

## ЛЕКЦІЯ 10

# МЕТОДОЛОГІЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПЛАНТАЦІЙ ВЕРБ І ТОПОЛЬ

### План заняття

1. Фенологічні спостереження.
2. Визначення приживлюваності живців на енергетичних плантаціях.
3. Визначення біометричних показників рослин
4. Дослідження інтенсивності транспірації.
5. Вологість листя.
6. Площа листової поверхні.
7. Інтенсивність фотосинтезу.
8. Чиста продуктивність фотосинтезу
9. Дослідження корневих систем енергетичних плантацій
10. Дослідження скелетних коренів.
12. Оцінювання стійкості деревних рослин проти шкідливих організмів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Гордієнко, М. І. Методичні вказівки до вивчення та дослідження лісових культур / Гордієнко М. І., Маурер В. М., Ковалевський С. Б. – К: НАУ, 2000. – 101 с.
2. Гордієнко, М.І. Чагарникові верби рівнинної частини України / М.І. Гордієнко, Я.Д. Фучило, А.Ф. Гойчук. – К.: ІАЕ УААН, 2002. – 174 с.
3. Енергетична верба: технологія вирощування та використання / [М.В. Роїк, В.М. Сінченко, Я.Д. Фучило та ін.]. – Вінниця: ТОВ «Нілан ЛТД», 2015. – 340 с.
4. Інструкція з проектування, технічного приймання, обліку та оцінки якості лісокультурних об'єктів. – К.: Держкомліс України, 2010. – 73 с,
5. Методика проведення експертизи сортів рослин групи декоративних, лікарських та ефіроолійних, лісових на придатність до поширення в Україні. Затверджено Наказом Мінагрополітики України 2 грудня 2016 року № 540. – 128 с. Режим доступу: <http://sops.gov.ua/psp>
6. Методологія дослідження енергетичних плантацій верб і тополь: монографія / за ред. члена-кореспондента НААН В.М. Сінченка / [Я.Д. Фучило, В.М. Сінченко, О.М. Ганженко, М.Я. Гументик та ін.]. – К.: ТОВ «ЦП «Компринт», 2018. – 137 с.
7. Старова, Н. В. Плантационное выращивание сортовых ив на кормовое и энергетическое сырье / Н. В. Старова, О. В. Васюгин // Лесная генетика, селекция и физиология древесных растений: Матер. Междунар. симпоз., Воронеж, 25–30 сент. 1989. – Москва, 1989. – С. 142–143.
8. Фучило Я.Д. Верби України: біологія, екологія, використання: монографія. Видання друге, виправлене і доповнене / Я.Д. Фучило, М.В. Сбитна. – К.: ЦП «Компринт», 2017. – 259 с.
9. Argus, G.W. Infrageneric Classification of Salix (Salicaceae) in the New World. – Systematic Botany Monographs. – 1997. – Vol. 52. – 121 p.
10. El Bassam N. Handbook of Bioenergy Crops: A Complete Reference to Species, Development and Applications / N. El Bassam. – London; Washington, DC : Earthscan, 2010. – 544 p.

## 1. Фенологічні спостереження.

Фенологія – система знань про сезонні явища природи, терміни їх настання та причини, що визначають ці терміни. Фенологічні спостереження дозволяють встановити час початку і закінчення вегетації рослин, їх цвітіння, строків досягання плодів і насіння, збору насіння, збору врожаю, розвитку шкідливих комах, збудників хвороб тощо, з чого можна зробити висновок про їхню господарську цінність і перспективи використання. Фенологічні спостереження мають наукову та практичну цінність якщо вони проводяться систематично та за єдиною методикою.

Перед початком фенологічних спостережень необхідно встановити об'єкти та їхню ботанічну достовірність.

Рослин, за якими ведуться фенологічні спостереження, повинно бути не менше ніж 5–10 особин кожного виду (сорт). Вони повинні бути здоровими і здатними до формування генеративних органів.

Навесні та восени, коли зміна фаз розвитку відбувається швидко, фенологічні спостереження слід проводити через 1–2 дні, в інші періоди – не рідше 2 рази на тиждень.

Тривалість спостережень, залежно від їхньої мети, може коливатись від одного до декількох десятків років. Дані фенологічних спостережень заносяться до спеціального журналу.

Організація вивчення розвитку рослин полягає у виборі об'єктів, місць та термінів спостережень, проведенні паралельних спостережень над рослиною та навколишнім середовищем.

Бажано вести спостереження за рослинами в різних екологічних умовах (в насадженнях і на галявинах, в сухих і надмірно зволжених місцях, на ґрунтах з різним механічним складом, в різних елементах рельєфу). При цьому слід точно описувати саму рослину (вік, висоту, ступінь розвитку, походження та інше), її місцезнаходження. При описуванні відмічаються: географічний пункт, рельєф (підвищення, схил, дно балки тощо), експозиція схилу, наявність водойм (болото, річка, озеро), тип ґрунту, глибина залягання ґрунтових вод, оточуюча рослинність тощо).

Фенологічні спостереження слід проводити одночасно не менш, ніж за п'яти однотипними рослинами. Під однотипними розуміють рослини одного виду, однакові за віком, походженням, розвитком, які знаходяться в однакових умовах тощо. Якщо передбачається з'ясувати фенологічні форми, кількість однотипних дослідних рослин доцільно збільшити до двадцяти. Всі рослини, за якими проводитиметься спостереження, нумеруються і наносяться на план.

Для визначення різниці в зміні фенологічних фаз у рослин за умов різного оточуючого середовища необхідно паралельно проводити спостереження за періодичністю інших явищ природи. Насамперед, необхідно використати дані найближчої метеорологічної станції. Дуже важливо мати дані про вологість ґрунту та розташування ґрунтових вод протягом вегетаційного періоду. Необхідно зафіксувати дату останніх

весняних та перших осінніх приморозків, замерзання ґрунту, глибину його промерзання, товщину снігу та дату відтавання ґрунту.

**Основними фенологічними фазами**, характерними для верб і тополь є наступні:

1. *Набубнявіння бруньок.*
2. *Розпускання бруньок.*
3. *Розгортання листків*
4. *Повне вкриття листям.*
5. *Бутонізація.*
6. *Повне цвітіння.*
7. *Кінець цвітіння.*
8. *Утворення і розвиток зав'язей.*
9. *Достигання плодів.*
10. *Закінчення росту пагонів.*
11. *Осіннє забарвлення листя.*
12. *Листопад.*

Під час фенологічних спостережень початком фази вважають дату, коли ця фаза настала у 10 % облікових рослин. Кінець фази відмічають, коли у 90 % рослин фаза закінчилась.

Фази розвитку рослин з 5 по 9 не стосуються рослин в рік закладання плантації та першого року відростання після зрізування біомаси.

Середню тривалість періоду вегетації за кілька років обчислюють як середнє арифметичне періоду вегетації за ці роки. Так само за початок та кінець періоду беруть середні багаторічні дані.

Після опадання листя рослини в помірних широтах входять у стан спокою: всі життєві процеси гальмуються, морфологічні зміни у їхніх органах незначні і непомітні.

У зимовий період слід враховувати зимостійкість рослин. Оцінюють її після суворих зим за такою шкалою у балах:

9 – рослини не пошкоджені зимовими морозами, коливаннями температури. Вегетація починається з верхівкових бруньок;

7 – підмерзли або вимерзли верхівкові, частково бічні бруньки, незначною мірою пошкоджено (підмерзання) верхівки пагонів минулого року. Вегетація почалася з бічних бруньок нижче пошкоджених пагонів;

5 – вимерзли цілком пагони минулого року та частково пошкоджено пагони старшого віку;

3 – вимерзла вся надземна частина дерева. Вегетація почалася зі сплячих або додаткових бруньок прикореневої частини;

1 – дерево вимерзло цілком.

Під час визначення ступеня підмерзання слід звертати увагу на відмирання кори, яке змінює ступінь пошкодження з 5-го балу до 3-го. Коли встановлено, що те чи інше дерево пошкоджено значно більше через випадкові причини, які не залежать від біологічних особливостей виду (мікропониження та ін.), таке дерево з обліку вилучають.

Ґрунтуючись на результатах вивчення зимостійкості деревних рослин, їх розподіляють на групи за балами: 9 – високо зимостійкі: не підмерзають навіть у дуже суворі зими; 7 – зимостійкі: незначно підмерзають у суворі зими; 5 – середньо зимостійкі: значно підмерзають лише в суворі зими; 3 – незимостійкі: підмерзають навіть у звичайні зими, а в суворі зими дуже пошкоджуються; 1 – нестійкі: вимерзають навіть у звичайні зими.

За оцінювання зимостійкості деревних рослин за кілька років наводять середні показники загального ступеня пошкодження по роках разом з короткою характеристикою умов зимівлі під час проведення досліджень.

Дуже часто деревні рослини пошкоджуються весняними заморозками, що нерідко призводить до погіршення санітарного стану рослин верби та тополі. Пошкоджуються особини, які до настання заморозків починають розгортати листя, утворюють незадерев'янілі пагони. Оцінюють ступінь пошкодження всіх дерев у досліді на наступний день після заморозку. При цьому використовують 9-ти бальної шкалу:

1 – пошкодження відсутні: усі листки зберегли тургор і зелене забарвлення;

3 – частину листя пошкоджено заморозками. Краї листкових пластинок втратили тургор і зелене забарвлення, пізніше чорніють;

5 – усі листки помірно пошкоджені заморозками. Деякі листкові пластинки повністю загинули. Верхівки молодих пагонів також підмерзли;

7 – листкові пластинки всі, без винятку, загинули. Черешки, листки та молоді пагони частково пошкоджені;

9 – листкові пластинки та черешки загинули. Молоді пагони вимерзли до половини своєї довжини або загинули.

За цією шкалою оцінюють окремі деревні рослини. Середній бал обчислюють діленням суми балів на кількість облікових дерев. Через деякий час починається відновлення пошкоджених гілок. Зі сплячих бруньок виникають пагони заміщення.

Оцінюють відновлювальну здатність повторно. Визначають кількість пагонів заміщення, їхню довжину. Результати обліку пошкоджень та відновлювальної здатності заносять до польового журналу.

За середнім балом деревні рослини розподіляють на такі групи стійкості до пізніх весняних заморозків: 9 – високостійкі: не пошкоджуються весняними заморозками; 7 – стійкі: мало пошкоджуються; 5 – середньостійкі: з помірним пошкодженням; 3 – слабкостійкі: з великими пошкодженнями; 1 – нестійкі: з дуже великими пошкодженнями весняними заморозками.

Після розмерзання ґрунту слід встановити дату початку росту коріння. З цією метою лопатою або металевим шпателем під дослідним деревом (кущем) роблять ямку глибиною 5–10 см і беруть жмут найтонших корінців. Відокремлюють корені від ґрунту шляхом обтрушування або відмивання і уважно роздивляються їхні кінці. Корені, які почали рости, добре виділяються за зовнішніми ознаками: вони товщі і мають більш світле забарвлення.

Слід мати на увазі, що за достатньої кількості вологи в ґрунті коріння деревних рослин починає ріст з відтаванням ґрунту і росте до повного його замерзання. У посушливий період ріст коренів припиняється. У зв'язку з цим доцільно встановити момент призупинення і відновлення росту коріння влітку і призупинення його росту восени.

За вирощування енергетичних плантацій верб і тополь важливе значення має їх посухостійкість – здатність витримувати зневоднення та перегрів. За характером впливу на рослинні організми розрізняють посуху ґрунтову (нестача вологи в ґрунті) та атмосферну (сухість повітря, суховії). Характерними ознаками ґрунтової посухи є в'янення, втрата тургору, всихання й опадання спочатку нижніх листків, а поступово і верхніх. Під час пошкодження листя від атмосферної посухи спостерігаються опіки, всихання країв або листків загалом. Якщо сухе повітря діє разом з високою температурою, на листках з'являються плями світло-бурого кольору. Стійкість до посухи оцінюють за такою шкалою [5]:

9 – рослини не реагують на посуху: навіть у денні години в них спостерігається нормальний тургор листя та пагонів;

7 – спостерігається втрата тургору: краї листків опущені донизу, листові пластинки зморщені, молоді пагони в'ялі з опущеними донизу верхівками;

5 – у більшості листків спостерігаються часткові пошкодження: листові пластинки змінили забарвлення по краях або вкрилися плямами;

3 – більшість листків повністю всохли, молоді пагони всохли частково;

1 – усі листки опали, молоді пагони пошкоджені, рослина загинула повністю.

За цією шкалою оцінюють кожну рослину і визначають середній бал. З урахуванням отриманих показників, а також інших даних, що характеризують поведінку деревних рослин під час посухи, їх розділяють на категорії стійкості: 9 – високопосухостійкі; 7 – посухостійкі; 5 – середньопосухостійкі; 3 – непосухостійкі; 1 – загиблі.

## **2. Визначення приживлюваності живців на енергетичних плантаціях.**

Після садіння живців з різних причин відбувається часткове їх відмирання, яке визначається як відсоток від загального числа висаджених живців.

У випадку закладання лабораторно-польових досліджень оцінка приживлюваності та заходи з відновлювання насаджень здійснюються на усій площі облікових ділянок не залежно від відпаду рослин. Визначення приживлюваності здійснюється окремо на кожній повторності досліді з наступним розрахунком середньої арифметичної за варіантом.

Для інвентаризації виробничих плантацій площа, на якій передбачається проводити облік, визначається залежно від загальної площі плантації: ділянки до 3 га – 5 %, від 3 до 5 га – 4 %, від 5 до 10 га – 3 % і понад 10 га –

2 %. Для обліку вибирають ряди (або спарені ряди), розташовані через кожний 20, 25, 33 і 50-й ряд, відповідно до площі плантації, або закладають 9–12 облікових ділянок, розташовуючи їх рівномірно по площі плантації.

Облік та оцінка стану рослин проводяться за зовнішніми ознаками з розподілом на здорові, слабо розвинуті або пошкоджені, загиблі та відсутні. Щоб встановити причину відмирання рослин, необхідно загиблі саджанці (живці) викопати з ґрунту, ретельно оглянути їх наземну частину та кореневу систему і встановити, чи правильно вони були посаджені, зафіксувати наявність пошкодження їх личинками хруща, ураження збудниками хвороб, несприятливими метеорологічними факторами, механічним пошкодженням при догляді за ґрунтом, пошкодження тваринами тощо. Кількість рослин за категоріями їх стану вираховують у відсотках. Результати інвентаризації заносять до таблиці.

Внаслідок інвентаризації плантацій визначається основна причина відмирання рослин і обсяги робіт з доповнення (ремонт) плантації. За умов рівномірного відпаду рослин по площі, який не перевищує 15 % від загального числа висаджених, доповнення не планується. Насадження, в яких приживлюваність становить менше 25 %, належать до таких, що загинули, а площа призначається для повторного культивування. Плантації з приживлюваністю від 85 до 25 % підлягають доповненню.

На основі одержаних даних визначають заходи, які в майбутньому слід провести у плантаціях для досягнення ними належного стану.

### **3. Визначення біометричних показників рослин**

До біометричних показників деревних енергетичних рослин відносяться: куцистість та висота рослин; довжина, діаметр, маса і об'єм пагонів. Визначання біометричних показників рослин деревних енергетичних рослин здійснюється окремо для кожного повторення з наступним розрахунком середнього арифметичного значення для варіанту досліду.

**3.1. Куцистість рослин** визначають шляхом підрахунку кількості погонів у щонайменше 20 рослинах на кожній обліковій ділянці. За куцистість приймають середнє арифметичне значення кількості пагонів. Розрахунок проводять з точністю до 0,1 шт. Куцистість дозволяє визначити важливий для обліку продуктивності рослин показник – *кількість пагонів на 1 га*, який визначається як добуток куцистості на густоту насаджень і виражається у тис. шт./га. Розрахунок проводять з точністю до 0,1 тис. шт./га, одночасно з визначенням висоти куща. Результати обліків заносять до відомості.

**3.2. Висота рослин** енергетичних плантацій – це відстань від поверхні поля до найвищої точки куща. Оскільки рослини верби і тополі на енергетичних плантаціях містять декілька пагонів, висота рослин буде тотожною довжині головного (найвищого) пагона.

Щоб визначити середню висоту рослин, здійснюють не менше ніж 20 вимірювань на кожній обліковій ділянці з точністю  $\pm 1$  см. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення усіх вимірів, виражене

у сантиметрах. Усі розрахунки проводять з точністю до десятих часток з наступним заокругленням результатів до цілого числа сантиметрів. Результати обліків заносять до відомості. Висоту рослин визначають одночасно із підрахунком кущистості.

Найпростішим способом визначення висоти є вимірювання висоти кущів чи окремих їх пагонів за допомогою мірної рейки з точністю до 1 см. Цей спосіб найбільш придатний для вимірювання рослин заввишки до 2,5 м. Вищі рослини зручніше вимірювати за допомогою лінійки-висотоміра, обладнаної зворотною шкалою для зручності вимірювання.

**3.3. Довжина пагонів.** Для визначення довжини, діаметра та маси пагонів на кожній обліковій ділянці відбирають середні за кущистістю та висотою рослини, щоб кількість їх пагонів у сумі була щонайменше 30.

Для визначення довжини пагона вимірюють відстань від основи пагона до його верхівкової бруньки, враховуючи кривизну пагонів. Здійснюють не менше ніж 30 вимірювань на кожній обліковій ділянці з точністю  $\pm 1$  см. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення усіх вимірювань, виражене у сантиметрах. Усі розрахунки проводять з точністю до десятих часток сантиметра з наступним заокругленням результатів до цілого числа сантиметрів.

Під час проведення досліджень, у яких передбачається встановлення об'єму і маси пагонів, одночасно з вимірюванням довжини здійснюють замірювання діаметра та маси пагонів.

Результати обліків заносять до відомості.

**3.4. Діаметр пагонів** визначають на висоті 5 см від його основи за допомогою штангенциркуля або сучасного сертифікованого електронного штангенциркуля. За необхідності, якщо це передбачено програмою досліджень, вимірювання діаметра пагона може здійснюватись на інших висотах (на висоті 1,3 м, на 1/2 висоти тощо). Здійснюють не менше ніж 30 вимірів на кожній обліковій ділянці з точністю вимірювань  $\pm 0,5$  мм (стандартним штангенциркулем) та  $\pm 0,1$  мм (електронним штангенциркулем). За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення усіх вимірів, виражене у міліметрах. Усі розрахунки проводять з точністю до десятих часток з наступним заокругленням результатів до цілого числа міліметрів. Результати вимірювань заносять до відомості.

**3.5. Маса пагонів** визначають в польових умовах одразу після їх зрізування і очищення від гілок на сертифікованих вагах з точністю  $\pm 1,0$  г. Зважують не менше ніж 30 пагонів на кожній обліковій ділянці. За кінцевий результат приймають середнє арифметичне значення усіх вимірів, виражене у грамах. Усі розрахунки проводять з точністю до десятих часток з наступним заокругленням результатів до цілого числа грамів.

Гілки з кожного пагона зважують окремо. Результати вимірювань заносять до відомості.

Одразу після зважування пагонів відбираються середні зразки масою 100 г для визначення вологості окремо пагонів і їхніх гілок. Перед

визначенням вологості відібрані зразки подрібнюються. Визначення їх вологості проводять за методикою описаною нижче.

**3.6. Об'єм пагона.** На відміну від сирої маси, практично незмінним під час збирання, перевезення та зберігання біомаси є її об'єм, тому в багатьох випадках доцільно визначати об'єм, з подальшим перерахунком об'ємних показників у показники сухої маси.

Основний об'єм біомаси на енергетичних плантаціях верб і тополь отримують з пагонів першого порядку. Решту об'єму становить об'єм гілок (пагонів другого і вищих порядків). Таким чином, оцінка продуктивності енергетичної плантації полягає у визначенні об'єму пагонів першого порядку і множення його на певний коефіцієнт, який враховує кількість гілок на пагонах першого порядку і який змінюється залежно від виду (сорту) рослини. Величину цього коефіцієнта встановлюють за результатами досліджень маси модельних пагонів діленням загальної маси пагона з гілками на масу пагона без гілок.

Визначення об'єму стовбура проводять, в основному, стереометричними способами, які поділяються на прості (спрощені), що потребують не більше двох-трьох вимірів, і складні, що ґрунтуються на більш детальних даних.

Серед спрощених способів найпоширенішою у лісогосподарській сфері є формула серединного перерізу (проста формула Губера):

$$V_{\Gamma} = g_{0,5} \cdot L,$$

де  $V_{\Gamma}$  – об'єм стовбура, м<sup>3</sup>;

$g_{0,5}$  – площа поперечного перерізу на 0,5 висоти стовбура, м<sup>2</sup>;

$L$  – довжина (висота) стовбура, м.

Після встановлення об'єму пагонів першого порядку на 1 га, як згадувалося вище, загальна продуктивність енергетичної плантації встановлюється множення його на коефіцієнт врахування об'єму пагонів більших порядків, залежно від виду чи сорту енергетичної культури.

Зокрема, як показали наші дослідження, для сорту 'Тора' він становить 1,22, а для сорту 'Тернопільська' – 1,15.

#### **4. Дослідження інтенсивності транспірації.**

Для досліджень на кожній обліковій ділянці вибирають три рослини, що за розмірами максимально наближені до показників середньої рослини ділянки. Для одержання достовірних результатів з кожної рослини відбирають по 10 листків у одному із секторів крони (північному, південному, західному, східному) та на однаковій висоті. Не пізніше, ніж через 0,5 хв. зрізані листки почергово зважують на торсійних або інших вагах з точністю до 1 мг. Після цього зрізані листки поміщають на 2 хв. якомога ближче до місця, з якого їх зрізали. Потім їх повторно зважують. Різниця в масі характеризуватиме втрату вологи (г) за 2 хв. Дані обліків заносять до таблиці.

Інтенсивність транспірації може бути розрахована на одиницю площі листя (г/м<sup>2</sup>/год.) або на одиницю його маси в сухому або вологому стані (г/100 г/год).

У першому випадку необхідно визначити площу листкової пластинки. Інтенсивність транспірації ( $I_T$ , г/м<sup>2</sup>/год.) обчислюється за формулою:

$$I_T = \frac{b \cdot 6 \cdot 10^5}{n \cdot t},$$

де  $b$  – втрата води, г;

$n$  – площа листкової пластинки, см<sup>2</sup>;

$t$  – тривалість дослідження, хв.

Інтенсивність транспірації з одиниці маси листка ( $I_T$ , г/г/год) визначають за формулою:

$$I_T = \frac{60 \cdot b}{m \cdot t}$$

де  $b$  – втрата води, г;

$m$  – маса листкової пластинки, г;

$t$  – тривалість дослідження, хв.

На визначення інтенсивності транспірації з відбором 10 повторень витрачається 1,5–2,0 год., тому витрату води рослинами бажано визначати через 2,0–2,5 год. протягом всього світлого часу доби. При повторенні дослідів протягом дня, а також у різні частини вегетаційного періоду, листки для досліджень беруть з одних і тих же рослин.

## 5. Вологість листя.

Під час визначення вологості листя вибирають три дослідних рослини на кожній повторності. На кожному з дослідних дерев у визначеному секторі крони (північному, південному, східному або західному) і на одній висоті зрізують пробу листя масою 150–200 г і розподіляють її на два зразки. Їх відразу зважують з точністю до 0,01 г і поміщають в окремі паперові пакетики з етикеткою. На етикетці вказують номер варіанту, повторності, дослідного дерева, сектор і висоту відбору листя та дату.

Листя в лабораторних умовах висушують за температури 100–105°C до постійної маси та зважують. Результати зважувань записують до таблиці.

Вміст води в листках визначають у відсотках до свіжої маси листків. Вміст абсолютно сухої речовини при цьому визначають як різницю між 100 % і відсотком вмісту води.

Якщо вологість листя визначають декілька разів протягом вегетаційного періоду, проби відбирають з одних рослин та за однакових інших умов.

За такою ж схемою визначається вологість інших частин рослини: деревини, кори, коренів тощо. На відміну від листків, висушування такого матеріалу проводять після його подрібнення.

## 6. Площа листкової поверхні.

Для визначення площі листкової поверхні тополь та верб зрізують 3 середні пагони, які умовно ділять за висотою на 3 яруси. У межах кожного ярусу обриваються і зважуються усі листки з точністю до 0,1 г.

З листя кожного ярусу відбирають пробу з 10–15 середніх листків які зважують з точністю до 0,01 г. Різниця в часі між зважуваннями не повинна перевищувати 10 хв. В лабораторних умовах визначають площу листкових пластинок відібраних проб методом сканування, описаним нижче.

Площу листкової поверхні пагона (см<sup>2</sup>) визначаємо за формулою:

$$S = \frac{M_1 \cdot S_1}{M_{П1}} + \frac{M_2 \cdot S_2}{M_{П2}} + \frac{M_3 \cdot S_3}{M_{П3}},$$

де  $M_1, M_2, M_3$  – маса листків з першого, другого та третього ярусів відповідно, г;

$S_1, S_2, S_3$  – загальна площа поверхні листків у пробі, відібраний з першого, другого та третього ярусів відповідно, см<sup>2</sup>;

$M_{П1}, M_{П2}, M_{П3}$  – маса листків проби, відібраної з першого, другого та третього ярусів відповідно, г;

Площу листкової поверхні однієї рослини (м<sup>2</sup>) визначають за формулою:

$$L = \frac{S \cdot n}{10^4},$$

де  $S$  – площа листкової поверхні пагона, см<sup>2</sup>;

$n$  – кількість пагонів на рослині (кущистість), шт.

Площу листкової поверхні на 1 га плантації (м<sup>2</sup>/га) встановлюють за формулою:

$$S = L \cdot N,$$

де  $L$  – площа листкової поверхні однієї рослини, м<sup>2</sup>;

$N$  – кількість рослин на 1 га, шт./га.

На сьогоднішній день існує ряд методів визначання площі листкової поверхні різних видів рослин. Найбільшого поширення набув метод висічок, який не забезпечує високої точності, оскільки базується на співставленні маси листка та маси висічки відомої площі з цього листка. При цьому не враховується нерівномірність розподілу маси по поверхні листка.

Не менш поширеним є розрахунковий метод, який ґрунтується на кореляційних зв'язках між площею листка та його розмірами (довжиною, шириною), при цьому використовується перевідний коефіцієнт. Однак для високої точності розрахунків необхідно визначати перевідний коефіцієнт не тільки для кожної сільськогосподарської культури, але й для кожного її сорту чи гібрида. Для цього слід використовувати прямі методи визначання площі листкової поверхні.

Відомі способи безпосереднього визначання площі листкового апарата, які полягають у нанесенні контурів листка на міліметровий папір або накладанні на листок градуйованої сітки (палетки) з наступним підрахунком площі. У цьому випадку площа листка визначається безпосередньо, а отже точність буде вищою, однак при цьому значно ускладнюється і уповільнюється процедура визначання площі.

Застосування спеціальних механічних чи електронних пристроїв для визначання площі листка (планіметрів) дозволяє пришвидшити розрахунок площі та забезпечує досить високу його точність, але висока вартість планіметрів та можливість суб'єктивної помилки, пов'язаної з точністю обведення контуру листка, робить застосування планіметрів недоцільним для визначання площі листкової поверхні.

Найбільш ефективним є визначання площі листкової поверхні із застосування сучасної обчислювальної техніки (сканування).

### **7. Інтенсивність фотосинтезу.**

Як і під час визначення інтенсивності транспірації, для вивчення інтенсивності фотосинтезу на кожній повторності досліду (обліковій ділянці) вибирають одну середню за біометричними показниками рослину. На кожній з них в однакових секторах крони вибирають по 2–3 гілки з 3–5 листками.

Гілки та листки не повинні мати механічних та інших пошкоджень. Щоб у процесі фотосинтезу не відбувався відтік асимілянтів із дослідних листків, на гілочках на відстані 1–2 см нижче останнього дослідного листка знімають кору до деревини (кільцювання). Потім у дослідних листків зрізують їх половинки лезом бритви або іншим гострим предметом. Лінія зрізу повинна проходити паралельно головній жилці, не ушкоджуючи її.

У залишених на дереві половинок (дослідних) листків, крім накопичення продуктів асиміляції, відбувається витрата їх на дихання, тому зрізані половинки листків (контрольні) поміщують у вологу тканину (вату) і залишають їх в такому стані на весь період досліду. Знаходячись у вологій тканині, зрізані (контрольні) половинки листків продовжують дихати і, таким чином, як і дослідні половинки листків, витрачають поживні речовини.

Після закінчення досліду (через 2–5 год. після кільцювання гілок і відокремлення контрольних половинок) зрізують дослідні половинки листків і визначають їх площу, а також площі контрольних половинок. Потім контрольні та дослідні половинки листків поміщають у бюкси і висушують до постійної маси. Масу кожної половинки визначають окремо на аналітичних вагах з точністю до 0,0001 г. Отримані дані записують у таблиці (додаток 7).

Інтенсивність фотосинтезу обчислюють за формулою:

$$I\phi = \frac{100}{t} \cdot \left( \frac{M\partial}{F\partial} - \frac{M\kappa}{F\kappa} \right),$$

де  $I\phi$  – інтенсивність фотосинтезу, г/100 см<sup>2</sup>/год.;

$M_d, M_k$  – абсолютно суха маса дослідної та контрольної половинок листка відповідно, г;  
 $F_d, F_k$  – площа дослідної та контрольної половини листка, см<sup>2</sup>;  
 $t$  – тривалість дослідження, год.

### 8. Чиста продуктивність фотосинтезу

Чиста продуктивність фотосинтезу (г/(м<sup>2</sup>×доба)) являє собою приріст сухої маси рослин (г) за певний час (доба), віднесений до середньої площі листової поверхні рослин (м<sup>2</sup>) за цей самий проміжок часу [Ошибка! Источник ссылки не найден.]. ЧПФ визначають на основі динаміки приросту сухої речовини та площі листової поверхні і розраховують за формулою:

$$\text{ЧПФ} = \frac{B_2 - B_1}{0,5 \cdot (L_1 + L_2) \cdot n}$$

де  $B_1, B_2$  – суха маса рослин на початку й наприкінці облікового періоду, г;  
 $L_1, L_2$  – площі листової поверхні на початку й наприкінці облікового періоду, м<sup>2</sup>;  
 $n$  – період між двома обліками, діб.

### 9. Дослідження кореневих систем енергетичних плантацій

Для обліку маси коренів підбирають середній за розмірами і продуктивністю кущ і розмічають площу його живлення у вигляді прямокутника з довжиною рівною ширині міжрядь плантації і шириною, що відповідає відстані між рослинами у ряду. З розміченого майданчика викопують ґрунт і вибирають усі корені до глибини їх розповсюдження (приблизно 1,5–3,0 м), розділяють їх на фізіологічно активні (діаметром 2 мм і менше) та провідні. Кожну фракцію коренів відмивають від ґрунту, висушують до повітряно-сухого стану, зважують і встановлюють їх вологість.

Облік коріння може проводитися за генетичними горизонтами чи за шарами певної товщини.

Масу кореневих систем плантації визначають на основі показників маси кореневої системи одного або середньої маси двох модельних кущів множенням на кількість рослин на 1 га.

Для спостереження за приростом коренів за довжиною звичайне віконне скло заввишки 30 см та завширшки 40 см встановлюють вертикально в ґрунт до непорушеної стінки ґрунту і в такому положенні закріплюють. З другого боку скло засипають ґрунтом, який добре ущільнюється, щоб скло не осідало і на нього не потрапляло світло. Один раз на 10 днів скло з боку засипаного ґрунту відкопують, і коріння, яке розвивається за склом, замальовують у масштабі на папері, або фотографують. Кожний корінець нумерують, а довжину корінця заміряють з точністю до 1 мм і заносять в таблицю.

Скло слід розташовувати по межі проекції крони дерева (куща). Бік скла, повернений до непорушеної стінки ґрунту, повинен бути спрямований до стовбура дерева, під кроною якого встановлено скло. А другий бік, з якого скло будуть звільняти від ґрунту – бажано орієнтувати на південь. За таких умов на скло падатиме більше світла і буде добре видно коріння.

У кожному насадженні скло закладають навесні відразу після відтавання ґрунту в п'яти повтореннях. Якщо скло встановлюють в середині або кінці вегетаційного періоду, спостереження за ними починають лише на наступний рік.

Довжину всіх корінців під склом на кожен дату спостереження підсумовують. Різниця довжини за суміжні дати спостереження характеризує приріст коріння. При вивченні коріння до уваги приймають не тільки приріст, але й кількість корінців, які з'явилися на день замірювань.

### **10. Дослідження скелетних коренів.**

Для розкопування скелетних коренів краще відбирати середню в насадженні рослину. Дослідні дерева (кущі) описують, замірюють у них діаметр стовбура на висоті грудей та біля кореневої шийки, визначають площу проекції крони й наносять її в масштабі на план (зручніше на міліметровий папір).

Розкопування коренів зручніше починати від стовбура по колу поступово заглиблюючись і збільшуючи площу. Розкопувати корені можна не по всьому колу, а тільки по його частині. Але в обох випадках приблизно на  $3/4$  радіуса крони ґрунт доцільно викидати повністю з усієї площі, яку розкопують. Далі, особливо за межами проекції крони, копають траншеї тільки вздовж коренів. У всіх випадках перерубані корені залишають на місці, щоб можна було зафіксувати їх положення. Корені, особливо стрижневі, проникають глибоко в ґрунт. Основна маса коренів закінчується на глибині 1,5–2,0 м і розташовані вони, зазвичай, в межах половини площі проекції крони. На цій площі слід викидати ґрунт до глибини 1,5–2,0 м, щоб розкопати якірні та значну кількість стрижневих коренів.

Оголені корені доцільно сфотографувати чи замалювати. Для масштабу одну мірну рейку кладуть горизонтально, другу ставлять біля стержневого, а якщо останній відсутній – біля якірного кореня. Під час опису коренів вказують напрямок поширення їх відносно горизонтальної площини, крутість їх вигинів, особливо у вертикальній площині, інтенсивність розгалуження, ознаки захворювання, впливу коренів однієї рослини на поширення коренів іншої, зв'язок кореневої системи з генетичними горизонтами тощо.

Значно легше перенести будову кореневої системи на папір, якщо над коренями буде натягнута сітка шнурів з утворенням кліток 0,5 x 0,5 або 1,0 x 1,0 м. Сітку слід розташовувати на рівні поверхні ґрунту і від неї замірювати глибину поширення коренів. Для зображення кореневої системи використовують ватман з нанесеними квадратами або міліметровий папір. На папері в масштабі (горизонтальний від 1:10 до 1:50; вертикальний від 1:1 до

1:5) замальовують кореневу систему в плані і вертикальній площині. На плані кореневої системи пунктиром наносять межу площі проєкції крони. Діаметр коренів також наносять у масштабі. Його замірюють на відстані 10–15 см від початку коренів (від стовбура) або від розгалужень. Якщо замальовують корені тільки в плані, біля розгалужень вказують глибину їх розміщення.

**Поширення фізіологічно активних коренів** частіше всього вивчається способом поступового взяття ґрунту у вигляді моноліту. Цей метод у кількісному відношенні дає уявлення про розташування фізіологічно активних коренів за горизонтами і шарами ґрунту. У деревних рослин до фізіологічно активних умовно належать корені товщиною 2 мм і менше.

Щоб вивчити поширення дрібних фізіологічно активних коренів, закладають ґрунтовий шурф розміром 0,5 x 0,5 x 2,0 м. Шурф закладають біля середніх дерев (кущів) так, щоб з обох сторін на відстані 2,0–2,5 м від нього були однакові за розміром (діаметром, висотою, розвитком крони) дерева видів (сортів), які вивчаються.

Після вибору дослідних рослин на пробній площі підбирають місце майбутнього шурфу і розчищають його. Потім копають ґрунтову яму зі сходами (як для опису ґрунтового профілю). Протилежна східцям стінка ґрунтової ями має бути прямовисною і проходити на межі майбутнього шурфу. Яму копають такою ж або трохи глибшою ніж шурф.

Корені вивчають за шарами ґрунту: 0–10; 10–25; 25–40; 40–60; 60–80; 80–100; 100–125 см і далі через кожні 25 см до глибини 2,0 м. Товщина шарів може бути й іншою, залежно від поставленої мети. Межі шарів, за якими намічено вивчення коренів, наносять на прямовисній стінці шурфу. Із викинутого з шурфу на заздалегідь підготовлений майданчик (брезент, поліетиленову плівку, картон тощо) ґрунту вручну вибирають корені і з етикеткою завертають їх в папір чи у мішечки.

У лабораторії корені відмивають від частинок ґрунту, розділяють за видами рослин, сортують на фракції за товщиною до 2,0 мм і більше 2,1 мм, висушують до повітряно-сухого стану і зважують на технічних терезах з точністю до 0,1 г. Одержані цифри систематизують у таблицях (додаток 10) або переносять на графіки. Якщо одночасно розкопуються корені і визначається фізіологічно активні корінці, обидва графіки можна сумістити в один.

Такі ж показники поширення коріння, а також основні характеристики ґрунтового профілю плантацій, при чому зі значно меншими затратами зусиль, можна отримати використовуючи бур. Для зручності бури доцільно виготовляти з циліндрами які мають об'єм 1000 см<sup>3</sup> (внутрішній діаметр – 11,3 см, висота – 10 см). При цьому, провертаючи бур занурюють циліндр у ґрунт поки він повністю заповниться ґрунтом, після чого циліндр витягують разом зі зразком, що знаходиться у нього всередині. Зразок висипають з циліндра на брезент чи плівку, описують ґрунт і вибирають коріння для отримання даних про корененасиченість горизонту 0–10 см. Далі циліндр вставляють у шурф і висвердлюють і обробляють наступний зразок (з

глибини 10–20 см), потім – з глибини 20–30 см і т.д. На думку В.А. Колесникова, шестиразове повторення дає достатньо повну уяву про масу коренів по горизонтах.

Для ефективного використання фізичної праці, необхідної на розкопування значного обсягу ґрунту при дослідженні кореневих систем, паралельно доцільно проводити також вивчення ґрунтів.

## 11. Дослідження ґрунтів

Дослідження ґрунтів у полі проводиться, головним чином, за допомогою ґрунтових розрізів. За своїм призначенням розрізи поділяються на основні, напів'ями (контрольні розрізи) та прикопки. Основні розрізи звичайно закладають на повну глибину до 1,5–2,0 м і глибше з тим, щоб можна було виявити й вивчити також і материнську породу. З основних розрізів беруть зразки ґрунту із всіх генетичних горизонтів, а також і з материнської породи. Напів'ями викопуються на меншу (звичайно половинну) глибину, ніж основні розрізи. Їх призначення полягає в тому, щоб перевірити, чи однаковий ґрунт у місцях їх розміщення з ґрунтом основних розрізів. Опис ґрунту на контрольних розрізах проводиться більш стисло, ніж на основних. Прикопки використовують для встановлення меж між різновидами ґрунтів та для виділення контурів цих різновидів. Прикопка робиться на глибину від 30 до 50–70 см. Ґрунт у прикопках не описується, а відмічається лише його назва.

Ґрунтові розрізи закладають завдовжки 1,5–2,0 м, завширшки 0,60–0,80 м на глибину 1,5–2,0 м. Одна з стінок ями повинна бути прямовисною та поверненою до сонця (щоб краще бачити забарвлення ґрунту).

*Опис ґрунтового розрізу.* На вертикальній стінці розрізу виділяються всі генетичні горизонти ґрунту. По їх межі на всю ширину стінки розрізу ножем проводять лінії. Потім до стінки прикладають мірну рейку чи стрічку, суміщаючи їх нульову відмітку з поверхнею ґрунту і визначають глибину залягання усіх ґрунтових горизонтів.

Важливими морфологічними ознаками, які повинні прийматися до уваги при польовому дослідженні ґрунтів, є їх будова, забарвлення, механічний склад, включення та новоутворення, структурованість і характер ґрунтоутворюючої материнської породи.

Формування ґрунтових горизонтів пов'язане з накопиченням, переміщенням, а отже, з перерозподілом різних речовин по ґрунтовому профілю, якими супроводжується процес формування ґрунту. Процеси переміщення органічних і мінеральних речовин у ґрунті можна звести до явищ накопичення і виносу (вимивання). Так, у верхньому шарі ґрунту переважає накопичення органічних речовин, тому він зветься акумулятивним чи гумусовим горизонтом. Однак, поряд з акумуляцією перегною у верхніх шарах ґрунту, під впливом вологи, яка просочується вниз по ґрунтовому профілю, має місце процес виносу продуктів розкладу перегною в нижні горизонти ґрунту. Враховуючи цю обставину, верхньому горизонту ґрунту дають ще назву перегнійно-елювіального, щоб підкреслити ту особливість,

що в цьому горизонті одночасно з накопиченням перегною йде процес вимивання.

Процес вимивання розчинних речовин з верхніх горизонтів ґрунту до нижніх може відбуватися інколи дуже інтенсивно, і в умовах, наприклад, дерново-підзолистої зони, яка відзначається значною кількістю атмосферних опадів, нерідко зустрічаються ґрунти з різко вираженим вилугуваним горизонтом, майже повністю позбавленим органічної речовини. В таких ґрунтах виділяють елювіальний горизонт.

Наступний шар ґрунту, в якому відкладаються і накопичуються речовини, винесені з верхніх горизонтів, носить назву ілювіального горизонту, під яким розташована материнська порода, не займана ґрунтоутворними процесами.

У зв'язку з різними кліматичними умовами та материнськими породами, кожному типу ґрунтів властива своя будова. В найбільш поширених типах ґрунтів можуть бути виділені наступні горизонти: органічний опад (підстилка, А<sub>0</sub> або Н<sub>0</sub>), гумусовий (акумулятивний А<sub>1</sub> або НЕ), елювіальний (А<sub>2</sub> або Е), ілювіальний (В або І) і материнська порода (С або Р).

*Відбір ґрунтових зразків.* Для детального вивчення морфологічних ознак і проведення механічного і фізико-хімічного аналізів з ґрунтового розрізу беруть зразки. Для цього описану стінку розрізу зачищають лопатою, щоб видалити з поверхні генетичних горизонтів частинки ґрунту, що прилипли або потрапили з інших горизонтів. Після цього беруть зразки ґрунту послідовно з усіх горизонтів, починаючи з нижньої частини ґрунтового профілю.

Перед взяттям кожного зразка заповнюють заготовлену заздалегідь етикетку, на якій проставляють номер ґрунтового розрізу, місцезнаходження ділянки, назву генетичного горизонту, глибину відбору зразка та дату.

Зразки відбирають широкою стамескою або ножем, захоплюючи кожен раз шар близько 5 см, а при великій потужності горизонту – до 10 см. Якщо потужність горизонту не перевищує 10 см, зразок треба брати так, щоб він відповідав повній потужності горизонту, тобто від верхньої до нижньої його межі. Якщо горизонт має потужність, яка перевищує 10 см, для зразка намагаються вибрати найбільш характерну частину горизонту чи декілька зразків з різних його частин. Не можна брати зразки в місцях переходу одного горизонту в інший. Маса зразка знаходиться в межах від 0,5 до 1,0 кг.

При глибоких ґрунтових дослідженнях на пробних площах ґрунтові зразки відбирають у 5–7 характерних місцях. Потім складають вихідні зразки по кожному горизонту, змішують і відбирають середній зразок. Змішаний зразок, зазвичай відбирають із акумулятивного та елювіального горизонтів. Взяті зразки поміщають у паперові пакети або мішечки, разом із заповненою етикеткою.

При визначенні вологості ґрунту зразки відбирають у бюкси з певної глибини, наприклад, з 5–10 см, 50–55 см, 95–100 см і т.д.. При цьому, до 1,0–1,5 м доцільно відбирати зразки в 5–6-разовій повторності, а глибше –

чотириразовій. Необхідною умовою при визначенні вологості ґрунту є обов'язкове зважування зразка одразу після його відбору, щоб не допустити систематичного заниження показників вологості ґрунту внаслідок його висушування. На кожному бюксі слід відмітити номер пробної площі та шурфу, глибину відбору зразка. Дані слід заносити до таблиці.

У лабораторних умовах зразки висушують до постійної ваги та обчислюють вологість ґрунту.

## **12. Оцінювання стійкості деревних рослин проти шкідливих організмів.**

Пошкодження деревних рослин комахами та іншими тваринами, ураження збудниками хвороб, що викликають всихання листя, пагонів, різноманітні плямистості листя визначають, коли поширення становить понад 10 % поверхні листя та пагонів. Спостереження ведуть за 10-ма деревами в кожному повторенні.

Обліковують пошкодження шкідниками за шкалою:

- 1 – пошкодження відсутні;
- 3 – слабкі пошкодження: обгризено 25 % листків;
- 5 – середні пошкодження: обгризено 50 % листків;
- 7 – сильні пошкодження: обгризено 50–75 % листків;
- 9 – дуже сильні пошкодження: знищено понад 75 % листків.

Середній бал пошкодження визначають діленням суми балів на кількість пошкоджених дерев. Для визначення стійкості деревних рослин до пошкодження шкідниками застосовують 9-ти бальову шкалу: 9 – високостійкі; 7 – стійкі; 5 – середньостійкі; 3 – слабкостійкі; 1 – нестійкі.

Ураження листя збудниками хвороб мають різний характер та ознаки, тому для його визначення використовують різні шкали оцінювання стійкості до них.

Стійкість листя до *іржастих грибів* (пожовтіння та всихання) оцінюють за такою шкалою:

- 9 – ураження відсутні;
- 7 – слабе ураження: уражено до 20 % поверхні листків;
- 5 – середнє ураження: уражено до 50 % поверхні листків;
- 3 – значні ураження: уражено понад 50 % листків;
- 1 – сильне ураження: повне відмирання листків.

Якщо листя уражено *борошнистою росою та плямистостями*, використовують іншу шкалу стійкості:

- 9 – ураження відсутні;
- 7 – слабе ураження: уражені поодинокі верхівки та листки переважно на пагонах поточного року;
- 5 – середнє ураження: уражено до 50 % листків поточного року;
- 3 – значне ураження: листки повністю уражені на пагонах поточного року, всихають та опадають. Спостерігається ураження незадерев'янілих пагонів;
- 1 – дерева безперспективні.

Стійкість до *трахеомікозу* і *голландської хвороби* визначають у балах за наступною шкалою:

9 – ураження відсутнє;

7 – слабке ураження: у кроні наявні окремі дрібні сухі гілки зі всохлими та зів'ялими листками;

5 – ураження середнє: у кроні трапляються сухі великі та дрібні гілки, нерідко розташовані групами;

3 – значне ураження: всохла більшість гілок, на стовбурі багато водяних пагонів;

1 – дерево безперспективне.

Досить широко розповсюджено ураження деревних рослин *некротно-раковими захворюваннями*. Для їхнього обліку застосовують таку шкалу стійкості:

9 – ураження відсутнє;

7 – ураження слабке: у кроні є окремі відмерлі пагони, на тонких гілках слабі некротні плями;

5 – середнє ураження: у кроні багато відмерлих гілок, некротні та ракові плями в значній кількості на тонких і товстих гілках;

3 – значне ураження: більша частина крони відмерла, некротні і ракові виразки в значній кількості на скелетних гілках та стовбурах, багато водяних пагонів;

1 – дерево безперспективне.

Для всіх категорій ураження дерев збудниками хвороб визначають середній бал за кожним видом захворювання діленням суми балів на кількість облікових дерев. Визначають стійкість до ураження збудниками хвороб за шкалою: 9 – високостійкі; 7 – стійкі; 5 – відносно стійкі; 3 – слабкостійкі; 1 – нестійкі.