

35. Литвак П.В., Тарасевич О.В. Про особливості онтогенезу берези карельської і української. *Вісник ДАУ*. 2003. № 2. С. 85–95.

36. Литвак П.В., Тарасевич О.В. Пасокопродуктивність та виділення пасоки деякими представниками роду *Betula* L. *Вісник ДАУ*. 2004. № 1 (12). С. 69–78.

37. Литвак П.В., Тарасевич О.В. Внутривидова мінливість берези повислої в умовах Центрального Полісся України. *Вісник ДАУ*. 2004. № 2 (13). С. 187–197.

38. Маринич О. М., Шищенко П. Г. Фізична географія України : підручник. Київ : Знання, 2005. 511 с.

39. Матушевич Л.М., Лакида П.І. Нормативи оцінки компонентів надземної фітомаси лісостанів берези повислої. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2004. №6. С. 197-201.

40. Поварнищин В. О. Ліси Українського Полісся. Київ : УАСГН, 1959. 208 с.

41. Скляр В.Г. Екологічна фізіологія рослин [Електронний ресурс] / В. Г. Скляр, Ю. А. Злобін / за ред. Ю. Л. Злобіна. Суми : Університетська книга, 2015. 271 с.

42. Теорія систем в екології : підручник / Ю.Г. Масікевич, О.В. Шестопапов, А.А. Негадайло та ін. Суми : Сумський університет, 2015. 330 с.
43. Фесюк А. В., Гримашевич В. В. Зміна якості деревини берези бородавчастої в результаті підсочування. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 1981. № 3/109. С. 14–15.
44. Харчишин В.Т., Пархоменко Л.І. Особливості росту і розвитку беріз в декоративних насадженнях Київського Полісся. *Вісник ДААУ*. 2000. № 2. С. 147–156.
45. Швець М.В. Інфекційні хвороби *Betula pendula* в насадженнях Житомирського Полісся України. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. № 26.4. С. 156–163.
46. Шеляг-Сосонко Ю.Р., Ємельянов І.Г. Біорізноманіття та сталий розвиток України. *Вісник НАН України*. 2000. №4. С. 35-39.
47. Kratiuk O.L., Kratyuk V.L. Plant electrophysiology trends in forestry research. *Topical issues of methods of teaching natural sciences: International scientific and practical conference* (Lublin, December 27–28, 2019) Lublin, Republic of Poland : Baltija Publishing. 2019. P. 78–81.
48. Krynytskyi H. T., Chernyavskyi M. V., Krynytska O. H., Deineka A. M., Kolisnyk B. I., Tselen Ya. P. Close-to-Nature Forestry as the Basis for Sustainable Forest Management in Ukraine. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2017. Т. 27, №8. С. 26–31.