

УДК 630*521.1(477.42)

DOI <https://doi.org/10.32782/2226-0099.2024.136.1.39>

ЗМІНА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЕРЕВ БЕРЕЗИ ПОВИСЛОЇ В УМОВАХ ЦЕНТРАЛЬНОГО ПОЛІССЯ

Кратюк О.Л. – д.б.н., доцент,
професор кафедри лісівництва, лісових культур та таксації лісу,
Поліський національний університет
Іваненко І.І. – студентка II курсу магістратури факультету
лісового господарства та екології,
Поліський національний університет

Застосування електрофізіологічних показників для вивчення життєздатності дерев берези повислої у різних умовах місцезростання є перспективним напрямом лісівничо-фізіологічних досліджень на території України. Найбільш придатним для таких цілей є метод визначення показників імпедансу (R) та поляризаційної ємності (C) прикамбіальних тканин лубу. Вимірювання проводили аналоговим приладом Ф4320 за загальноприйнятою методикою Г.Т. Криницького. Дослідження проводили на території Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК». Обстежено 100 модельних дерев упродовж трьох періодів вегетації (навесні, влітку та восени). У весняний період вимірювання проводили тричі, влітку на восени – по одному разу. Встановлено сезонні зміни діелектричних показників дерев берези повислої в умовах лісових насаджень та на колишніх сільськогосподарських землях упродовж вегетаційного періоду. Для поляризаційної ємності характерне поступове зростання показників із досягненням максимуму у період активної вегетації ($13,44 \pm 1,58$ nF для лісових насаджень та $14,90 \pm 0,78$ nF для деревостанів на колишніх сільськогосподарських землях), натомість у цей період спостерігаються мінімальні значення показників імпеданса ($16,75 \pm 1,42$ k Ω та $14,80 \pm 0,77$ k Ω відповідно). Закономірності зміни електрофізіологічних показників прикамбіальних тканин лубу мають характерні риси, які залежать від географічних особливостей розташування та походження березових деревостанів. На основі однофакторного дисперсійного аналізу, встановлено, що на сільськогосподарських землях фізіологічні процеси дерев берези повислої навесні протікають значно швидше та інтенсивніше у порівнянні з модельними деревами лісових насаджень, у літній період вони протікають з однаковою інтенсивністю, а восени швидкість сповільнення фізіологічних процесів знов значно вища у дерев берези повислої на сільськогосподарських землях. Отримані результати досліджень вказують, що така тенденція характерна як для показників поляризаційної ємності так і для імпеданса.

Ключові слова: береза повисла, *Betula pendula* Roth., поляризаційна ємність, імпеданс, умови місцезростання, Центральне Полісся.

Kratiuk O.L., Ivanenko I.I. Changes in dielectric parameters of Silver birch trees in the conditions of Central Polissia

The use of electrophysiological indicators to study the viability of Silver birch trees in different habitat conditions is a promising area of forestry and physiological research in Ukraine. The most suitable method for such purposes is the method of determining the impedance (R) and polarization capacitance (C) of the bast's near-cambial tissues. The measurements were carried out with an analog device F4320 according to the generally accepted method of G.T. Krynytsky. The study was conducted on the territory of the Zhytomyr forestry of the SE "Pulyny Agro forestry". 100 model trees were examined during three growing seasons (spring, summer and autumn). In the spring, the measurements were carried out three times, in summer and fall – once each. Seasonal changes in the dielectric properties of Silver birch trees in forest plantations and on former agricultural lands during the growing season were determined. The polarization capacitance is characterized by a gradual increase in values with a maximum during the active vegetation period (13.44 ± 1.58 nF for forest plantations and 14.90 ± 0.78 nF for stands on former agricultural lands), while the minimum values of impedance values

($16.75 \pm 1.42 \text{ k}\Omega$ and $14.80 \pm 0.77 \text{ k}\Omega$, respectively) are observed during this period. Patterns of changes in electrophysiological parameters of the bast's near-cambial tissues have characteristic features that depend on the geographical location and origin of birch stands. On the basis of a one-factor analysis of variance, it was found that on agricultural lands, the physiological processes of Silver birch trees in spring are much faster and more intense compared to model trees of forest plantations, in summer they proceed with the same intensity, and in autumn the rate of slowing down of physiological processes is again much higher in Silver birch trees on agricultural lands. The results of the study indicate that this trend is characteristic of both the polarization capacity and impedance.

Key words: Silver birch, *Betula pendula* Roth., polarisation capacity, impedance, habitat conditions, Central Polissia.

Постановка проблеми. Для вирішення сучасних проблем лісового господарства, першорядним є системне розуміння формування та функціонування лісових біогеоценозів, де одну з ключових ролей відіграє продуктивність лісових насаджень, яка тісно пов'язана із закономірностями росту та розвитку як насаджень загалом так і окремого дерева зокрема. Береза повисла (*Betula pendula* Roth.) цінна деревна порода, відома своїми унікальними можливостями пристосування до широкого спектру природних умов, а також швидкими темпами росту [5, 7]. 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 майбутнього України, яка буде потребувати різноманітних механізмів відновлення території на яких проводилися активні бойові дії. Універсальне лісівниче значення берези повислої полягає в здатності до швидкої колонізації порушених ділянок, відіграючи вирішальну роль на перших етапах екологічних сукцесій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Березові насадження України мають важливе лісівниче та екологічне значення [1, 3, 4, 12, 13, 15]. Практика їх вирощування стикається з різними проблемами погіршення санітарного стану [2, 16, 17, 19]. Для мінімізації лісгосподарських втрат моніторинг лісових насаджень потребує розробки та впровадження нових сучасних експрес методів оцінки життєздатності деревних порід. Наразі перспективним є практика вивчення різноманітних аспектів функціонування лісових біогеоценозів прикладними та теоретичними методами електрофізіології [10, 18]. Досі цілеспрямовані дослідження електрофізіологічних показників дерев берези повислої на території України не проводили. Відомі лише уривчасті дані про показники активного опору та поляризаційної ємність підросту берези повислої на вітровальних ділянках Карпат [11]. Досліджуючи особливості природного заліснення сільськогосподарських земель Північного заходу Поділля В.К. Заїка та Г.Т. Криницький [6], поряд з дослідженням лісівничо-таксаційних та морфо-фізіологічних особливостей лісових насаджень вивчали діелектричні показники берези повислої. Проте акценти на дослідженні саме берези повислої не були сфокусовані. Окремі дослідження щодо вивчення впливу механічного пошкодження на життєздатність дерев берези повислої були проведені магістрантами Поліського національного університету [8, 14].

Таким чином, на нашу думку, застосування діелектричних показників для вивчення життєвих функцій дерев берези повислої є перспективним напрямом лісівничо-біологічних та лісівничо-фізіологічних досліджень у межах України.

Постановка завдання. Визначити вплив умов місцезростання на діелектричні показники дерев берези повислої в умовах Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК».

Об'єкт дослідження – процес росту чистих деревостанів берези повислої на території Центрального Полісся. *Предметом дослідження* – є закономірності зміни електрофізіологічних показників (імпеданса та поляризаційної ємності) дерев берези повислої у різних типологічних умовах місцезростання упродовж вегетаційного періоду.

Для визначення інтенсивності процесів життєдіяльності берези повислої у різних умовах місцезростання використали діелектричні показники імпеданс (R) та поляризаційну ємність (C) прикамбіальних тканин лубу. Вимірювання проводили за загальноприйнятою методикою Г.Т. Криницького [9] на висоті стовбура 1,3 м аналоговим приладом Ф4320 на частоті 1000 Гц. Для проведення електрофізіологічних вимірювань відбирали по 10 модельних дерев в межах тимчасових пробних площ. Таким чином, загальна кількість обстежених дерев берези повислої на тимчасових пробних площах за весь період спостережень становить 100.

Виклад основного матеріалу дослідження. Вимірювання електрофізіологічних показників проводили упродовж трьох періодів вегетації (навесні, влітку та восени) п'ять разів. У весняний період вимірювання проводили тричі: до початку сокоруху, у період активного руху поживних речовин та після його закінчення. Влітку на восени проводили вимірювання по одному разу (табл. 1). Для проведення порівняння ходу зміни електрофізіологічних показників у дерев берези повислої, які зростають у межах лісових насаджень та на покинутих сільськогосподарських землях нами вибрано дві тимчасові пробні площі (ТПП). 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. Насадження зростає у типі лісу свіжий дубово-сосновий субір (B_3 -дС). Друга – ТППс/г – це колишні сільськогосподарські угіддя, на яких зростають березняки природного походження. На початку 80-х років ХХ століття тут були проведені меліоративні роботи. Згодом поля перестали обробляти та перетворили на пасовища, які почали активно заростати переважно березою повислою. Напрямок заростання був від стіни лісу та від меліоративних каналів. Наразі це березове насадження природного походження віком приблизно 40 років. Склад деревостану – 7Бп3Ос. Насадження зростає за II класом бонітету. Тимчасові пробні площі розташовані на відстані 500 м одна від одної.

Весняний період. У весняний період ми провели вимірювання діелектричних показників тричі: 04.03.23 – до початку сокоруху; 08.04.23 – період активного сокоруху та 07.05.23 – період після закінчення сокоруху. Це передусім зумовлено характерною особливістю берези повислої – наявністю активного та яскраво вираженого процесу сокоруху. Загальновідомо, що в окремо зростаючих дерев процеси сокоруху проходять більш інтенсивніше, ніж у дерев берези повислої у складі лісових насаджень. Тому ми мали на меті підтвердити чи спростувати цю тезу за допомогою визначення імпеданса та поляризаційної ємності дерев берези повислої, які зростають у різних умовах.

Поляризаційна ємність дерев берези повислої до початку активного сокоруху на ТППліс коливалася у проміжку 5,8 до 7,1 nF ($6,49 \pm 0,11$ nF), а на ТППс/г від 5,1 до 7,3 nF ($6,28 \pm 0,25$ nF) (див. табл. 1). Між показниками поляризаційної ємності на даних ТПП за результатами однофакторного дисперсійного аналізу не встановлено достовірної різниці ($F_{\text{факт}} = 0,5867 < F_{0,95}(1; 19) = 4,41$).

Таблиця 1

**Діелектричні показники берези повислої в умовах
Житомирського лісництва ДП «Пулинський лісгосп АПК»**

Дата	C, nF		R, kΩ	
	M±m	V, %	M±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

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

Перед початком активної вегетації коефіцієнти *V* для діелектричних показників берези повислої 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 берези повислої не залежать від характеру місця зростання, проходять з однаковою інтенсивністю та не відрізняються на 95%-рівні значимості.

Поляризаційна ємність дерев берези повислої у період активного сокоруху (08 квітня 2023 року) на ТППліс коливалася у проміжку 6,0 до 9,9 nF (7,84±0,46 nF), а на ТППс/г від 8,0 до 12,0 nF (9,59±0,40 nF). Між ними встановлено достовірну різницю ($F_{\text{факт}} = 8,22 > F_{0,95}(1; 19) = 4,41$). Значення активного опору модельних дерев у цей період становили у межах: на ТППліс від 14,0 до 24,0 kΩ (19,15±1,15 kΩ), а на ТППс/г від 12,0 до 21,0 kΩ (15,15±0,93 kΩ). Між показниками імпеданса на ТПП згідно даних однофакторного дисперсійного аналізу встановлено достовірну різницю ($F_{\text{факт}} = 7,38 > F_{0,95}(1; 19) = 4,41$). Отже, на сільськогосподарських землях фізіологічні процеси берези проходять більш інтенсивно. На ТППс/г значення поляризаційної ємності достовірно вищі ніж на ТППліс, а показники імпеданса достовірно нижчі.

У період активного сокоруху коефіцієнти *V* для діелектричних показників берези повислої на ТПП коливалися у незначній мірі і є практично ідентичні. Для поляризаційної ємності це 18,7% (ТППліс) та 13,1% (ТППс/г), а для імпеданса відповідно 18,9% (ТППліс) та 19,3% (ТППс/г).

Таким чином, у період активного сокоруху у дерев берези повислої характер місця зростання березових насаджень, впливає на інтенсивність 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 ($10,55 \pm 0,58$ nF), а на ТППс/г він становив від 9,5 до 17,0 nF ($13,45 \pm 0,84$ nF). Між показниками поляризаційної ємності на ТПП встановлено достовірну різницю ($F_{\text{факт}} = 8,05 > F_{0,95}(1; 19) = 4,41$).

Значення імпедансу модельних дерев на початок травня 2023 року дорівнювала: на ТППліс від 13,0 до 29,0 k Ω ($17,73 \pm 1,58$ k Ω), а на ТППс/г від 12,0 до 28,0 k Ω ($16,65 \pm 1,59$ k Ω). Між показниками імпеданса на ТПП не встановлено достовірної різниці ($F_{\text{факт}} = 0,2321 < F_{0,95}(1; 19) = 4,41$).

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 берези повислої 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 становили 28,2% (ТППліс) та 30,2% (ТППс/г).

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.

Літній період. У літній період нами проведено лише одне вимірювання діелектричних показників. Його було здійснено 09.07.2023 року. Це період активної фізіологічної діяльності лісових насаджень. У літній період поляризаційна ємність дерев берези повислої на ТППліс змінювалася у таких межах: 8,6 до 22,0 nF ($13,44 \pm 1,58$ nF) та на ТППс/г від 11,0 до 20,0 nF ($14,90 \pm 0,78$ nF). Між показниками поляризаційної ємності на тимчасових пробних площах не встановлено достовірної різниці ($F_{\text{факт}} = 0,6869 < F_{0,95}(1; 19) = 4,41$). 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 берези повислої, 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 k Ω ($16,75 \pm 1,42$ k Ω), а на ТППс/г від 12,0 до 21,0 k Ω ($14,80 \pm 0,77$ k Ω). Між вибірками показників імпеданса не встановлено достовірної різниці ($F_{\text{факт}} = 1,4548 < F_{0,95}(1; 19) = 4,41$).

У період активної вегетації коефіцієнти V для різних діелектричних показників на різних ТПП коливалися 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 не залежать від характеру місця зростання, проходять з однаковою інтенсивністю та не відрізняються на 95%-рівні значимості.

Осінній період. Восени, особливо у другій її половині, починаються спостерігатися процеси переходу фізіологічних процесів до періоду спокою. Інтенсивність біохімічних реакцій сповільнюється. В осінній період ми провели одне вимірювання діелектричних показників на ТПП (08.10.2023 року). У цей період поляризаційна ємності на ТППліс змінювалася у таких межах від 8,8 до 21,0 nF ($12,53 \pm 1,21$ nF) та на ТППс/г від 6,0 до 13,0 nF ($9,57 \pm 0,81$ nF). Достовірної різниці у межах пробної площі ($F_{\text{факт}} = 4,11 < F_{0,95}(1; 19) = 4,41$) не встановлено, проте показник $F_{\text{факт}}$ практично відповідає теоретичному значенню у 4,41.

Значення імпедансу модельних знаходилися у такому проміжку: на ТППліс від 14,0 до 24,0 k Ω ($19,10 \pm 1,00$ k Ω), а на ТППс/г від 13,0 до 37,0 k Ω ($22,45 \pm 3,23$ k Ω). Між показниками імпеданса 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 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.

Закономірності зміни електрофізіологічних показників упродовж вегетаційного періоду. Зміни діелектричних показників упродовж року є сезонними і закономірними, а їх характер залежать від умов місцезростання та життєвого стану. 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 місцезростання березових насаджень: у межах сільськогосподарських земель чи лісових насаджень.

Тренди зміни поляризаційної ємності на ТППс/г та ТППліс при збереженні загальних тенденцій відрізняються у деталях (рис. 1).

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 вища 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 повислої 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 ($F_{\text{факт}} = 22,40 > F_{0,95}(1; 19) = 4,41$).

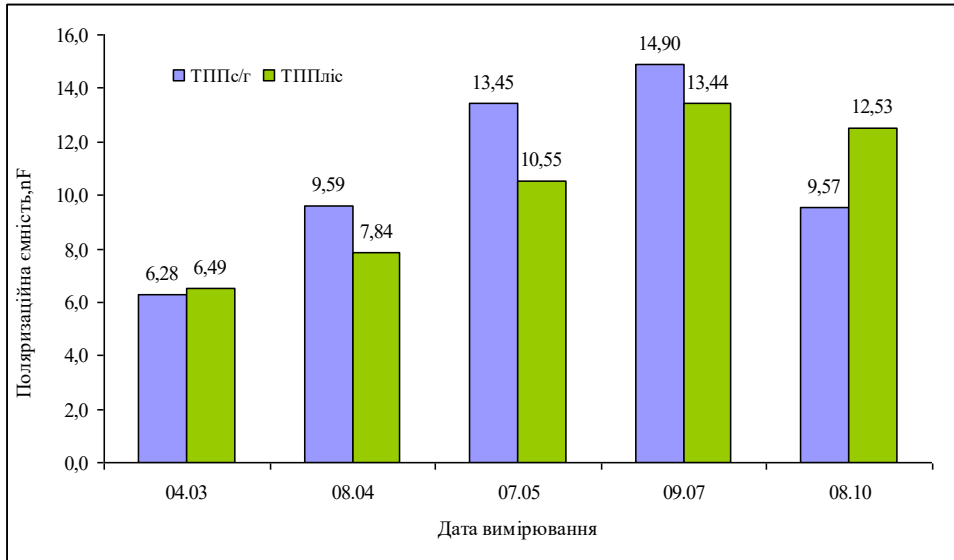


Рис. 1. Зміна поляризаційної ємності дерев берези повислої на ТПП упродовж періоду вегетації

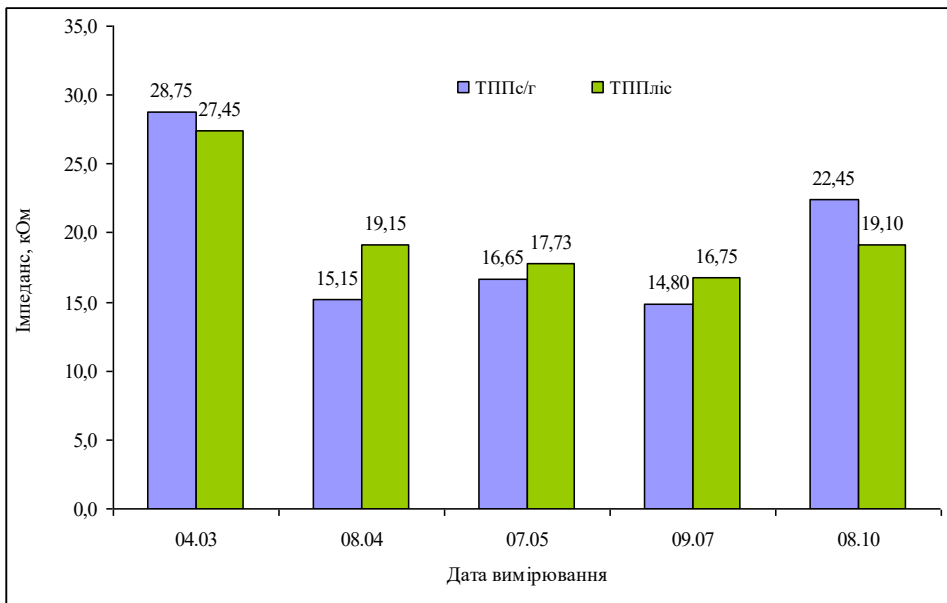


Рис. 2. Зміна імпедансу дерев берези повислої на ТПП упродовж періоду вегетації

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. 2). Для ТППліс взагалі існує достовірна різниця лише між показниками березня та квітня ($F_{\text{факт}} = 22,24 > F_{0,95}(1; 19) = 4,41$). Отже в межах лісових насаджень перехід до періоду спокою більш згладжений у порівнянні з колишніми сільгоспугіддями.

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

Загалом зміни діелектричних показників упродовж періоду вегетації є сезонними і закономірними та не залежать від умов місцезростання та категорії життєвого стану дерев 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 фізіологічних процесів знов значно вища 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.

У подальших дослідженнях варто звернути увагу на визначенні сезонних змін діелектричних показників берези повислої різних категорій стану упродовж вегетаційного періоду.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ:

1. 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.
2. Голяка М.А., Білоус А.М., Матушевич Л.М., Ковбаса Я.В., Голяка Д.М. Аналіз таксаційних показників сухостійних дерев у березових насадженнях Українського Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.1. С. 68–76.
3. Голяка М.А. Видовий склад мікобіоти мортмаси берези повислої. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.8. С. 46–54.
4. Голяка М.А., Білоус А.М., Голяка Д.М. Деревний детрит березових лісів Українського Полісся: монографія. Київ: НУБіП України, 2017. 214 с.
5. Гордієнко М.І., Гордієнко Н.М. Лісівничі властивості деревних рослин. Київ: ТОВ «Віста», 2005. 818 с.
6. 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.
7. Заячук В.Я. Дендрологія. Львів: СПОЛОМ, 2014. 646 с.
8. Кратюк О.Л., Кордиш В.О., Лисогор С.М., Осипчук В.М. Використання діелектричних показників для визначення життєздатності дерев сосни звичай-

ної 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.

9. 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.

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

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

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

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

14. Лисогор С.М. Вплив заготівлі соку на фізіологічні особливості берези повислої. *Ліс, наука, молодь*: матер. ІХ Всеукраїнська науково-практичної конференції студентів, магістрів, аспірантів і молодих вчених (24 листопада 2021 р., м. Житомир). Житомир, 2021. С. 129.

15. Поварничин В. О. Ліси Українського Полісся. Київ : УАСГН, 1959. 208 с.

16. 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.

17. Швець М.В. Бактеріальні хвороби березових насаджень в Україні та світі (теоретико-прикладні особливості). *Науковий вісник НЛТУ України*. 2016. Вип. 26.7. С. 179–185.

18. 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.

19. Goychuk A., Drozda V., Shvets M., Kulbanska I. Bacterial wetwood of silver birch (*Betula pendula* Roth): symptomology, etiology and pathogenesis. *Folia Forestalia Polonica*. 2020. Vol. 62(3). P. 145–159.