

<https://visegrad.permakultura.sk/polycultures/>



ОЦІНЮВАННЯ ЕКОСИСТЕМНИХ ПОСЛУГ ПОЛІКУЛЬТУР: НАДЗЕМНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА РОСЛИНА



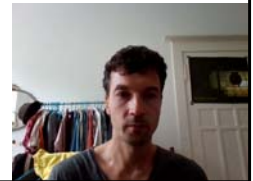
Павло Арданов
pavlo.ardanov@gmail.com



Доброго дня! Мене звати Павло Арданов. Продовжимо розгляд методів оцінювання екосистемних послуг полікультур.

Методи оцінювання екосистемних послуг

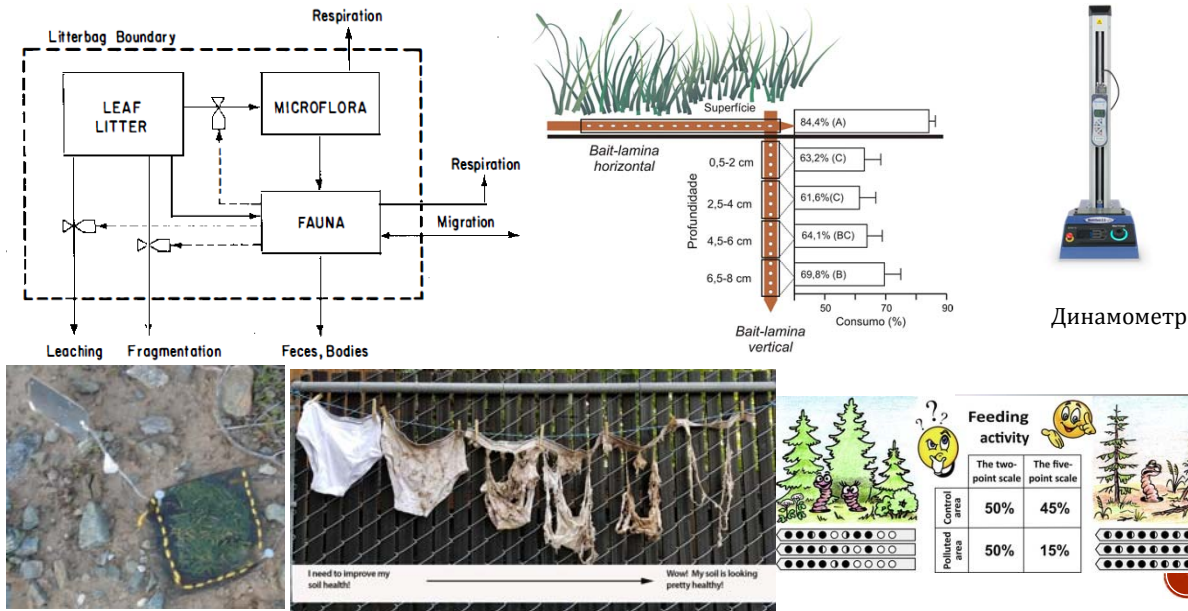
- Швидкість розпаду органічних решток
- Розмаїття тварин на поверхні ґрунту
- Забур'яненість
- Надземна та підземна продуктивність
- Фотосинтетична активність
- Ефективність запилення
- Ефективність біоконтролю
- Враженість рослин шкідниками та хворобами



В цій лекції ми розглянемо як вимірювати процеси, що відбуваються на поверхні ґрунту та на самій рослині. Це розпад органічних решток, чисельність та розмаїття організмів, що мешкають на поверхні ґрунту та літають у повітрі, ефективність захисту від шкідників та хвороб, запилення та біоконтролю. А також продуктивність культур.

(Seastedt, 1984; Gestel, Kruidenier and Berg, 2003; Podgaiski, Silveira and Mendonça Jr., 2011; Griffiths et al., 2016)

Швидкість розпаду органічних решток



Розпад решток відбувається під дією ґрунтових макро- мезо- та мікрофауни, що мають спільну назву редуценти. На швидкість розпаду решток впливає мікроклімат: температура, вологість та різкі зміни цих показників. А також співвідношення нітрогену та карбону в рештках, коли за нестачі нітрогену в рештках для їх мінералізації мікробіота може споживати нітроген з ґрунту тимчасово знижуючи його доступність для рослин. Водночас надто швидкий розпад багатих на нітроген решток може призводити до утворення надлишку нітратів та вимивання їх з ґрунту. Часто потрібен розпад решток за певний час, оскільки ті можуть заважати проведенню агрономічних операцій з садовою культурою чи з наступною культурою у сівозміні. В інших ситуаціях бажаним буде повільний розпад решток, наприклад, озимих культур, які мають слугувати мульчею від бур'янів та для утримання вологи протягом усього літа. Полікультури впливають на всі ці фактори, а відтак на швидкість розпаду решток. Можна вивчати як розпад місцевих, решток, що формуються на ділянці, так і розпад стандартного субстрату, щоб порівнювати швидкість розпаду решток між різними регіонами, полікультурами та варіантами суміщення культур. У випадку місцевих решток можна вивчати як розпад їх сукупності так і розпад решток кожної культури окремо. Розмір чарунок сітки, в яку поміщають рештки, визначає розмір організмів-редуцентів, що споживатимуть рештки, а також

швидкість вимивання решток із сітки. Певна з груп організмів (мікроорганізми, черви чи мезофауна) можуть відігравати переважаючу роль у розпаді решток, що і можна визначити використовуючи сітку із чарунками різного розміру. Це також можна визначити додаючи по окремої до решток різні організми чи їх комбінації (наприклад, якщо певна група організмів не представлена чи мало представлена на ділянці внаслідок попередніх господарчих операцій). Залежно від задач, сітка з рештками розміщується на поверхні чи закопується в поверхневий шар ґрунту. Розпад визначають та зменшенням ваги решток протягом визначеного часу.

Розташований у мішечку субстрат може створювати мікроклімат та приваблювати більшу кількість редуцентів не відображаючи таким чином ситуацію на усій ділянці. Тому у випадку стандартних субстратів достовірніше, наприклад, буде аналізувати розпад окремо прикопаних в ґрунт соломинок. Іншим стандартним субстратом можуть бути смужки бавовни, що є особливо багатою на целюлозу. Целюлоза складає до 70% маси рослинних решток, тому швидкість її розпаду визначатиме швидкість розпаду решток. У випадку смужок бавовни визначають міцність на розрив динамометром після інкубації смужок в ґрунті.

Визначити розпад різних субстратів а також розпад субстратів на різній глибині ґрунту можна за допомогою приманки-ламіни (або пластинки). Це пластикова смужка з отворами, в які закладається певний субстрат чи субстрати. Через певний час визначається кількість порожніх отворів, що відповідають швидкості споживання субстрату. Цим методом, зокрема, зручно вивчати активність колембол, червів енхитреїд та дощових червв. Простим, але менш точним методом є вивчення розпаду в ґрунті чайних пакетиків.

В окремих випадках, зокрема поєднання рослинництва з випасом тварин, доцільно також визначати швидкість розпаду посліду. Це визначає строк видалення тварин з поля перед збором врожаю, наприклад, горіхів з поверхні ґрунту.

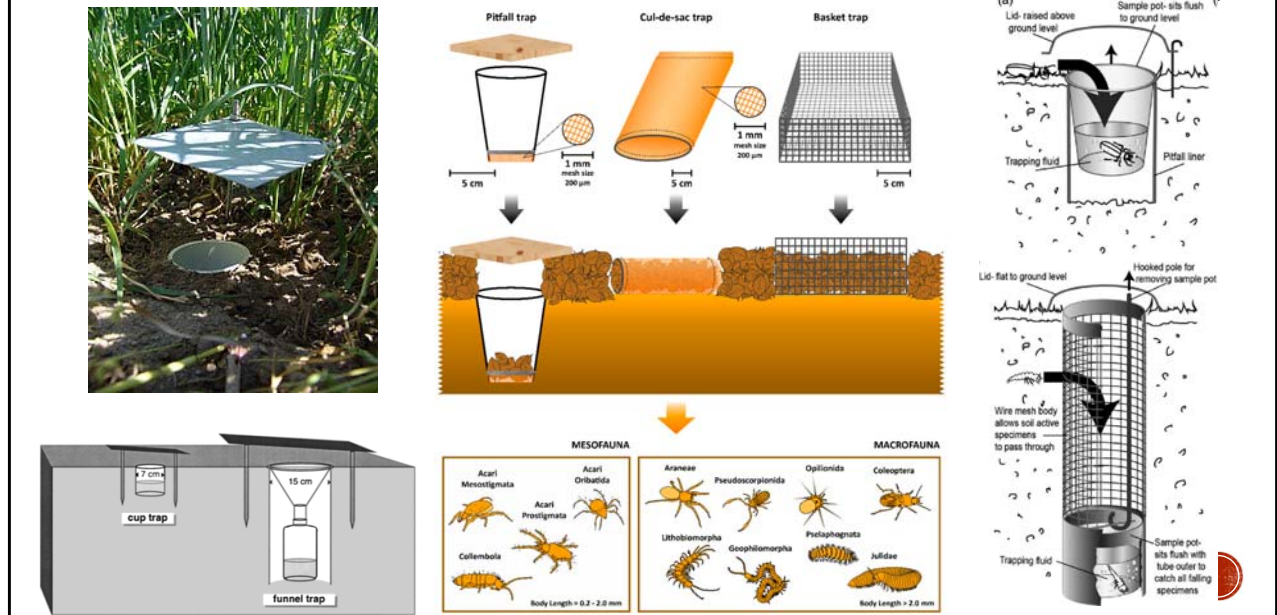
Дотичними до поверхневих решток вимірами є відсоток покриття ґрунту цими рештками та глибина шару мульчі. Ці параметри, зокрема, впливають на проростання бур'яну – відповідно, їх можна вимірювати в час проростання різних груп бур'яну.

Оскільки коріння зазвичай розпадається в 1,5 – 2,8 разів повільніше за надземні частини рослин через вищий вмісту у ньому лігніну та суберину, може бути доцільно вивчати окремо чи додатково розпад коріння такими самими методами. Оскільки розпад коріння відбувається під землею, мішечки із зібраним корінням доцільно закопувати в ґрунт, а щоб попередити проростання коріння в ці мішечки їх можна не закопувати, а класти у вириті в ґрунті ямки які зверху накривають, що також створює максимально наближені умови до товщі ґрунту. Оскільки коріння розпадається повільніше, то в мешічки закладають менші порції (від 200 мг до 2 г), їх довше витримують і для дослідження

використовують ваги що здатні вимірювати з точністю до міліграма.

(Duelli, Obrist and Schmatz, 1999; Knapp and Řezáč, 2015; Ruiz-Lupi3n et al., 2019; Jowett et al., 2021)

Розмаїття тварин на поверхні ґрунту

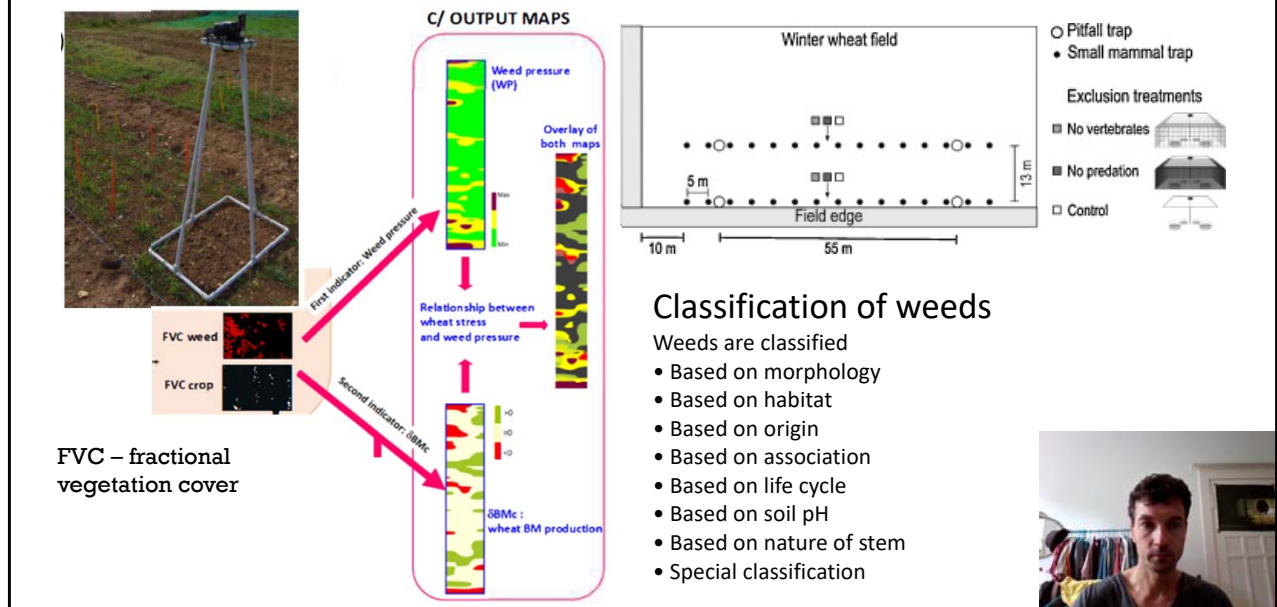


Туруни та павуки, що мешкають в шарі мульчі, харчуються комахами, зокрема шкідниками (так туруни можуть поїдати слимаків). Зерноїдні туруни та цвіркуни, поїдають насіння бур'янів. Ці безхребетні тварини можуть постійно мешкати на ділянці, якщо полікультури створюють стабільне середовище для їх існування. Або вони можуть переходити на ділянку з острівців розташованої поруч природної рослинності. Кількість цих безхребетних визначають за допомогою ловчих ямок – це невеликі ємності, які закопують врівень з поверхнею ґрунту встановлюючи зверху дашок для захисту від опадів. Це можуть бути склянки або пляшки з лійкою – останні попереджають потрапляння дрібних хребетних тварин (жаб, ящірок) для чого вони можуть додатково обладнуватися сіткою у вузькій частині лійки. Бувають «сухі» ловчі ямки, в яких зловлених тварин підраховують щодня, або «вологі» ямки, заповнені розчином спирту, формаліну чи іншим консервантом, в які додають невелику кількість детергенту, аби жертви швидше тонули. Для обліку личинок турунів та дорослих організмів, що мешкають як в товщі, так і на поверхні ґрунту, вковують сітчасті циліндри. Для приваблення певних груп тварин в пастку можна класти принаду. Більш рухомі та великі (зокрема хижі) тварини частіше потрапляють у ловчі ямки, тоді як інші тварини їх успішно уникають, тому цей метод не обов'язково відображає розмаїття тварин на поверхні ґрунту. Тому розроблені мішкоподібні

та сітчасті пастки, що розміщують на поверхні ґрунту для більш точного підрахунку організмів, що мешкають у підстилці. Організми можна розділяти до видів користуючись місцевими визначниками або до порядків, як, наприклад, наведено на зображенні.

(Classification of weeds based on life span/Ontogeny - YouTube, no date; Weeds, no date; Fischer, Thies and Tschardt, 2011)

Забур'янення



Пригнічення бур'яну в полікультурах може відбуватися завдяки утворенню швидкого та щільного ґрунтопокриву комерційними чи сервісними культурами, що конкуруватимуть з бур'янами за світло, воду та поживні речовини, утворенню щільного шару мульчі, створенню сприятливих умов для тварин, що харчуються бур'янами та їх насінням, механічному знищенню бур'янів під час передпосадкової обробки ґрунту у сівоzmіні, а також та завдяки алелопатії. Водночас бур'яни, особливо розмаїтого складу, є важливими для харчування запилювачів та організмів, що здійснюють біокон іпетроль.

Пригнічення бур'яну в полікультурах можна оцінювати за біомасою бур'яну (з розподілом на окремі види та екологічні групи чи без нього), відсотком ділянки, покритим бур'яном та за швидкістю поїдання або видалення з тестових зразків насіння бур'яну (останнє також буде опосередковано свідчити про наявне біорозмаїття тварин ділянки). Розміщуючи зразки насіння бур'яну в клітках з чарунками різного розміру можна обмежувати доступ окремих груп тварин (наприклад, птахів та інших хребетних, турунів та інших великих безхребетних) для визначення ролі кожної з груп у поїданні насіння бур'янів. Також можна оцінювати банк насіння бур'яну відбираючи зразки ґрунту та рахуючи кількість пророслого насіння.

Для оцінки забур'яненості та її впливу на ділянку можна використовувати

кольорові фотознімки. На додачу до інструменту Saporo, про який я говорив у попередній лекції присвяченій вимірюванню екосистемних послуг у ґрунті, існують і інші інструменти та індикатори, які дозволяють визначати індикатори впливу бур'яну на культури, зокрема відсоток забур'яненості ділянки (або частку ґрунтопокриву бур'яном до частки ґрунтопокриву культурними рослинами), та динаміку нарощування біомаси культурними рослинами. Останній індикатор може бути показником стресу.

На більших ділянках забур'янення вивчають за допомогою фотознімків з дронів та алгоритмів виявлення бур'янів з використанням методів глибокого машинного навчання.

(Resource Acquisition and Transport in Vascular Plants, no date; Knerl et al., 2018)

Ґрунтопокрив – індекс листової поверхні

Ground area covered by plant

Plant A
Leaf area = 40% of ground area
(leaf area index = 0.4)

Plant B
Leaf area = 80% of ground area
(leaf area index = 0.8)

Leafscan (4+) Measure leaf surface area
Carlos Anderson
Designed for iPad
★★★★☆ 3.0 + 6 Ratings
\$19.99

Petiole: Plant Leaf Area Meter

Easy Leaf Area Free
heaslon

Іншим показником, що свідчить про щільність ґрунтопокриву та ефективність використання світла рослинами полікультури є індекс листової поверхні. Він є непрямим показником загальної продуктивності полікультури, випаровування рослинами води та загального стану рослин. Це загальна площа листя на одиницю поверхню ґрунту. Цей показник змінюється протягом сезону, і нашою задачею є його оптимізація в кожен момент для культурних рослин, що ростуть на ділянці.

Індекс листової поверхні можна вимірювати прямими та непрямими методами. Прямі методи – це збирання листя та розрахунок площі усього зібраного листя чи його порції за допомогою сканування та комп'ютерної обробки чи мобільних додатків. Непрямі методи є швидшими але менш точними, вони вимірюють проєкцію крони з використанням, наприклад, напівсферичних фотознімків

Валова надземна продуктивність



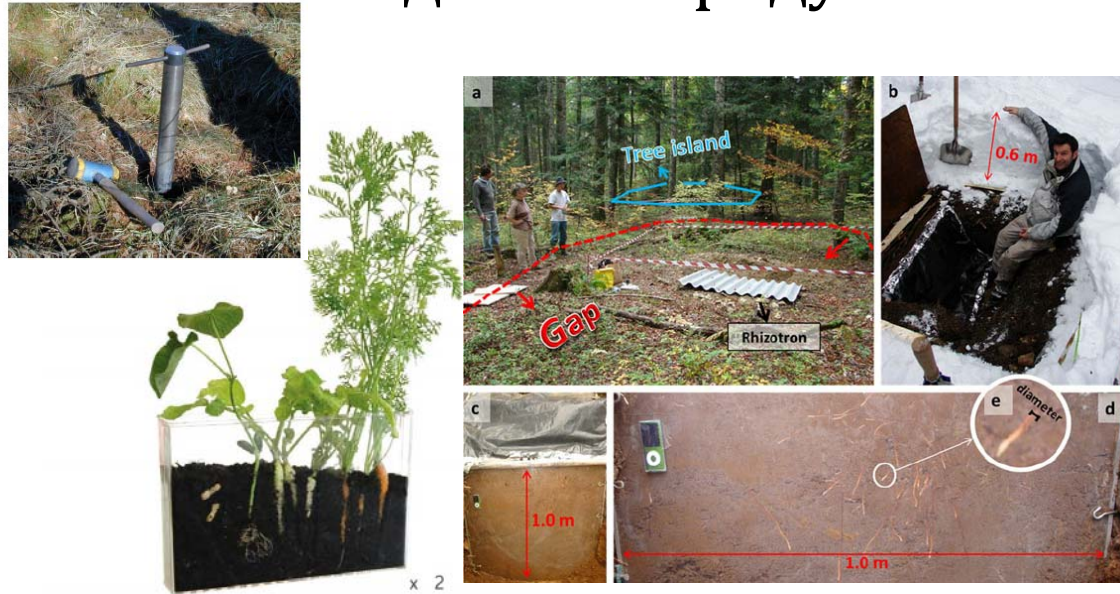
Продуктивність полікультури визначають як за врожаєм комерційного продукту так і за масою висушеної надземної біомаси, зокрема коли мова йде про полікультури ґрунтопокривників чи пасовищних культур. Замість простого вимірювання біомаси наприкінці вегетаційного періоду часто доцільніше буває вивчати динаміку нарощування біомаси протягом сезону.

Можна вимірювати висоту рослинності, діаметр стовбурів дерев чи кущення або кількість стебел у злаків – це опосередковані показники продуктивності, які легко вимірювати в динаміці росту рослин. Визначення періодів затримки росту може свідчити про конкуренцію за ресурси чи алелопатичні впливи, що можна оптимізувати змінивши поєднання культур у просторі та часі або змінивши набір культур. Оскільки трав'янисті кормові культури можуть мати різну висоту, більш точним за вимірювання максимальної висоти методом буде використання вимірвача з підйомною пластиною, в якому визначається відстань від поверхні ґрунту до пластини, що приминає своєю вагою рослини.

Існують також прилади, придатні для великих ділянок, що використовують ультразвукову технологію вимірювання відстані і встановлюються на дронах. Якщо йдеться про кормові полікультури, можна оцінювати як харчову цінність та профілактично-лікувальну цінність, так і вплив на збільшення лактації, легкість перетравлення та утворення метану в процесі перетравлення їжі жуйними

тваринами.

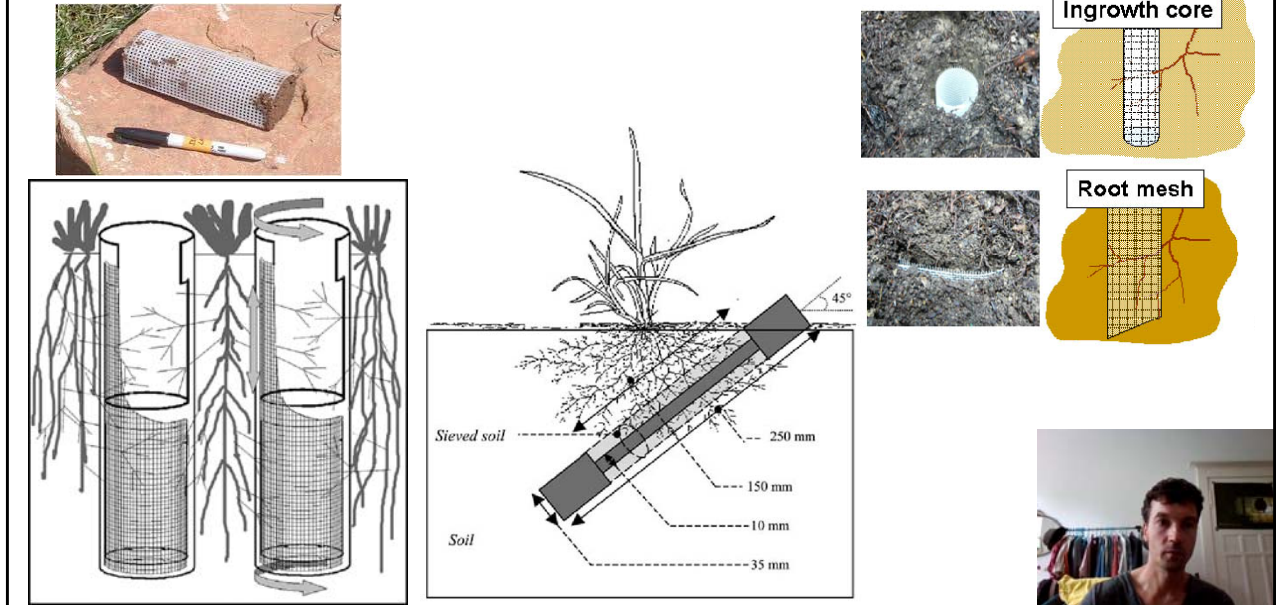
Валова підземна продуктивність



Суху біомасу коріння можна визначати вимиваючи коріння з ґрунтового блоку викопаного лопатою чи ґрунтовою трубкою (взятими, як правило, з глибини до 30 см), коріння звідки промивається, відсіюється чи відбираються вручну та висушується при температурі, що не перевищує 70 С, до стабільної маси. Для довготривалих експериментів та недеструктивного вивчення взаємодії коріння культур використовують ризотони – прозорі бокси чи ями для деревних культур. В них можна визначати довжину коріння та на її основі – біомасу попередньо визначивши специфічні для кожної культури індекси перерахунку. Також в них добре вивчати формування дрібного коріння.

(Halbritter et al., 2020)

Валова підземна продуктивність



Окремо можна вивчати формування дрібного, поглинаючого коріння, що у багаторічних культур формується та відмирає щороку (на відміну від великого, транспортуючого коріння) загалом становлячи до 25% загальної продукції наземної біомаси. Окрім дослідження проб ґрунту, які відбирають щокількатижнів, можна вкопувати заповнені ґрунтом марлеві мішечки чи сітчасті циліндри з діаметром чарунок 2 мм, в які буде вростати коріння. Якщо дослідження проводять на великому профілі глибини ґрунту, ці мішечки чи циліндри потрібно заповнювати ґрунтом наявних горизонтів у відповідній послідовності. Колонки можна встановлювати горизонтально для дослідження формування коріння на різних глибинах чи під кутом до поверхні ґрунту аби отримувати інформацію про ріст культур як з мичкуватим, так і зі стрижневим корінням. Більш достовірну картину даватимуть колонки меншого діаметру. Також замість мішечків можна використовувати шматки тканини або кореневі сітки. Це менш деструктивний метод вивчення дрібного коріння. Також використовуються більш технологічні методи: міні ризотони та трубки і екрани для підземних фотознімків. На отриманому цими методами коріння можна також вивчати азотне голодування рослин інкубуючи коріння у розчині, що містять нітрати на йони амонію з ізотопом нітрогену N15, вміст якого потім визначається мас

спектрометрію.

Фотосинтетична активність



Фотосинтетична активність є непрямим показником продуктивності та ефективності зв'язування карбону полікультурами. Фотосинтез як правило досліджують з використанням портативних систем вимірювання газообміну. Ці системи дозволяють також вимірювати ряд інших параметрів, зокрема транспірацію, дихальцеву провідність та концентрацію CO₂ у тканинах рослин. Існує ряд параметрів фотосинтезу, зокрема швидкість дихання у темній фазі фотосинтезу, точка світлової компенсації, квантова ефективність та швидкість фотосинтезу за умови світлового насичення. Їх виводять з кривих зміни швидкості фотосинтезу зі зміною освітлення та зі зміною концентрації вуглекислого газу, і ряд приборів можуть змінювати значення цих змінних, будувати криві і самостійно розраховувати ці параметри. Якщо такої можливості немає, вимірюють максимальну інтенсивність фотосинтезу в умовах світлового насичення. Такий вимір проводять в період максимальної фотосинтетичної активності листя, з середини до кінця ранку, оскільки посушливі умови у другій половині дня викликають закриття дихалець, зменшення поглинання CO₂, і, відповідно, зменшення фотосинтезу. Для розрахунку зв'язування карбону протягом дня вимірювання проводять від світанку до заходу сонця. Також вимірювання проводять в пік періоду активного росту рослини, оскільки старіння та в'янення сповільнює швидкість фотосинтезу. Для проведення вимірів

обирають повністю розвинене гарно освітлене листя. Оскільки вимірюється зміна концентрації газів, вимірювання не слід проводити у вітряну погоду та на вологому листі. Посушливі умови знижуватимуть інтенсивність фотосинтезу, тому виміри слід проводити після нещодавнього поливу чи дощу. Існують й інші методи вимірювання фотосинтезу, що базуються на аналізі стабільних ізотопів карбону. А також на флюоресценції хлорофілу, що в поєднанні з вимірюванням газообміну дозволяє судити про розподіл енергії між фотосинтезом та диханням.

Літаючі комахи



Літаючих комах (запилувачів, паразитоїдів та шкідників) можна вивчати за допомогою пасток. Існує 2 типи пасток: пастки-вікна та сітки Малеза. Пастки-вікна краще підходять для дослідження на відкритій місцевості. На скло можна наносити силует птаха, аби птахи бачили пастку та не билися об скло. Можна використовувати перехрещені під прямим кутом скільця чи пластини, аби не результати дослідження не впливав напрям вітру. Такі пастки зокрема краще підходять для дослідження диких видів бджіл.

Жовті пастки-чашки приваблюють запилювачів, попеліть та ос-паразитоїдів. Окрім жовтого кольору комах приваблюватиме також зафарбування, що відбиває ультрафіолетові промені. Для більш достовірного результату можна використовувати пастки різних кольорів (як правило, жовтого, синього та білого) або відповідно до переважаючого кольору квітучої рослинності. Вони мають завжди трохи підвищуватися над довколишньою рослинністю, їх встановлюють на відстані не меншій ніж 5 м одна від одної (враховуйте це при плануванні розміру та взаєморозміщення ваших експериментальних ділянок). Жовті пастки можна комбінувати з пастками-вікнами.

Пастки малеза склалаються з обтягнутих чорною чи червоною сіткою перпендикулярних стінок накритих білим конусоподібним дахом, до верхівки якого приєднана збірна склінка, заповнена розчином спирту. Комахи летять з

нижньої частини пастки вверх на світло опиняючись зрештою і збірній склянці

Окрім дослідження виборок комах, отриманих за допомогою пасток, можна також збирати усіх комах певної ділянки за допомогою всмоктуючих пасток. Для цього ділянку швидко накривають обтянутим тканиною прямокутником починаючи із завітрянного боку, фіксують пастку заглиблюючи краї рами в ґрунт і всмоктують комах писососом.

Сачки також дозволяють з певним припущенням збирати всіх комах, які знаходяться на певному виді рослин, а отже реконструювати популяцію шкідників чи гільдію запилювачів. Тоді як сітки Малеза уловлюють більше комах ділянки, а отже дозволяють судити про розмаїття видів.

Відловлення комах краще проводити в теплу суху безвітряну погоду. Було встановлено, що запилювачі найактивніші в полудень за температури 29 С. Як правило, дослідження проводять протягом усього світлового дня (12 годин) або ж до досягнення встановленої кількості запилювачів. Відловлених комах відцінують з мильного розчину, яким заповнюють збиральні ємності, і заморожують в пакетиках на застібці або ж поміщають у розчин з 80 чи більше відсотками алкоголю для подальшого вивчення.

Варто враховувати, що ефект полікультур на розмаїття комах, особливо бджіл, часто буде виявлятися починаючи принаймні з другого сезону в результаті збільшення чисельності колоній у попередньому сезоні. До того ж цей ефект майже неможливо досліджувати на малих ділянках, оскільки на поведінку та чисельність комах будуть впливати інші насадження та оселища в межах дальності їх польоту. Комахи більшого розміру літають на довшу відстань (до 10 км), тому більша ймовірність побачити зміни у чисельності дрібних паразитоїдів (хоча й вони можуть переміщуватися по ділянці в межах до 100 м). Чисельність комах загалом та окремих видів варіюватиме також впродовж сезону в залежності від їх життєвих циклів та сезонної наявності квіткових ресурсів. Тому відбір комах варто проводити кілька разів протягом сезону.

Групи запилювачів

insight

Contribute meaningful scientific data by observing pollinators & recording your findings in the app.

| | |
|--|--|
| Bumblebees Long antennae; 2 pairs of wings; round and furry; 8-30mm | Honey bees Long antennae; 2 pairs of wings; striped ginger-brown; 5-15mm |
| Butterflies Club-like antennae; butterflies rest with their wings closed | Moths Feathery antennae; most moths rest with wings open |
| Solitary bees Long antennae; 2 pairs of wings; narrower than bumblebee; 3-15mm | Hoverflies Short club-like antennae; large eyes; hovers or darts in flight |
| Beetles Wing cases meet in the middle in a T shape | Other flies Short antennae; 1 pair of wings; large eyes |

The length of a bee's tongue is proportional to the size of the bee.
Long-tongued bees are often specialists. They prefer a few deep-throated flower species.
Many short-tongued bees drink nectar from a diverse range of flowers.

Bee tongue →

Можна також проводити візуальні спостереження чисельності запилювачів спостерігаючи чи фотографуючи відвідувачів окремої рослини протягом певного періоду часу або ж у досліджуваному секторі чи трансекті ділянки. За фотографіями комах можуть визначати спеціалісти або комп'ютерні алгоритми (або ж самі виконавці досліджень за визначниками місцевих комах). При візуальному спостереженні доцільно класифікувати комах на великі групи, наприклад, джмелі, медоносні бджоли, поодинокі дикі бджоли, повислюхові або дзюрчалки, мухи, оси, метелики). Також можна класифікувати комах за функційними рисами (довгоязикі чи короткоязикі бджоли).

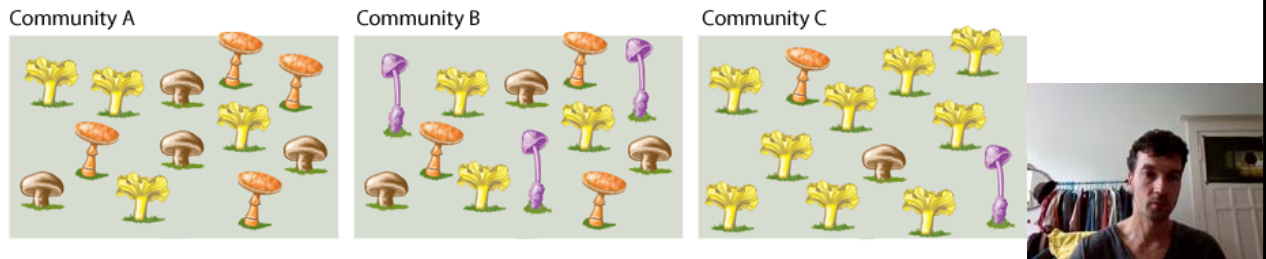
Індикатори біорізноманіття

Видове багатство - кількість видів, представлених у спільноті

Поширеність виду - кількість особин виду у спільноті

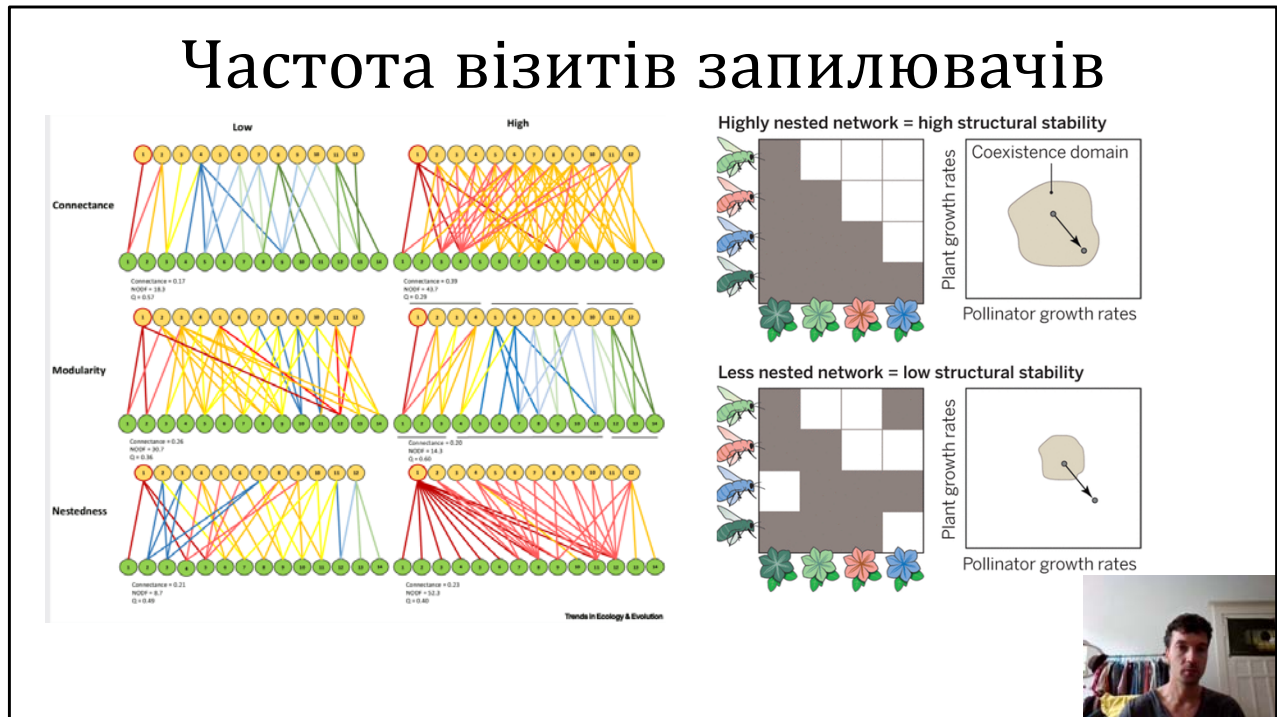
Рівномірність або відносна поширеність виду - відношення кількості особин даного виду до кількості особин інших видів

Розмаїтість видів спільноти - пропорційна як видовому багатству так і відносній поширеності видів у спільноті.



Ідентифікація комах може проводитися до родин, родів чи видів за допомогою визначників місцевих комах. Можна підрахувати загальну кількість комах кожної групи, видове багатство та індекси різноманіття.

Частота візитів запилювачів



Оскільки росини полікультури можуть як полегшувати запилення сусідів з менш привабливими квітами, так і конкурувати з ними за запилювачів, окрім загального підрахунку запилювачів на ділянці може бути доцільним також підраховувати частоту візитів запилювачів для кожної окремої культури за одиницю часу. Шкідливим може бути як дефіцит, так і надмір запилювачів. Занадто висока частота візитів культур певного виду в розмаїтих спільнотах може призводити до зниження запилення через гетероспецифічне перенесення пилку від інших видів або через механічне пошкодження квіток запилювачами. Частоту візитів можна досліджувати як в масштабі ділянки, так і на окремих видах рослин. При дослідженні в масштабі ділянки як правило обирають зону розмірами чи радіусом від 1 до 5 метрів, де визначають загальну кількість комах або кількість комах кожної групи на кожній із рослин протягом певного часу (від кількох хвилин до кількох годин, в залежності від кількості запилювачів на ділянці). Для кожної рослини також фіксують кількість квітів або суцвіть. При дослідженні частоти візитів на окремому виді проводять або спостереження на окремо взятій рослині (зазвичай, 2 цикли по 20 хв), або на трансекті, або ж переміщуючись ділянкою і візуально фіксуючи або відловлюючи запилювачів на рослинах досліджуваного виду. Якщо плануються кількарізкові спостереження, важливо помітити контури

спостережуваної ділянки або трансекту.

На основі зібраних даних реконструюють гільдію запилювачів певного виду а також розраховують кількість візитів певного виду чи групи запилювачів на квітку. Також можна розраховувати відносну частоту візитів певного виду чи групи запилювачів співвідносячи частоту візитів даного виду рослин із загальної кількості квітів на досліджуваній ділянці. Оскільки запилювачі спочатку обирають харчову ділянку, а в межах неї – окремі квіти, можна також розраховувати частоту візитів ділянки, наприклад, для порівняння різних полікультур між собою та з монокультурами.

Можна також розраховувати додаткові індекси, які свідчать про стійкість системи. Зокрема це гніздування або *nestness* – це наявність спільних запилювачів для різних культур ділянки, тобто наявність як генералістів, що запилюють різні культури, так і спеціалістів, що запилюють певні види рослин. Та зв'язаність або *connectance* – відсоток наявних або реалізованих зв'язків між видами від загальної кількості математично можливих зв'язків між видами системи. В системі з високими показниками гніздування та зв'язаності поєднується висока продуктивність з високим біорозмаїттям, коли види-генералісти підтримують існування спеціалізованих взаємодій між видами. Аби встановити найефективніших запилювачів можна також розраховувати кількість пилку, яку запилювач переносить на рильце квітки за один візит. Наявність дефіциту запилювачів можна встановити порівнюючи кількість зав'язі та масу окремих плодів на природно та штучно запилених квітах.

Ще одним простим опосередкованим способом порівняння привабливості запилювачів різними полікультурами є використання еталонних рослин, які розміщують поблизу досліджуваних полікультур вимірюючи на них згодом кількість чи масу насіння або плодів.

Natural Enemies of Insects: Predators

(Natural enemies of insects: Predators, no date; Elbehery, Saleh and El-Wakeil, 2019) **Біоконтроль шкідників**

The collage features several images of natural enemies of insects, categorized into predators and parasitoids. The predators shown include:

- Coccinella septempunctata* (Ladybird beetle)
- Cryptolaus caryae* (Lacewing)
- Stiphodon* sp. (Spider)
- Arachnids* (Spider)
- Bracon cataractae* (Braconid wasp)
- Cryptobius morosus* (Braconid wasp)
- Spalangia* sp. (Hoverfly)
- Gonocoris* sp. (Reduviid bug)
- Diplax aptatorum* (Dragonfly)
- Othius longipalpis* (Predator)
- Pardosa maculipes* (Spider)
- Spider* (Spider)

The parasitoids shown include:

- A female *Bracon* sp. parasitizing host larvae
- Netelia producta* (Orange ectoparasitoid)
- Adult of *Eulophus pennicornis*
- Adult *Goniozus nephantidis*

A small inset photo shows a man in a room, likely the presenter or author of the content.

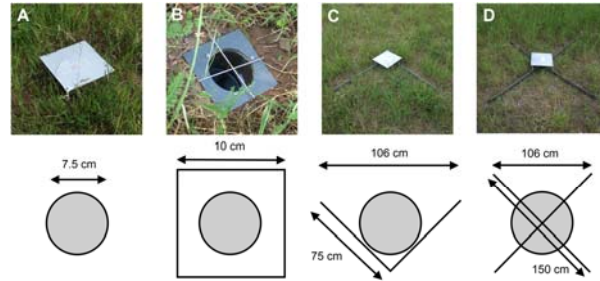
Контроль кількості шкідників здійснюють хижаки, паразити та патогени. Полікультури можуть створювати сприятливі умови для частини з них забезпечуючи їх їжею, зокрема альтернативними жертвами, нектаром і пилком, оселищем, прихистком від мисливців та створюючи сприятливий мікроклімат.

(Spafford and Lortie, 2013; Kim et al., 2017; Boetzel et al., 2018)

Біоконтроль шкідників



Двостороння клейка пастка для літаючих комах



Ловча ямка для повзаючих комах



Трансект прочісування сачком для комах з листя

Можна досліджувати розмаїття, біомасу та активність організмів, що здійснюють біоконтроль. Зазвичай вивчають членистоногих – дрібних ос (паразитоїдів), жужелиць, павуків та комахоїдних птахів. Рідше – жаб, ящірок та кажанів. Відловлюють комах попередньо описаними методами, або ж проводять візуальне спостереження.

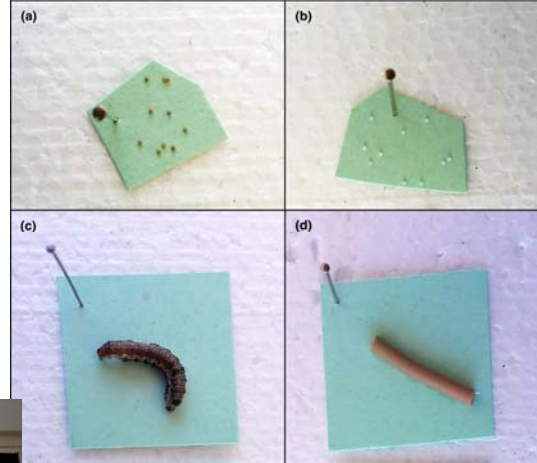
At each of the three permanent sampling stations per site, we placed one double-sided sticky trap (to capture flying insects), one (to capture ground-dwelling arthropods), and one (to capture foliar-dwelling arthropods)

(Boetzl, Konle and Krauss, 2020; Eötvös, Lövei and Magura, 2020; Nagy, Schellhorn and Zalucki, 2020)

Активність мисливців на шкідників






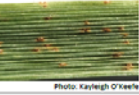







Characteristic marks left by different predator groups on dummy caterpillars. **A**—small mammals, **B**—arthropods, **C**—birds.



Активність мисливців на шкідників визначають за відсотком та швидкість поїдання чи паразитування на шкідниках-індикаторах. Це може бути жива гусінь, попелиці, свіжі чи заморожені яйця шкідників, які приклеюють до карток. Або прикріплені до рослин шматки пластиліну, що імітують гусінь, за відмітками на яких можна зокрема визначити, які саме тварини атакували цих муляжі.

Враженість шкідниками та хворобами

| Class | Description | Picture | Sign | CAUSAL AGENT - MICROBES | CAUSAL AGENT - INVERTEBRATES | Leaf damage | Example | Herbivores |
|----------------|--|---|---|--|------------------------------|---|---|----------------------------|
| Leaf spot | Small round spots appearing on leaves. Fungal or bacterial. |  | A general term for lesions that cause rapid chlorosis which expands and may eventually cause necrosis. Fungal, bacterial, or viral. | | | Leaf damage | | |
| Powdery mildew | White, powdery spots that appear on leaves and stems. Fungal. |  | | | | Chewing – disc shaped (neat) |  | Leaf beetles |
| Downy mildew | Yellow patches on the leaf surface that expand and turn brown. Spores are visible under magnification. Fungal. |  | | | | Chewing – disc shaped, curved (irregular) |  | Leaf beetles/other beetles |
| Rust | Yellow to red hair-like structures covering leaves and stems. Often easily rubbed off with fingers. Fungal. |  | Skeletonized/scraping | Removal of leaf epidermal tissue, causing sections of the leaf to appear translucent. [Image is of leaf with backlight to help identify damaged areas] | | Chewing – rough edge remaining |  | Beetle larvae |
| Mining | Visible, unbroken trail on the leaf surface, often moving erratically. |  | Chewing | Missing segments of leaf either as sporadic spots across the leaf or large sections. | | Chewing – smooth edge, large blocks of leaf removed |  | Larvae |
| | | | Galling | Abnormal growths on plant tissue. | | Leaf mining |  | Larvae |
| | | | | | | Leaf skeletonizing |  | Larvae |

Варто зазначити, що наявність певної кількості шкідників в агроecosистемі є необхідною для функціонування системи біоконтролю. Невелика кількість та велике розмаїття шкідників свідчать про здорову систему.

Можна вивчати кількість шкідників та враженість рослин шкідниками та хворобами. Ці показники можна оцінювати як візуально, так і відбираючи зразки рослин. Дослідження можна проводити на всіх рослинах присутніх на ділянці чи їх органах, на рослинах певних видів чи певних груп (наприклад, родин). Зазвичай симптоми оцінюють на листі відбираючи проби з мінімум 20 листків і досліджуючи їх при додатковому освітленні або під бінокуляром з обох боках листків. Як правило, вивчають повністю розвинене листя, оскільки з віком листя стає більш враженим чи пошкодженим. Зразки відбирають з якомога більшої кількості рослин та з різної висоти на стовбурі. Також можна досліджувати симптоми на листі певної вікової групи чи груп (наприклад, 3 - 5 верхній листок). Враженість рослин оцінюють візуально у відсотках (наприклад, з кроком 10 чи 25%) або за кількістю симптоматичних ділянок. Для враження стовбурів дерев можна підраховувати % враженого околу стебла. [] Для підрахунку відсотка враженої поверхні можна також користуватися сіткою чи точками на сітці, які наносить на скло чи прозору плівку і визначають кількість квадратів чи кількість точок у симптоматичних ділянках. Можна оцінювати відсоток враженого листя,

квітів чи плодів на рослині, відсоток враженої поверхні листя чи відсоток вражених рослин у популяції. Також можна оцінювати категорії симптомів чи пошкоджень шкідниками, що дає інформацію про групу патогенів чи шкідників. Важливо, щоб візуальну оцінку проводила одна особа або одна група дослідників для зменшення похибки суб'єктивної оцінки. Якщо дослідження проводить група важливо, щоб її члени попередньо калібрували свої спостереження на еталонному зразку. Об'єктивним методом оцінки буде комп'ютерна оцінка відсотку вражених ділянок на сканованих зображеннях.

Deficiency Chart of Micronutrients

Boron: Discoloration of leaf buds. Breaking and dropping of buds

Sulphur: Leaves light green. Veins pale green. No spots.

Manganese: Leaves pale in color. Veins and venules dark green and reticulated

Zinc: Leaves pale, narrow and short Veins dark green. Dark spots on leaves and edges.

Magnesium: Paleness from leaf edges. No spots Edges have cup shaped folds. Leaves die and drop in extreme deficiency.

Phosphorus: Plant short and dark green. In extreme deficiencies turn brown or black. Bronze colour under the leaf.

Calcium: Plant dark green. Tender leaves pale. Drying starts from the tips. Eventually leaf buds die.

Iron: Leaves pale. No spots. Major veins green.

Copper: Pale pink between the veins. Wilt and drop.

Molybdenum: Leaves light green/ lemon yellow/orange. Spots on whole leaf except veins. Sticky secretions from under the leaf.

Potassium: Small spots on the tips, edges of pale leaves. Spots turn rusty. Folds at tips.

Nitrogen: Stunted growth. Extremely pale color. Upright leaves with light green/yellowish. Appear burnt in extreme deficiency.

THE COLOUR REPRESENTED ARE INDICATIVE. THEY MAY VARY FROM PLANT TO PLANT

СИМПТОМИ

Guide to Nutrient Deficiency Symptoms

Image credit: Pinterest/pin/4465823151519091587

Симптоми враження шкідниками можуть нагадувати симптоми нестачі поживних речовин чи дії стресів через посуху, спеку, паморозки, засолення, алелопатичні чи токсичні впливи. Тому треба знати невеликі відмінності між симптомами для коректного визначення. Відкушені, пожовані краї листя та оголені рослинні волокна будуть свідчити саме на користь пошкодження шкідником. Окрім того, симптоми нестачі поживних речовин можуть також свідчити зокрема про враження кореневими шкідниками.

Простим способом дослідження вмісту поживних речовин у ґрунті є висадка на експериментальних ділянках рослин-індикаторів, наприклад, кукурудзи, на якій симптоми нестачі поживних речовин були добре вивчені.

Посилання



- (25) Classification of weeds based on life span/Ontogeny - YouTube (no date). Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=Wu3PVWFSdOY> (Accessed: 29 June 2022).
- Bartholomé, O. and Lavorel, S. (2019) 'Disentangling the diversity of definitions for the pollination ecosystem service and associated estimation methods', *Ecological Indicators*, doi:10.1016/j.ecolind.2019.105876.
- Boetzi, F.A. et al. (2018) 'It's a matter of design-how pitfall trap design affects trap samples and possible predictions', *PeerJ*, 2018(6), p. e5078. doi:10.7717/PEERJ.5078/SUPP-2.
- Boetzi, F.A., Konle, A. and Krauss, J. (2020) 'Aphid cards – Useful model for assessing predation rates or bias prone nonsense?', *Journal of Applied Entomology*, 144(1–2), pp. 74–80. doi:10.1111/jen.12692.
- Dashiell, C.D. et al. (2017) 'Insect herbivory on snow gum (*Eucalyptus pauciflora*, Myrtaceae) saplings near the alpine treeline: the influence of local- and landscape-scale processes', *Australian Journal of Botany*, 65(7), pp. 582–592. doi:10.1071/BT17129.
- Duelli, P., Obrist, M.K. and Schmatz, D.R. (1999) 'Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects', *Invertebrate Biodiversity as Bioindicators of Sustainable Landscapes*, pp. 33–64. doi:10.1016/B978-0-444-50019-9.50006-6.
- Elbehery, H., Saleh, M. and El-Wakeil, N. (2019) 'Propagation and application of larval parasitoids', *Cottage Industry of Biocontrol Agents and Their Applications: Practical Aspects to Deal Biologically with Pests and Stresses Facing Strategic Crops*, pp. 49–71. doi:10.1007/978-3-030-33161-0_2/COVER/.
- Eötvös, C.B., Lóvei, G.L. and Magura, T. (2020) 'Predation Pressure on Sentinel Insect Prey along a Riverside Urbanization Gradient in Hungary', *Insects* 2020, Vol. 11, Page 97, 11(2), p. 97. doi:10.3390/INSECTS11020097.
- Fischer, C., Thies, C. and Tschamtko, T. (2011) 'Mixed effects of landscape complexity and farming practice on weed seed removal', *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 13(4). doi:10.1016/j.ppees.2011.08.001.
- GEOB 373 Dot Grid Instructions (no date). Available at: https://ibis.geog.ubc.ca/courses/geob373/labs/dot_grid_instructions.html (Accessed: 1 July 2022).
- Gestel, C.A.M., Kruidenier, M. and Berg, M.P. (2003) 'Suitability of wheat straw decomposition, cotton strip degradation and bait-lamina feeding tests to determine soil invertebrate activity', *Biology and Fertility of Soils*, 37(2). doi:10.1007/s00374-002-0575-0.
- Griffiths, B.S. et al. (2016) 'Selecting cost effective and policy-relevant biological indicators for European monitoring of soil biodiversity and ecosystem function', *Ecological Indicators*, 69. doi:10.1016/j.ecolind.2016.04.023.
- Halbritter, A.H. et al. (2020) 'The handbook for standardized field and laboratory measurements in terrestrial climate change experiments and observational studies (ClimEx)', *Methods in Ecology and Evolution*, 11(1), pp. 22–37. doi:10.1111/2041-210X.13331.
- Jowett, K. et al. (2021) 'Above- and below-ground assessment of carabid community responses to crop type and tillage', *Agricultural and Forest Entomology*, 23(1). doi:10.1111/afe.12397.



Отже, ми розглянули основні методи оцінки екосистемних послуг полікультур.
Буду радий відповісти на ваші запитання через Email чи Viber та за потреби
провести індивідуальні чи групові консультації щодо виконання курсової та
дипломної робіт. Бажаю успіхів та перемог!

Посилання

- Kim, T.N. et al. (2017) 'Harvesting biofuel grasslands has mixed effects on natural enemy communities and no effects on biocontrol services', *Journal of Applied Ecology*, 54(6), pp. 2011–2021. doi:10.1111/1365-2664.12901.
- Knapp, M. and Řezáč, M. (2015) 'Even the smallest non-crop habitat islands could be beneficial: Distribution of carabid beetles and spiders in agricultural landscape', *PloS one*, 10(4), p. e0123052.
- Knerl, A. et al. (2018) 'Optimization of Leaf Area Estimation in a High-Density Apple Orchard Using Hemispherical Photography', *HortScience*, 53(6), pp. 799–804. doi:10.21273/HORTSCI12969-18.
- Mao, Z. et al. (2013) 'Modelling root demography in heterogeneous mountain forests and applications for slope stability analysis', *Plant and Soil*, 363(1–2), pp. 357–382. doi:10.1007/S11104-012-1324-2.
- Nagy, R.K., Schellhorn, N.A. and Zalucki, M.P. (2020) 'Fresh, frozen or fake: A comparison of predation rates measured by various types of sentinel prey', *Journal of Applied Entomology*, 144(5), pp. 407–416. doi:10.1111/JEN.12745.
- Natural enemies of insects: Predators (no date). Available at: <https://pt.slideshare.net/icrisatsmco/predators-46571235> (Accessed: 1 July 2022).
- Podgaiski, L.R., Silveira, F.S. and Mendonça Jr., M. (2011) 'Avaliação da Atividade Alimentar dos Invertebrados de Solo em Campos do Sul do Brasil – Bait-Lamina Test', *EntomoBrasilis*, 4(3). doi:10.12741/ebrasilis.v4i3.159.
- Resource Acquisition and Transport in Vascular Plants (no date). Available at: <https://www.slideshare.net/hayabranko/36-lecture-presentation-16973941> (Accessed: 1 July 2022).
- Ruiz-Lupión, D. et al. (2019) 'New litter trap devices outperform pitfall traps for studying arthropod activity', *Insects*, 10(5). doi:10.3390/insects10050147.
- Seastedt, T.R. (1984) 'The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes.', *Annual review of entomology*. Vol. 29 [Preprint]. doi:10.1146/annurev.en.29.010184.000325.
- Spafford, R.D. and Lortie, C.J. (2013) 'Sweeping beauty: Is grassland arthropod community composition effectively estimated by sweep netting?', *Ecology and Evolution*, 3(10), pp. 3347–3358. doi:10.1002/ECE3.688.
- Trogisch, S. et al. (2017) 'Toward a methodical framework for comprehensively assessing forest multifunctionality', *Ecology and Evolution*, 7(24). doi:10.1002/ece3.3488.
- Weeds (no date). Available at: <https://www.slideshare.net/yoyoyogishinhg/weeds-84016712> (Accessed: 29 June 2022).



Отже, ми розглянули основні методи оцінки екосистемних послуг полікультур.
 Буду радий відповісти на ваші запитання через Email чи Viber та за потреби
 провести індивідуальні чи групові консультації щодо виконання курсової та
 дипломної робіт. Бажаю успіхів та перемог!