

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет лісового господарства та екології

Кафедра експлуатації лісових ресурсів та  
деревообробних технологій

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

БОВСУНОВСЬКИЙ МАКСИМ ПАВЛОВИЧ

УДК 630\*521.1(477.42)

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

СЕЗОНА ЗМІНА ДІЕЛЕКТРИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ

КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ В УМОВАХ

ДП «ЛУГІНСЬКЕ ЛГ»

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

\_\_\_\_\_ М.П. Бовсуновський

Керівник роботи

Кратюк Олександр Леонідович

кандидат біологічних наук, доцент

Житомир – 2021

**Висновок кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій** за результатами попереднього захисту:

---

Протокол засідання кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій

№ \_\_\_ від «\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

Завідувач кафедри експлуатації лісових ресурсів та деревообробних технологій

к.б.н., доцент \_\_\_\_\_ Кратюк Олександр Леонідович  
«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2021 р.

### **Результати захисту кваліфікаційної роботи**

Здобувач вищої освіти Бовсуновський Максим Павлович захистив кваліфікаційну роботу з оцінкою:

сума балів за 100-бальною шкалою \_\_\_\_\_

за шкалою ECTS \_\_\_\_\_

за національною шкалою \_\_\_\_\_

Секретар ЕК \_\_\_\_\_ Білецька Наталія Миколаївна

## АНОТАЦІЯ

Бовсуновський М.П. Сезона зміна діелектричних показників культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське ЛГ». – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 205 – лісове господарство. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

У магістерській роботі проведено аналіз поляризаційної ємності та імпеданса молодих лісових насаджень *Pinus sylvestris* на території ДП «Лугинське ЛГ». Виявлено особливості динаміки діелектричних показників *Pinus sylvestris* лісових культур упродовж року на різних дослідних ділянках. Встановлено, що величини поляризаційної ємності та імпеданса упродовж періоду вегетації змінюються, а амплітуда коливань залежить від життєвого стану рослин. Результати досліджень свідчать, що для діагностики стану лісових культур можливе комплексне використання використання електрофізіологічних та морфометричних показників. Встановлено доцільність діагностики станів лісових екосистем методами швидкої індикації категорій санітарного стану дерев за допомогою діелектричних показників.

*Ключові слова:* поляризаційна ємність; імпеданс; лісові культури; *Pinus sylvestris* L., ДП «Лугинське ЛГ».

## ANNOTATION

Bovsunovskyi M.P. Seasonal changes in dielectric indices of Scots pine in SE «Lugyny forestry» conditions – Qualifying work on the rights of the manuscript.

Qualification work for the master's degree in specialty 205 – Forestry. – Polissia National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis the analysis of polarization capacity and impedance of young forest plantations of *Pinus sylvestris* on the territory of SE «Lugyny forestry» is carried out. Peculiarities of the dynamics of dielectric parameters of *Pinus sylvestris* forest crops during the year at different research sites have been revealed. It is established that the values of polarization capacity and impedance change during the growing season, and the amplitude of oscillations depends on the living condition of plants. The research results show that for the diagnosis of forest crops it is possible to use the use of electrophysiological and morphometric indicators. The expediency of diagnosing the conditions of forest ecosystems by methods of rapid indication of the categories of sanitary condition of trees with the help of dielectric indicators has been established.

*Key words:* capacitance polarization, impedance, forest crops, *Pinus sylvestris*, SE «Lugyny forestry».

## ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ	7
1.1. Фізіологічні основи електрофізіологічних процесів сосни звичайної	7
1.2. Дослідження електрофізіологічних показників	11
РОЗДІЛ 2. РАЙОН, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ	14
2.1. Особливості району досліджень	14
2.2. Еколого-біологічна характеристика <i>Pinus sylvestris</i>	16
2.3. Методика досліджень	17
РОЗДІЛ 3. ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ	19
3.1. Визначення діелектричних показників	19
3.2. Весняний період	23
3.3. Літній період	25
3.4. Осінній період	29
ВИСНОВКИ	32
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	33
ДОДАТКИ	37

## ВСТУП

**Актуальність теми.** У контексті збереження біорізноманіття на нашій планеті, збереження генофонду лісових популяцій деревних порід, у тому числі сосни звичайної, є однією з центральних проблем сьогодення. Центральні райони Житомирського Полісся перебувають під інтенсивним тиском освоєння упродовж десятиліть. Соснові ліси, які залишились на цих густозаселених територіях поступово втрачають свою біологічну продуктивність. Лісогосподарська діяльність та стихійні лиха (зокрема лісові пожежі) суттєво знижують біорізноманіття лісів. Проблемою лісівничої науки є відсутність достовірних прогнозних моделей розвитку деревостанів. Все це спонукає науковців шукати нові підходи до вирощування та догляду за лісовими культурами. Цьому може посприяти використання діелектричних показників.

**Мета і завдання дослідження.** Метою роботи було дослідження сезонних змін діелектричних показників культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинський лісгосп».

Для досягнення поставленої мети передбачалось виконання наступних завдань:

1. Провести лісівничо-таксаційну характеристику культур сосни звичайної на тимчасових пробних площах.
2. Встановити сезонні зміни діелектричних показників культур *Pinus sylvestris* різних категорій стану упродовж вегетаційного періоду.
3. Дослідити залежність між діелектричними та ростовими показниками лісових культур *Pinus sylvestris*.
4. Виявити закономірності зміни імпеданса та поляризаційної ємності у культур *Pinus sylvestris* різних категорії стану.

**Об'єктом досліджень** є лісові культури *Pinus sylvestris*.

**Предметом досліджень** є сезонні закономірності зміни діелектричних показників лісових культур *Pinus sylvestris* упродовж вегетаційного періоду.

**Методи дослідження:** у дослідженнях використали, лісівничо-таксаційні методи для характеристики лісових культур, електрофізіологічні – для визначення діелектричних показників, математико-статистичні методи для статистичної обробки отриманих матеріалів.

#### **Публікації.**

Кратюк О.Л., **Бовсуновський М.П.**, Бабич М.М., Кордиш В.О. Використання електрофізіологічних показників для визначення життєвого стану дерев сосни звичайної. *Наукові читання – 2020*. Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2020. С. 41-42.

Кратюк О.Л., **Бовсуновський М.П.** Електрофізіологічні показники культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське лісове господарство» (осінній аспект). *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку: збірник матеріалів Третьої Міжнар. науково-практичної конференції (22-23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна)*. Херсон, 2020. С. 336-338.

**Бовсуновський М.П.** Діелектричні показники культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське ЛГ» (літній аспект). *Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої пам'яті професора А.І. Гузія*. (м. Житомир, 25 вересня 2020 р.). Житомир, 2020. С. 23-24.

**Практичне значення.** Вперше для умов ДП «Лугинське лісове господарство» встановлено сезонні взаємозв'язки діелектричних показників культур *Pinus sylvestris* та категорій стану упродовж вегетаційного періоду.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота викладена на 36 сторінках друкованого тексту і складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел та додатків

## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ

#### **1.1. Фізіологічні основи електрофізіологічних процесів сосни звичайної.**

Рослинний організм – це єдина цілісна багатовимірна система. Рослинний організм, який складається з великої кількості різних за формою та функціями клітин і тканин, представляє єдине фізіологічне ціле завдяки плазмодесмам, які з'єднують клітини та тканини один з одним, а також наявністю спеціальних провідних шляхів, судин та ситовидних трубок. Будь-який вплив на рослину поступово передається на всю рослину. Величезне значення в русі води та поживних речовин по рослині мають процеси обміну речовин та енергії. Дві основні властивості рослини – подразливість та полярність – є тими процесами, які обумовлюють реакцію рослини як єдиного цілого на навколишнє середовище. В результаті сприйняття різних подразнень у рослини виникає електричний струм та відбувається передача інформації. Зважаючи на все це, уявлення про рослинний організм як інертну, нерухому систему, яка слабо реагує на зміни зовнішнього середовища є безпідставними [6].

В сучасних умовах вчені особливу увагу зосередили вивченню впливу чинників навколишнього середовища на деревні рослини. Екологічні закони описують аксіоматичні особливості функціонування лісових біогеоценозів [31, 41]. Екологічні закони і правила відображають структурні елементи пізнання системи «рослина – навколишнє середовище». Сукупність дії чинників навколишнього середовища на життєдіяльність рослин загалом можна назвати законом системної взаємодії [45].

Також слід зазначити, що поділ діючих на рослину чинників навколишнього середовища на окремі складові штучний, тому що в природних умовах, як і в штучних, рослини знаходяться під впливом не

одного якого-небудь екологічного чинника, а всього комплексу. Для нормального функціонування рослини потребують одночасного та спільного впливу усієї необхідної сукупності екологічних чинників. Слід також мати на увазі, що дія кожного екологічного чинника на рослину змінюється в залежності від сукупності інших чинників. Також всі перераховані чинники нерозривно пов'язані між собою і зміна одного неодмінно веде до зміни всіх інших [40].

Біологічні та, особливо, лісівничі властивості сосни звичайної (*Pinus sylvestris* L.) в різних типах умов місцезростання вивчені ще недостатньо добре, не зважаючи на широке розповсюдження виду в межах ареалу в найрізноманітніших біогеоценозах [43]. Ключове значення таких досліджень винятково важливе з огляду на зростаючі проблеми раціонального використання лісових ресурсів.

Рух води по рослині постійно привертає увагу дослідників, як один з ключових чинників життєдіяльності рослин. Поглинута кореневими волосками вода проходить відстань всього декілька міліметрів через живі клітини паренхіми кореня, а потім уже потрапляє до судин ксилеми. Рух води по живих клітинах можливий завдяки наявності різниці градієнтів всмоктуючої сили, яка зростає від кореневого волоска до прилеглих до судин ксилеми живих клітин. Таким чином дослідження водного балансу рослин з року в рік розширюється завдяки використанню як вдосконалених традиційних так і новітніх методів вивчення. Протікання фізіологічних процесів у рослин напряму залежить від структури води у рослині. Фракційний склад води чутливий до дефіциту вологи у ґрунті. За таких умов відбувається перерозподіл різних фракцій води в сторону збільшення відсотка зв'язаної води на фоні зміни біохімічних процесів. Як наслідок зростає відсоток водорозчинних білків, які здатні утримувати вологу, відіграючи особливе значення для збереження життєздатності рослин в умовах песимума [28].



Електрофізіологічні процеси у деревних рослин протікають завдяки руху води та мінеральних речовин по провідних елементах стовбура рослини. У вчених є цілісне розуміння процесів тісного зв'язку водного режиму рослин та інтенсивності транспортування поживних речовин, що в свою чергу може бути визначено певними показниками. Одним з таких параметрів уже більше ніж пів століття використовується діелектричні показники.

Транспортування води та поживних речовин у рослин відбувається завдяки осмотичному тиску (верхній і нижній двигун) через провідну тканину. Завдячуючи цьому клітини провідної тканини мають витягнуту форму. Поперечні мембрани між ними мають численні пори, які зовні нагадують сито. Окремі провідні елементи так і називаються – ситовидні трубки [40].

Рух води відбувається за двома основними напрямками. Перший від кореня до листків, по якому рухається вода з мінеральними речовинами, другий - від листків до коренів рослини, по яких рухаються органічні речовини. Як бачимо, мінеральні та органічні речовини рухаються по-різному. Для шпилькових характерні трахеїди, вони відрізняються від судин формою. Це специфічні клітини з загостреними кінцями [3].

Вміст вологи у деревині з різних місць вказує, що вона достовірно слабомінлива. Це засвідчує, що вода серцевинної деревини не бере активної участі у транспортуванні води клітинам. Проте, враховуючи що вологість стовбурної деревини у різних частинах різна, можливо припустити, що і діелектричні показники в різних частинах дерева будуть відрізнятися.

Ще одним чинником, який впливає на показники імпедансу та поляризаційної ємності деревних рослин є швидкість руху води по провідним елементам. Для листяних порід він складає в середньому  $20 \text{ см}^3$  на годину на  $1 \text{ см}^2$  поперечного перерізу деревини, а для хвойних - всього  $5 \text{ см}^3$  на годину на  $1 \text{ см}^2$  поперечного перерізу деревини. Слід відмітити, що в останні роки, застосовуючи новітні методи діагностики, зокрема використовуючи важку воду та мічені атоми, вчені внесли значні корективи в наші уявлення про

різні аспекти руху води у рослинному організмі, у тому числі і про швидкість. Так було встановлено, що швидкість руху води по стовбуру складає декілька метрів за годину, а не як вважали раніше декілька десятків сантиметрів на годину [6].

Встановлено, що найбільшу вологість має заболонна деревина, а по мірі віддалення відсоток вмісту води знижується. Водний баланс має сезонні особливості. У період фізіологічного спокою (зимовий період) вміст вологи зростає у порівнянні з періодом активної вегетації. Свої біологічні особливості водного балансу мають також і насадження *Pinus sylvestris* у різних трофотопах та гігротопах. На такі біологічні характеристики також накладаються сезонні та вікові особливості зміни водного балансу.

Умовно річний період росту для *Pinus sylvestris* можна розділити на декілька етапів. Це період спокою (фізіологічного сну) та період вегетації. Між ними два перехідних: від періоду спокою до активної вегетації та період переходу до фізіологічного спокою. Ці періоди характеризуються притаманними лише їм особливостями, які відображаються у інтенсивності проходження фізіолого-біохімічних процесів.

Прогноз можливих розмірів рослин у майбутньому за їх розмірами у молодому віці називають ранньою діагностикою швидкості росту [44]. Прогноз таксаційних показників деревостанів називається ходом росту і є множиною таблиць для основних лісотвірних деревних порід, класифікованих за різними показниками, а саме: клас бонітету, лісо рослинні умови, природна зона, регіон. Для правильного вирощування лісових насаджень необхідне спів падіння оцінок продуктивності, отриманих на етапі індивідуального росту та у деревостані. Для цього повинні бути вивчені біологічні механізми і закони розвитку рослин у деревостанах, стратегія і тактика онтогенезу деревних рослин у конкретних умовах [39].

Питання ранньої діагностики росту виникає на всіх етапах лісо вирощування. Відбір кращих за розвитком екземплярів практикується уже давно. Проте при вирощуванні деревостанів рослини десятиліттями

знаходяться під пресом конкурентних впливів сусідніх рослин. На модельних деревах після рубки вчені виділяють різні типи росту дерев та типи онтогенезу. Загалом таких типів нараховується близько десяти. Причини появи різних типів росту деревостанів лісівники тільки зараз починають виявляти, хоча їх генетична обумовленість дискутується вже давно [38].

## **1.2. Дослідження електрофізіологічних показників.**

Деревні рослини вступають у взаємодію з комплексом чинників різної етіології, особливо абіотичних, де визначальне значення мають температурний режим, ступінь доступності вологи, а їх взаємодія відображає територіальний розподіл рослин визначаючи структуру та межі ареалу. Встановлено, що швидкість руху води по організму, його інтенсивність корелює з рівнем життєдіяльності особини. Рух поживних речовин пануючих дерев більш інтенсивний ніж в ослаблених, а тим більше відмираючих дерев [17].

Попередити можливі загрози всихання деревних рослин можливо завдяки використанню діелектричних показників (імпеданс ( $R$ ) та поляризаційну ємність ( $C$ )). Проводячи моніторинг фізіологічного стану деревних рослин електрофізіологічними методами в районах з можливими негативними наслідками від впливу негативних чинників можливо заздалегідь передбачити негативні наслідки та провести відповідні профілактичні заходи. Електрофізіологічні методи поступово входять у практику лісівничих досліджень [16, 21, 23].

Наразі штучне лісорозведення та лісовідновлення перебувають у складній ситуації. Відсутність зимових морозів, снігового покриву, недостатня кількість опадів та літні спеки зумовлюють значні втрати під час лісокультурної компанії. Молоді соснові культури знаходяться постійно під впливом несприятливих чинників. Швидка діагностика електрофізіологічними методами дозволить визначити ступінь впливу та

ймовірність виживання лісових культур. Завдяки згаданій методиці на території України проведено цілу низку досліджень стану соснових насаджень, які перебувають під дією, зокрема, іонізуючого радіаційного забруднення [15, 26], низових пожеж [27], тривалого добування живиці (підсочування) [25], вольерного утримання ратичних тварин [19, 20]. Ці дослідження стосуються переважно середньовікових та більш старших насаджень. В цьому віці соснові насадження вже більш стійкіші до впливу чинників зовнішнього середовища, оскільки створили вже цілісний лісовий масив – деревостан. У молодому ж віці до змикання лісових культур особини знаходяться під більш жорстким впливом як абіотичних так і біотичних чинників. Особливу увагу тут приділяють впливу шкочочинних організмів на стійкість лісових культур до них. Дослідження показали, що завдяки внутрішньому потенціалу особин *Pinus sylvestris* вплив соснового вертуна (*Melampsora pinitorqua* (Br.) Rostr) [36] відображається у зміні фізіологічних процесів за умови сильного ураження. Аналогічні висновки зроблено і для шютте звичайного (*Lophodermium pinastri* (Schrad.) Chevall) [37]. Подібні висновки зроблено В.К. Заїкою з авторами і для патогенного впливу опенька осіннього (*Armillariella mellea* (Fr. ex Vahl.) Karst.) [10].

Під час рубок догляду для створення високопродуктивних та стійких лісових насаджень наразі застосовують візуальний метод відбору дерев. Незважаючи на те, що практичного широкого застосування поки що методика вимірювання діелектричних показників серед лісової охорони не знайшла А. А. Моторкин запропонував застосовувати методи оцінки стану дерев на основі морфологічних та біоелектричних показників. На його думку вони характеризують ступінь життєдіяльності деревних рослин [30].

Ще один цікавий метод діагностики життєздатності деревних рослин запропонували Карасев В. Н. и Карасева М. И. [17]. Це біофізичний метод, який полягає у визначенні температури стовбура дерева у конкретних місцях. Логіка дослідників у твердженні, що зміна температури обумовлена наявністю кореляції між станом життєздатності дерев, водним балансом

(режимом) та значенням температури стовбура. Як ми вже і зазначали Карасев В. Н. и Карасева М. И. [17] також загострюють увагу на тому, що існуючі наразі фізіолого-біохімічні методи визначення життєздатності деревних рослин часто-густо не зовсім достовірні та слабо придатні для використання на загал через трудомісткість та досить складну інтерпретацію результатів вимірювань. У практичній діяльності лісівників не задовольняють половинчасті результати, що зазвичай не дають достовірної інформації про санітарний стан насаджень.

Показники імпеданса та поляризаційної ємності прикамбіального комплексу рослинних тканин мають великі сезонні амплітуди. Графіки річної динаміки імпеданса тканин мають наближену до параболічної форму, яка містить численні локальні піки (плюсові і мінусові), тому їх вивчення зазвичай припадає на середину літнього періоду. Це період чи не найбільшої ростової активності у тканинах деревних рослин. Відмічена також суттєва нестабільність показників прикамбіальних тканин окремих особин, що перешкоджає безпосередньому застосуванню цих показників для моніторингової діагностики стану лісових насаджень [42].

Таким чином дослідження зміни активного опору (імпеданса) у дерев є важливою компонентою, що відображає рівень зазвичай впливу негативних чинників. Вивчення деревостанів потрібно проводити в умовах, які найбільш точно відображають ріст і розвиток рослини, як на рівні окремовзятого дерева, так і в модельному біогеоценотичному комплексі. Така багаторівневість вивчення проблематики дозволить керувати життєздатністю лісових біогеоценозів загалом та окремих дерев зокрема.

## РОЗДІЛ 2

### РАЙОН, ОБ'ЄКТ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 2.1. Особливості району досліджень.

Липницьке лісництво входить до складу ДП «Лугинський лісгосп». Загальна площа лісництва становить 4017,6 га. Воно розділено на дві майстерські ділянки та п'ять лісових обходів.

За Генсіруком С.А., згідно лісорослинному районуванню [7, 8], територія Липницького лісництва відноситься до Українського Полісся та входить до складу Центрально-Поліського округу лісогосподарської області Полісся. Згідно районування Пастернака П. С. та ін. [33] територія лісництва відноситься до Західнополіського округу Лісової лісогосподарської області.

Липницьке лісництво у відповідності до критеріїв комплексного фізико-географічного районування належить до центральної зони змішаних лісів Українського Полісся Східно-Європейської рівнини [29].

Клімат сприятливий для ведення лісового господарства [18, 34].

Характер рельєфу Липницького лісництва помірно-хвиляста рівнина з загальним ухилом на північний схід з наявністю невеликих горбів і невеликих западин. Це обумовлено роботою льодовика та постгляціальними процесами [2].

Головною лісотвірною деревною породою, що домінує на території Липницького лісництва ДП «Лугинський лісгосп» є сосна звичайна (*Pinus sylvestris*). Тут також незначні площі займають лісові насадження берези повислої (*Betula pendula*), дуба звичайного (*Quercus robur*) та вільхи чорної (*Alnus glutinosa*) [35].

За площею у господарстві переважають насадження сосни звичайної (13323 га або 46,7 % вкритої лісом площі) із наступними середніми лісівничо-таксаційними показниками: вік – 52 років, бонітет – 1,3, повнота – 0,69. Менші площі вкриті насадженнями з домінуванням берези повислої

(5489,8 га або 20,7 %) та дуба звичайного (5772,3 га або 21,7 %). Середні таксаційні показники насаджень берези повислої такі: вік – 49 років, бонітет – 1,8, повнота – 0,67, а дуба – вік – 63 років, бонітет – 1,7, повнота – 0,69, склад – 8Дз1Бп1Ос. Площа лісових культур у господарстві становить 36,9 % [35].

Загальний середній вік лісових насаджень становить 58 років, а середній запас – 227 м<sup>3</sup>/га. Відсоток використання річного приросту становить 86,2% [35].

Переважаючими у борах (А) типами умов місцезростання для ДП «Лугинське ЛГ» є свіжий (А<sub>2</sub>-С) сосновий бір (9,1%), для суборів (В) – це свіжий (В<sub>2</sub>-дС) та вологий (В<sub>3</sub>-дС) дубово-сосновий суббір (43,3%), для складних суборів – це вологий грабово-дубово-сосновий (С<sub>3</sub>-гдС) сугруд [35].

Піщані дерново-підзолисті ґрунти займають здебільшого вершини дюнних пагорбів і дещо підняті рівні місцеположення. Часто в комплексі з ними залягають болотні ґрунти. Материнською породою для них служать древнє-алювіальні, рідше флювіогляціональні піски. Своєрідний механічний склад останніх обумовлює і специфічні якості цих ґрунтів. Легкий механічний склад, не насиченість поглинаючого комплексу і малі запаси гумусу (1,0-1,5%) в ґрунтах обумовлюють їх досить погані фізичні властивості.

Безструктурні ґрунти розсипаються на складові механічні елементи. Капілярна вологоємність невелика (12,0-15,0%), тому атмосферні опади швидко просочуються вглиб, несучи з собою розчинні поживні речовини, в результаті чого ґрунт висихає до стану критичної вологості (до 1,0%) навіть при найменшій засусі, що негативно відбивається на продуктивності насаджень, що зростають на таких ґрунтах.

Фізичні якості глинисто-піщаних помітно кращі, ніж у піщаних. Вони більш багаті гумусом (2,6-3,0%). Часто зустрічаються середньо - і сильно підзолисті різновиди ґрунтів.

Болотні ґрунти (торф'яники) розташовані, як звичайно у заплавах рік, струмків, або в пониженнях серед піщаних міжгиривних обширів.

Шар торфу має потужність від 0,5 до 3 метрів, у верхніх шарах він темно-бурий, добре розкладений, сильно мінералізований [2].

## 2.2. Еколого-біологічна характеристика *Pinus sylvestris*

Рід Сосна (*Pinus* L.) це однодомні вічнозелені дерева. Ріст моноподіальний, галузнення бічних пагонів мутовчасте. Стовбур прямий, у дуже густих насадженнях майже циліндричний. Він добре очищається від гілок у нижній частині стовбура. Крона у молодих дерев пірамідальна, у більш старших – округла або зонтикоподібна. Пагони зазвичай двох типів – подовжені та вкорочені. Хвоя довга, вузька, зелена, сидить пучками по 2, 3 чи 5 штук в пучку на вкорочених пагонах. На видовжених пагонах вона лускоподібна, розміщена по спіралі [14].

Розмножується сосна насінням, іноді дає поросль від пенька, може штучно розмножуватися черенками. До багатства ґрунту слабо вибаглива. Часто росте на бідних сухих пісках, скалах та слаборозвинених кам'янистих ґрунтах, сфагнових болотах тощо.

Як лісотвірна деревна порода часто зростає чистими насадженнями на значних площах, а також з іншими породами. Сосна являє собою виключну цінність для лісового господарства та лісової промисловості [5].

Деревина характеризується високими фізико-механічними властивостями і знаходить широке застосування у різних галузях економіки.

Рід включає близько 100 видів, з яких лише шість природно зростають на території сучасної України [14].

Сосна звичайна (*Pinus sylvestris* L.) відноситься до підроду *Diploxylon* Koehne [12]. Дерево досягає в найкращих умовах висоти до 30-40 м і більше, а в діаметрі може сягати до 1,0 метра. Стовбур *Pinus sylvestris* прямий, майже циліндричний у лісових насадженнях, проте на відкритому місці стає



збіжистим, зчищення гілок не відбувається, що негативно впливає на якість деревини. *Pinus sylvestris* з початку росте дуже швидко. Максимальний приріст у висоту відбувається у віці 15-20 років, за гірших умов у 25 років. У віці 40-50 років приріст у висоту сповільнюється, а згодом і зовсім зупиняється. За діаметром дерево приростає упродовж усього життя. Древа *Pinus sylvestris* можуть дожити до 300-350 років, проте відомі випадки більш тривалого існування. Пагін зростає моноподіально. Молоді пагони голі, з бурими лускоподібними листочками, зеленувато-сірі. Бруньки червонувато-бурі, подовжено-яйцевидні, гостроконічні, довжиною 6,0-12,0 мм. Вони у переважній своїй більшості смолисті, розміщені на кінці пагонів мутовчасто навколо верхівкової бруньки. Іноді бруньки з'являються на пагонах збоку, проте гілок не утворюють [9].

Хвоя сизо-зелена, зверху випукла, знизу плоска, жорстка, гостроконечна, довжиною до 8 см і шириною до 2 мм. Тривалість існування хвоїнок 2-3 роки, проте відомі випадки тривалості існування хвоїнок до 6-8 років та більше за особливих умов середовища існування [1].

Південна межа *Pinus sylvestris* починається дещо південніше 50° пн. ш. і від м. Хотина через м. Шепетівку іде до м. Сміли на Черкаський бір, потім на м. Кременчуг, дещо північніше м. Новомосковська до м. Славянська. Південна межа більш суцільного ареалу поширення проходить значно північніше описаної лінії: від м. Львова на м. Шепетівку, далі м. Житомир, м. Київ, м. Чернігів та у напрямку південніше м. Брянська [13].

Лісові культури *Pinus sylvestris* зараз зустрічаються на територіях значно південніше природної межі поширення.

### 2.3. Методика досліджень

Визначення діелектричних показників молодих насаджень *Pinus sylvestris* проводили за методикою Г.Т. Криницького [24].

Вимірювання проводили приладом комбінованим (шигометром) Ф4320.

Цей прилад заводськими налаштуваннями працює на частоті 1000 Гц. Така характеристика є уніфікованою та дозволяє вимірювати ємність поляризаційну та активну частину комплексного опору ємнісного характеру за паралельною схемою заміщення. Прилад сертифіковано для використання за температури навколишнього середовища у проміжку від +10 до +35°C та відносної вологості повітря не вище 80%.

Прилад живиться від батареї постійного струму 7-9 В (крона).

Для вимірювання показників використовують спеціально сконструйований щуп. Це комбінація двох електродів, виготовлених з інертних металів, які розміщені на відстані 20 мм один від одного.

За методикою Г.Т. Криницького [24] електроди вводять на 10 мм у тканини в області кореневої шийки для культур *Pinus sylvestris*. Бажано при проведенні досліджень уникати несприятливих погодніх умов, як-то спека, дощ, підвищена вологість повітря. Особливо небажано проводити заміри коли кора рослини мокра. Це може призвести до невірно відібраних показників.

На тимчасових пробних площах вимірювали висоту та діаметр (в кореневій шийці) модельних дерев.

Українські назви рослин наведено за [32], латинські – за [46].

Статистичну обробку отриманих даних здійснено за Б.А. Доспеховим [11] з використанням пакету програм “*Statistica 10*”.

## РОЗДІЛ 3

### ДИНАМІКА ЕЛЕКТРОФІЗІОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ КУЛЬТУР СОСНИ ЗВИЧАЙНОЇ

#### 3.1. Визначення електрофізіологічних показників.

Визначення імпеданса та поляризаційної ємності молодих культур *Pinus sylvestris* проводили тричі на протязі 2020 року у періоду вегетації. Перший раз заміри проводили на початку вегетації (весняний період) 03 березня 2020 року. Другий раз вимірювання проводили у період активної вегетації (літній період) – 21 серпня 2020 року. У цей період також здійснили заміри діаметра та висоти всіх екземплярів *Pinus sylvestris* для яких вимірювали діелектричні показники. Третій раз виміри провели в осінній період – 09 жовтня 2020 року.

Дослідження поляризаційної ємності та імпеданса проводили на території Липницького лісництва ДП «Лугинське лісове господарство». Тимчасові пробні площі (ТПП) закладали у 2 кварталі (рис 3.1., 3.2).



Рис. 3.1. Схема розташування тимчасових пробних площ (впорядкування 2008 року).



Рис. 3.1. Схема розташування тимчасових пробних площ (впорядкування 2018 року).

Тимчасові пробні площі закладено у лісових культурах, які створені на місці чистого соснового насадження. Згідно таксаційних матеріалів у момент рубки головного користування у 2016 році квартал 2 виділ 4 займав площу 7,7 га (див. рис. 3.1.). Склад насадження 8Сз(104)2Сз(64)+Бп. Як бачимо це різновікове соснове насадження, де у складі є береза повисла (*Betula pendula* Roth.) віком 79 років. Насадження перебувало у підсочці 10 років. Підлісок представлений крушиною ламкою (*Frangula alnus* Mill.). Зімкнутість підліску становила 0,20. За селекційною оцінкою це нормальне насадження. У виділі поширені дрібні болота. Насадження зростало за другим класом бонітету у вологому дубово-сосновому суборі (В<sub>3</sub>-ДС). Запас становив 300 м<sup>3</sup>/га.

На свіжих зрубках посадки лісових культур провели у 2016 році за схемою чотири ряди *Pinus sylvestris* і один ряд дуба звичайного (*Quercus robur*). ТПП-1 та ТПП-2 заклали у 7 виділі 2 кварталу, а ТПП-3 – у 13 виділі 2 кварталу. Станом на 2020 рік це незімкнуті лісові культури віком 5 років. Для лісових культур характерне природне поновлення *Betula pendula*.



Рис. 3.3. Тимчасова пробна площа №1 (квартал 2 виділ 7)



Рис. 3.4. Тимчасова пробна площа №2 (квартал 2 виділ 7)

У результаті проведених досліджень нами отримані показники поляризаційної ємності та імпеданса незімкнутих лісових культур Липницького лісництва представлені у таблиці 3.1.

Таблиця 3.1.

**Діелектричні показники незімкнутих лісових культур сосни звичайної в умовах Липницького лісництва**

№ ТПП	C, nF		R, кОм	
	$M^{\pm m}$	V, %	$M^{\pm m}$	V, %
<i>Весняний період 2020 року</i>				
1	$7,82^{\pm 0,26}$	14,71	$30,48^{\pm 1,06}$	15,57
2	$7,95^{\pm 0,37}$	20,95	$28,70^{\pm 0,81}$	12,56
3	$6,69^{\pm 0,11}$	7,04	$34,30^{\pm 1,15}$	15,02
<i>Літній період 2020 року</i>				
1	$21,85^{\pm 0,64}$	13,05	$10,38^{\pm 0,34}$	14,82
2	$24,40^{\pm 1,39}$	25,52	$9,73^{\pm 0,35}$	16,30
3	$18,01^{\pm 1,15}$	28,53	$13,08^{\pm 0,94}$	32,17
<i>Осінній період 2020 року</i>				
1	$18,27^{\pm 0,99}$	24,19	$11,25^{\pm 0,62}$	24,58
2	$18,60^{\pm 0,95}$	22,95	$10,68^{\pm 0,62}$	25,94
3	$15,36^{\pm 0,82}$	23,81	$14,38^{\pm 1,14}$	35,56

Під тимчасовою пробною площею ми розуміємо посадочний ряд дерев *Pinus sylvestris* у межах виділа. Ряд вибирали шляхом незалежної рендомізації із застосуванням таблиці випадкових чисел. В межах кожного ряду проміри проводили підряд 20 модельних дерев *Pinus sylvestris* у середині ряду. Саме така чисельність модельних дерев, на нашу думку, у повній мірі відображає особливості та інтенсивність проходження фізіологічних процесів у молодих дерев *Pinus sylvestris*. Якщо у межах ряду траплялися дерева нежиттєздатні, то їх проміри не проводили.



Рис. 3.5. Тимчасова пробна площа №3 (квартал 2 виділ 13)

Наступних підрозділах ми розглянемо особливості зміни діелектричних показників за періодами року.

### 3.2. Весняний період

Як уже зазначалося, у весняний період визначення діелектричних показників проводили третього березня 2020 року. Для імпеданса коефіцієнт варіації на ТПП коливався у дуже вузьких межах 12,56-15,57%. Для поляризаційної ємності розмах ознаки дещо ширший і становить 7,04-20,95%. Показники поляризаційної ємності на дослідних ТПП-1–ТПП-3 коливалися у межах  $6,69^{\pm 0,11}$ - $7,95^{\pm 0,37}$  nF. Встановлено, що достовірної різниці показників поляризаційної ємності на ТПП-1–ТПП-2 не існує ( $F = 0,08 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Натомість існує достовірна різниця між показником у парах на ТПП-2–ТПП-3 ( $F = 15,88 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) та ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 16,53 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Таким чином показники поляризаційної ємності на ТПП

які закладено у виділі 7 достовірно відрізняються від показників на ТПП-3, що закладена у виділі 13 (рис. 3.6).

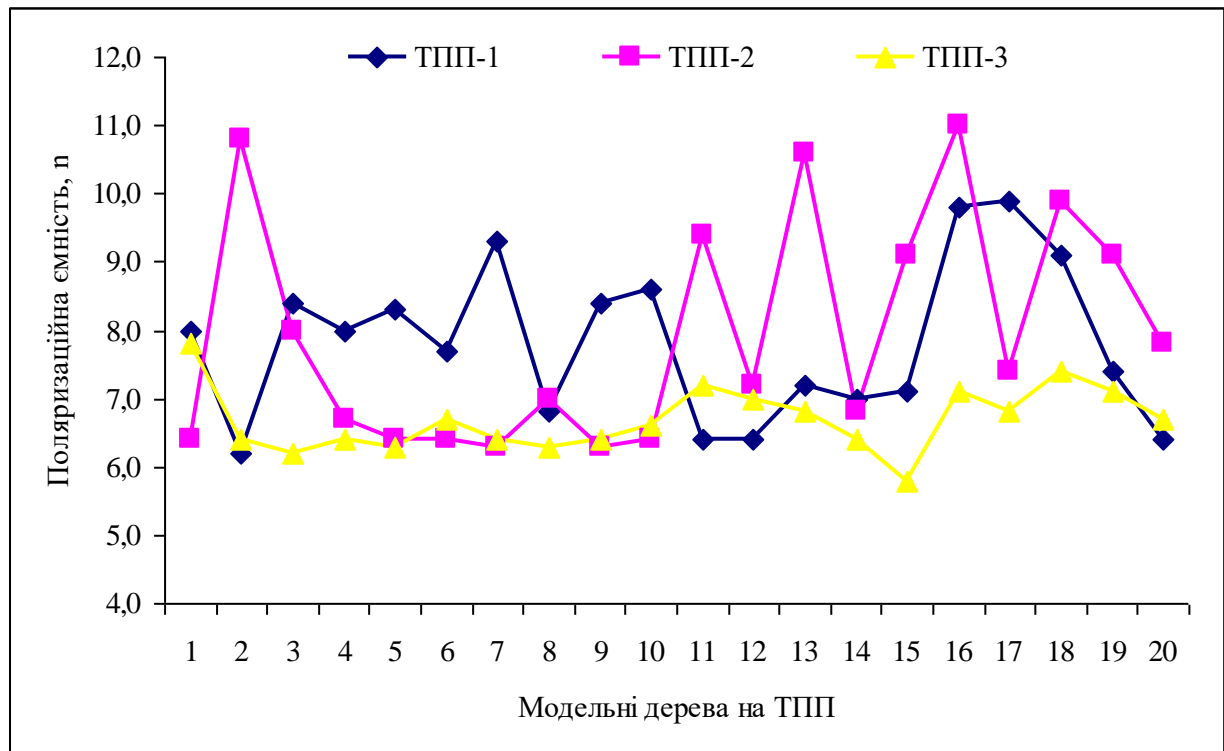


Рис. 3.6. Показники поляризаційної ємності *Pinus sylvestris* на ТПП у весняний період

Як бачимо з рис. 3.6. варіювання показника на ТПП-3 незначне і становить 7,04%.

Результати вимірювань імпеданса на ТПП представлено на рис. 3.7. Значення загального опору на ТПП у весняний період ми визначили у проміжку  $28,70^{\pm 0,81}$ - $34,30^{\pm 1,15}$  кОм. Також як і для поляризаційної ємності ми встановили, що показники імпеданса на ТПП-1 та ТПП-2 достовірно не відрізняються ( $F = 1,78 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ), проте між показниками на ТПП-1–ТПП-3 та ТПП-2–ТПП-3 за результатами однофакторного дисперсійного аналізу встановлена достовірна різниця, а саме: відповідно ТПП-2–ТПП-3 ( $F = 15,87 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) та ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 5,97 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Слід відмітити, що для всіх ТПП характерний майже однаковий показник варіації. Він коливається у межах 12,56-15,57%, що досить не



характерно. Зазвичай цей показник вищий від показників коефіцієнта варіації поляризаційної ємності.

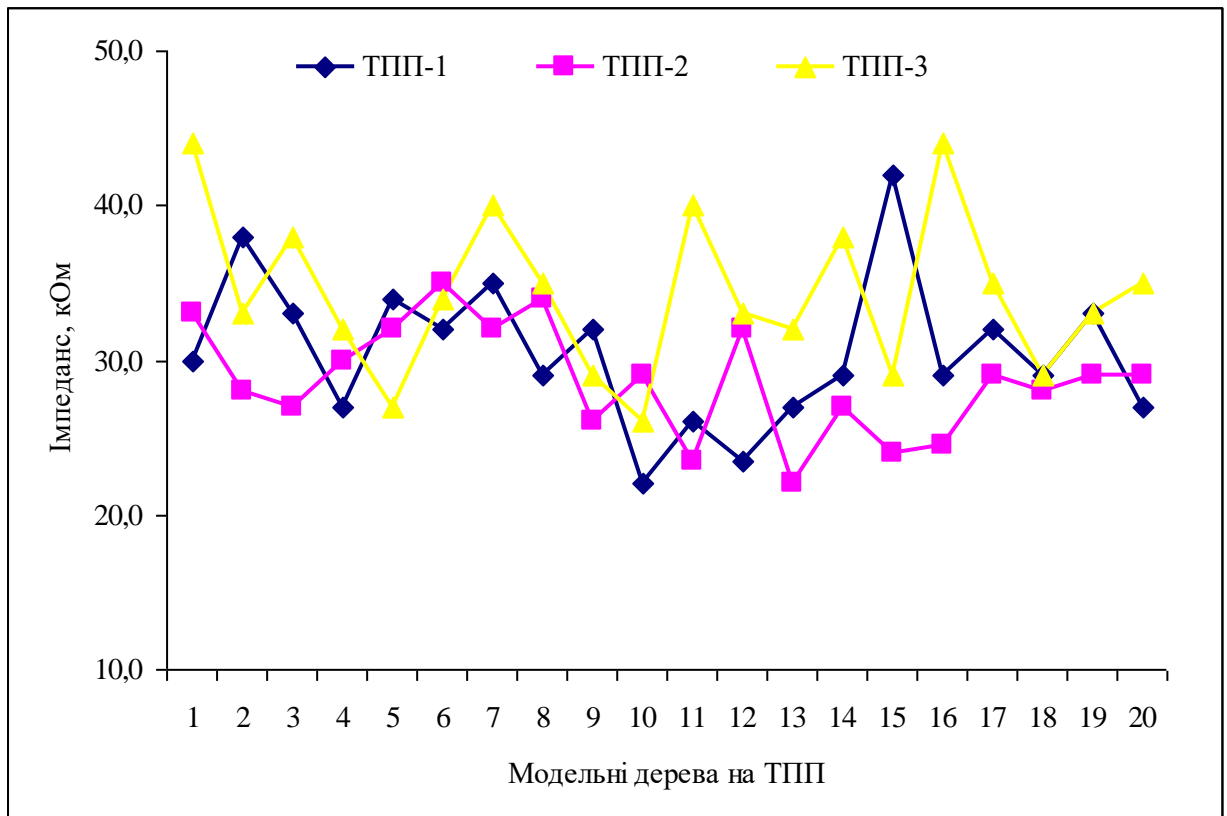


Рис. 3.7. Показники імпеданса *Pinus sylvestris* на ТПП у весняний період

Цікавий фактом є і те, що на ТПП-2 коефіцієнт варіації поляризаційної ємності найвищий серед ТПП (20,95%), а імпеданса найнижчий (12,56%).

### 3.3. Літній період

У період активної вегетації (літній період) коефіцієнти варіації для діелектричних показників на ТПП коливалися у невеликих межах. Для поляризаційної ємності це 13,05-28,53%, а для імпеданса 14,82-32,17%. Поляризаційна ємності на дослідних ТПП-1–ТПП-3 коливалася у межах  $18,01^{\pm 5,14}$ - $24,40^{\pm 6,23}$  nF (рис. 3.8.). Встановлено достовірну різницю показників поляризаційної ємності на ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 8,54 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) та ТПП-2–ТПП-3 ( $F = 12,53 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Натомість не існує достовірної

різниці між цим показником на ТПП-1–ТПП-2 ( $F = 2,77 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) [4].

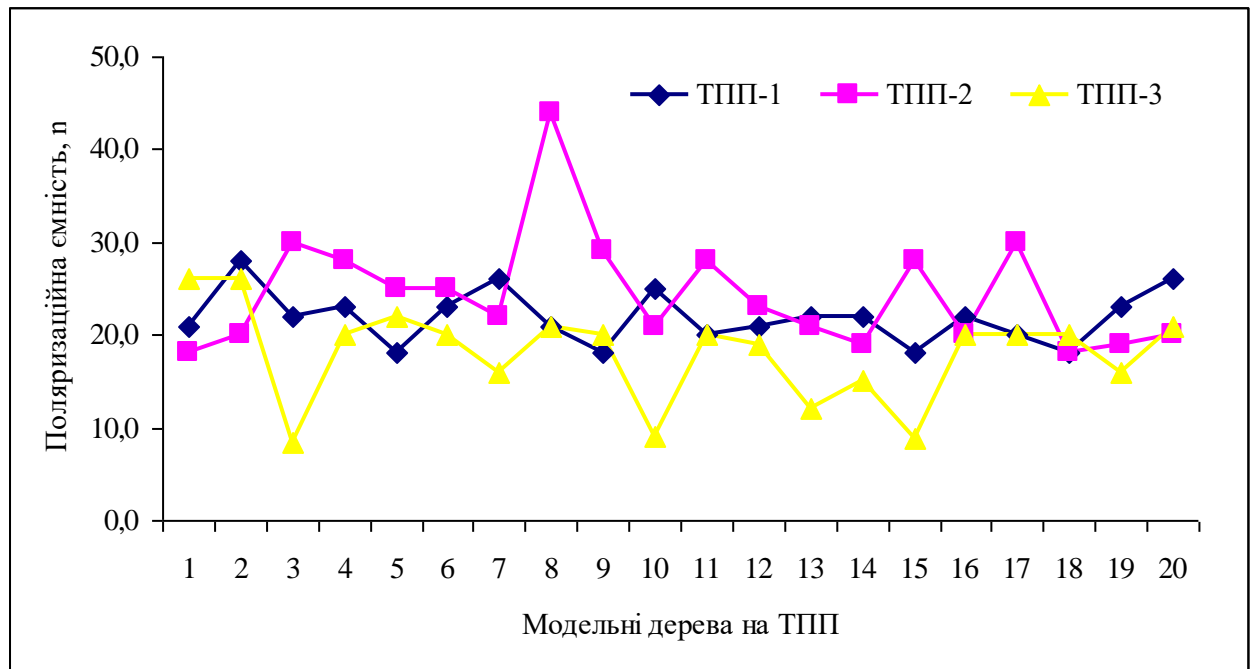


Рис. 3.8. Показники поляризаційної ємності *Pinus sylvestris* на ТПП у літній період

Значення імпеданса у серпні встановили у межах  $9,73^{+1,59}$ - $13,08^{+4,21}$  кОм (рис. 3.9.) [4]. Також встановлено, що показники імпеданса на ТПП-1 та ТПП-2 достовірно не відрізняються ( $F = 1,73 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ), проте між показниками на ТПП-1–ТПП-3 та ТПП-2–ТПП-3 за результатами однофакторного дисперсійного аналізу існує достовірна різниця, відповідно ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 7,27 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) та ТПП-2–ТПП-3 ( $F = 11,11 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Таким чином нами встановлено, що проходження процесів життєдіяльності у культур *Pinus sylvestris* на тимчасових пробних площах проходить з різною інтенсивністю.

Якщо для весняного періоду співвідношення імпеданса та поляризаційної ємності модельних дерев виглядало досить хаотично, то у літній період антагоністичні тенденції діелектричних показників набувають певної організації. Тут слід нагадати, що зміна електрофізіологічних показників має чітку тенденцію. Якщо показник поляризаційної ємності зростає, то показник імпеданса падає і навпаки. Така тенденція

прослідковується як на ТПП, так і упродовж періоду вегетації для кожного окремого модельного дерева. Досить чіткими і показовими у цьому плані є показники модельного дерева №8 на ТПП-2 (показник поляризаційної ємності становить 44,0 nF, а імпеданса – 6,0 кОм) та модельних дерев №3, №10, №15 на ТПП-3 (показник поляризаційної ємності становить відповідно 8,4 nF, 9,0 nF, 8,8 nF, а імпеданса – 20,5 кОм, 22,0 кОм та 23,0 кОм) (див рис. 3.8-3.9)

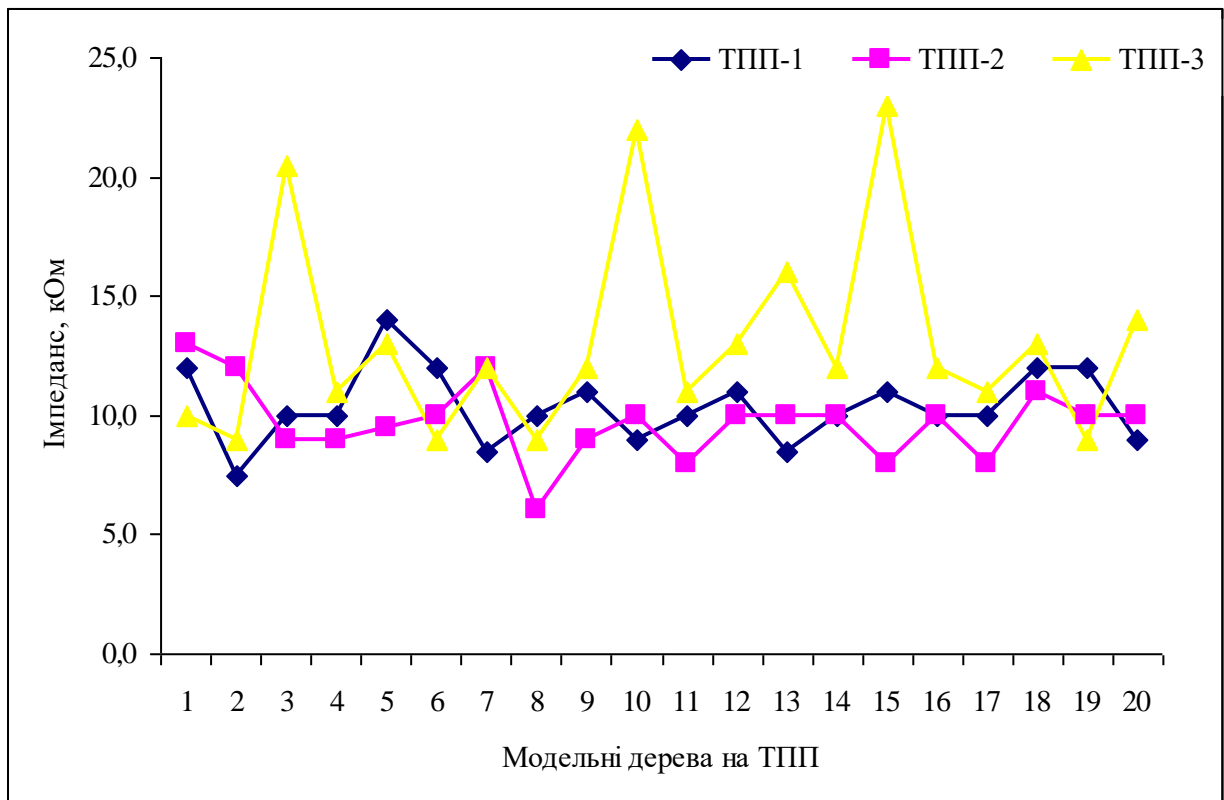


Рис. 3.9. Показники імпеданса *Pinus sylvestris* на ТПП у літній період

Під час вегетації у літній період ми спостерігаємо загальне зростання показників поляризаційної ємності для модельних дерев *Pinus sylvestris* у середньому у три рази. Так на ТПП-1 поляризаційна ємність зросла у 2,79 рази, на ТПП-2 – у 3,06 рази, на ТПП-3 – у 2,69 рази. У той же час імпеданс на ТПП-1 знизився у 2,93 рази, на ТПП-2 – у 2,94 рази, на ТПП-3 – у 2,62 рази.

У літній період для з'ясування співвідношення електрофізіологічних показників молодих дерев *Pinus sylvestris* з морфологічними ми зробили

проміри діаметра та висоти модельних дерев на ТПП. Результати представлено у таблиці 3.2.

Таблиця 3.2.

**Морфологічні показники незімкнутих лісових культур сосни звичайної у літній період в умовах Липницького лісництва**

№ ТПП	Діаметр, мм		Висота, см	
	$M^{\pm m}$	V, %	$M^{\pm m}$	V, %
1	$47,25^{\pm 2,28}$	21,59	$176,45^{\pm 5,91}$	14,98
2	$40,50^{\pm 1,77}$	19,51	$144,65^{\pm 7,01}$	21,68
3	$38,45^{\pm 1,42}$	16,55	$161,10^{\pm 6,54}$	18,15

Середній діаметр лісових культур на ТПП коливався у межах від  $38,45^{\pm 1,42}$  мм на ТПП-3, до  $47,25^{\pm 2,28}$  мм – на ТПП-1. Коефіцієнт варіації показника змінювався у проміжку 16,55%-21,59%. Таким чином середній діаметр найбільший на ТПП-1. За середньою висотою найвищими є також модельні дерева на ТПП-1 ( $176,45^{\pm 5,91}$  см). Найменша середня висота зафіксована на ТПП-2 ( $144,65^{\pm 7,01}$  см), хоча за середнім діаметром вони мають середні значення. Можна констатувати, що насадження на ТПП-1 є найбільшими і за діаметром, і за висотою.

За діаметром насадження на ТПП-1 достовірно відрізняються від насаджень на інших пробних площах. Це підтверджують результати дисперсійного аналізу. Так у парі ТПП-1–ТПП-2 ( $F = 5,47 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ), а у парі ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 10,71 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). При цьому за діаметром насадження на ТПП-2 та ТПП-3 достовірно не відрізняються ( $F = 0,82 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Якщо провести подібний аналіз висоти соснових насаджень на ТПП-2 та ТПП-3, то ми також будемо спостерігати відсутність достовірної різниці ( $F = 2,94 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Немає також достовірної різниці за висотою насаджень на ТПП-1 та ТПП-3 ( $F = 3,03 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). За висотою достовірно відрізняються лише молоді культури на ТПП-1 та ТПП-2 ( $F = 12,03 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ )

### 3.4. Осінній період

Осінній період у житті рослин характеризується поступовим переходом до стадії спокою. Коефіцієнти варіації для електрофізіологічних показників на ТПП коливалися у досить вузьких рамках. Для показника поляризаційної ємності це проміжок від 23,0% до 24,2%, а для імпеданса у дещо ширших – від 24,6% до 35,6%. У порівнянні з літнім періодом показник поляризаційної ємності на дослідних ТПП-1–ТПП-3 знизився на близько 20,0% і коливався у межах  $15,37^{\pm 0,82}$ - $18,60^{\pm 0,95}$  nF (рис. 3.10). Встановлено достовірну різницю показників поляризаційної ємності на ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 5,14 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) та ТПП-2–ТПП-3 ( $F = 6,62 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). Натомість не існує достовірної різниці між цим показником на ТПП-1–ТПП-2 ( $F = 0,06 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) [22].

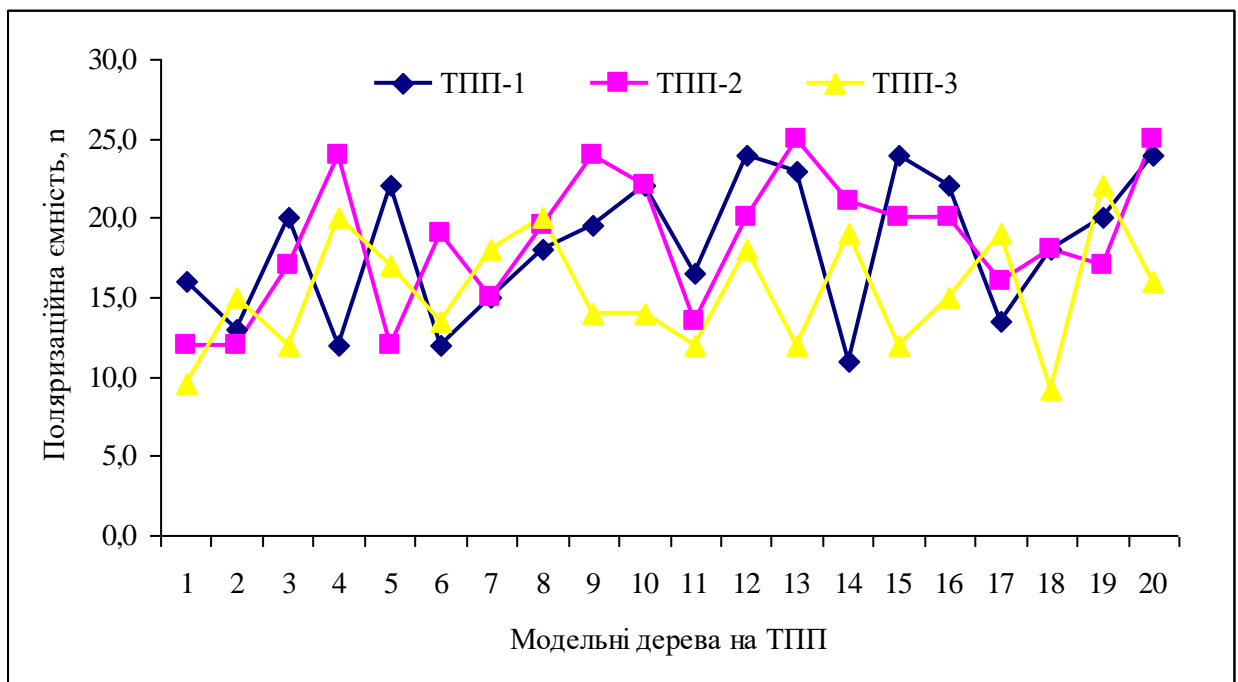


Рис. 3.10. Показники поляризаційної ємності *Pinus sylvestris* на ТПП в осінній період

Якщо говорити про показники імпеданса на ТПП в осінній період, то необхідно відзначити, що їх показники достовірно не відрізняються від показників імпеданса у літній період (рис. 3.11). Значення імпеданса у період

переходу до стану спокою встановили у межах  $10,68^{\pm 0,62}$ - $14,38^{\pm 1,14}$  кОм (у літній період він становив  $9,73^{\pm 1,59}$ - $13,08^{\pm 4,21}$  кОм). Такі показники можна пояснити досить високими температурними показниками осіннього періоду.

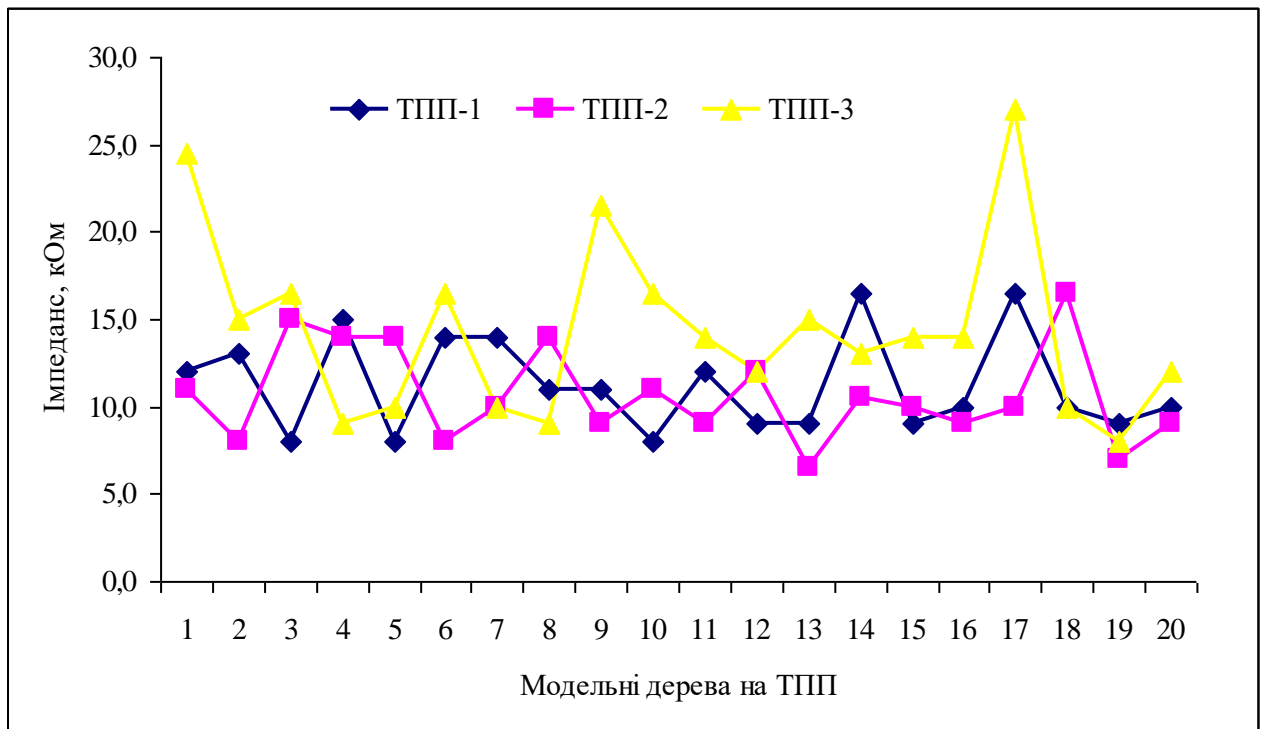


Рис. 3.11. Показники імпеданса *Pinus sylvestris* на ТПП в осінній період

Також нами встановлено, що показники імпеданса на ТПП-1 та ТПП-2 достовірно не відрізняються ( $F = 0,43 < F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ), проте між показниками на ТПП-1–ТПП-3 та ТПП-2–ТПП-3 за результатами однофакторного дисперсійного аналізу існує достовірна різниця, відповідно ТПП-1–ТПП-3 ( $F = 5,78 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ) та ТПП-2–ТПП-3 ( $F = 8,10 > F_{0,95} (1; 39) = 4,09$ ). У порівнянні з літнім періодом на всіх тимчасових пробних площах показники поляризаційної ємності зменшилися.

Розглядаючи загальні тенденції зміни діелектричних показників за період вегетації слід відмітити, що упродовж 2020 року відчутні зміни відбулися лише при переході від стану спокою до періоду активної вегетації. Наші дослідження навесні проводили за низьких позитивних температур, а влітку це відбувалося у період літньої спеки. У серпні ще трималися високі температурні показники повітря. В осінній період, середина жовтня, це

період ще з досить високими температурними показниками. У цей період соснові насадження ще активно вегетують, про що свідчать електрофізіологічні показники. Рослини ще не входять у період спокою і не демонструють тенденційних змін до середньоосінніх показників (рис. 3.12 - 3.13.).

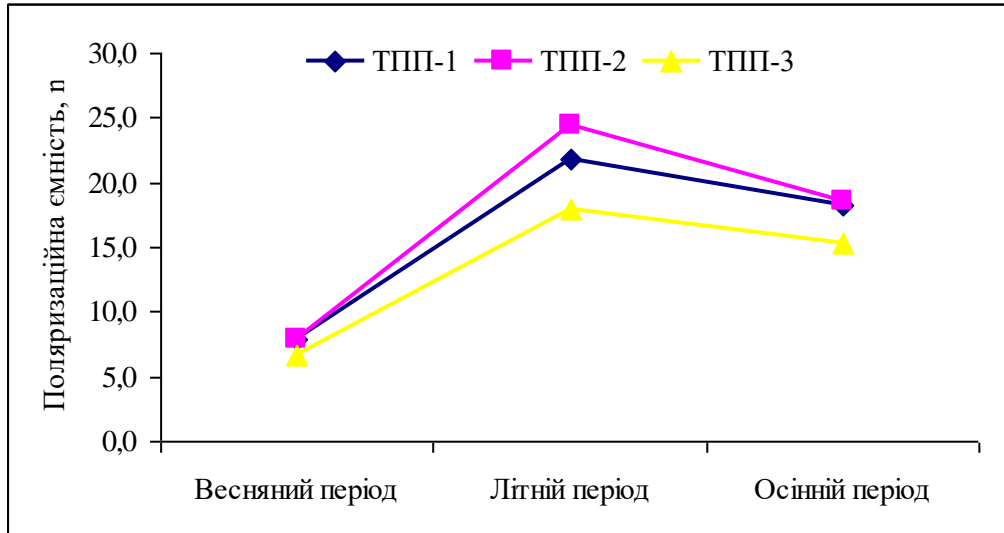


Рис. 3.12. Зміна показників поляризаційної ємності *Pinus sylvestris* на ТПП

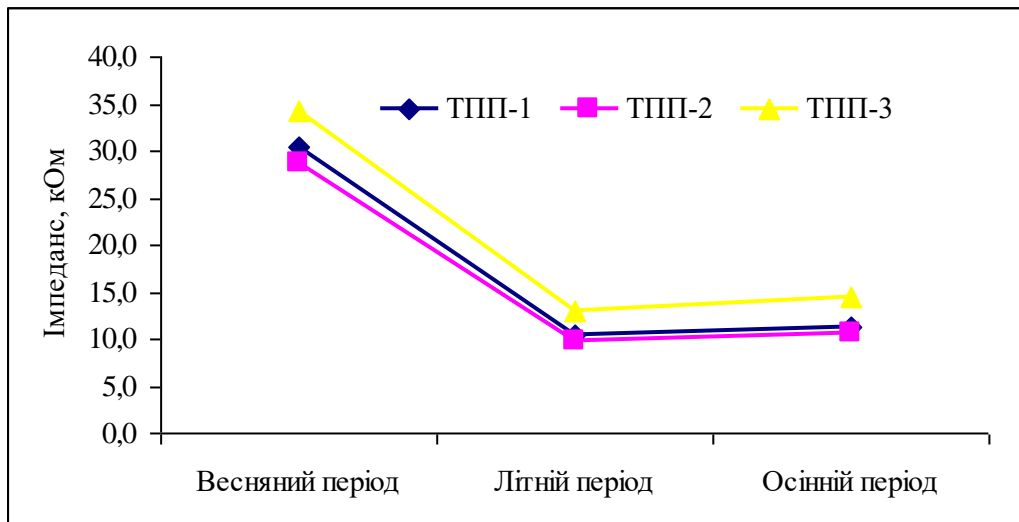


Рис. 3.12. Зміна показників імпедансу *Pinus sylvestris* на ТПП

Таким чином ми провели аналіз зміни діелектричних показників п'ятирічних культур *Pinus sylvestris* на території Липницького лісництва ДП «Лугинське лісове господарство».

## ВИСНОВКИ

У роботі ми дослідили особливості сезонної зміни діелектричних показників молодих культур *Pinus sylvestris* в умовах Липницького лісництва ДП «Лугинське лісове господарство». Отримані на основі проведених досліджень результати дозволяють нам зробити наступні висновки та узагальнення.

1. Тимчасові пробні площі закладено у однакових лісорослинних умовах та у лісових культурах одного віку, способу посадки та схеми змішування. Показники поляризаційної ємності дерев *Pinus sylvestris* на ТПП упродовж року мали такі показники: весняний період –  $6,69^{\pm 0,11}$ - $7,95^{\pm 0,37}$  nF; літній період –  $18,01^{\pm 5,14}$ - $24,40^{\pm 6,23}$  nF; осінній період –  $15,37^{\pm 0,82}$ - $18,60^{\pm 0,95}$  nF.

2. Імпеданс, або активний опір становив: весняний період –  $28,70^{\pm 0,81}$ - $34,30^{\pm 1,15}$  кОм; літній період –  $9,73^{\pm 1,59}$ - $13,08^{\pm 4,21}$  кОм; осінній період –  $28,70^{\pm 0,81}$ - $34,30^{\pm 1,15}$  кОм.

3. На основі однофакторного дисперсійного аналізу ми встановили, що насадження на ТПП-2 за електрофізіологічними показниками є найбільш життєздатні серед досліджуваних, а культури на ТПП-3 дещо відстають у своєму розвитку у порівнянні з лісовими культурами на ТПП-1 та ТПП-2.

4. Доведено, що середній діаметр лісових культур на ТПП коливався у межах від  $38,45^{\pm 1,42}$  мм на ТПП-3, до  $47,25^{\pm 2,28}$  мм – на ТПП-1. Коефіцієнт варіації цього показника становить на ТПП  $16,55\%$ - $21,59\%$ . Таким чином середній діаметр найбільший на ТПП-1.

5. За середньою висотою найвищими є також модельні дерева на ТПП-1 ( $176,45^{\pm 5,91}$  см). Найменша середня висота зафіксована на ТПП-2 ( $144,65^{\pm 7,01}$  см), хоча за середнім діаметром вони мають середні значення.

6. За морфометричними показниками (діаметр та висота) найкращими є насадження на ТПП-1, хоча за діелектричними вони дещо поступаються лісовим культурам на ТПП-2.



## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абаимов В.Ф. Дендрология с основами лесной геоботаники и дендроиндикации. Оренбург: Издательский центр ОГАУ, 2014. 396 с.
2. Атлас природных условий и естественных ресурсов Украинской ССР / Под ред. А. С. Харченка. Москва, 1978. 184 с.
3. Биология. Большой энциклопедический словарь. Под ред. М.С. Гилярова. Москва: Больш. Рос. энциклопедия, 1999. 864 с.
4. Бовсуновський М.П. Діелектричні показники культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське ЛГ» (літній аспект). *Проблеми ведення та експлуатації лісових і мисливських ресурсів: матеріали II Всеукраїнської науково-практичної конференції присвяченої пам'яті професора А.І. Гузія.* (м. Житомир, 25 вересня 2020 р.). Житомир, 2020. С. 23-24.
5. Булигин Н.Е. Дендрология. Москва: Агропромиздат, 1985. 285 с.
6. Генкель П.А. Физиология растений. Москва: Просвещение, 1975. 335 с.
7. Генсирук С.А. Комплексное лесохозяйственное районирование Украины и Молдавии. Київ: Наук. думка, 1981. 358с.
8. Генсирук С. А. Леса Украины. М.: Лесн. пром., 1975. 280 с.
9. Дендрология с основами лесной геоботаники. Под ред В.Н. Сукачева. Ленинград: Гослестехиздат, 1938. 576 с.
10. Дерев'янчук Ю. Л., Заїка В. К. Морфофізіологічна реакція дерев сосни звичайної, уражених опеньком осіннім. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2011, т. 21, № 19. С. 18-24.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Заячук В.Я. Дендрологія. Голонасінні. Львів: Камула, 2005. 176 с.
13. Заячук В.Я. Дендрологія. Львів: Априорі, 2008. 656 с.
14. Заячук В.Я. Дендрологія. Львів: СПОЛОМ, 2014. 646 с.

15. Заїка В. К. Діелектричні показники сосни звичайної на радіаційно забруднених територіях. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2004, т. 14, № 1. С. 12-15.
16. Заїка В. К., Руденко А.В. Морфофізіологічні особливості дерев сосни звичайної в борах Малого Полісся. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2012, т. 22, № 9. С. 9-13.
17. Карасёв В.Н., Карасёва М.А. Эколого-физиологическая диагностика жизнеспособности деревьев хвойных пород. *Лесной журнал*, 2004. № 4. С. 27-32.
18. Краткий агроклиматический справочник Украины. Под ред. К.Т. Логвинова. Л.: Гидрометеиздат, 1976. С. 15-105.
19. Кратюк О.Л. Особливості впливу напіввільного утримання мисливських тварин на діелектричні показники сосни звичайної. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2019, т. 29, № 8. С. 43–45.
20. Кратюк О. Л. Сезонна зміна діелектричних показників сосни звичайної в умовах напіввільного утримання мисливських тварин. *Екологічні науки*. 2019, т. 27, № 4. С. 192–196.
21. Кратюк О.Л., Бовсуновський М.П., Бабич М.М., Кордиш В.О. Використання електрофізіологічних показників для визначення життєвого стану дерев сосни звичайної. *Наукові читання – 2020*. Житомир: Житомирський національний агроекологічний університет, 2020. С. 41-42.
22. Кратюк О.Л., Бовсуновський М.П. Електрофізіологічні показники культур сосни звичайної в умовах ДП «Лугинське лісове господарство» (осінній аспект). *Екологічні проблеми навколишнього середовища та раціонального природокористування в контексті сталого розвитку: збірник матеріалів Третьої Міжнар. науково-практичної конференції (22-23 жовтня 2020, м. Херсон, Україна)*. Херсон, 2020. С. 336-338.
23. Криницький Г.Т. Електрофізіологічні дослідження деревних рослин в Україні. *Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть*. 2001, т. 2. С. 233–237.

24. 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.
25. Криницький Г. Т., Галушка В. П. Електрофізіологічна реакція сосни звичайної на добування живиці. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2005, т. 15, №2. С. 8–13.
26. Криницький Г. Т., Заїка В. К. Електрофізіологічна реакція культур сосни звичайної на високі рівні хронічного радіаційного опромінення. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2004, т. 14, №5. С. 8–14.
27. Кузик А.Д. Вплив низової пожежі на насадження сосни звичайної. *Науковий вісник УкрДЛТУ*. 2012, т. 22, №7. С. 19–26.
28. Литвак П.В. Лесные экосистемы Полесья Украины. Житомир: Полися, 2001. 340 с.
29. Маринич А. М., Пащенко В. М., Шищенко П. Г. Природа Украинской ССР. Ландшафты и физико-географическое районирование. К. : Наук. думка, 1985. 224 с.
30. Моторкин А. А. Совершенствование методов отбора деревьев хвойных пород при формировании насаждений: автореф. дис... к. с.-х. н. Йошкар-Ола, 2009. 23 с.
31. Одум Ю. Основы экологии. [пер. с англ. под ред. Н. П. Наумова]. Москва: Мир, 1975. 740 с.
32. Определитель высших растений Украины / Доброчаева Д. Н., Котов М. И., Прокудин Ю. Н. и др. Изд. 2-е, стереотипное. Киев: Фитосоциоцентр, 1999. 548 с.
33. Пастернак П. С., Киселевский Р. Г., Федец И. Ф., Медведев Л. А. Лесохозяйственное районирование Украинской ССР. *Лесоводство и агролесомелиорация*. 1980. Вып. 56. С. 3-16.
34. Приходько Г.Ф. Климат Украины. - Л. : Изд-во ГИМИЗ, 1967. – 413 с.

35. Проект організації і розвитку лісового господарства ДП «Лугинський лісгосп» Житомирської області. Липницьке лісництво. Ірпінь. 2018. 252 с.
36. Рибак Ю.Л. Електрофізіологічні показники уражених сосновим вертуном дерев сосни звичайної в умовах Західного Полісся. Науковий вісник НЛТУ України. 2012, т. 22, № 12. С. 42–48.
37. Рибак Ю.Л., Заїка В. К. Зміна електрофізіологічної активності у дерев сосни звичайної, уражених шютте звичайним. *Науковий вісник НЛТУ України*. 2013, т. 23, № 2. С. 90–96.
38. Рогозин М.В. Селекция сосны обыкновенной для плантационного выращивания: монография. Пермь, 2013. 200 с.
39. Романовский М.Г. Полиморфизм древесных растений по количественным признакам как средство экологической адаптации популяции: Автореф. дис. ...д-ра биол. наук. М., 1995. 45 с.
40. Суворов В.В., Воронова И.Н. Ботаника с основами геоботаники. Ленинград: Колос, 1979. 560 с.
41. Сукачев В.Н. Основы лесной биогеоценологии / Под ред. В.Н. Сукачева и Н.В. Дылиса. Москва: Наука, 1964. 574 с.
42. Суховольский В.Г. Метод измерения биоэлектрических потенциалов древесных растений. *Физиология растений*, 1979. Т. 26. С. 877–879.
43. Ткачук В.І. Проблеми вирощування сосни звичайної на Правобережному Поліссі. Житомир: Волинь, 2004. 464 с.
44. Шеверножук Р.Г. Функциональная диагностика адаптивных свойств древесных растений и перспективы ее использования в лесной селекции. Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. Брянск. 1997. 35 с.
45. Шилов И.А. Экология. Москва: Высшая школа, 2003. 512 с.
46. Mosyakin S.L., Fedoronchuk M.M. Vascular plants of Ukraine. A nomenclatural checklist. Kiev, 1999. 345 p.