



НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ НАУКОВИЙ ЦЕНТР  
«ІНСТИТУТ ЗЕМЛЕРОБСТВА НАЦІОНАЛЬНОЇ  
АКАДЕМІЇ АГРАРНИХ НАУК УКРАЇНИ»

**Концепція  
створення та функціонування  
природоохоронних та ефективних  
енергетичних плантацій деревних культур  
для переробки на тверде паливо  
на дренованих органогенних ґрунтах,  
виведених з інтенсивного обробітку**

За редакцією І.Т. Слюсаря

Вінниця  
2025

**УДК 631.6.02**

К 64

Рекомендовано до друку рішенням Вченої ради ННЦ «ІЗ НААН»  
(протокол № 10 від 6 жовтня 2025 р.)

**Рецензенти:**

**Г.І. Демидась** – доктор сільськогосподарських наук, професор, завідувач кафедри рослинництва, Національний університет біоресурсів і природокористування України, заслужений працівник сільського господарства України;

**В.Г. Кургак** – доктор сільськогосподарських наук, професор, член-кор. НААН, головний науковий співробітник відділу луківництва та кормовиробництва ННЦ «ІЗ НААН»

**К 64 Концепція створення та функціонування природоохоронних та ефективних енергетичних плантацій деревних культур для переробки на тверде паливо на дренованих органогенних ґрунтах, виведених з інтенсивного обробітку.** І.Т. Слюсар, О.П. Соляник, В.О. Сербенюк, В.О. Ткачов, С. Гелевера/ за ред. І.Т. Слюсаря. Вінниця : ТВОРИ, 2025. 36 с.

ISBN 978-617-552-972-0

Концепція розроблена на основі узагальнення наукових досліджень відділу сівозмін і землеробства на меліорованих землях та Панфільської дослідної станції ННЦ «ІЗ НААН» у зоні Лісостепу – в заплаві р. Супій на території Бориспільського р-ну Київської обл. (2020–2025 рр.).

Концепція включає питання агроекологічної оцінки ґрунтово-кліматичних умов для створення енергетичних плантацій, водного та поживного режиму ґрунту, визначення найефективніших заходів їхнього вирощування в умовах дренованих органогенних ґрунтів гумідної зони.

Рекомендації призначені для агрономів, меліораторів, наукових співробітників, студентів та сільськогосподарських підприємств різних форм власності.

**УДК 631.6.02**

**ISBN 978-617-552-972-0**

© ННЦ «ІЗ НААН», 2025

© ТОВ «ТВОРИ», 2025

## **ЗМІСТ**

<b>ПЕРЕДМОВА</b>	4
<b>1. ҐРУНТОВО-КЛІМАТИЧНА ТА АГРОВИРОБНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ГУМІДНОЇ ЗОНИ</b>	7
1.1. Погодно-кліматичні умови	7
1.2. Ґрунтова характеристика заплавлених земель	8
1.3. Водний режим ґрунту та його регулювання	9
<b>2. ЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ НА ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТАХ</b>	11
2.1. Екологічні аспекти вирощування енергетичних культур на дренованих органічних ґрунтах	12
2.2. Технологічні особливості закладання енергетичних плантацій деревних культур на органічних ґрунтах	14
2.3. Вплив деревних плантацій на поживний режим та біологічну активність дренованих органічних ґрунтів	19
2.3.1. Поживний режим дренованих органічних ґрунтів залежно від виду агроценозу	22
2.3.2. Вплив способу використання органічного ґрунту на його біологічну активність та мінералізацію	24
2.4. Фільтрація біогенних речовин у ґрунтові води залежно від виду плантацій	29
<b>3. ВАЛОВИЙ ЗБІР СИРОВИНИ ПЛАНТАЦІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ТА ТРИВАЛОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР</b>	31
<b>ВИСНОВКИ</b>	34
<b>Список літератури</b>	36

## ПЕРЕДМОВА

Енергозабезпеченість в Україні, особливо в умовах війни, показує, що розвиток альтернативної енергетики, зокрема створення великої кількості невеликих і незалежних від централізованого постачання генеруючих потужностей електроенергії та тепла, є одним із шляхів вирішення проблеми надійного і стабільного забезпечення енергетичними ресурсами населення, комунальних та невеликих промислових об'єктів. Одним із ефективних і перспективних шляхів вирішення цієї проблеми, є використання на паливо біомаси швидкоростучих енергетичних культур.

Наукові дослідження у зоні Полісся та Лісостепу показали, що специфічні умови дренованих органічних ґрунтів, які займають значні площі земельних угідь у гумідній зоні (близько 1 млн га), за своїми параметрами оптимально підходять для створення та вирощування енергетичних плантацій. Ці ґрунти добре забезпечені вологою, азотом та іншими елементами живлення, що дозволяє рослинам накопичувати досить потужну біомасу з помірним внесенням лише окремих мінеральних добрив. Крім того, вирощування не просапних культур на дренованих ґрунтах є важливим чинником екологічно збалансованого використання цих земель. Ще одним важливим чинником, що сприяє розвитку біоенергетичної галузі є те, що традиційно у гумідній зоні на близько 80 % від загальної площі дренованих ґрунтів вирощувалися кормові культури, а у зв'язку зі значним скороченням тваринництва останніми роками потреба в кормах різко зменшилася [1–3]. Тому, з метою ефективного використання дренованих ґрунтів, доцільно вирощувати на них енергетичні (насамперед деревні) культури для отримання твердого, рідкого чи газоподібного біопалива. Втім, досліджень у цьому напрямі у вітчизняній науці недостатньо, особливо з питань екології довкілля.

Технологія закладання та вирощування енергетичних культур відрізняється від традиційних агротехнологій тим, що основним завданням постає отримання максимальної кількості біомаси, при цьому якісним показником продукції не надається такого значення, як за виробництва кормів та продовольчої продукції.

Розрахунки показують, що 1 га осушуваних торфовищ може забезпечити щороку 20–25 і більше т умовного палива, що майже в 10 разів більше, ніж може дати гектар олійних культур за перероблення їхнього врожаю на рідке біопаливо. Розроблені раніше технології вирощування для окремих культур розраховані на отримання якісного корму. В наших дослідженнях передбачалося вирощування біомаси для отримання палива, тобто максимального біологічного врожаю, що потребує значного уточнення технологій вирощування культур [4; 5].

Над розв'язанням проблеми створення та функціонування енергетичних плантацій деревних культур останніми роками в Україні працювали низка вітчизняних дослідників (Я.Д. Фучило, В.М. Сінченко, І.Т. Слюсар, М.Я. Гументик, О.М. Ганженко, О.П. Соляник, М.В. Битна та ін.) та наукових установ (Інститут біоенергетичних культур і цукрових буряків, ННЦ «ІЗ НААН» та багато інших). Із закордонних дослідників у цій галузі можна виділити фінських учених (Hytonen, Lumme, Tosmala), шведських (Gustafsson, Backhaus), німецьких (Weiger, Weisgerber), британських (Pazfitt Statt) та ін.

Досвід українських та зарубіжних вчених показав, що сучасний стан створення та функціонування енергетичних плантацій на дренажних органогенних ґрунтах свідчить про недостатнє використання їхнього потенціалу, що зумовлено недостатністю технологій вирощування сучасних сортів верби та гібридів тополі, що не забезпечує достатньо високих урожаїв деревних плантацій. Розробка сучасних технологій створення плантацій деревних культур із новими сортами та гібридами верби, тополі та міскантусу, забезпечить значне підвищення їхньої продуктивності з урахуванням природоохоронних заходів [4–6].

Нашими дослідженнями протягом 2011–2020 рр. було теоретично обґрунтовано наукові засади формування екологічно збалансованих та ефективних критеріїв створення та функціонування енергетичних плантацій на дренажних органогенних ґрунтах гумідної зони України, сформовано систему наукових знань збалансованого використання дренажних земель на основі створення плантацій верби тритичинкової та тополі гібридної на енергетичні

цілі, що забезпечать поліпшення екологічного стану довкілля у зоні дренованих меліорацій.

Попередніми нашими дослідженнями з вирощування енергетичних культур на дренованих органогенних ґрунтах встановлено основні параметри технології вирощування найпродуктивніших енергетичних культур: види культур, строки посадки, площа живлення, удобрення тощо. Втім дуже важливим чинником ефективного створення та функціонування енергетичних плантацій є екологічна складова. Передусім, виявити вплив плантаційного вирощування верби, тополі та міскантусу на біологічну активність органогенних ґрунтів і з нею пов'язану мінералізацією органічної речовини, накопиченням біомаси енергетичними культурами (вербою, тополею та міскантусом). До того ж важливо виявити вплив енергетичних культур на рух поживних речовин та інших хімічних сполук по профілю осушуваних ґрунтів, оскільки на осушуваних ґрунтах у різні періоди року по-різному проходить рух води. Важливим елементом такого переміщення вологи є вимивання біогенних речовин у ґрунтові води.

Тому, у створенні енергетичних плантацій на меліорованих землях важливим завданням є виявити їхній вплив на збереження торфового ґрунту та забруднення ґрунтових і річкових вод різними хімічними елементами та сполуками, вимивання яких у ґрунтові води негативно впливає на довкілля загалом. Другою важливою проблемою за функціонування енергетичних плантацій є визначення високопродуктивної, економічно обґрунтованої тривалості вирощування деревних культур без перезакладання плантацій, що дуже важливо для промислового виробництва. Однак виникають і нові проблеми за плантаційного вирощування культур із поширенням шкідників і хвороб та випадання окремих кущів, що призводить до зрідження плантацій та до зниження врожайності деревостанів.

Враховуючи ці зазначені вище не вирішені питання щодо створення енергетичних плантацій верби, тополі та міскантусу, нами і були проведені дослідження протягом 2021–2025 рр.

# 1. ГРУНТОВО-КЛІМАТИЧНА ТА АГРОВИРОБНИЧА ХАРАКТЕРИСТИКА ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ҐРУНТІВ ГУМІДНОЇ ЗОНИ

## 1.1. Погодно-кліматичні умови

До гумідної зони України входять землі Полісся, Передкарпаття та частково Лісостепу. Клімат Полісся помірно континентальний із теплим вологим літом і м'якою зимою. У зв'язку зі значною протяжністю зони з заходу на схід метеорологічні показники досить різні. Теплий період у Східному Поліссі починається наприкінці третьої декади березня, у Волинському Поліссі – всередині другої декади березня і триває він від 230 до 265 діб. Сума позитивних середньодобових температур повітря за цей період коливається від 3028°C (Мале Полісся) до 2805–2972°C у Волинському Поліссі та 2866–2931°C у Східному Поліссі, тривалість днів із температурою понад 15°C – 95–110 діб. Початок вегетації більшості рослин у західній частині Полісся починається у першій декаді квітня, а у східній – наприкінці другої декади квітня. Сума позитивних температур змінюється від 2898–2929°C у Малому Поліссі до 2684–2849°C у Волинському Поліссі та 2744–2812°C – у Правобережному. Середньорічна сума опадів 580–620 мм.

Кліматичні умови Полісся загалом сприятливі для землеробства: тепла тривала весна, вологе і тепле літо, невеликі коливання температури повітря, достатня кількість опадів, відсутність суховіїв, м'яка зима.

Кліматичні умови Лісостепу також різноманітні внаслідок відмінностей окремих його частин за гідротермічним режимом. Загальна середньобагаторічна кількість опадів змінюється від 450 мм до 600 мм, в тому числі у вегетаційний період, відповідно, від 240 до 498 мм. Середня температура повітря в Лісостепу Західному сягає 7,0–7,5°C, у Центральному 6,5–8,5 і Східному 5,5–8°C, сума середніх добових температур вище 10°C за травень – вересень становить 2500–2750°C, з тривалістю періоду з температурою понад 15°C 100–120 діб. Гідротермічний коефіцієнт Селянинова (ГТК) змінюється від 0,9 до 1,8. Загалом кліматичні умови гумідної зони досить сприятливі для розвитку

кормовиробництва, вирощування енергетичних культур, а також окремих зернових та овочевих культур [1–3].

Слід відмітити, що за останні 25–35 років погодні умови значно змінилися: середня температура повітря піднялася майже на 2° С, а сума опадів за вегетацію практично залишилася на попередньому рівні. Погодно-кліматичні умови стали значно теплішими та сухішими. Такий стан потребує додаткових досліджень у зміні технологічних заходів вирощування сільськогосподарських культур.

## **1.2. Ґрунтова характеристика заплавлених земель**

Загальна площа дренажованих в Україні становить близько 3,0 млн га. Всі ці землі можна поділити на дві групи: мінеральні та органічні. Способи використання та агротехніка вирощування сільськогосподарських культур на мінеральних ґрунтах подібна до звичайних польових земель. Дренажовані органічні ґрунти поширені на Поліссі, а також займають суцільні масиви заплавлених річок у лісостеповій зоні й дуже рідко трапляються в степовій, у зоні Карпат та Прикарпаття. Загальна площа їх на Україні сягає близько 1,0 млн га.

За типом водно-мінерального живлення торфові ґрунти поділяються на низинні, перехідні та верхові. В Україні поширені переважно низинні торфові ґрунти (95 % всієї площі), які за потужністю торфового шару діляться на торфувато-глейові (15–50 см), торфові неглибокі (50–100 см), середньоглибокі (100–200 см), глибокі (200–400 см і більше) [3; 7].

За зольністю їх розділяють: торфові малозольні (вміст золи до 12 %), середньозольні (12–25 %), багатозольні (25–30 %) та мінерально-торфові (50–80 %) ґрунти. Гігроморфні ґрунти, що містять понад 80 % золи, слід відносити до відповідних мінеральних ґрунтів. Мінерально-торфові ґрунти часто утворюються в сучасних умовах землеробської культури за перемішування підстилаючої мінеральної породи з неглибоким торфовим шаром. Торфові ґрунти, що покриті мінеральним наносом, відносять до похованих.

Якщо у золі переважають карбонати кальцію (вапно), торфовий ґрунт називають карбонатним (закипає від 10% HCl), за високого вмісту заліза

( $\text{Fe}_2\text{O}_3 > 6\%$ ) – залізистим, закисно-залізистої фосфорної сполуки ( $\text{P}_2\text{O}_5 > 0,7\%$ ) – вівіанітовим, за високих домішок мінеральних мулуватих часток – мулуватим, за наявності значної кількості водорозчинних солей – солончковим (засолени). За наявності увібраного натрію і високої дисперсності торфугрунту – солонцюватим. Оскільки солонцюватість торфугрунту майже завжди супроводжується засоленістю, їх називають солонцювато-солончковими.

За ступенем розкладання органічної речовини дренажні торфугрунти доцільно поділяти на слабо- та середньорозкладені, перегнійно-торфугрунти, перегнійні й мінералізовані.

Лучні дернові, торф'янисто-болотні, мілкі, середні та мінералізовані торфюванці, а також слабо осушувані мінеральні й торфугрунти слід використовувати виключно під культурні сіножаті і пасовища, удобрюючи їх не тільки калійними та фосфорними, але й азотними добривами. Однак останніми роками їх рекомендовано використовувати і для створення плантацій енергетичних культур (верби, тополі, міскантусу тощо [2; 3]).

### **1.3. Водний режим ґрунту та його регулювання**

Оптимальний ріст і розвиток енергетичних культур визначаються водним режимом ґрунту і характеризуються такими показниками: вологістю та аерацією ґрунту, вологозапасами, глибиною залягання ґрунтових вод, допустимими термінами затоплення посівів [3; 7].

Регулювання водного режиму на дренажних землях проводять згідно з розробленими для кожної культури нормами осушування, яка змінюється від найменшого свого значення перед сівбою чи посадкою культури, до найбільшого – на кінець її вегетації. Загалом енергетичні культури є вологолюбними і потребують підвищеної вологозабезпеченості. Орієнтовні оптимальні рівні ґрунтових вод на окультурених органоґенних ґрунтах мають знаходитися залежно від виду культури: для однорічних культур на глибині 80–110 см, багаторічних трав'янистих – 90–120 і деревних – 100–130 см від поверхні ґрунту.

Для енергетичних культур, які мало вимогливі до умов аерації, мають неглибоку кореневу систему та підвищене водоспоживання, норма осушування менша. На добре розкладених і окультурених торфовищах ґрунтові води слід підтримувати глибше, ніж на слабо розкладених і легких ґрунтах. У посушливі періоди вегетації норму осушування зменшують приблизно на 5 см, а у вологі – збільшують на 10 см від оптимальних показників. У поза вегетаційний період рівні ґрунтових вод не повинні підніматися вище 60–70 см від поверхні ґрунту.

Верхня межа оптимальної вологості ґрунту визначається ступенем його аерації. Встановлено, що за вирощування деревних культур та багаторічних травостоїв вона має бути 25–30 % і однорічних культур – 30–35 %. Отже, верхня межа оптимальної вологості активного шару ґрунту для деревних культур та багаторічних травостоїв має становити близько 70–75 % і однорічних – 65–70 % від найменшої вологоємності ґрунту (НВ).

Із метою регулювання рівнів ґрунтових вод і після зниження їх до оптимальної величини для тієї чи іншої культури (приблизно до середнього рівня за вегетацію), закривають шлюзи-регулятори. Таке регулювання можливе до того часу, поки внутрішній стік покриває витрати на сумарне випаровування. В іншому випадку для поповнення ґрунтової вологи періодично подається вода із міжгосподарських систем. Залежно від величини підвищення вологості ґрунту осушувальну систему тимчасово на 5–7 діб заповнюють водою і цим досягають відповідної зміни водного режиму. Перезволоження окремих ділянок поля не допускається.

Рівномірне зволоження ґрунту досягається облаштуванням кротового дренажу, який закладають перед створенням енергетичних плантацій. Він скорочує період осушування або зволоження в 1,5–2 рази, поліпшує аерацію та тепловий режим ґрунту. Кротові дрени можна нарізати через кожні 2-3 роки кротодренажною машиною у період, коли рівні підґрунтової води знаходяться нижче глибини дронування (краще восени). Глибина закладання дрен – 70–90 см, діаметр 20–25 см, довжина до 200 м, відстань між ними 5–10 м [8; 9].

## 2. ЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ НА ДРЕНОВАНИХ ОРГАНОГЕННИХ ГРУНТАХ

Важливим завданням у створенні високопродуктивних плантацій енергетичних культур є науково обґрунтоване розміщення на меліорованих територіях з урахуванням попередника і тривалості їхнього вирощування, яке б сприяло вивільненню необхідної кількості рухомих форм азоту та регулюванню рівня мінералізації органічної речовини. Найінтенсивніше ці процеси протікають на посівах з однорічними просапними культурами, тому за введення на торфовищах надто багато просапних культур, спостерігається інтенсивне розкладання органічної речовини та утворюється значна кількість мінерального азоту, яка перевищує рівень необхідний для живлення культур [3]. У зв'язку з цим, плантації однорічних енергетичних культур мають знаходитися у певному співвідношенні з багаторічними культурами. У посівах багаторічних культур на другому і третьому роках життя поступово сповільнюються процеси мінералізації органічної речовини і зменшується вивільнення надлишкової кількості рухомих сполук азоту [10; 11].

Неоднакові вимоги різних видів рослин і до водного та повітряного режимів ґрунту. Так, транспіраційний коефіцієнт в окремих культур коливається у межах 250–900 і навіть більше. За даними Панфільської дослідної станції за 2019-2020 рр. сумарне випаровування верби прутовидної у водозбалансованих лізиметрах сягало 16-17 тис. м<sup>3</sup> на 1 га за вегетацію. За беззмінного вирощування однієї її тієї самої культури на одному полі в ґрунті накопичується значна кількість збудників хвороб і шкідників саме цієї культури, а також розмножуються бур'яни, пристосовані до неї. Тому енергетичні культури можуть формувати вищу врожайність за вирощування їх у певній ротації [12; 13].

За розроблення структури площ для вирощування енергетичних культур на дренованих ґрунтах необхідно враховувати також напрям та спеціалізацію господарства, частку осушуваних ґрунтів у загальному землекористуванні, тип ґрунту, його окультуреність, теплові властивості, меліоративний стан, специфічність заплави, тощо.

На добре дренованих органогенних ґрунтах створюються сприятливі умови для вирощування всіх енергетичних культур. Однією з особливостей, яку потрібно брати до уваги за створення енергетичних плантацій на торфових ґрунтах – це специфічні теплові властивості, оскільки на болотних угіддях навесні приморозки закінчуються пізніше, а восени настають раніше, ніж на прилеглих польових землях, що зумовлено низькою теплопровідністю. У зв'язку з високою теплоємністю і значною водовипарувальною здатністю органогенні ґрунти недостатньо прогріваються, тому і строки посадки та збирання енергетичних культур настають пізніше, на кілька днів затримується відростання культур навесні, ніж на мінеральних ґрунтах. Це призводить до того, що зменшується на 10–12, а іноді й більше днів, вегетаційний період [13; 14].

З огляду на це, для вибору енергетичних культур беруть до уваги їхні властивості: холодостійкість, скоростиглість, теплолюбність тощо. На торфових ґрунтах більше, ніж на мінеральних, розвиваються хвороби сільськогосподарських культур: сажка, борошниста роса, іржа, тощо. Тим часом такі хвороби, як парша, вірусні хвороби на торфовищах поширені значно менше [10–12].

## **2.1. Екологічні аспекти вирощування енергетичних культур на дренованих органогенних ґрунтах**

Для формування структури площ на органогенних ґрунтах необхідно враховувати процес мінералізації, темпи якої залежать від інтенсивності використання ґрунту. Вирощування однорічних культур із набором просапних культур посилює розкладання органічної речовини, внаслідок чого у ґрунті нагромаджується надлишкова кількість азоту, частина якого може потрапляти в ґрунтові води, річки і водоймища.

Вирощування багаторічних трав'янистих та деревних рослин сприяє зменшенню мінералізації органічної речовини. До того ж у ґрунті нагромаджується багато кореневих решток та листяної маси. За вирощування просапних культур щороку мінералізується 13–15 т на 1 га органічних речовин

грунту, а компенсується не більше 10 %, у той час як під багаторічними культурами – відповідно 7-8 т на 1 га і понад 60 %. Під плантаціями деревних культур цей показник, як правило, ще зменшується на 35–50 %, порівняно з посівами багаторічних трав [9].

Вирощування багаторічних культур є ефективним заходом у боротьбі з бур'янами на певний період, а у разі занадто тривалого використання багаторічних ценозів їхні посіви зріджуються і створюються умови для відновлення розвитку бур'янів, особливо багаторічних.

Дослідженнями встановлено, що різні енергетичні культури по-різному впливають на мінералізацію торфового ґрунту та компенсацію органічної речовини. Найбільше органічної речовини торфу втрачається за вирощування однорічних просапних культур. На площах із неглибоким шаром торфу (до 0,5 м) слід висівати та висаджувати багаторічні трав'янисті та деревні енергетичні культури. На слабо мінералізованих ґрунтах під них рекомендовано відводити 65–75 % площ, на середньо- і добре мінералізованих – до 89 %.

Кращим попередником для більшості енергетичних культур є багаторічні трави. Вони відновлюють структуру ґрунту, пригнічують розвиток бур'янів, стримують інтенсивність розкладання торфу, захищають ґрунт від змиву і вітрової ерозії, попереджують втрати поживних речовин. Завдяки поширенню кореневої системи багаторічних трав у підорному шарі ґрунту, відновлюється капілярний зв'язок на межі орного і підорного шарів, порушений у результаті вирощування зернових і просапних культур.

Вирощування енергетичних культур на дренованих торфовищах Лісостепу та Полісся у поєднанні зі внесенням мінеральних добрив є важливим заходом посилення оптимізації азоту з органічної речовини торфового ґрунту. Отже, особливістю складання структури посівних площ на староорних органогенних ґрунтах повинно бути відведення під багаторічні культури близько 75–80 %, а під однорічні культури – 20–30 %, що зумовлено необхідністю регулювання процесів мінералізації органічної речовини. Багаторічники сприяють

поповненню ґрунту органічними речовинами, структуроутворенню, запобігають ерозії ґрунту та забрудненню річкових і ґрунтових вод [19–21].

Дослідженнями виявлено, що вирощування багаторічних енергетичних культур затримує мінералізацію торфу та поповнює вміст органічної речовини в ґрунті. За даними ННЦ «ІЗ НААН», під багаторічними культурами нагромаджується 8–12 т на 1 га органічної маси у вигляді корених і пожнивних решток, тоді як під однорічними культурами – лише 2–5 т на 1 га і навіть менше [9; 15]. Тому з основних заходів раціонального використання дренованих торфових ґрунтів є встановлення збалансованого співвідношення між однорічними та багаторічними культурами, або створення енергетичних плантацій міскантусу гігантського чи деревних культур.

## **2.2. Технологічні особливості закладання енергетичних плантацій деревних культур на органогенних ґрунтах**

Дослідженнями, проведеними на дренованих органогенних ґрунтах заплави р. Супій (Панфільська дослідна станція ННЦ «ІЗ НААН») встановлено, що дреновані органогенні ґрунти є найперспективнішими угіддями для вирощування верби, але вони мають свої особливості пов'язані з їхніми фізико-хімічними і біологічними властивостями. Найпродуктивнішими є староорні низинні торфовища.

Важливим чинником в оцінюванні ділянки виявляється глибина залягання ґрунтових вод. Оптимальним рівнем їхнього залягання для вирощування верби має бути 50–110 см у вегетаційний період і не менше 40–60 см у зимовий період. Особливо важливим є регулювання рівнів ґрунтових вод у період збирання урожаю верби, що припадає на осінньо-зимовий період. У цей час рівні води повинні бути максимально понижені, оскільки в іншому разі стає неможливим використання збиральної техніки і транспортування врожаю, а коренева система пошкоджується і відмирає [4].

Під час вибору видів та різновидів верби для закладання плантацій було проведено відбір найпродуктивніших і пристосованих до умов дренованих

торфовищ видів і форм деревної рослинності. За темпами лінійного приросту, темпами приросту стебла в товщину та здатністю видів до утворення максимальної кількості стебел на одну рослину, найперспективнішими видами верб для плантаційного вирощування виявилися верба тритичинкова та верба прутувидна [4; 5].

Основним завданням щодо обробітку ґрунту за вирощування верби є створення умов для забезпечення приживлюваності живців у початковий період, а також для наступного росту і розвитку рослин. Крім покращання фізичних, хімічних та біологічних властивостей ґрунту, науково обґрунтований обробіток повинен сприяти практично повному очищенню поля від бур'янів, особливо дводольних, оскільки недостатній контроль за ними до закладання енергетичної плантації неможливо виправити ні технічними, ні хімічними засобами у період вирощування. Єдиним методом боротьби з ними залишається декілька механічних прополок, що істотно збільшує собівартість продукції. Недостатній контроль за бур'янами в перший рік вегетації є однією з головних причин невдач за вирощування верби на дренованих торфовищах.

За підготовки ґрунту можливі різні варіанти – від нульового обробітку (знищення злакової дернини та інших багаторічних бур'янів гербіцидами суцільної дії з подальшою висадкою живців у ґрунт без його обробки) до найінтенсивнішої (фрезування, оранка, дискування і нарізки борозен з подальшою висадкою живців у борозну). Останній варіант найсприятливіший для рослин, але і найвитратніший. Рішення необхідно ухвалювати з огляду на особливості кожного поля і можливості господарства.

Добрива на енергетичних плантаціях верби для більшості торфовищ доцільно вносити на перший і другий роки у дозі  $P_{30}K_{60}$ . На третій і наступні роки внесення добрив не обов'язкове, хоча щорічне внесення  $K_{60}$  сприяє певному підвищенню виходу сухої маси та врожайності. Азотні добрива для верби на торфовищах вносити недоцільно [4].

Щільність посадки верби залежить від багатьох чинників: наявність посадкового матеріалу, а також особливостей технічних засобів із догляду та

збирання врожаю, підготовки ґрунту та ін. Враховуючи також економічну і технологічну доцільність рекомендовано висаджувати близько 10 тис. рослин на 1 га (1,4 м x 0,7 м).

Висаджувати вербу тритичинкову і прутівидну можна як у пізньоосінній, так і в ранньовесняний періоди. Приживлюваність у пізньоосінній період достатня (до 95%), проте необхідно готувати більш товстіші живці (довжина 40 см і товщина більше 1,5 см). Такі живці менше страждають від зимового випирання і морозів. Весняну посадку можна проводити і меншими живцями (до 30 см і товщиною 0,8–1,5 см). Кілками можна висаджувати весь холодний період року (до сильного замерзання торфу), оскільки торфові ґрунти мають дуже велику теплоємність і набагато пізніше замерзають, ніж мінеральні. Так, наприклад, у 2010 р. кілки верби висаджували практично всю зиму (до середини лютого). Роботи проводили під меч Колесова, пробиваючи верхній замерзлий шар торфу.

За весняного висаджування дуже важливо провести роботи в якнайраніші терміни. Запізнення на два тижні, порівняно з оптимальними термінами, може призвести до загибелі 50 % молодих рослин. За ранніх термінів, висаджування доводиться проводити переважно вручну, оскільки раною весною робота техніки на торфовищах проблематична через значне перезволоження території торфовищ. За механізованого висаджування використовуються спеціальні лозопосадкові машини, або переобладнані лісосадивні чи розсадо-садивні машини.

Заготівля живців проводиться в пізньоосінній період і наприкінці зими – на початку весни. Живці зберігаються в погребі у піску або тирсі за температури 0–3° С. Заготівля живців безпосередньо перед посадкою небажана. Краще їх зрізати за два тижні до посадки [17].

Важливим заходом є правильна розбивка ділянки та безпосередньо – закладка плантацій. Рядки потрібно розташовувати перпендикулярно осушувальним каналам (для облаштування розворотних ділянок для техніки біля каналів). Це важливо тому, що чим ближче до каналів, тим сухіший ґрунт і є можливість розвороту техніки. Чим далі від каналу, тим більша ймовірність

застрявання техніки в торфі. Ширина смуг розворотів – 10 м. Технічно вистачає і 6 м, але за екологічними вимогами (Водний кодекс України) – це зони обмеження і вони мають засіватися багаторічними травами.

Слід зазначити, що спосіб посадки деревних культур за створення енергетичних плантацій повністю залежить від наявності та використання у виробничій установі набору деревозбиральної техніки. Загальна ширина посадкової частини плантації повинна мати ширину подвійного захвату косарки, а ширина смуги між ними має відповідати ширині збиральної техніки.

Догляд за рослинами – найвідповідальніша і найвитратніша частина технологічного процесу. Дослідження показують, що рослини верби за вегетативного розмноження в початковий період дуже слабо конкурують із бур'янами. Втім, на торфовищах бур'яни розвиваються дуже інтенсивно й швидко затіняють сходи верби і висушують верхній шар торфу, що призводить до їхньої повної загибелі. Необхідно враховувати, що торфовища характеризуються особливим видовим складом бур'янів. Як правило, це високорослі, потужні рослини (сідач, оман, іван-чай, кропива, лобода та ін.) або злаково-осокові, з міцною дерниною, трави. Тому необхідний належний захист енергетичних плантацій від цих потужних природних ценозів, особливо у перші роки та одразу після скошування. Є деякі види бур'янів (берізка болотна та ін.) за наявності яких на ділянці взагалі висаджувати вербу недоцільно. Ці бур'яни в змозі за два-три тижні повністю обвити й знищити молоді рослини верби і практично знищити плантацію.

У зв'язку з цим, захист рослин верби у перший рік вирощування від бур'янів є найвідповідальнішою і вразливою частиною технологічного процесу. Як правило, застосовують механічний, хімічний та комбінований способи боротьби з бур'янами. Багаторічний досвід із вирощування верби на органомених ґрунтах показав, що на посадках верби тільки комбінований спосіб догляду за плантаціями може призвести до успіху. Безумовно, найпростіше і ефективніше – це ручні прополювання, але це дуже затратно. Специфіка торфовищ полягає в тому, що бур'яни ростуть дуже швидко, їх багато і вегетація триває до пізньої

осені. З огляду на це, потрібно робити близько трьох повноцінних прополок, а це дороге. Прополки можна замінити підкошуванням, але в рядках все одно необхідно полоти. Механічний спосіб догляду слід застосовувати тільки в міжряддях, і то за умови ретельної підготовки ґрунту за рік до висадки живців. Звичайні міжрядні культиватори на торфовищах малоефективні. Можна застосовувати фрезерні культиватори, які повністю знищують бур'яни в міжряддях культури. Системних гербіцидів для використання в посадках верби не існує. Ефективним способом захисту плантацій верби є використання гербіцидів суцільної дії в передпосадковий період та протизлаковий по вегетації у поєднанні з міжрядним обробітком фрезерними культиваторами.

З огляду на це, систему захисту рослин від бур'янів необхідно визначати для кожної окремої ділянки, але в більшості випадків рекомендовано виключити ручні прополки, як найбільш витратний метод.

На другий і наступні роки бур'яни вже не становлять небезпеки для верби, оскільки вона вже сама ефективно конкурує з ними. Однак на другий рік, також рекомендовано знищити бур'яни, бо вони є джерелом небезпеки виникнення весняних пожеж, що дуже шкодить молодим посадкам верби. Такі пожежі – характерна щорічна особливість торфовищ і в більшій частині їх підпалює місцеве населення для знищення старої трави. Останнім часом, це також стало фактором ризику для успішного вирощування енергетичних плантацій, який необхідно враховувати.

Промислові насадження верби слід оберігати також від шкідників. Як правило, вистачає однієї обробки рослин системним інсектицидом на сезон. У деяких випадках (за теплої затяжної осені) необхідна повторна обробка від попелиці. Характерною особливістю є те, що шкідники здебільшого вражають ослаблені рослини, особливо пригнобилені і затінені бур'янами. Обробку необхідно проводити не тільки в перший, але й в усі наступні роки. Доцільно її поєднати з обробкою рослин мікроелементами, що також дуже ефективно, бо вони забезпечують значний приріст урожайності біомаси.

По закінченню першого вегетаційного періоду, за нормального розвитку рослин верби можна з упевненістю стверджувати, що плантація створена і буде давати вигоду протягом 25–30 років. Витрати та ризики другого року незрівнянні з першим роком і зводяться до підкошування бур'янів у міжряддях, підживлення добривами та обробки інсектицидами.

Щодо питання про доцільність зрізання пагонів верби після першого вегетаційного періоду: у літературних джерелах трапляється думка про необхідність цього заходу для збільшення кущення. Проведені дослідження свідчать про зворотне. Не рекомендовано зрізати пагони ні на перший, ні на другий рік. Особливо це стосується верби тритичинкової, яка сама утворює 5–7 пагонів, що цілком достатньо для формування врожаю після трьох років її вирощування [4; 9].

За даними наших досліджень верба тритичинкова формує в перший рік близько 0,5–1,2 т на 1 га біомаси, на другий рік урожай становить 10–20 т на 1 га, на третій рік вже формується повноцінний урожай, що досягає 90–100 т на 1 га. На виробничих посадках за дотримання рекомендованих елементів технології вирощування верби є реальна можливість отримання промислової врожайності на третій рік 40–70 т на 1 га сирової маси, або близько 20–35 т на 1 га абсолютно сухої маси, або 340–595 ГДж на 1 га загальної енергії. Починаючи з четвертого року вирощування верби урожай можна збирати щороку, але доцільніше збирати урожай один раз на два роки. Крім того, щорічний приріст урожайності дещо зростає і становить 18–25 т на 1 га сухої маси.

### **2.3. Вплив деревних плантацій на поживний режим та біологічну активність дренажних органічних ґрунтів**

**Методика досліджень.** Дослідження проводилися у стаціонарному досліді з вивчення продуктивності енергетичних культур на дренажних органічних староорних карбонатних заплавах ґрунтах на Панфільській дослідній станції ННЦ «ІЗ НААН», Бориспільського р-ну Київської обл.

Органогенний ґрунт дослідних ділянок рогозо-осокового походження завглибшки близько 2,0–2,5 м з високим (60–65 %) ступенем розкладу, підстилаюча материнська порода – оглеєний алювіальний легкий суглинок, повна вологоємність ґрунту сягає 270–283 %, щільність складання ґрунту – 0,215 г/см<sup>3</sup>. Валовий вміст азоту у торфовому ґрунті становить 1,9 %, фосфору – 0,45, калію – 0,17, кальцію – 26–30%, зольність – 40–45 %, рН водного розчину – 7,2–7,4. Загалом ґрунт добре забезпечений рухомими формами азоту, має середню забезпеченість фосфором (за рахунок віванітових прошарків) і має дуже обмежений вміст калію.

Дослідження проводили за загальноприйнятими методиками [16; 17] у триразовій повторності, розміщення варіантів і повторень систематичне. Відбір та підготовку зразків ґрунту для визначення агрохімічних та водно-фізичних властивостей ґрунту проводили згідно з ДСТУ ISO 10381-6-2001. Зразки ґрунту відбиралися з 0–30 см шару ґрунту двічі за вегетацію. Вологість ґрунту визначали термостатно-ваговим методом за ДСТУ ISO 11465:2021. Щільність ґрунту виявляли ваговим методом за допомогою об'ємного циліндра, повну вологоємність – ваговим методом [16]. Рівні ґрунтових вод заміряли через кожні 5 дб у водомірних колодязях.

Дихання ґрунту визначали за виділенням CO<sub>2</sub> методом В.І. Штатнова, інтенсивність дихання кореневої системи методом Бойсен-Іенсана. Для перерахунку інтенсивності мінералізації органічної речовини використовували коефіцієнт 0,543, який відповідає 50,2 % органічної речовини торфу, ДСТУ 4289:2004. Біологічну активність ґрунту в дослідженнях вивчали методом аплікацій льонової тканини, яку закладали на глибину 0–30 см і кількісно визначали інтенсивність її розкладання за експозиційний період.

У ґрунтових зразках вміст нітратного азоту виконували за методом Грандвальд-Ляжу з дисульфифеноловою кислотою згідно з ДСТУ 4725-2007, вміст амонійного азоту методом екстрагування розчином хлориду калію за ДСТУ ISO 14256-1: 2003. Вміст рухомих сполук фосфору і калію методом полуменевої фотометрії вуглеамонійної витяжки за Б.Т. Мачигінім, ДСТУ 4114-

2002. Математичну обробку досліджень проводили методом дисперсійного аналізу [16].

Погодні умови в роки досліджень в районі дослідних ділянок характеризувалися підвищеними середньомісячними показниками (табл. 1)

**Таблиця 1. Метеорологічні показники в районі проведення досліджень за даними Яготинської ГМС**

Місяць	Температура повітря за роками, °С					Опади, за роками мм				
	2021	2022	2023	2024	середньо багаторічні показники	2021	2022	2023	2024	середньо багаторічні показники
Квітень	7,4	7,9	9,6	12,4	8,3	49	66	83	83	35
Травень	14,3	14,0	14,9	15,4	15,0	90	18	10	10	49
Червень	20,5	20,9	19,3	21,2	18,1	84	45	60	55	62
Липень	23,7	20,0	20,7	24,4	19,4	51	67	162	33	69
Серпень	21,0	21,9	22,4	22,0	18,6	43	36	50	39	66
Вересень	12,9	12,2	17,6	19,9	13,6	30	122	26	2	46
Жовтень	7,3	9,2	10,6	10,6	7,5	38	48	72	85	35
Середнє за квітень-жовтень	15,3	15,2	16,5	18,0	14,3	385	402	463	307	362

проти багаторічних. Так температура повітря за квітень–жовтень становила 15,2–18,0° С (за норми 14,3° С) та близькими до норми (362 мм) атмосферними опадами: 2021 р. – 385 мм, 2022 – 362, 2003 – 463, 2004 – 307 мм. Загалом найсухішим та найтеплішим виявився 2024 р. (середня температура повітря за квітень–вересень сягала 19,2° С).

### 2.3.1. Поживний режим дренажних органогенних ґрунтів залежно від виду агроценозу

**Результати досліджень.** Важливим чинником у ґрунтових процесах, особливо торфових ґрунтів, є водний режим, який істотно впливає на біологічні та хімічні показники [12; 20]. Глибина залягання рівнів ґрунтових вод на дослідках коливалася у 2021 р. у межах 57–175 см, у 2022 – 75–173 см, у 2023 – 70–166 см і у 2024 р. – 74–189 см від поверхні ґрунту (табл. 2).

**Таблиця 2.** Глибина залягання ґрунтових вод, см від поверхні ґрунту

Місяць	Рік			
	2021	2022	2023	2024
Квітень	57	75	70	74
Травень	77	92	88	98
Червень	92	122	109	131
Липень	124	152	122	149
Серпень	163	173	109	191
Вересень	175	165	160	189
Жовтень	144	108	166	167
Середнє за квітень–жовтень	119	127	118	143

Вологість ґрунту знаходилася у межах 41–90 % ПВ, за нижньої оптимальної вологості фрунту – 40 % ПВ та верхньої межі – 80 % ПВ [7; 15]. Загалом водний режим ґрунту знаходився в оптимальних межах для вирощування сільськогосподарських культур, лише в окремі періоди вологість ґрунту опускалася за межі 40 % ПВ, але це був короткий період на насадженнях міскантусу (не перевищував однієї декади), враховуючи його потужну кореневу систему та неглибоке залягання ґрунтових вод, за зовнішнім виглядом рослини негативу не спостерігали. Це пов'язано з тим, що у бездошовий період за опускання рівнів ґрунтових вод до критичної глибини (110–120 см від поверхні ґрунту) для зволоження плантацій із магістрального каналу шляхом шлюзування подавалася додаткова вода. За перезволоження ґрунту в період інтенсивних дощів та після зимово-весняних накопичувань вологи по цих самих каналах надлишкова вода відводилася у водоприймач (магістральний канал). Тому, на

органогенних ґрунтах у цьому процесі має велике значення процес мінералізації торфу та накопичення і рух біогенних речовин до ґрунтових і річкових вод, що, своєю чергою, пов'язано з їхнім забрудненням [19].

Інтенсивне сільськогосподарське використання органогенних ґрунтів сприяє підвищеній мінералізації органічної речовини, яка насамперед тісно пов'язана з родючістю ґрунту, врожайністю культур та екологією довкілля [1; 20]. Наявність біогенних речовин у ґрунтових та річкових водах, а також інтенсивність мінералізації органічної речовини торфовищ, істотно залежить від складу мікрофлори та біологічної активності ґрунту, і розподілу її за профілем ґрунту. Крім того, на ці процеси активно впливають не тільки внесені види і дози мінеральних добрив, а і самі вирощувані культури (табл. 3).

**Таблиця 3. Вплив вирощуваних культур та удобрення на вміст поживних речовин у ґрунті (0-30 см шар), мг на 1 кг сухого ґрунту, середнє за 2021-2025 рр.**

Культура	Удобрєння	Поживні речовини			
		N-NO <sub>3</sub>	N-NH <sub>4</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Вєрба тритичинкова	без добрив	102	54	85	429
	НПК	93	34	88	616
Тополя Robusta'	без добрив	43	27	48	543
	НПК	71	37	87	602
Міскантус	без добрив	42	48	82	467
	НПК	76	47	115	707
Багаторічні трави, беззмінний посів	без добрив	51	45	76	141
	НПК	50	45	135	317
Однорічні культури (соя)	без добрив	92	36	44	145
	НПК	70	76	72	219
НІР <sub>05</sub>		3,8	2,6	3,2	23

Спостєригається збільшення рухомих форм фосфору і калію за внесення мінеральних добрив, тоді як за внесення азотних добрив чіткої залежності не спостєригали. Таке явище пов'язано з різним споживанням азоту культурами та різною мінералізацією органічної речовини під цими культурами. Так,

найбільше біомаси накопичувала верба тритичинкова 38,0–39,5 т сухої біомаси за вегетацію (табл. 4), а отже вона найбільше і споживала азоту. До того ж, очевидно, кущі рослин верби добре затіяли поверхню ґрунту, яка слабше прогрівалася, а чинник тепла дуже важливий для мікробіологічних процесів [10; 14].

Отже, знижувався процес мінералізації торфу та накопичення рухомих сполук азоту, який є основою накопичення біомаси. Найменше рухомого азоту як за внесення мінеральних добрив, так і без них, було відмічено на посівах багаторічних трав (45–51 мг на 1 кг сухого ґрунту).

### **2.3.2. Вплив способу використання органогенного ґрунту на його біологічну активність та мінералізацію**

Спостереження за мінералізацією органічної речовини торфового ґрунту вивчали методом аплікації за експозиційний період із визначенням сумарної біологічної активності ґрунту. Результати досліджень показали, що інтенсивність розкладання льонової тканини під різними сільськогосподарськими культурами відрізнялася, що свідчить про формування мікробіологічних процесів у ґрунті відповідно до біологічних особливостей кожної культури, які можуть посилювати або знижувати ці процеси.

Нами виявлено, що активність розкладання тканини змінювалося залежно від вирощуваних культур, строків спостережень (осінь чи весна) та мінерального удобрення. Так, у 2022 р. під посівами однорічних культур процес мінералізації льонової тканини на ділянках без добрив сягав 31,6 %, під міскантусом гігантським – 25,7 % і під багаторічними травами 19,8 %, тоді як під вербою, майже вдвічі менше – 14,6 %. А з унесенням мінеральних добрив показники мінералізації органічної маси знизилися і становили відповідно – 23,8 %; 23,2;

**Таблиця 4. Вплив видів антропогенних ландшафтів та удобрення на мінералізацію органічної маси дренуваних торфових ґрунтів**

Культура	Удобрення	Весна					Оснь				% мінераліз ацій
		вага тканини, г		% мінераліза ції	вага тканини, г		до до заковування	8	9	10	
		до заковування	після вкопува ння		після вкопуванн я	мінералізува лося					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
<b>2022 р., експозиція весною – 36 днів, восени 68 днів</b>											
Верба	без добрив	11,54	9,85	1,69	14,6	7,17	5,0	2,17	30,3		
тритичинкова	НРК	11,60	10,29	1,31	11,3	7,25	5,98	1,27	17,5		
Тополя Robusta'	без добрив	9,05	8,11	0,94	10,4	10,26	8,56	1,70	16,6		
	НРК	6,18	5,55	0,63	10,2	8,41	6,67	1,74	20,7		
Міскантус	без добрив	9,56	7,10	2,46	25,7	8,16	5,07	3,09	37,9		
	НРК	8,83	6,78	2,05	23,2	9,70	4,20	5,50	56,7		
Багаторічні трави, безмізній посів	без добрив	11,71	8,39	2,32	19,8	7,90	4,76	3,14	39,7		
	НРК	9,21	7,25	1,96	21,3	8,83	6,10	2,73	30,9		
Однорічні культури (соя)	без добрив	8,35	5,71	2,64	31,6	6,04	2,24	3,80	62,9		
	НРК	9,97	7,60	2,37	23,8	6,48	4,17	2,31	35,6		
НР <sub>05</sub>				0,27				0,23			
<b>2023 р., експозиція весною – 37 днів, восени 37 днів</b>											
Верба	без добрив	6,62	4,32	2,30	34,7	5,43	3,90	1,53	28,1		
тритичинкова	НРК	7,35	4,95	2,40	32,6	5,94	3,71	2,23	34,5		
Тополя Robusta'	без добрив	6,10	5,49	0,61	10,0	9,21	7,01	2,20	23,9		
	НРК	5,7	4,29	1,41	24,70	9,19	7,08	2,11	22,9		
Міскантус	без добрив	5,53	4,09	1,64	28,6	5,24	3,79	1,45	27,6		
	НРК	6,12	3,76	2,36	38,6	5,02	4,02	1,0	19,9		
Багаторічні трави, безмізній посів	без добрив	6,95	5,68	1,27	18,3	6,17	3,37	2,80	45,3		
	НРК	7,75	6,12	1,63	21,0	5,86	3,01	2,85	48,6		
Однорічні культури (соя)	без добрив	4,80	2,86	1,94	40,4	5,83	3,34	2,49	42,7		
	НРК	5,10	3,78	1,32	25,9	5,62	3,31	2,31	41,1		
НР <sub>05</sub>				0,21				0,24			

Продовження таблиці 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>2024 р., експозиція весною – 33 днів, восени 37 днів</b>									
Верба трилицькова	без добрив	4,92	3,17	1,74	35,4	11,89	9,31	2,58	21,7
	НРК	5,48	4,09	1,39	25,3	13,35	9,11	4,24	31,7
Тополя Robusta'	без добрив	6,07	5,56	0,50	8,2	11,27	8,91	2,37	21,0
	НРК	5,73	5,12	0,60	10,5	11,17	9,41	1,76	15,7
Міскантус	без добрив	5,85	3,11	2,73	46,7	12,06	10,91	1,14	9,4
	НРК	5,80	4,52	11,27	21,9	11,93	10,84	1,09	9,1
Багаторічні трави, беззмінний посів	без добрив	7,24	7,14	0,60	7,7	10,77	9,51	1,26	11,7
	НРК	5,91	4,64	1,27	24,5	11,37	10,03	1,34	11,2
Однорічні культури (соя)	без добрив	5,84	4,84	1,00	17,1	11,78	10,96	0,82	7,0
	НРК	5,87	4,65	1,22	20,8	11,50	10,35	1,15	10,0
НПР <sub>05</sub>				0,19				0,22	

21,3 і 11,3 %. Подібна залежність спостерігали і в осінній період, але зі значно вищими показниками, відповідно без внесення добрив – 62,9 %; 37,9; 39,7; 30,3 %. Та з унесенням мінеральних добрив – 35,6 %; 56,7; 30,9 та 17,5 %.

Подібну залежність мінералізації тканини спостерігали і у 2023 р., тоді як у 2024 р. мали зворотну залежність. Безумовно, це пов'язано з температурою та водним режимом ґрунту. Як ми відмічали вище, 2024 р. характеризувався меншою кількістю опадів та підвищеною температурою повітря. У посушливий рік, яким був 2024 р., поверхневий шар ґрунту під плантаціями деревних культур був значно затінений кроною деревних культур, а під однорічними та багаторічними трав'янистими культурами поверхня полів була відкритою до сонячної світла. Такий стан істотно впливав на вологість поверхневого шару ґрунту і, як наслідок, знижував біологічну активність ґрунту, що і призводило до зниження мінералізації торфу.

Загалом, аналіз даних показує, що за 2022–2023 рр. чітко спостерігається зменшення інтенсивності мінералізації льонової тканини від ділянок із вирощуванням однорічних культур до плантацій під деревними культурами. Закладання льонової тканини у зимовий період 2022–2023 рр. показало, що процес мінералізації тканини у цей період не припинявся, хоча проходив дуже повільно.

Спостерігаючи за біологічною активністю ґрунту можна відмітити, що зі старінням багаторічних травостоїв відбувається поступове зниження активної діяльності мікрофлори та загальної біологічної активності органогенних ґрунтів, що проявляється, як у зниженні виділення вуглекислого газу, так і у зниженні інтенсивності розкладання льонової тканини.

Виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту залежить від багатьох чинників: температури, вологості ґрунту, його родючості, кількості та складу в ньому органіки, потужності кореневої системи, виду культури, мінералізації ґрунту тощо [10; 14; 22]. Отже, інтенсивність дихання ґрунту змінюється у часі та істотно залежить від способу використання дренажних органогенних ґрунтів. До цього дослідження слід додати, що закономірності мінералізації та чинники, які на неї впливають збігаються, хоча і мають різні за величиною показники (табл. 4, 5).

**Таблиця 5. Мінералізація органічної маси древованого торфяного ґрунту залежно від способу використання та удобрення за методом виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту**

Культура	Удобрення	Виділення CO <sub>2</sub> з ґрунту та кореневої системи, кг на 1 га		Виділення CO <sub>2</sub> з ґрунту, кг на 1 га		Виділення CO <sub>2</sub> кореневою системою, %	Мінералізація торфу за 186 днів, т на 1 га
		за добу	за вегетацію	за добу	за вегетацію		
<b>2023 р.</b>							
Верба тритичинкова	без добрив	84,9	15,78	17,29	3,22	20	8,57
	NPK	94,3	17,54	6,29	1,17	7	9,52
Тополя Robusta'	без добрив	89,6	16,66	7,86	1,46	9	9,05
	NPK	83,3	15,49	12,57	2,34	15	8,41
Міскантус	без добрив	59,7	11,11	7,86	1,46	13	6,03
	NPK	56,6	10,52	9,43	1,75	17	5,71
Багаторічні трави, беззмінний посів	без добрив	94,3	17,54	7,86	1,46	8	9,52
	NPK	92,7	17,24	7,86	1,46	8	9,36
Однорічні культури (соя)	без добрив	94,3	17,54	6,29	1,17	7	9,52
	NPK	99,0	18,41	11,00	2,05	11	10,00
<b>2024 р.</b>							
Верба тритичинкова	без добрив	57,8	10,70	49,50	9,23	16	3,10
	NPK	47,0	8,77	40,90	7,60	15	4,13
Тополя Robusta'	без добрив	45,6	8,48	37,70	7,01	21	3,81
	NPK	64,3	11,98	51,9	9,65	24	5,24
Міскантус	без добрив	48,7	9,06	40,9	7,60	19	44,13
	NPK	31,4	5,85	22,0	4,09	43	2,22
Багаторічні трави, беззмінний посів	без добрив	58,0	10,81	50,3	9,35	16	5,08
	NPK	5,40	9,35	42,4	7,89	19	4,29
Однорічні культури (соя)	без добрив	23,5	4,09	15,7	2,92	40	1,59
	NPK	36,2	6,72	25,1	4,68	44	2,54
НІР <sub>05</sub>							0,25

Тому, інтенсивність виділення CO<sub>2</sub> з ґрунту протягом вегетації (186 днів) 2023 р. під усіма видами культур була значно меншою, ніж у посушливому 2024 р. Щодо виділення CO<sub>2</sub> під різними культурами, то слід відмітити, що у засушливий 2024 р. найменше виділялося CO<sub>2</sub> під посівами однорічних культур

(2,92–4,68 кг на 1 га), а найбільше, під плантацією верби тритичинкової (7,60–9,23 кг на 1 га). У рік зі зволоженістю близько норми, найменше виділялося CO<sub>2</sub> на удобрених ділянках багаторічних трав – 1,46 кг на 1 га та на неудобрених ділянках однорічних культур 1,17 кг CO<sub>2</sub> на 1 га.

#### **2.4. Фільтрація біогенних речовин у ґрунтові води залежно від виду плантацій**

Важливим екологічним показником у використанні дренованих органічних ґрунтів, є вимивання біогенних речовин з ґрунту у ґрунтові води. Нами виявлено (табл. 6), що найбільше вимивалося у дренажні води нітратного азоту під однорічними культурами у весняний період (97,6–99,0 мг на 1 л води). Також вимивалася досить значна кількість солей Na<sub>2</sub>O, практично однаково під усіма іншими культурами – 45,5–60,5 мг на 1 л води. Вимивання рухомих сполук фосфору і калію було у значно менших показниках (0,1–8,6 мг на 1 л води). В осінній період вимивання більшості солей значно знизилося, особливо солей нітратного азоту та Na<sub>2</sub>O, а підвищилася кількість солей у дренажній воді азоту і калію.

Спостереження за вимиванням з ґрунту поживних речовин під різними видами ландшафту басейну річки показує, що найбільше вимивалося у весняний період солей нітратного азоту (97,6–99,0 мг на 1 л води) під однорічними культурами, а найменше під плантаціями верби прутовидної (1,6–13,1 г на 1 л води). У той самий час, незалежно від мінерального удобрення, вимивання рухомих сполук калію мали зворотну залежність, що безумовно пов'язано з інтенсивним споживанням солей калію однорічними культурами у весняно-літній період під час інтенсивного наростання біомаси однорічних культур. Вимивання біогенних речовин під плантаціями міскантусу гігантського знаходилося в межах середніх показників щодо однорічних культур.

**Таблиця 6. Вплив способів використання дренажних органогенних ґрунтів на вимивання біогенних речовин у ґрунтові води, середнє за 2021–2024 рр., мг на 1 л води**

Культура	Удобрєння	Біогенні речовини							
		N–NO <sub>3</sub>		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O		Na <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	
		весна	осінь	весна	осінь	весна	осінь	весна	осінь
Верба тритичинкова	без добрив	1,6	сліди	0,3	1,7	6,7	12,3	55,2	44,2
	NPK	13,1	2,3	8,7	2,2	7,7	25,9	58,8	43,6
Тополя Robusta'	без добрив	11,2	сліди	0,3	1,3	4,2	12,4	55,9	33,9
	NPK	50,4	40,7	0,4	1,1	3,4	38,7	60,5	41,1
Міскантус	без добрив	2,9	сліди	0,1	0,9	3,7	10,5	44,2	35,1
	NPK	2,2	сліди	0,7	1,9	2,2	15,5	45,9	40,4
Багаторічні трави, беззмінний посів	без добрив	2,9	1,5	0,4	0,9	3,5	19,5	52,4	34,5
	NPK	19,2	13,2	0,6	0,7	7,5	13,3	56,0	35,0
Однорічні культури (соя)	без добрив	99,0	2,4	0,8	1,8	3,6	11,9	45,5	43,4
	NPK	97,6	14,8	1,8	3,6	4,1	13,7	47,8	32,9

### **3. ВАЛОВИЙ ЗБІР СИРОВИНИ ДЕРЕВНИХ ПЛАНТАЦІЙ ЗАЛЕЖНО ВІД ТЕХНОЛОГІЧНИХ ЗАХОДІВ ТА ТРИВАЛОСТІ ВИРОЩУВАННЯ КУЛЬТУР**

Одним із основних показників ефективного використання земель та запровадження оптимальних заходів вирощування культур є рівень накопичення ними біомаси. Проведені дослідження за 2021–2025 рр. показали, що найпродуктивнішою енергетичною культурою є міскантус гігантський. Середня урожайність якого на удобрених ділянках більша від урожайності деревних плантацій верби та тополі майже на 40 %.

Аналіз урожайності верби прутувидної та тритичинкової висаджених у плантаціях у 2007 та 2008 рр. показав, що плантації поступово зріджуються через випадання окремих кущів уже на 8-9 роках вирощування.

З метою загальної оцінки ефективності використання староорних органогенних ґрунтів з елементами природоохоронних чинників проводилося щорічне збирання врожаю культур на досліджуваних плантаціях (табл. 7) та оцінювалася їхня енергетична продуктивність. Збір біомаси деревних культур проводили один раз на два роки, тому для порівняння урожайності та енергетичної продуктивності усіх досліджуваних культур, урожайність верби та тополі ділили навпіл.

Дослідженнями виявлено, що найбільший щорічний вихід біомаси отримано з плантацій міскантусу гігантського, який у середньому за 5 років сягав на неудобрених ділянках 18,3 т, а за внесення  $N_{45}P_{60}K_{120}$  – 25,4 т на 1 га, тоді як під плантаціями верби, за відповідними розрахунками за 1 рік, мали врожайність сухої маси 17,7 т на 1 га на неудобрених ділянках, а за внесення мінеральних добрив 18,9 т на 1 га сухої маси. Таку саму закономірність мали і за виходом енергетичних показників.

Слід відмітити дуже важливий показник – за вирощування верби у плантаціях обох видів, зі старінням плантацій спостерігали випадання рослин верби, починаючи з 2010–2011 рр. вирощування. З метою запобігання зниження врожайності плантації верби, вони потребують щорічної підсадки новими

**Таблиця 7. Валовий збір сировини енергетичних та сільськогосподарських культур залежно від удобрення та тривалості використання плантацій**

Культура	Удобрення	Урожай сухої маси за роками, т/га					середнє	Енергетична продуктивність за роками, ГДж/га					середнє
		2021	2022	2023	2024	2025		2021	2022	2023	2024	2025	
		Верба тритичинкова дворічного зрізування N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	36,6	34,6	34,7	35,7		34,0	35,3	622	588	589	
Тополя Robusta' дворічного зрізування N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	39,5	38,0	37,3	37,5	36,9	37,8	671	646	642	637	626	644	
	32,2	-	33,4	34,6	35,3	33,9	547	-	567	587	599	575	
	38,1	-	39,5	42,4	43,1	40,8	647	-	665	852	866	758	
Міскантус	без добрив N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	17,4	18,5	18,6	18,7	18,1	18,3	296	315	316	318	308	341
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	31,1	30,8	19,4	25,6	20,1	25,4	529	524	500	435	342	466
Багаторічні трави, безмінний посів N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	без добрив N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	6,5	6,2	7,7	6,9	6,6	6,8	111	106	131	118	113	116
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	10,8	11,1	11,9	11,2	10,2	11,0	184	189	201	191	174	188
Однорічні культури (жито озиме)	без добрив N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	3,9	3,8	3,3	3,5	3,4	3,6	67	65	56	60	58	61
	N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>80</sub>	5,8	6,0	6,2	5,2	5,7	5,8	99	102	105	89	97	98
НІР <sub>0,5</sub>		0,22	0,23	0,19	0,30	0,26		-	-	-	-	-	-

\* Примітка - урожайність за два роки.

рослинами верби на місці загиблих. Однак, підсажені рослини протягом 2023–2025 рр. відростали і вегетували до середини серпня, а потім засихали, очевидно внаслідок затінення сусідніми добре розвинутими рослинами. Отже, плантації верби збільшують врожайність біомаси до 10–12 років вирощування, а потім їхня продуктивність поступово знижується. До того ж таке зниження щороку може становити, залежно від погодних умов та інтенсивності випадання рослин, до 5–8 % від середньої врожайності плантацій.

## ВИСНОВКИ

Отже, дослідженнями впливу способів використання антропогенних ландшафтів у заплавах малих річок на водний і поживний режими та біологічну активність ґрунту, екологію довкілля та продуктивність енергетичних плантацій виявлено:

– за вищої від середньобагаторічної температури повітря (квітень–травень) на 0,9–3,7°C та за близькими до норми опадами 389 мм, вологість активного шару ґрунту протягом 2021–2025 рр. під насадженнями верби, незалежно від варіантів досліду, знаходилася в оптимальних межах – 41–89 ПВ (за норми 40–80 % ПВ) та глибиною залягання ґрунтових вод – 118–143 см від поверхні ґрунту за рекомендованої норми осушування 80–140 см від поверхні ґрунту;

– вміст у ґрунті рухомих сполук калію та фосфору був значно вищим під плантаціями деревних культур та міскантусу, а вміст рухомих сполук азоту мав зворотну залежність, порівняно з однорічними сільськогосподарськими культурами (тритикале, соя) та посівами багаторічних злакових трав;

– розкладання льонової тканини у середні за вологістю роки (2022–2023 рр.) незалежно від пори року під однорічними культурами був значно вищим (50–60 %), ніж під деревними. Подібну залежність спостерігали і за мінералізацією органічної речовини торфового ґрунту, а у посушливі роки (2024 р.) мали зворотну залежність;

– найбільше (97,6–99,0 мг на 1 л води) нітратного азоту з ґрунту вимивалося у ґрунтові води навесні під однорічними культурами, а найменше під плантаціями верби (1,6–13,1 мг на 1 л води). У той самий час вимивання рухомих сполук калію мали зворотну залежність;

– найпродуктивнішою енергетичною культурою виявився міскантус гігантський, з плантацій якого щороку отримували 33–40 т на 1 га сухої маси, тоді як плантації верби подібну врожайність забезпечують майже за два роки. Проте, найбільший вихід енергетичної продуктивності мали з плантацій верби.

У середньому за п'ять років за внесення  $P_{60}K_{120}$  мали 649 ГДж енергії на 1 га, а на неодобрених ділянках 596 ГДж на 1 га, проти збору з плантацій міскантусу, відповідно 466 та 391 ГДж на 1 га.

## Список літератури

1. Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Тарасенко О.А. Агробіологічні засади природоохоронного та ефективного використання дренованих органогенних ґрунтів за змін клімату. *Вісник аграрної науки*. 2023. Вип. 4 (841). С. 67–78. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk202304-09>.
2. Slyusar I.T., Solyanik O.P., Serbenyuk V.O., Zadubinna E.V., [Perets S.V.](#) Energy crops safe cultivation on drained organic soils. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2021. Vol. 11, Issue 1. P. 415–418. DOI: 0.15421/2021\_60. URL: <https://www.webofscience.com/wos/woscc/full-record/WOS:000631814800042>.
3. Слюсар І.Т., Гера О.М., Соляник О.П., Сербенюк В.О. Вплив осушувальних меліорацій та сільськогосподарського використання на трансформацію органогенних ґрунтів. У кн.: Меліорація та облаштування Українського Полісся. За наук. ред. Гадзало Я.М., Сташука В.А., Рокочинського А.М. Рівне: «Олді-плюс», 2018. Т. 2, р. 31. С. 12–31.
4. Енергетична верба: технологія вирощування та використання. За ред. Сінченка В.М. Вінниця: «ТВОРИ», 2023. 348 с.
5. Фучило Я.Д., Сбитна М.В. Плантаційне вирощування тополі у південних регіонах України. *Науковий вісник НАУ*. 2006. Вип. 103. С. 2–42.
6. Ганженко О.М., Гументик М.Я., Квак В.М. Технологія виробництва твердого біопалива з міскантусу. *Біоенергетика*. 2015. № 2. С. 13–17.
7. Указания по производству наблюдений за водным режимом на осушительных системах. Под ред. Кравченко В.П. К.: «Урожай», 1964. С. 71–78.
8. Слюсар И.Т. Водопотребление сельскохозяйственных культур на осушенных органических почвах. *«Земледелие»*. К.: «Урожай», 1986, Вып. 61. С. 26–32.
9. Ivan Slyusar, Olena Solyanik, Viktor Serbenyuk, Hanna Serbeniuk Transformation and ecological aspects of organogenic soils under drainage and agricultural exploitation. Handbook of Research on Improving the Natural and Ecological Conditions of the Polesie Zone. Chapter 3 (pp.30–50). IGI Global, США

DOI: 10.4018/978-1-6684-8248-3. <https://www.igi-global.com/book/handbook-research-improving-natural-ecological/312247?f=e-book&i=1#table-of-contents>.

10. Цюпа Н.Г. Минерализация й баланс азота в торфяных почвах Лесостепи УССР при с/х использовании. *Земледелие*. 1986. Вып. 61. С. 33–37.

11. Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Соляник О.П., Тарасенко О.А. Природоохоронні та ефективні способи використання дренажних органічних ґрунтів за різних методів розрахунків внесення мінеральних добрив. *Землеробство та рослинництво: теорія і практика*. 2022. С. 26–39.

12. Томашівський З.М. Ефективність фосфорно-калійних добрив при вирощуванні багаторічних трав на низинних торфовищах Західного Лісостепу УРСР. *Вісник с.-г. науки*. К., 1981. №8. С. 38–40.

13. Слюсар І.Т., Гера О.М., Соляник О.П., Сербенюк В.О. Вплив осушувальних меліорацій та сільськогосподарського використання на трансформацію органічних ґрунтів. У кн.: *Меліорація та облаштування Українського Полісся*. За наук. ред. Гадзало Я.М., Сташука В.А., Рокочинського А.М. Рівне: «Олді-плюс», 2018, т. 2, р. 31. С. 12–31.

14. Малиновська І.М., Слюсар І.Т., Черниш О.О. Мікробіологічний моніторинг інтенсивності мінералізації органічної речовини торфового ґрунту. Моніторинг та індикатори нейтрального рівня деградації земель в Україні. Зб. статей під ред. Л.Д. Проценка. К.: Простір-М. 2018. С. 24–32.

15. Цюпа М.Г., В.С. Бистрицький, І.Т. Слюсар та ін. *Землеробство на осушених землях*. К.: Урожай, 1990. 183 с.

16. Єщенко В.О., Копитко П.С., Опришко В.П. та ін. *Основи наукових досліджень в агрономії*. К.: 2005. 286 с.

17. *Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь*. За ред. Сінченка В.М.. К.: ЦП «Компринт». 2018. 137 с.

18. Григора І.М., Воробйов Є.О., Соломаха В.В. Лісові болота Українського Полісся (походження, динаміка, класифікація рослинності) К.: Фітосоціоцентр, 2005. 415 с.

19. Слюсар І.Т., Сербенюк В.О., Сербенюк Г.А., Зосимчук О.А. Вплив способів сільськогосподарського використання на вимивання біогенних речовин у дренажні води. *Агроекологічний журнал*. № 4. 2023. С. 80–88.

20. Трускавецький Р.С. Торфові ґрунти і торфовища України. Харків: „Міськдрук“, 2010. 278 с.

21. Слюсар І.Т., Левковська Г.В., Соляник О.П. Вплив меліорації та сільськогосподарського використання торфових ґрунтів на трансформацію їхньої органічної речовини. Зб. “Меліорація і водне господарство”. К.: „Аграрна наука“, 2007, № 95. С. 107–117.

22. Дудченко В.Г., Уляшова Р.М., Слюсар І.Т., Пота Л.Г. Влияние водно-воздушного режима на микробиологические процессы органической почвы. Сб. «Сезонная динамика почвенных процессов» (мат. II симпозиума “Биодинамика почв”). Таллин, изд. АНЭССР, 1979. С. 66–68.

## **ДЛЯ НОТАТОК**

*Наукове видання*

**СЛЮСАР Іван Тимофійович**  
**СОЛЯНИК Олена Петрівна**  
**СЕРБЕНЮК Віктор Олексійович**  
**ТКАЧОВ Володимир Олександрович**  
**ГЕЛЕВЕРА Світлана Володимирівна**

**За редакцією І.Т. Слюсаря**

**Концепція створення та функціонування природоохоронних  
та ефективних енергетичних плантацій деревних культур  
для переробки на тверде паливо на дренованих органогенних,  
грунтах виведених з інтенсивного обробітку**

Підписано до друку 06.10.2025.  
Формат 60x84/16. Папір офсетний.  
Друк цифровий. Друк. арк. 2,5.  
Умов. друк. арк. 2,3. Обл.-вид. арк. 1,6.  
Наклад 100 прим. Зам. № 9734/2.

Видавець та виготовлювач ТОВ «ТВОРИ».  
Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи  
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів  
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.  
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.  
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852.  
e-mail: [info@tvoru.com.ua](mailto:info@tvoru.com.ua)  
<http://www.tvoru.com.ua>