

Навчальні модулі
DIALOG

- Powerpoint -

МОДУЛЬ

ОВ04

Організація системи зрошення в плодівництві

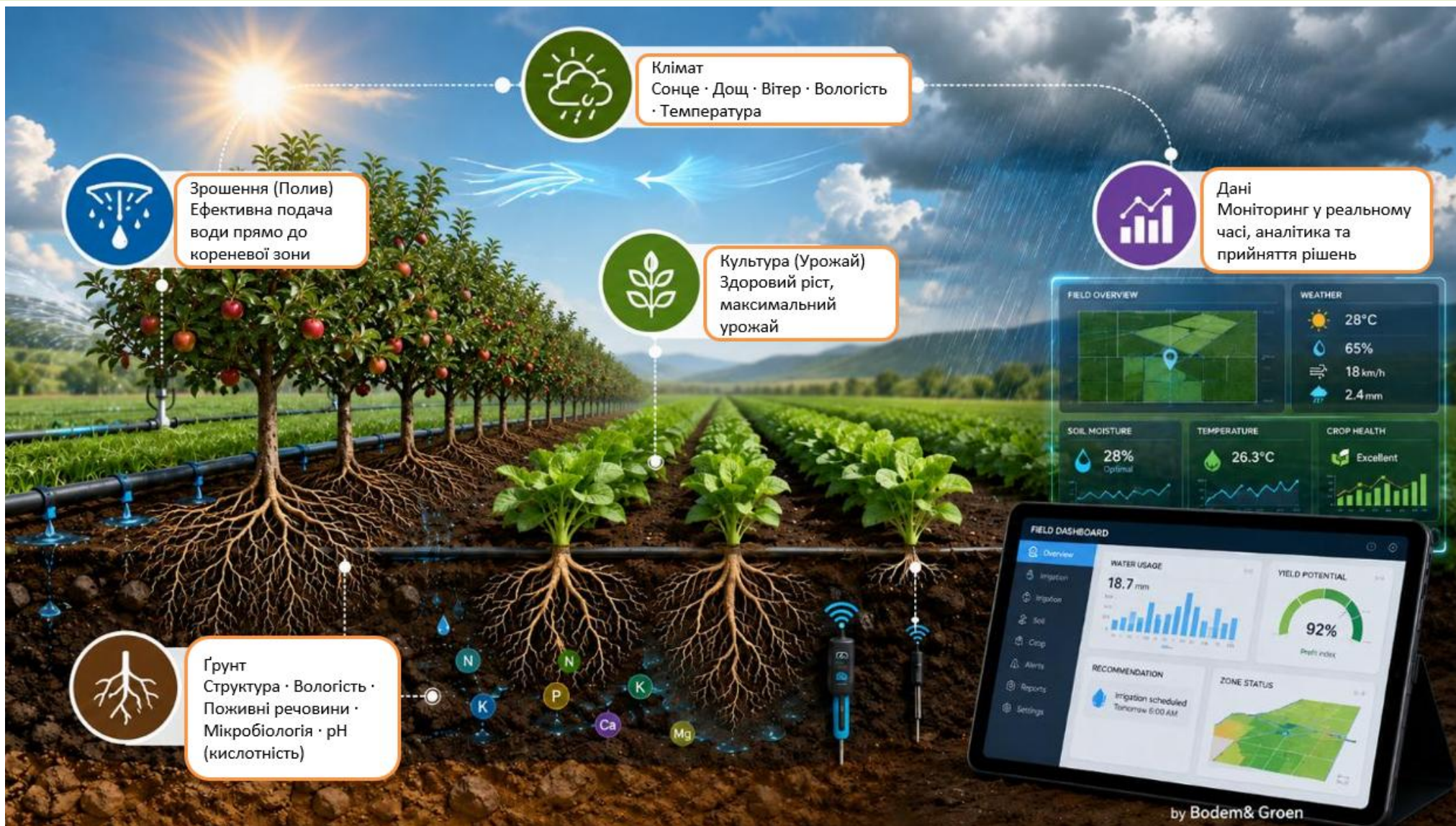
Розрахунок потреби води. Фертигація для
яблуні

Автор: Марсель де Йонг, 2026



Зміст

1. Важливість зрошення
2. Коли і скільки поливати
3. Дощувальне зрошення
4. Крапельне зрошення
5. Критерії вибору системи зрошення
6. Моніторинг вологості ґрунту
7. Рослинні індикатори
8. Гідравлічні принципи зрошення (вимоги до насосів та фільтрації, монтаж, експлуатація, усунення несправностей)
9. Зимовий сезон
10. Полив яблунь



РІШЕННЯ ЩОДО ЗРОШЕННЯ НА ОСНОВІ ДАНИХ



ЗРОШЕННЯ



- Тип системи
- Витрата та тиск
- Рівномірність поливу
- Історія зрошення



КЛІМАТ



- Опади
- Температура
- Вологість
- Швидкість вітру
- Сонячна радіація (ET₀)



ҐРУНТ



- Тип ґрунту
- Вологість ґрунту
- Швидкість інфільтрації
- Вологоутримна здатність
- Глибина кореневої зони



КУЛЬТУРА



- Тип культури
- Стадія росту
- Розвиток коренів
- Коефіцієнт культури (K_c)
- Потенціал урожайності



ДАНІ



- Датчики та IoT
- Польові спостереження
- Історичні дані
- Аналітика та моделі
- Дані в реальному часі



Bodem&Groen
здоровий ґрунт • міцне коріння • сталий розвиток

КЛІМАТ



Температура

Середня температура за місяць (°C)

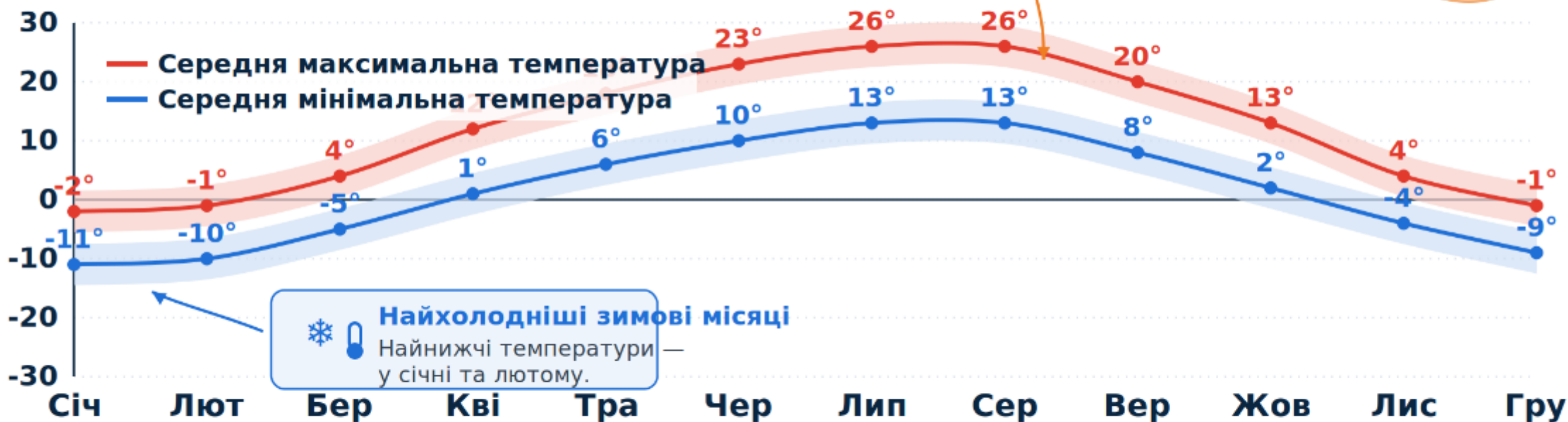


Найтепліші літні місяці

Найвищі температури — у липні та серпні.



Температура (°C)



Найхолодніші зимові місяці

Найнижчі температури — у січні та лютому.



Середнє за рік
≈ 9 °C



Найтепліший період
липень - серпень



Найхолодніший період
січень - лютий

Значення — середньомісячні з оціночною варіацією. Джерело: на основі довідкових кліматичних даних.

Опади

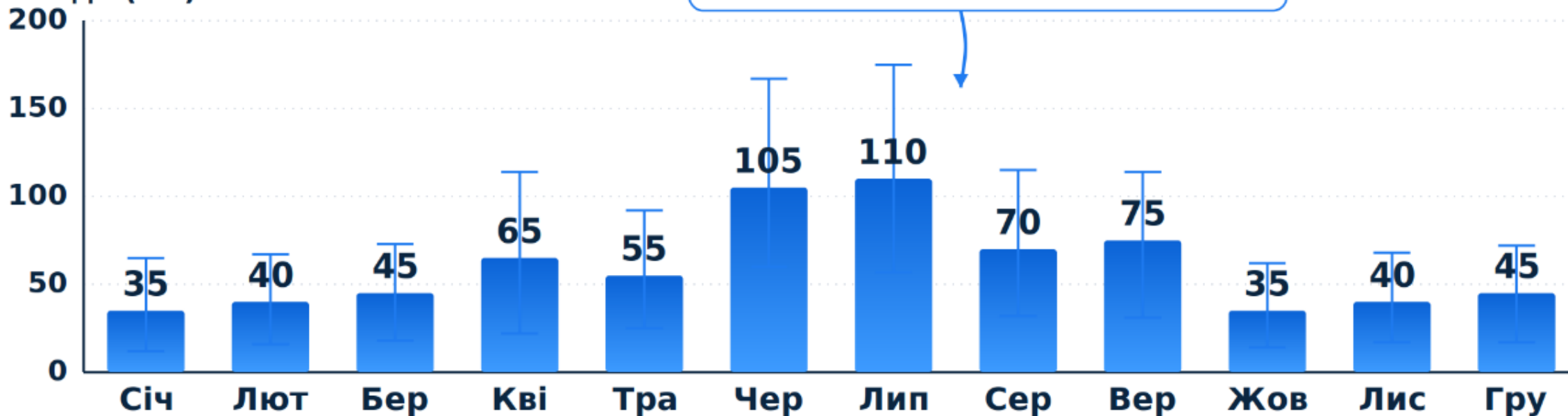
Середня кількість опадів за місяць (мм)



Більш дощові літні місяці

Найбільше опадів випадає у червні та липні.

Опади (мм)



Найсухіші зимові місяці

Менше опадів у січні, лютому та жовтні



Середньорічна кількість

≈ 59 мм

Найбільше опадів

червень–липень
(105–110 мм)



Значення є середніми з оціночними смугами варіації/похибки. Джерело: на основі довідкових даних.

Реалізовано:

Implementiert von:

GFA
CONSULTING GROUP
Generalbeauftragte des BMLEH
Büro Berlin

adit
ADT Project Consulting

Слайд 6

Операційні партнери Україна:
Operative Partner Ukraine:



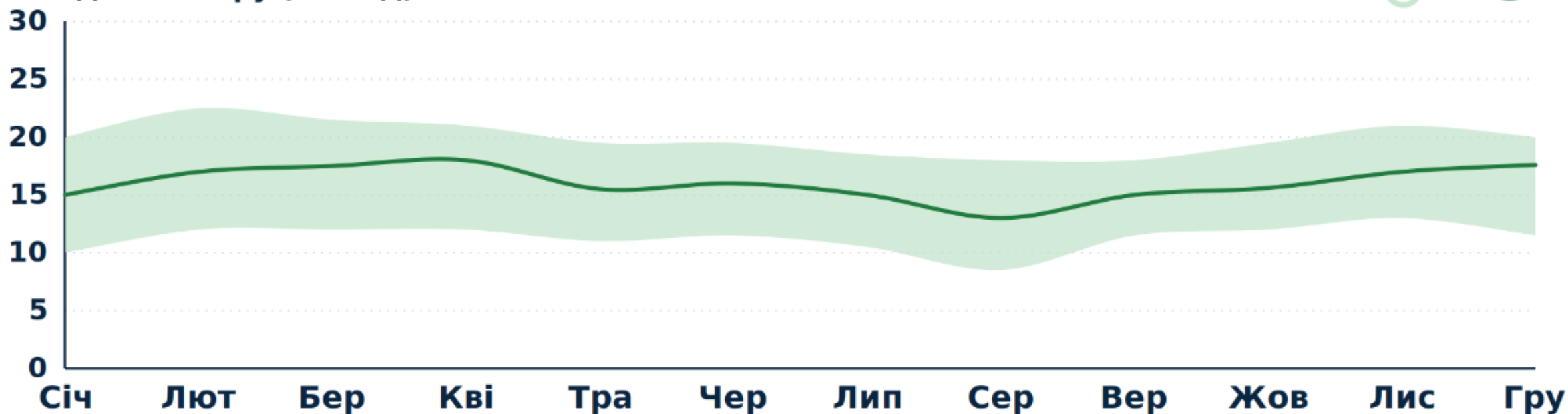


Вітер

Середня швидкість вітру за місяць (км/год)



Швидкість вітру (км/год)



Найсильніший вітер взимку

Груд – бер: вища швидкість вітру.



Найслабший вітер влітку

Чер – сер: нижча швидкість вітру.



Середнє за рік

≈ **16** км/год

Затінена область показує типову варіацію (напр., між нижнім і верхнім процентилями). Джерело: на основі довідкових даних.

Реалізовано:

GFA
CONSULTING GROUP
Generalauftraggeber des BMLEH
Büro Berlin

ADT
ADT Project Consulting

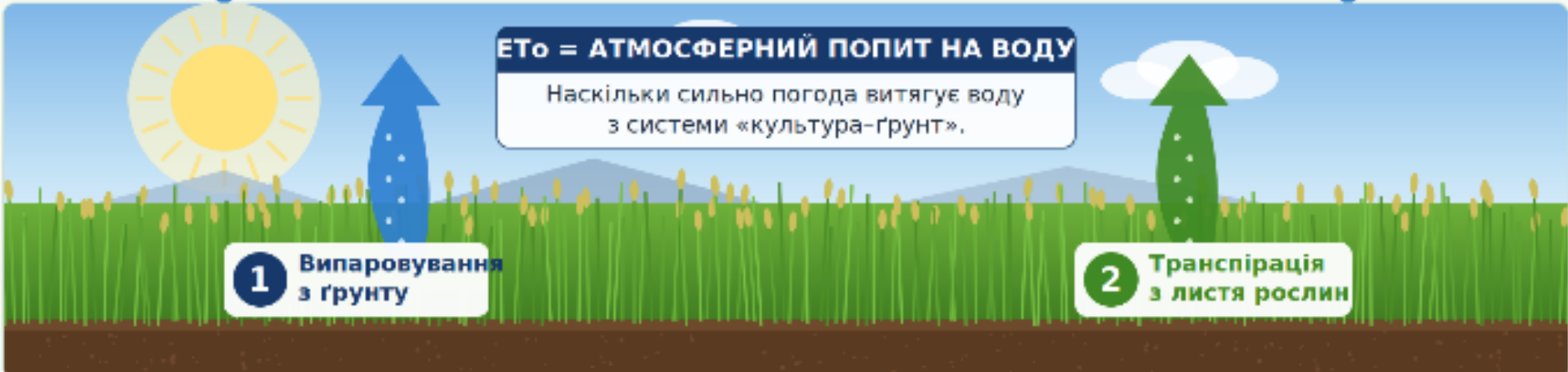
Слайд 7

Операційні партнери України.
Operative Partner Ukraine:



ET_o = ЕТАЛОННА ЕВАПОТРАНСПІРАЦІЯ

Скільки води втрачається з добре зволоженої еталонної культури та поверхні ґрунту



ET_o = АТМОСФЕРНИЙ ПОПИТ НА ВОДУ
Наскільки сильно погода витягує воду з системи «культура-ґрунт».

1 **Випаровування з ґрунту**

2 **Транспірація з листя рослин**

ОСНОВНІ ПОГОДНІ ЧИННИКИ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА ET_o



ТЕМПЕРАТУРА
Тепліша погода збільшує ET_o.



СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ
Більше сонця збільшує втрати води.



ШВИДКІСТЬ ВІТРУ
Вітер відносить вологе повітря та збільшує ET_o.



ВОЛОГІСТЬ
Сухе повітря збільшує ET_o; вологе — зменшує.



ТИПОВА ОДИНИЦЯ
ET_o виражають у міліметрах на добу.



ET_o = 4 мм/добу



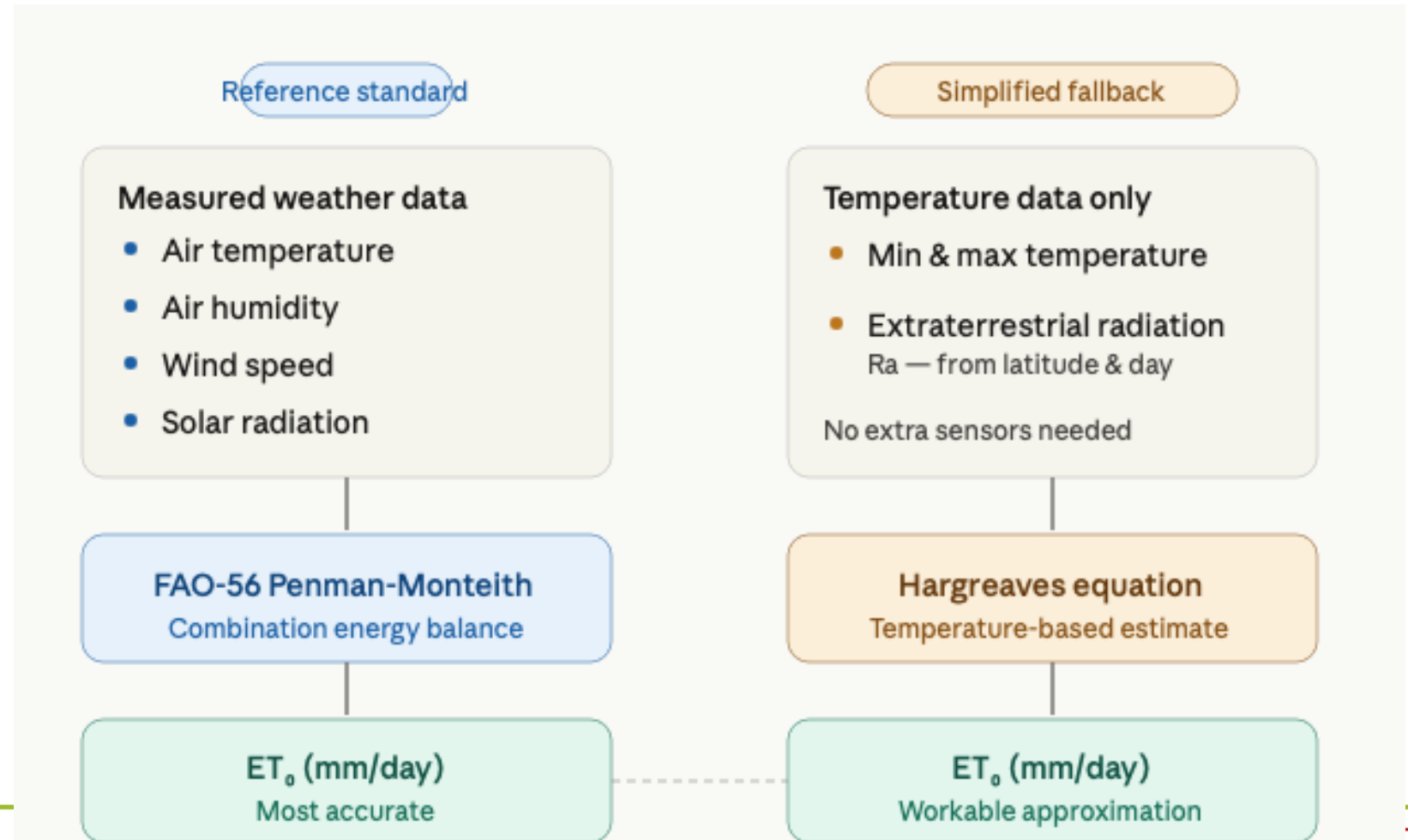
Близько 4 літрів води на квадратний метр за добу.

від Bodem&Groen

КЛІМАТ

ЕТ₀ розраховується на основі щоденних даних про температуру повітря, вологість, швидкість вітру та сонячну радіацію.

ЕТ₀ — це кліматична складова рівня «попиту» у рівнянні зрошення, і спосіб її обчислення залежить від того, що фактично вимірює ваша метеостанція.



Both estimate the same reference ET₀

КЛІМАТ

ЕТо на основі щоденних даних про температуру повітря, вологість, швидкість вітру та сонячну радіацію.

FAO-56 Penman-Monteith

$$ET_0 = [0.408 \cdot \Delta \cdot R_n + \gamma \cdot (900 / (T + 273)) \cdot u_z \cdot (e_s - e_a)] / [\Delta + \gamma \cdot (1 + 0.34 \cdot u_z)]$$

Δ (vapour-pressure slope)	0.157 kPa/°C
γ (psychrometric)	0.065 kPa/°C
R_n (net radiation)	14.7 MJ/m²/d
$e_s - e_a$ (vapour deficit)	1.21 kPa

ET₀

5.3 mm/day

Hargreaves

$$ET_0 = 0.0023 \cdot (T_{\text{mean}} + 17.8) \cdot \sqrt{(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})} \cdot R_a$$

$T_{\text{mean}} + 17.8$	39.3
$\sqrt{(T_{\text{max}} - T_{\text{min}})} = \sqrt{13}$	3.61
R_a (as evaporation)	16.4 mm/d
$0.0023 \times 39.3 \times 3.61 \times 16.4$	—

ET₀

5.4 mm/day

Penman-Monteith



5.3 mm/d

Hargreaves

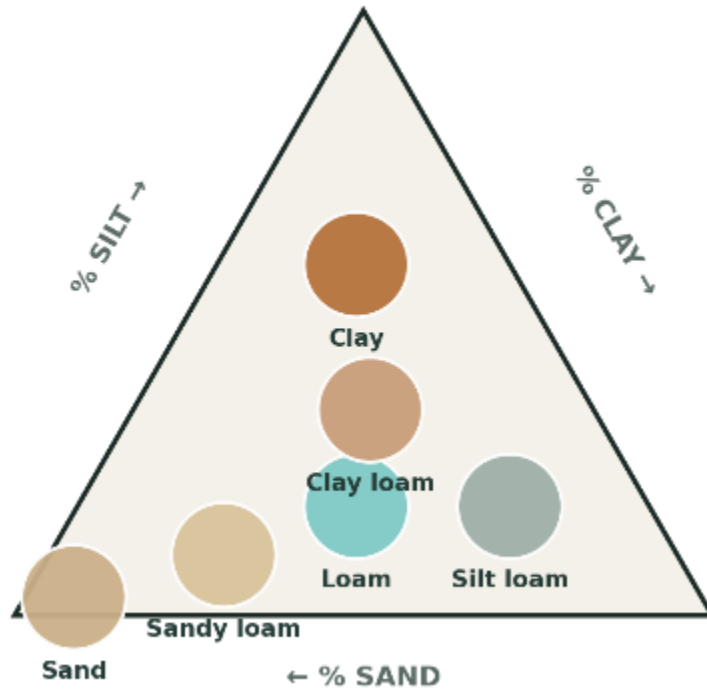


5.4 mm/d

Scale 0–6 mm/day · difference ≈ 0.1 mm/day (~2%) on this calm, moderately humid day

ҐРУНТ

Водоутримуюча здатність ґрунту



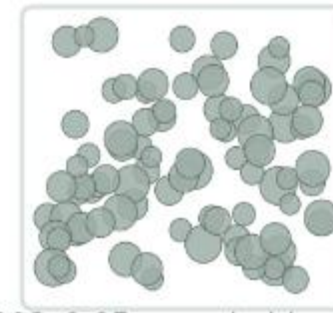
Класифікація текстури ґрунту за USDA

Піщаний



0.05–2 mm · drains fast

Суглинки



0.002–0.05 mm · holds water

Глинистий

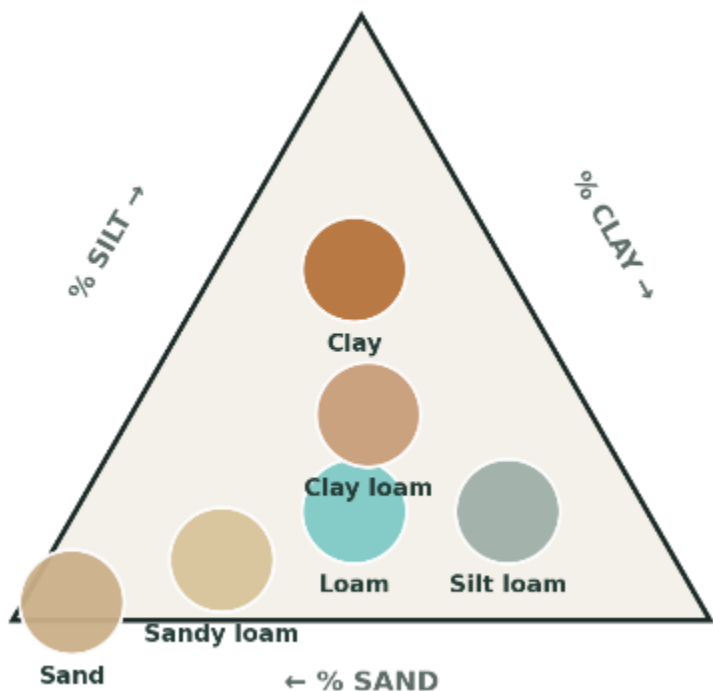


<0.002 mm · holds tight

- Розмір частинок визначає розмір пор, а розмір пор визначає, як вода рухається та утримується.
- Пісок: великі пори → швидко дренається, низька ємність, висока інфільтрація.
- Глина: дрібні пори → міцно утримує воду, повільне вбирання, значна кількість води недоступна для коренів.
- Суглинок / суглинко-мулистий ґрунт: баланс — великий корисний резервуар.

ҐРУНТ

Текстура визначає правила



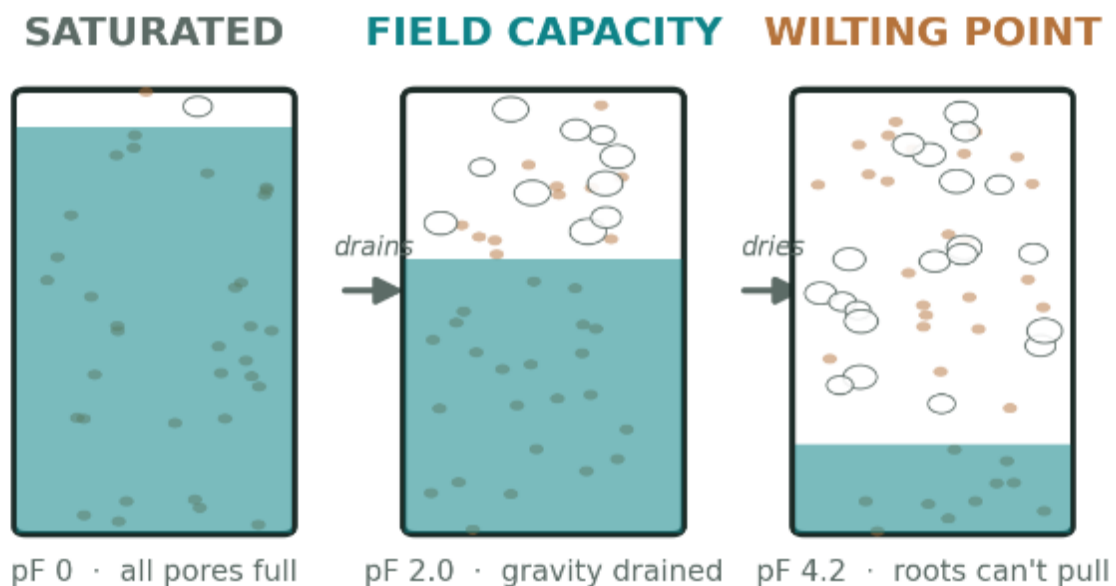
Класифікація текстури за USDA



- Розмір частинок визначає розмір пор — а розмір пор визначає, як рухається і утримується вода.
- Пісок: великі пори → швидко дренується, низька ємність, висока інфільтрація.
- Глина: дрібні пори → міцно утримує воду, повільне вбирання, значна кількість води недоступна для коренів.
- Суглинок / суглинко-мулистий ґрунт: баланс — великий корисний резервуар.

ҐРУНТ

Як ґрунт утримує — і віддає — воду



Вода, доступна для рослин

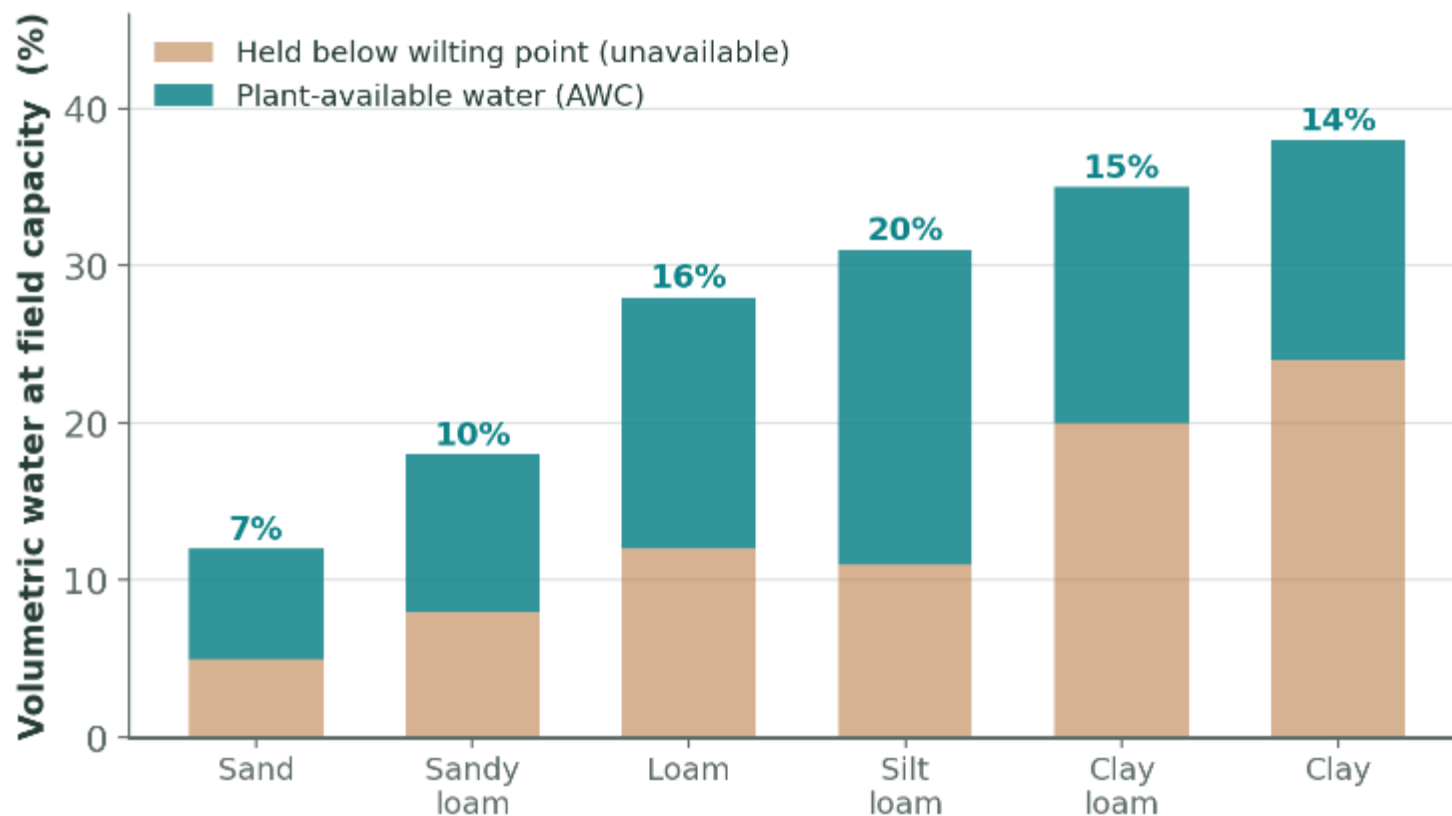
= θ (польова вологоємність) – θ (точка в'янення)

- Вище польової вологоємності гравітація відводить воду протягом одного-двох днів.
- Нижче точки в'янення вода утримується настільки міцно, що коріння не може її витягнути.
- Проміжок між цими значеннями — це резервуар, яким ви керуєте за допомогою зрошення.

Від насиченого стану до дренажного (польова вологоємність) і до в'янення

ҐРУНТ

Кількість доступної води залежить від типу ґрунту



● Перемагають мул і суглинок

- Найбільший запас, доступний для рослин, на метр ґрунту.

● Пісок = невеликий запас

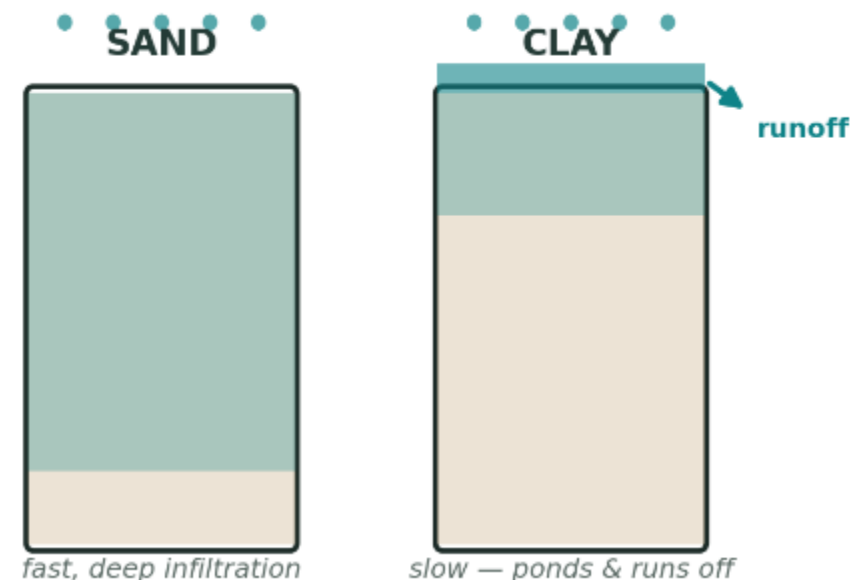
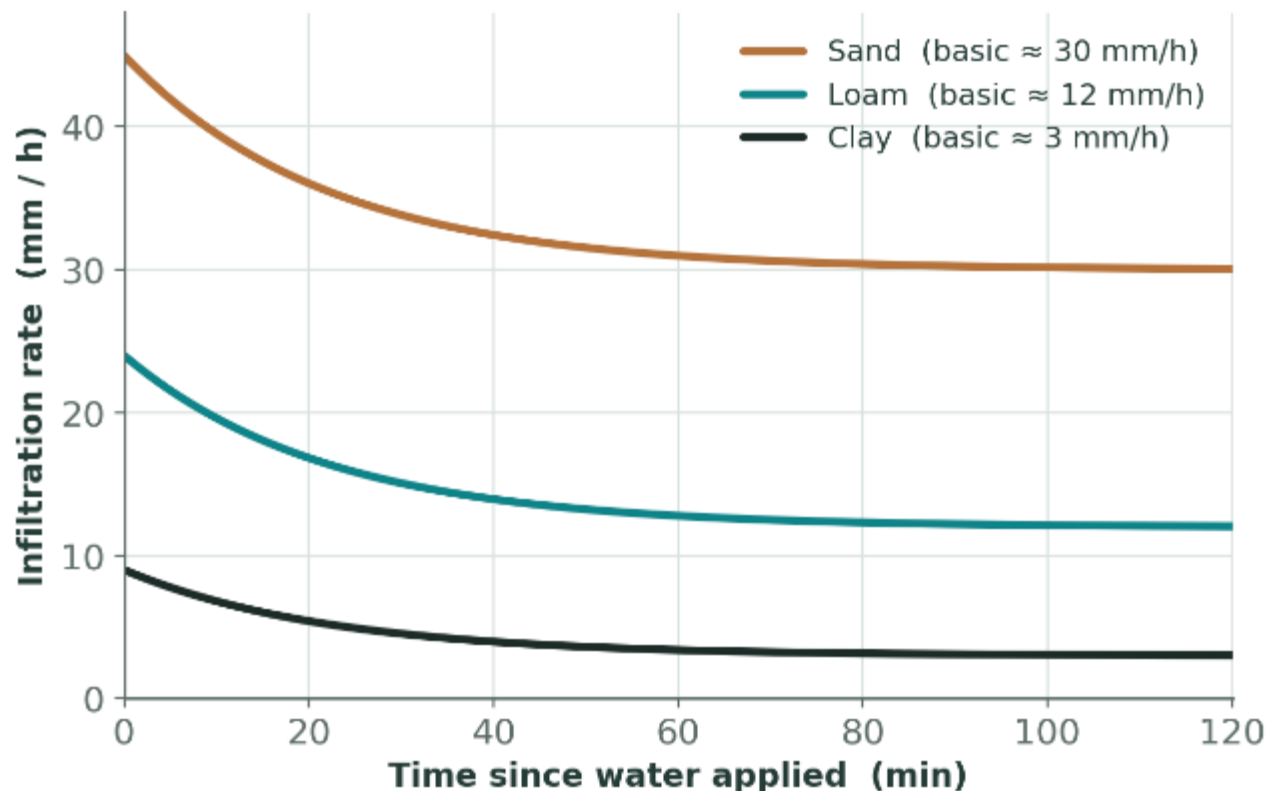
- Мало і часто: невеликі дози, короткі інтервали, стежте за вимиванням.

● Глина може вводити в оману

- Високий загальний вміст води, але значна її частина заблокована нижче точки в'янення.

ҐРУНТ

Швидкість проникнення води в ґрунт



Збалансуйте швидкість подачі з поглинанням.

Якщо подавати воду швидше, ніж ґрунт її поглинає, вона буде застоюватися і стікати — це так звана «глиняна пастка». Подавайте воду зі швидкістю, що не перевищує базову швидкість інфільтрації.

ҐРУНТ

Крива pF

Водоутримання ґрунту та субстрату — та зрошення

$$pF = \log_{10} |h|$$

сила всмоктування — у см водяного стовпа — яку корінь повинен подолати, щоб витягнути воду з пор



ПОЛОВА ЄМНІСТЬ $pF\ 2,0 \cdot 100\text{ см} \cdot \sim 10\text{ кПа}$

Після гравітаційного дренажу — найвологіший корисний стан



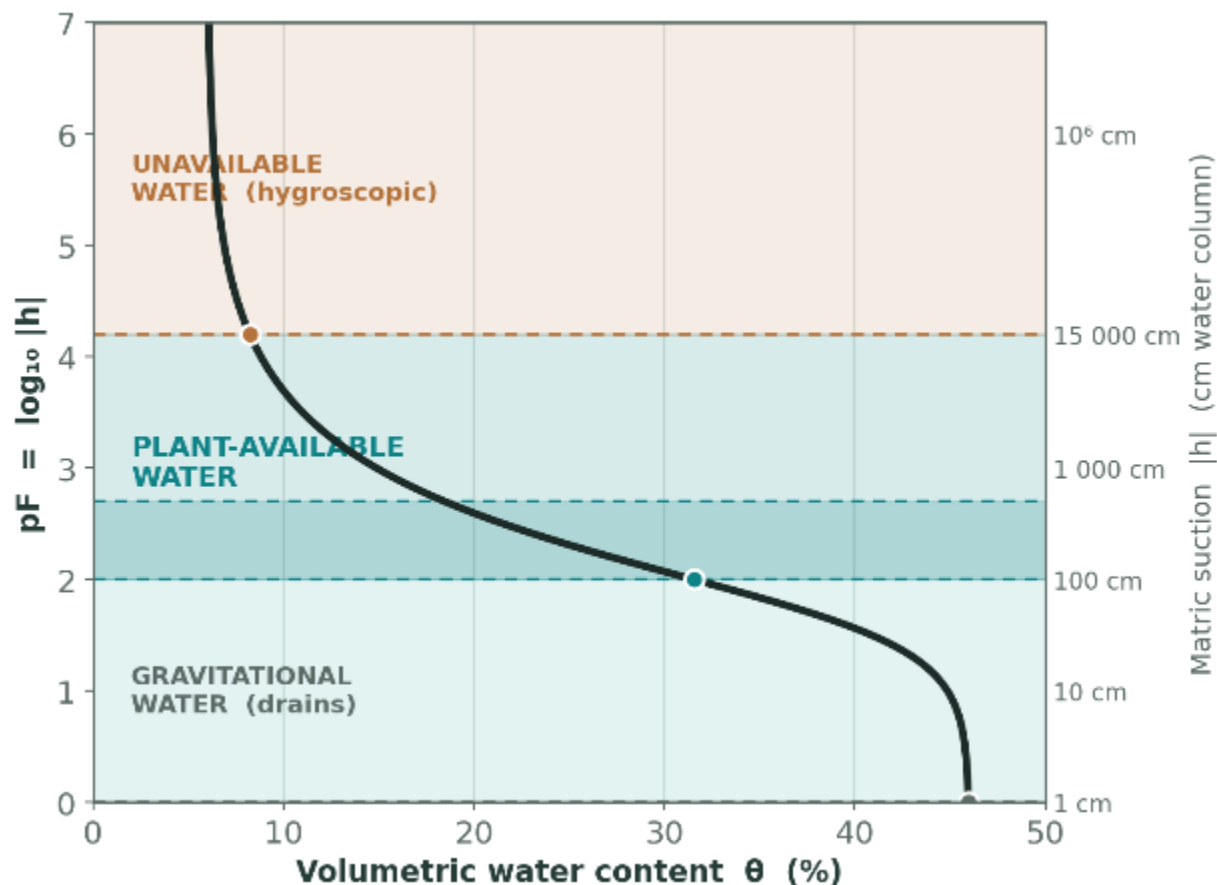
ТОЧКА В'ЯНЕННЯ $pF\ 4,2 \cdot 15\ 000\text{ см} \cdot 15\text{ бар}$

Коріння більше не може витягувати воду — рослина в'яне



ВОДА, ДОСТУПНА ДЛЯ РОСЛИНИ $\theta(FC) - \theta(PWP)$

Резервуар, який ви фактично зрошуєте для поповнення



Характеристична крива: вміст води зменшується із зростанням сили всмоктування (pF)

ҐРУНТ

Крива pF

Водоутримання ґрунту та субстрату — та зрошення

$$pF = \log_{10} |h|$$

сила всмоктування — у см водяного стовпа — яку корінь повинен подолати, щоб витягнути воду з пор



ПОЛОВА ЄМНІСТЬ $pF\ 2,0 \cdot 100\text{ см} \cdot \sim 10\text{ кПа}$

Після гравітаційного дренажу — найвологіший корисний стан



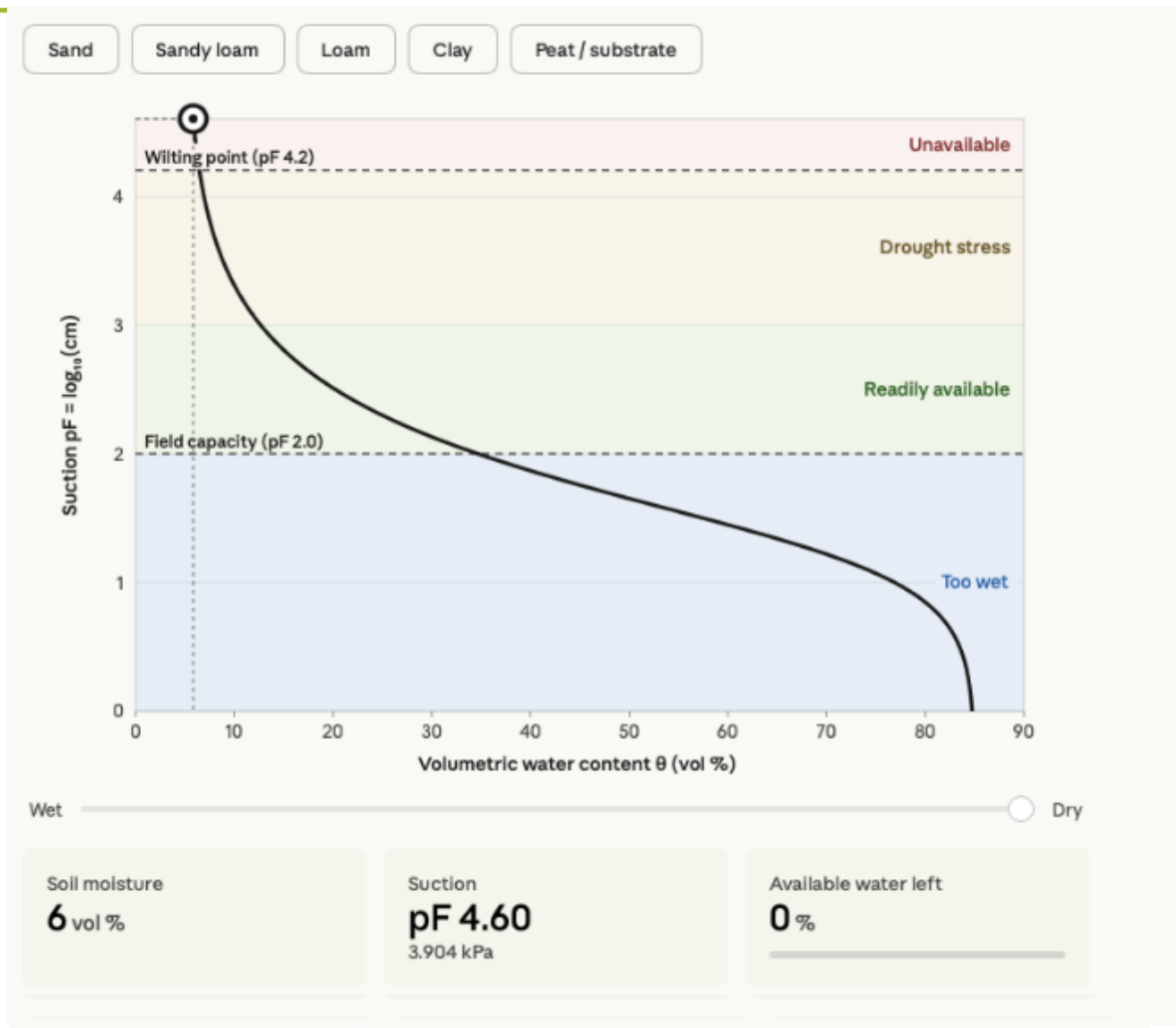
ТОЧКА В'ЯНЕННЯ $pF\ 4,2 \cdot 15\ 000\text{ см} \cdot 15\text{ бар}$

Коріння більше не може витягувати воду — рослина в'яне



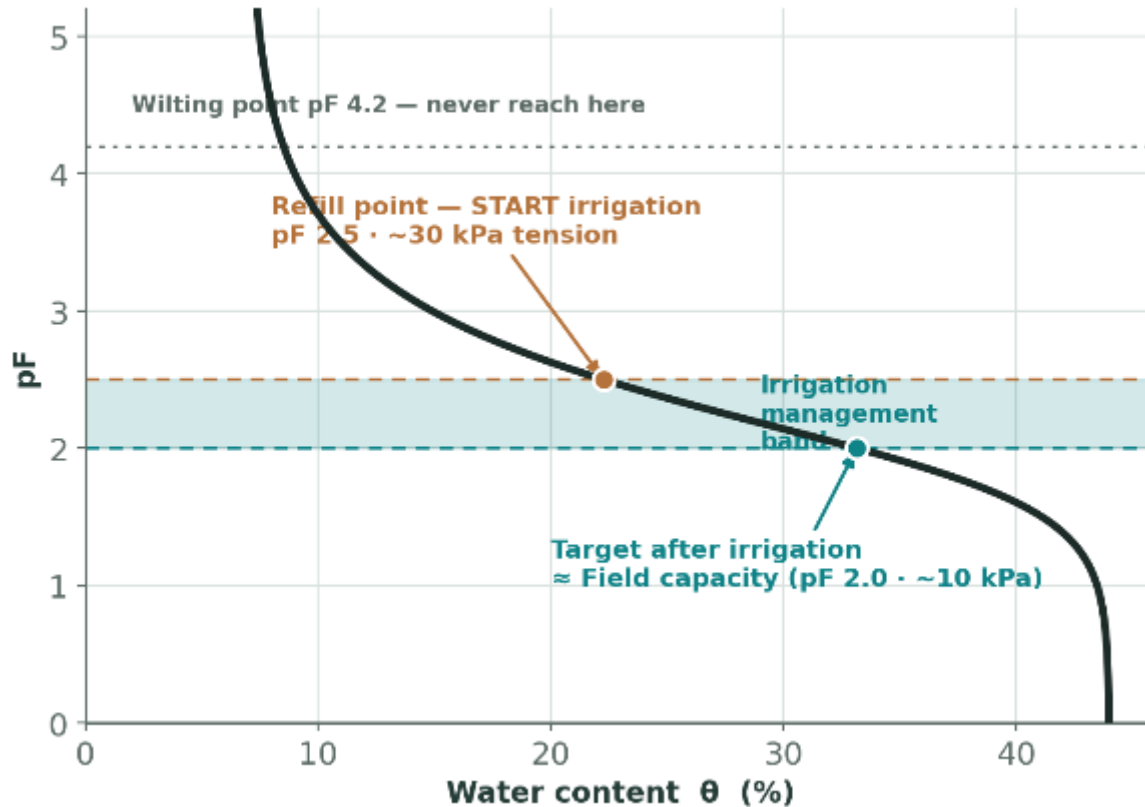
ВОДА, ДОСТУПНА ДЛЯ РОСЛИНИ $\theta(FC) - \theta(PWP)$

Резервуар, який ви фактично зрошуєте для поповнення

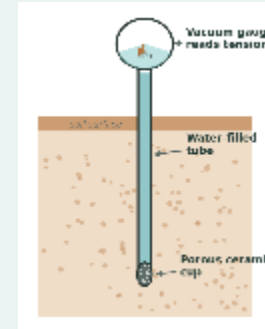


ҐРУНТ

Застосування кривої потенціалу води (pF) у зрошуванні



Зрошуйте в межах діапазону: поповнюйте запаси води до настання стресу, орієнтуйтеся на польову вологоємність



Зчитуйте показники на полі

Тензіометр безпосередньо вимірює силу всмоктування — актуальне значення pF у кореневій зоні.

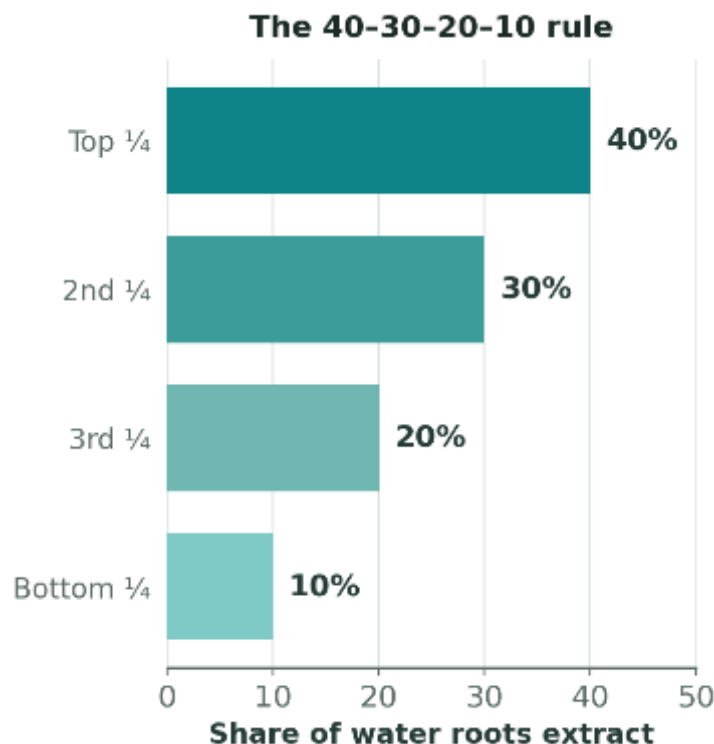
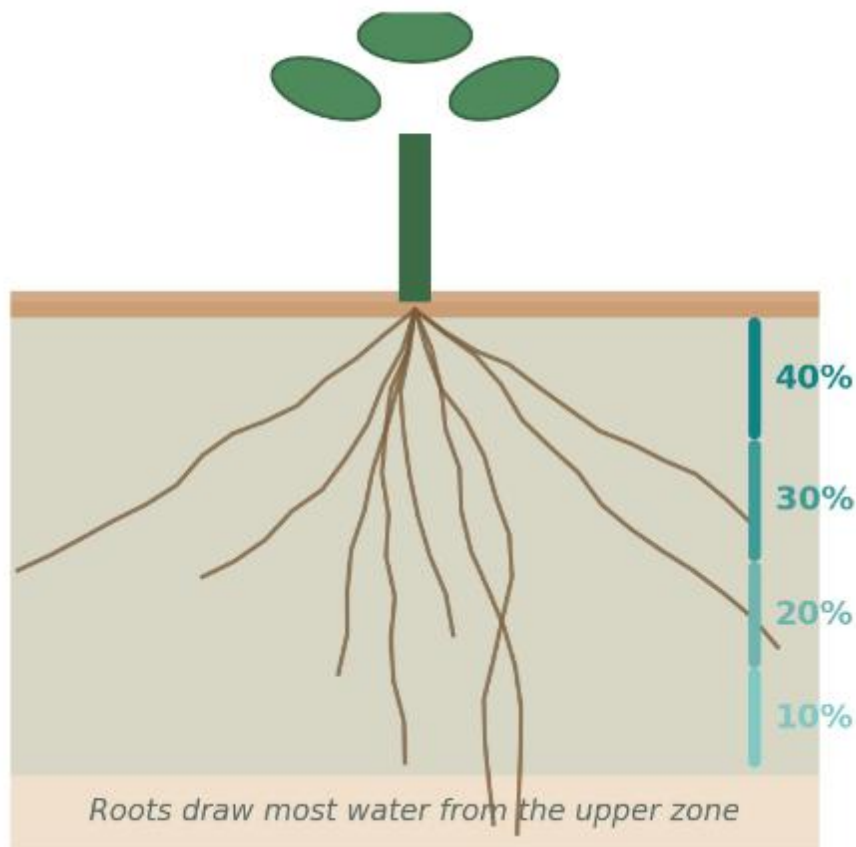
Запускайте зрошення при заданому напруженні; крива перетворює його на дефіцит води.

Типові порогові значення для початку зрошення

Система / культура	Поповнення при
Піщаний ґрунт	pF 2,3 · ~20 кПа
Суглинок / суглинистий ґрунт	pF 2,5–2,7 · 30–50 кПа
Лохина в кокосовому субстраті	pF 1,7–2,0 · 5–10 кПа
Троянди / рослини в горщиках (субстрат)	pF 1,8–2,1 · 6–12 кПа

ҐРУНТ

Як коріння черпає воду з резервуара



- Більша частина води надходить із верхньої зони коренів.
- Глибина проникнення коренів × доступна вода = корисний запас.
- Глибші корені = більший запас між поливами.
- Утримуйте активну зону в комфортному діапазоні — не доводьте до в'янення.

ЗРОШЕННЯ

Важливість зрошення



ЧОМУ ЗРОШЕННЯ МАЄ ЗНАЧЕННЯ



Підтримує стабільний
ріст культур



Покращує
врожайність та якість



Зменшує стрес від
посухи



Підвищує ефективність
використання води

Правильне зрошення = здоровіші культури, кращі врожаї та ефективніше використання води



ЗРОШЕННЯ

Важливість зрошення



ОСНОВНІ ГРУПИ КУЛЬТУР



Яблуневі сади



Капуста



Цибуля



Морква



Червоний буряк



Правильне зрошення = здоровіші культури, кращі врожаї та ефективніше використання води



ЗРОШЕННЯ

Важливість зрошення



ПОШИРЕНІ СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Крапельне зрошення



точне, водоощадне,
ідеальне для яблуневих
садів та овочів.

Мікродощування



корисне для яблуневих
садів, забезпечує більшу
площу зволоження.

Дощування



добре для
встановлення
культур та
охолодження
овочів.

Поверхнєве / борозенне зрошення



малозатратний
варіант для
рівних полів.

КЛЮЧОВІ ФАКТОРИ ПРОЄКТУВАННЯ



Джерело та якість води
Текстура ґрунту та
глибина коренеутворення
Цінність культури та
схема висадки
Рельєф та планування
поля
Енергопостачання та
фільтрація

BEST PRACTICES



Підбирайте систему
відповідно до культури та
ґрунту



Зрошуйте відповідно до
потреб культури



Регулярно обслуговуйте
фільтри та промивайте
лінії



Контролюйте тиск та
рівномірність



Використовуйте
фертигацію обережно та
ефективно

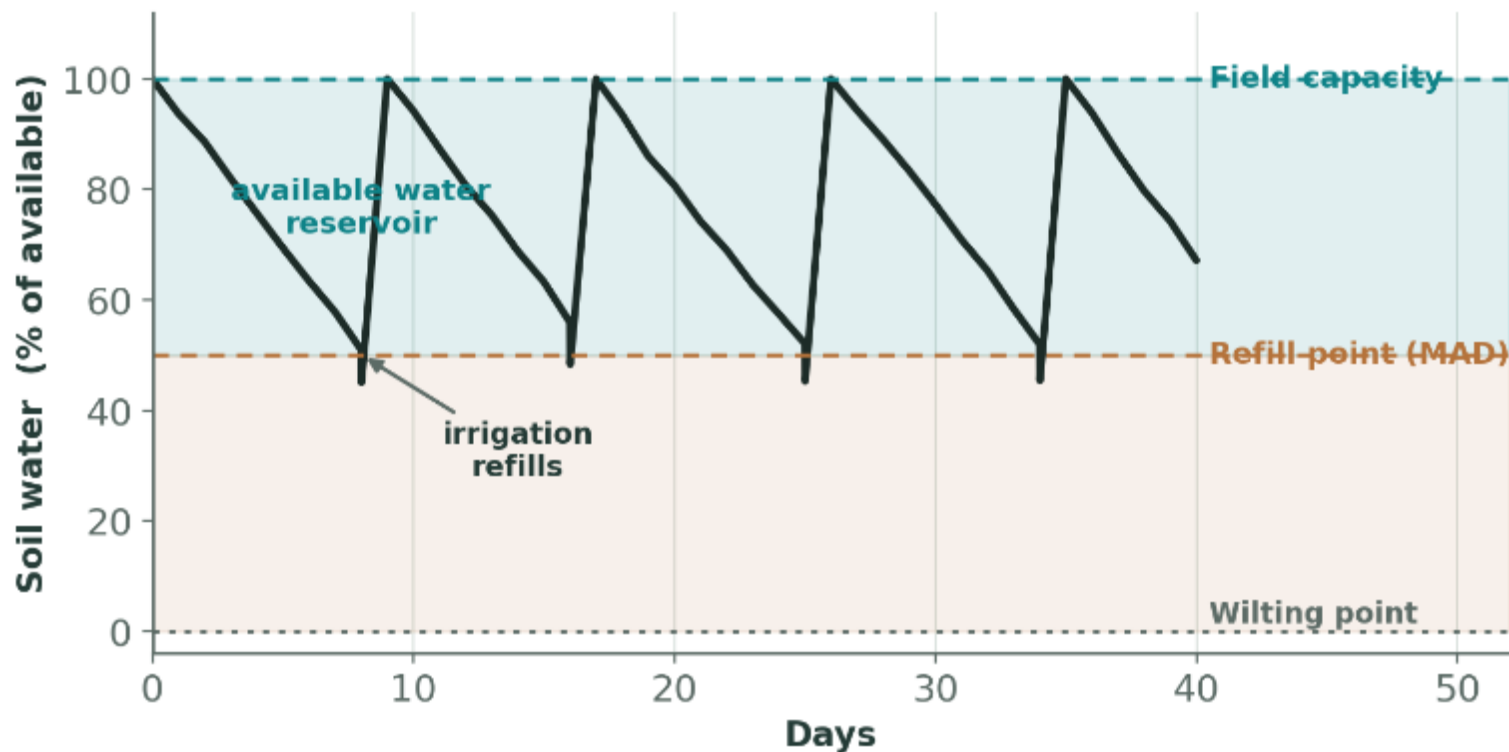


Правильне зрошення = здоровіші культури, кращі врожаї та ефективніше використання води



ЗРОШЕННЯ

Коли і скільки поливати



КОЛИ

- У точці поповнення — дозволений вичерпання запасів (часто ~50% доступної води).

СКІЛЬКИ

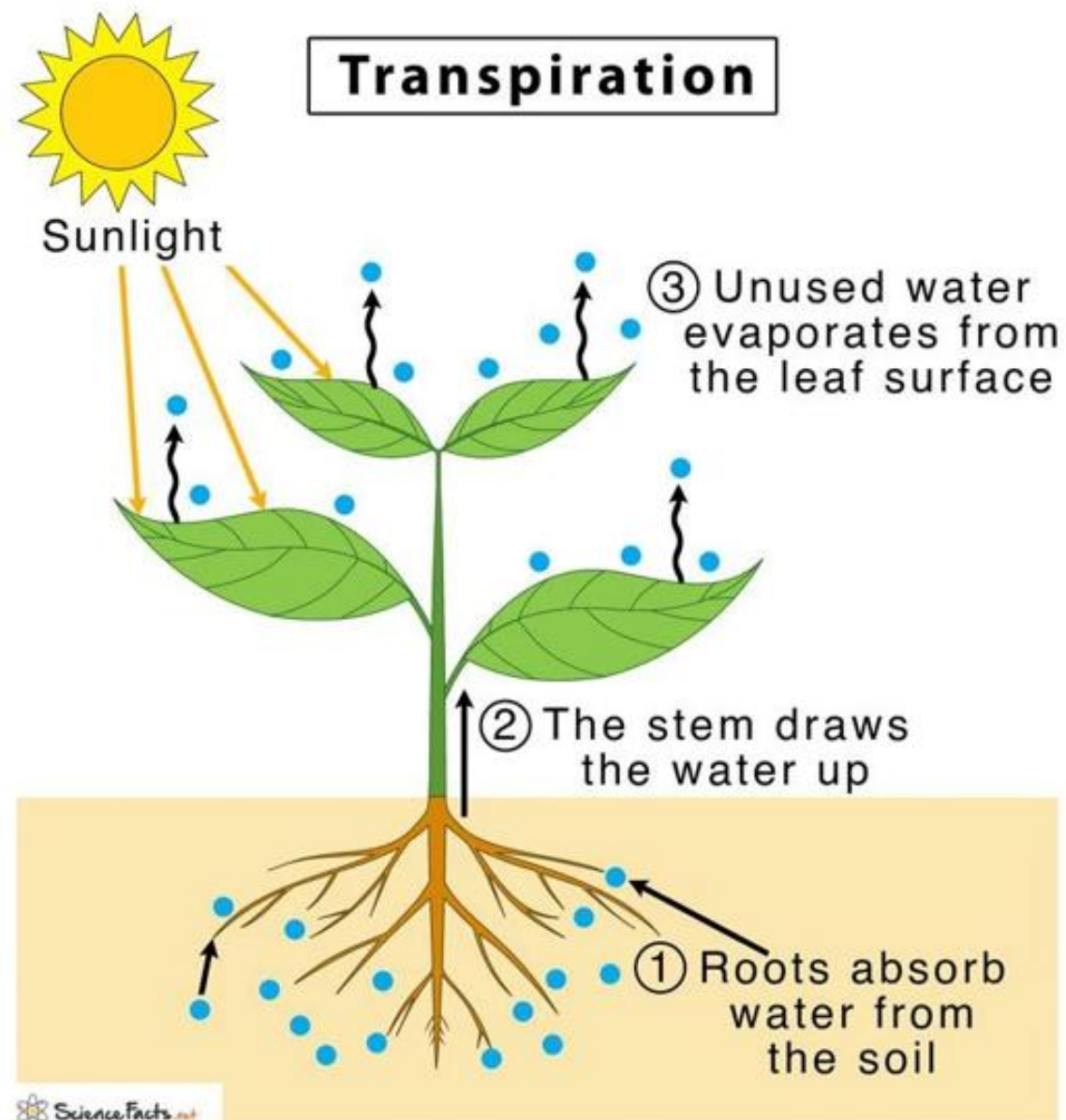
- Достатньо, щоб заповнити кореневу зону до польової вологості.

ЧИСТА ГЛИБИНА

- $\approx \text{доступна вода} \times \text{MAD} \times \text{глибина коренів, з урахуванням ефективності системи.}$

ВИПАРОВУВАННЯ — ТРАНСПІРАЦІЯ

Поглинання води рослин



ЗРОШЕННЯ

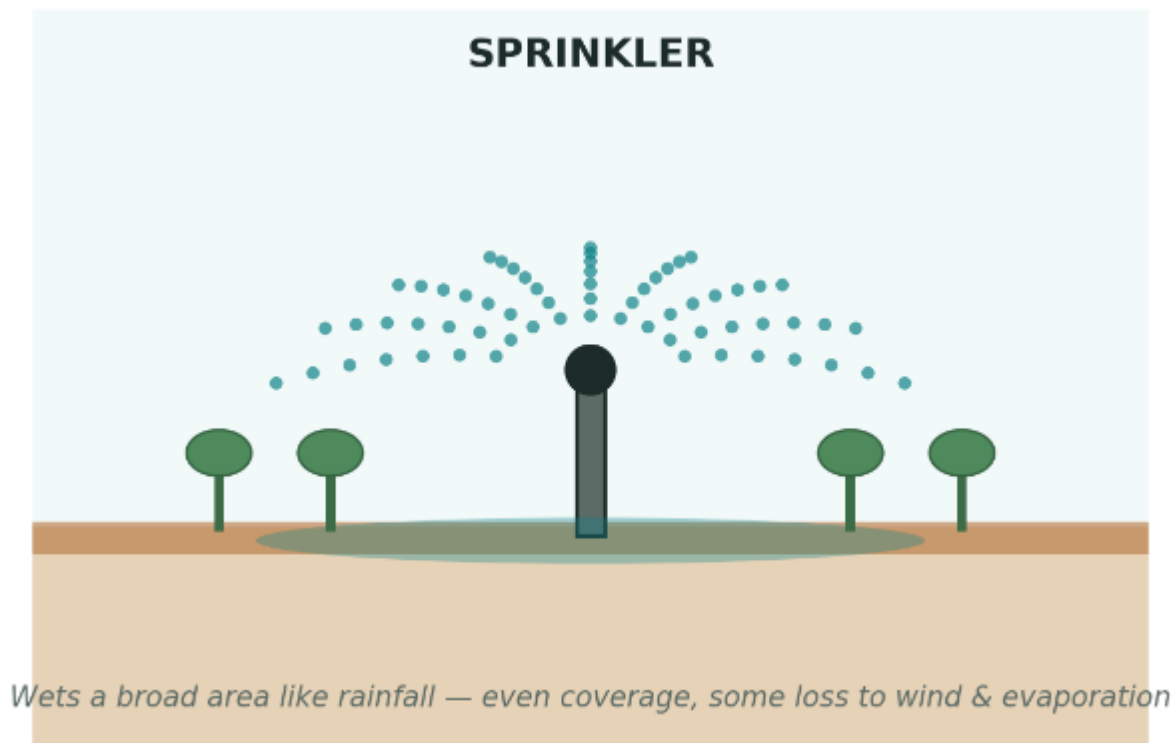
Надземні спринклери



ЗРОШЕННЯ

Зрошення за допомогою спринклерів

Зволожує велику площу, як дощ, за допомогою напірних форсунок, розташованих зверху.



Переваги

- Рівномірне покриття всього поля
- Підходить для культур, висаджених на невеликій відстані одна від одної
- Може охолоджувати / захищати від заморозків

На що слід звернути увагу

- Втрати від вітру та випаровування
- Вологе листя → ризик захворювань
- Зберігайте норму нижче рівня поглинання глини

ЗРОШЕННЯ

Розпилювач під деревом



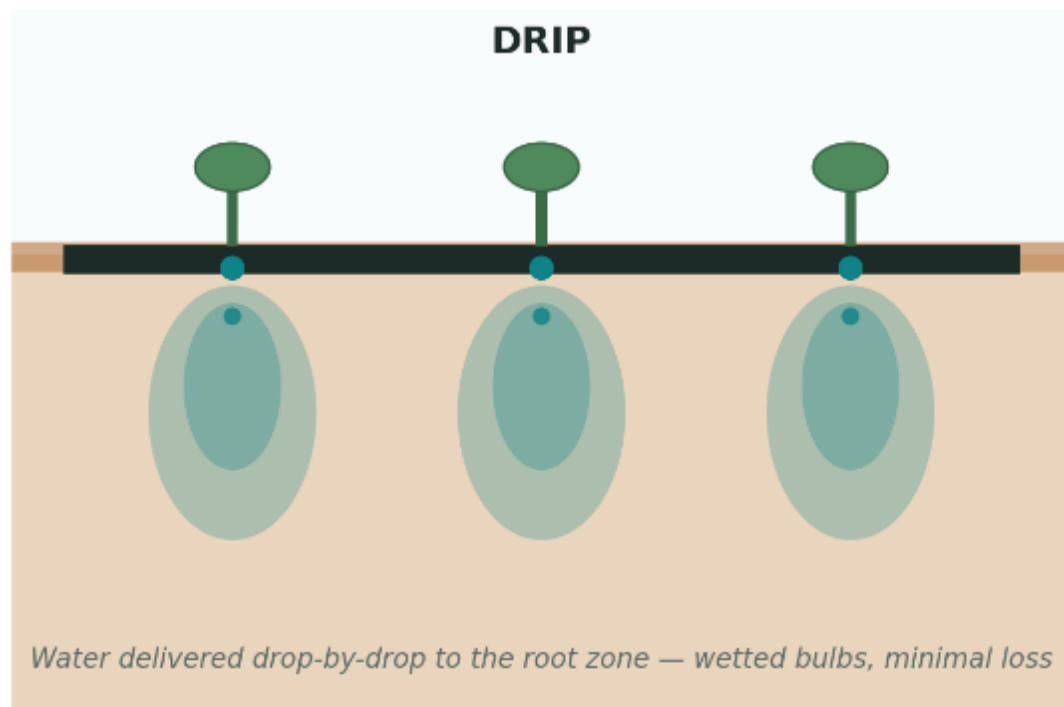
ЗРОШЕННЯ

Мікрозрошувач

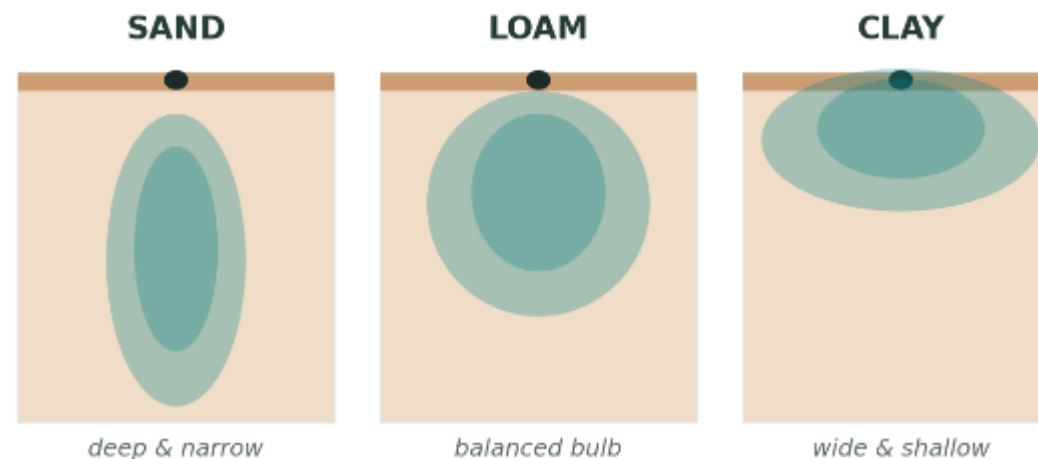


ЗРОШЕННЯ

Крапельне зрошення



Найкраще підходить для високоцінних культур, культур, що вирощуються рядами та на субстраті, а також для солоної води та нерівної місцевості.



Форма вологого термометра залежить від типу ґрунту

- Пісок: глибокий, вузький термометр → розміщуйте крапельниці ближче одна до одної.
- Глина: широка, неглибока колба → розпилувачі можна розміщувати далі один від одного.
- Точне подавання води → найвища ефективність, сухі міжряддя, менше хвороб.

ЗРОШЕННЯ

Поверхневе крапельне зрошення

Поверхневі крапельні лінії розміщують на поверхні ґрунту або підвішують на висоті від 10 до 30 см над нею вздовж кожного ряду дерев. Зазвичай використовують дві конфігурації: одна бічна лінія на ряд дерев, іноді з двома крапельницями на дерево, або подвійна бічна лінія (по одній з кожного боку стовбура), яка застосовується переважно в молодих насадженнях з високою щільністю. Відстань між крапельницями зазвичай становить від 0,3 до 0,75 м уздовж бокової лінії; крапельниці з компенсацією тиску є кращим варіантом для забезпечення рівномірного розпилення по всій довжині ряду та на схилах.

Поверхневі крапельні системи недорогі в установці (зазвичай від 2 500 до 4 000 доларів США/га на матеріали в умовах України 2023 року), прості в огляді та обслуговуванні, а також їх легко модернізувати. Недоліками є вразливість бічних трубопроводів до механічних пошкоджень (від обробки ґрунту, косіння та диких тварин — особливо зайців взимку), вразливість до деградації під впливом УФ-випромінювання (номінальний термін експлуатації сучасних поверхневих крапельних ліній становить від 7 до 12 років) та концентрація кореневих систем поблизу поверхні, що може підвищити вразливість до морозів.



ЗРОШЕННЯ

При підземному крапельному зрошенні (SDI) крапельні відводи розміщуються на глибині від 15 до 30 см під поверхнею ґрунту. Сучасні бічні трубопроводи SDI оснащені крапельницями з антисифонними мембранами, що запобігають проникненню коренів і ґрунту. Перевагами є зменшення випаровування з поверхні ґрунту, повний захист від механічних пошкоджень та УФ-випромінювання, а також відсутність будь-яких перешкод на поверхні для обробітки та збору врожаю. Деякі автори повідомляють про економію води на 10–20 відсотків порівняно з поверхневим крапельним зрошенням яблунь, хоча докази в умовах України є обмеженими.

Основними недоліками SDI у яблуневих садах є складність огляду (проблеми виявляються лише за їхніми наслідками для дерев), необхідність дуже ретельної фільтрації для запобігання засміченню емітерів, яке неможливо усунути промиванням поверхні, та значно вищі витрати на встановлення. Для встановлення бічних труб на однаковій глибині потрібні спеціальні інструменти, а проникнення коренів залишається довгостроковим ризиком у деяких системах. SDI все частіше використовується на нових високопродуктивних українських насадженнях яблуні, де обробіток ґрунту триває протягом усього терміну експлуатації саду і де поверхнєве крапельне зрошення неодноразово пошкоджувалося б.

Підземне крапельне



ЗРОШЕННЯ

Критерії вибору

Вибір системи зрошення для саду повинен ґрунтуватися на ретельній оцінці таких факторів, у приблизному порядку за важливістю:

- Джерело та якість води. Крапельні системи потребують добре фільтрованої води (зазвичай з каламутністю нижче 100 NTU та без великих зважених речовин); мікророзпилювачі можуть працювати з водою нижчої якості; поверхневі системи толерантні до води практично будь-якої якості.
- Наявність капіталу та очікувана окупність. Крапельні системи мають найвищі капітальні витрати (зазвичай від 3 500 до 6 000 доларів США/га в Україні за повністю встановлені системи, включаючи насос, фільтр та фертигацію), але найнижчі експлуатаційні витрати на одиницю виробленої продукції.
- Текстура та глибина ґрунту. Піщані ґрунти підходять для мікророзпилювачів, які забезпечують більший об'єм зволоження, ніж крапельне зрошення; глинисті ґрунти підходять для крапельного зрошення; неглибокі ґрунти потребують частого внесення невеликих обсягів води, що природно забезпечується крапельним зрошенням.
- Топографія та планування саду. На крутих або нерівних ділянках краще використовувати крапельні системи з компенсацією тиску; на великих рівномірних ділянках можна використовувати поверхневі системи.
- Цінність врожаю та інтенсивність управління. Високощільні, високоцінні насадження преміальних сортів виправдовують використання крапельного зрошення; для садів з меншою цінністю можуть бути кращими менш дорогі системи.
- Енергопостачання та надійність. Системи під тиском вимагають надійного електропостачання або потужного дизельного резервного джерела живлення; поверхневі системи цього не потребують.
- Вимоги щодо захисту від заморозків. Там, де часто трапляються пізні весняні заморозки, а сорт є чутливим, може бути виправданим використання надземної системи зрошення — зазвичай як доповнення до основної системи крапельного або мікрозрошення.
- Наявність робочої сили та технічних навичок. Системи крапельного та мікрозрошення вимагають кваліфікованих операторів, здатних контролювати тиск, промивати фільтри та виявляти проблеми з розпилювачами; поверхневі системи можуть експлуатуватися з меншою технічною підготовкою.

ЗРОШЕННЯ

Критерії вибору

Система	Ефективність (%)	Капітал (USD/га)	Енергія	Фертигація	Захист від заморозків
Борозна	50–70	500–1 500	Немає	Складно	Ні
Басейн	60–75	700–1 800	Низький	Складний	Ні
Навісний спринклер	60–75	3 000–5 000	Високий	Можливий	Відмінно
Зрошувач під деревом	70–80	2 500–4 000	Середній	Добре	Обмежена
Мікророзпилюв ач	80–88	2 800–4 500	Середній	Відмінний	Обмежена
Поверхневий стік	88–95	3 500–5 500	Низький– середній	Відмінний	Ні
Підземне крапельне	90–95	4 500–7 000	Низький– середній	Відмінний	Ні

ЗРОШЕННЯ

Планування?

КОЛИ поливати та СКІЛЬКИ

Планування зрошення відповідає на два питання: КОЛИ проводити зрошення та СКІЛЬКИ води подавати. У українському овочівництві зазвичай використовують три підходи: на основі вологості ґрунту (тензіометри та електронні датчики), на основі стану рослин (візуальне спостереження, температура листяного покриву) та на основі ЕТс (щоденний водний баланс на основі метеорологічних даних). Найбільш надійні графіки поєднують елементи всіх трьох підходів.

CHOOSING AN IRRIGATION SYSTEM FOR AN ORCHARD

Key factors to evaluate, in approximate order of importance



1. Water source and water quality



The first decision factor. Drip systems require well-filtered water, typically below 100 NTU turbidity and free of large suspended solids. Microsprinklers can handle lower-quality water. Surface systems tolerate nearly any water quality.

2. Capital availability and payback



Drip has the highest capital cost, but the lowest operating cost per unit of fruit produced. Typical fully installed drip cost in Ukraine: 3,500–6,000 USD/ha, including pump, filter, and fertigation.

3. Soil texture and depth



Sandy soils often favor microsprinklers because they wet a larger soil volume. Clay soils often favor drip. Shallow soils need frequent low-volume application, which drip provides naturally.

4. Topography and orchard layout



Steep or irregular sites favor pressure-compensating drip. Large uniform orchard blocks may allow surface systems.

5. Crop value and management intensity



High-density, high-value orchards with premium varieties usually justify drip irrigation. Lower-value orchards may be better served by less expensive systems.

6. Energy supply and reliability



Pressurized systems need reliable electricity or strong diesel backup. Surface systems do not require pressurized energy supply.

 DRIP	MICROSPRINKLER	SURFACE
✓ Best for filtered water ✓ High capital cost ✓ Precise, efficient, frequent irrigation ✓ Excellent for high-value orchards	 ✓ Tolerates lower water quality ✓ Larger wetted volume ✓ Good for sandy soils	 ✓ Lowest technology requirement ✓ Tolerates poor water quality ✓ Needs suitable layout and conditions



Best system choice = matching water, soil, topography, economics, and management goals.

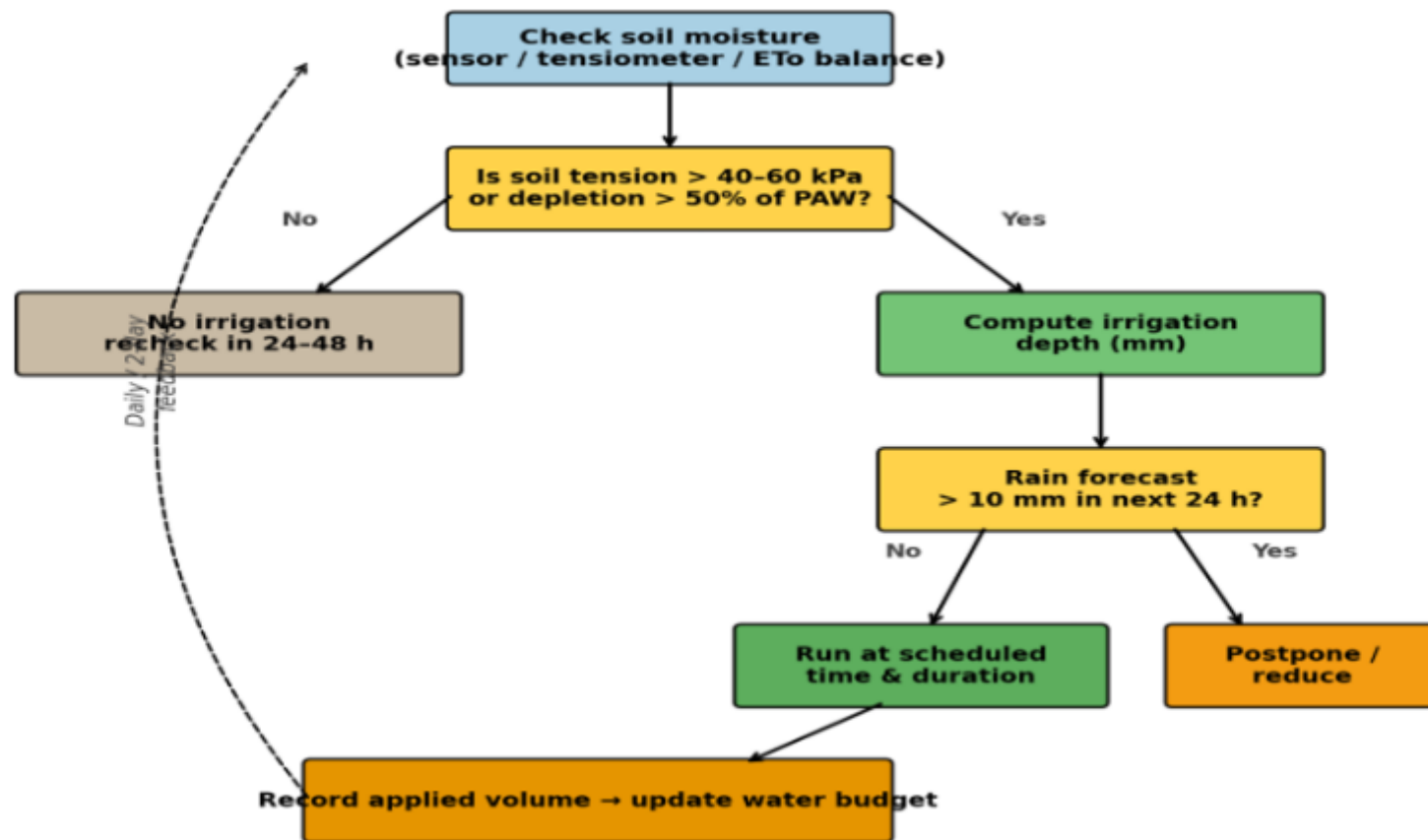


ЗРОШЕННЯ

Планування

Планування — це процес прийняття рішення про те, коли проводити зрошення та скільки води подавати. Це найважливіший фактор, що визначає ефективність зрошення, — набагато важливіший, ніж вибір обладнання. Навіть найдорожча крапельна система дасть погані результати, якщо її експлуатація базується на припущеннях; навпаки, скромна установка мікророзпилювачів, що працює за добре розробленим графіком, забезпечить чудовий урожай та високу якість плодів.

Сучасна практика планування поєднує три основні підходи: безпосередній моніторинг вологості ґрунту, вимірювання водного статусу рослин та розрахунок потреби у воді на основі даних про погоду. Найбільш надійні графіки використовують принаймні два з цих трьох підходів, а інші слугують для перехресної перевірки. У цьому розділі по черзі описано кожен метод, а наприкінці наведено інтегрований процес прийняття рішень, який використовується на практиці.



МОНІТОРИНГ

Моніторинг вологості ґрунту

Ручний

Пряме вимірювання вологості ґрунту є найбільш інтуїтивним підходом до планування та становить основу більшості операційних систем. У повсякденному комерційному використанні застосовуються три групи методів: методи на основі напруги (тензіометри та датчики матричного потенціалу), методи на основі вмісту води (ємність, рефлектометрія в часовій області та нейтронний зонд) та лабораторний стандарт — гравіметричний відбір проб. Кожен з них вимірює різні фізичні властивості та має своє відповідне призначення.



МОНІТОРИНГ

Моніторинг вологості ґрунту

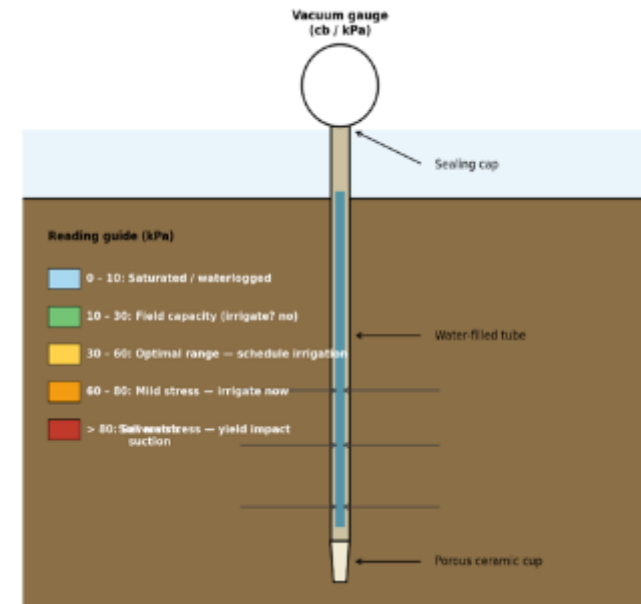
Тензіометр

Тензіометр — це герметична трубка, заповнена водою, з пористим керамічним наконечником у нижній частині та вакуумметром або датчиком тиску у верхній. Коли навколишній ґрунт висихає, вода витягується з трубки через керамічний наконечник, створюючи частковий вакуум, який реєструється на вакуумметрі. Показник відображає матричний потенціал ґрунту — силу, з якою вода утримується в ґрунті — безпосередньо в сантибарах (cb) або кілопаскалях (kPa).

Тензіометри добре підходять для яблуневих садів на ґрунтах середньої та дрібної структури. Вони недорогі (зазвичай від 30 до 80 доларів США за штуку), прості в установці та зручні для зчитування. Їхнє головне обмеження — робочий діапазон від 0 до приблизно 80 cb; на піщаних ґрунтах, які швидко висихають за межі цього діапазону, тензіометри не можуть відстежувати подальше висихання. Для більшості цілей зрошення яблуневих садів — де метою є підтримка матричного потенціалу в межах від 15 до 60 cb — це обмеження не має значення.

Стандартною практикою в комерційних садах є встановлення пар тензіометрів на глибині 30 см та 60 см у 4–8 репрезентативних місцях на кожну ділянку саду. Полив запускається, коли поверхневий тензіометр (який висихає першим) досягає цільового значення — зазвичай 30 cb на піщаному суглинку, 40 cb на суглинку та 50 cb на глинистому суглинку. Глибокий тензіометр використовується для перевірки того, чи були поливи достатньо тривалими, щоб заповнити всю кореневу зону, а також для виявлення надмірного поливу (глибокий тензіометр постійно знаходиться близько до 0 cb).

Figure 6.1 — Tensiometer principle and reading guide for apple orchards



МОНІТОРИНГ

Моніторинг вологості ґрунту

Ємнісні та TDR-датчики

Ємнісні датчики (також відомі як датчики частотної рефлектометрії, FDR) та датчики часової рефлектометрії (TDR) вимірюють діелектричну проникність ґрунту, яка тісно корелює з об'ємним вмістом води. Вони показують вміст води у відсотках від об'єму та можуть генерувати безперервні дані з інтервалом у 15 хвилин або менше. Сучасні датчики об'єднують показання з різних глибин (зазвичай 10, 20, 30, 50, 70 та 100 см) на одному стрижні.

Системи на основі ємності та TDR надають набагато більш детальну інформацію, ніж тензіометри: безперервні дані чітко показують добовий характер поглинання води коренями, глибину зволоження після поливу та поступове вичерпання вологи між поливами. Сучасні системи включають телеметрію даних через GSM або LoRaWAN, з веб-панелями в режимі реального часу, доступними зі смартфона. Такі установки зараз є стандартом у великих комерційних садах України.

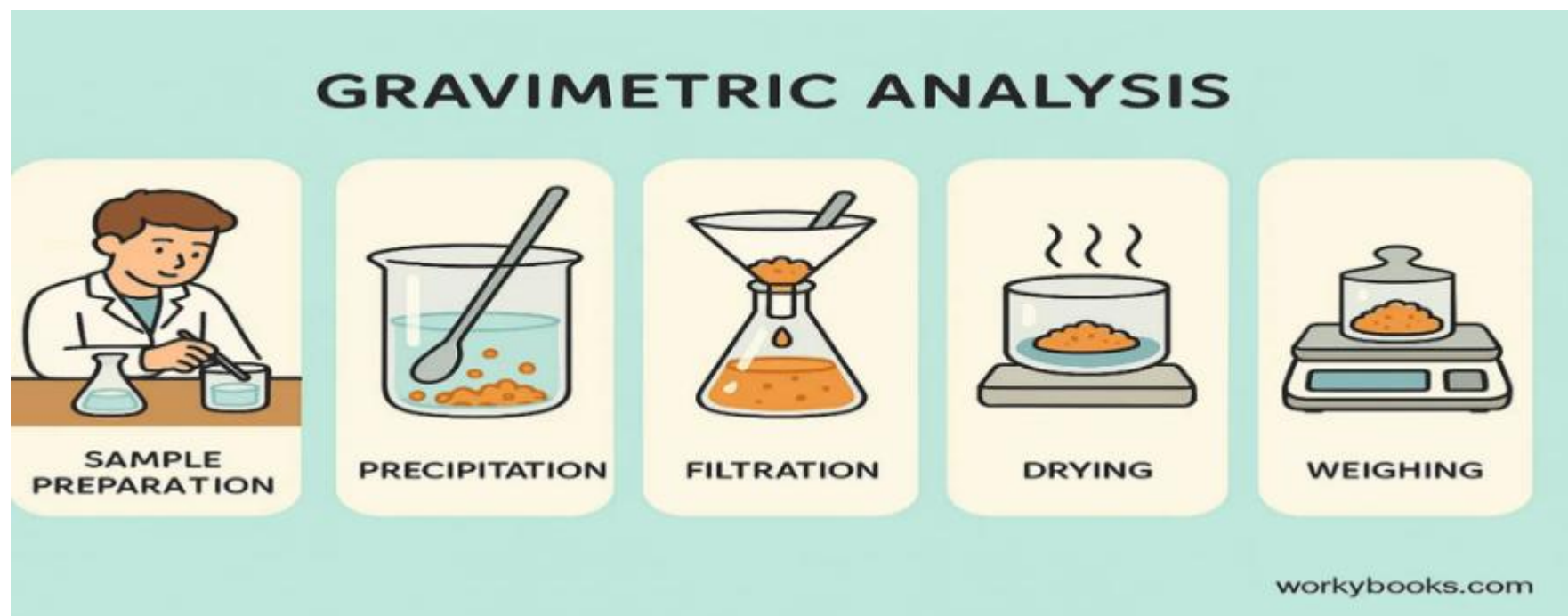
Основними обмеженнями є вищі капітальні витрати (типові телеметричні зонди з декількома глибинами коштують від 800 до 1500 доларів США за установку), необхідність калібрування під конкретний ґрунт (заводські калібрування можуть відрізнятися від польових показань на 5–15 відсотків об'ємного вмісту води на кам'янистих або органічних ґрунтах) та залежність від надійного джерела живлення та мережі передачі даних. Для більшості яблуневих садів два-чотири телеметричні зонди на блок — по одному для кожного типового ґрунту та положення — забезпечують достатнє просторове покриття.



МОНІТОРИНГ

Рослинні індикатори

Гравіметричний аналіз



МОНІТОРИНГ

Індикатори на основі рослин

Потенціал води в стеблі



МОНІТОРИНГ

Індикатори на основі рослин

Температура листя

Інфрачервона термометрія температури листя забезпечує швидке безконтактне вимірювання стресу. Стресовані листки закривають свої продихи, зменшуючи охолодження через транспірацію та підвищуючи температуру понад температуру повітря. Різниця між температурою листя та температурою повітря ($T_s - T_a$) є найпростішим індексом стресу; індекс водного стресу культур (CWSI) нормалізує цю різницю до шкали 0–1, використовуючи верхню та нижню контрольні лінії. Яблуня є помірно консервативною у регуляції продихів; чіткі сигнали стресу вимагають $T_s - T_a$ більше 3 °C за нормальних умов.

Портативні інфрачервоні термометри роблять точкові вимірювання практичними для діагностики в польових умовах. Більш досконалі установки використовують стаціонарні інфрачервоні датчики над кожним блоком або — все частіше — теплові зображення з безпілотних літальних апаратів (БПЛА), які можуть відображати температуру крони та ідентифікувати зони стресу з роздільною здатністю окремих дерев. Такі технології входять у повсякденне використання в сучасних українських садах.

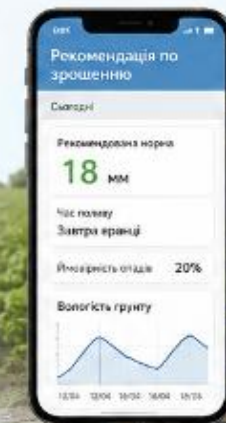
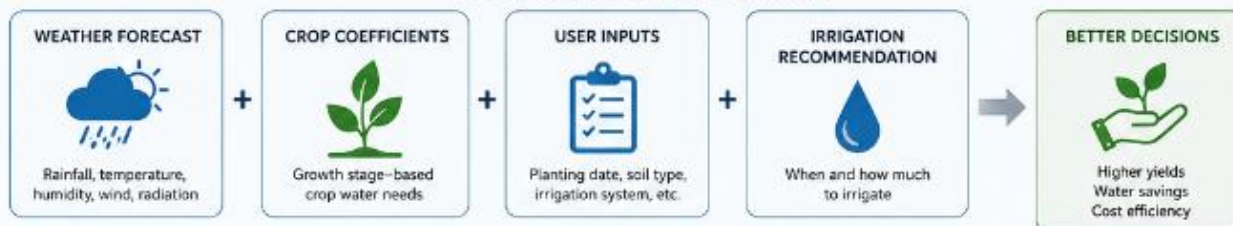
Пряме вимірювання провідності продихів за допомогою листового порометра забезпечує більш чутливий показник стресу, ніж температура крони, але є занадто повільним для повсякденного комерційного використання. Воно залишається важливим дослідницьким інструментом і час від часу використовується в діагностичних випробуваннях.



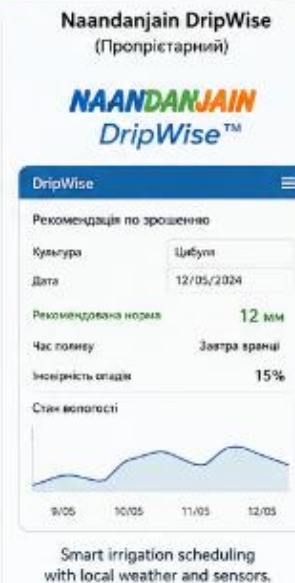
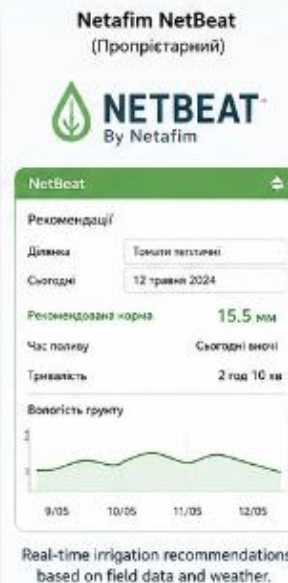
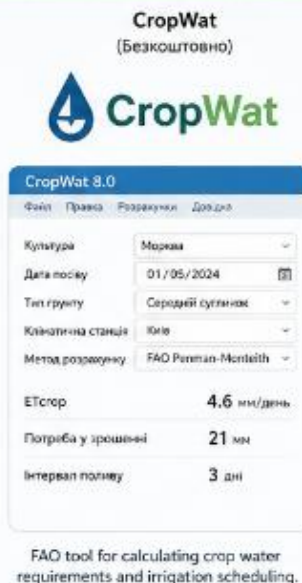
ІНСТРУМЕНТИ ДЛЯ ЗРОШЕННЯ

DECISION-SUPPORT TOOLS AND APPS

Several free or low-cost decision-support tools combine weather forecasts, crop coefficients, and user inputs (planting date, soil type, irrigation system) to **recommend irrigation timing.**



EXAMPLES AVAILABLE IN UKRAINIAN INTERFACES



ПЕРЕВАГИ

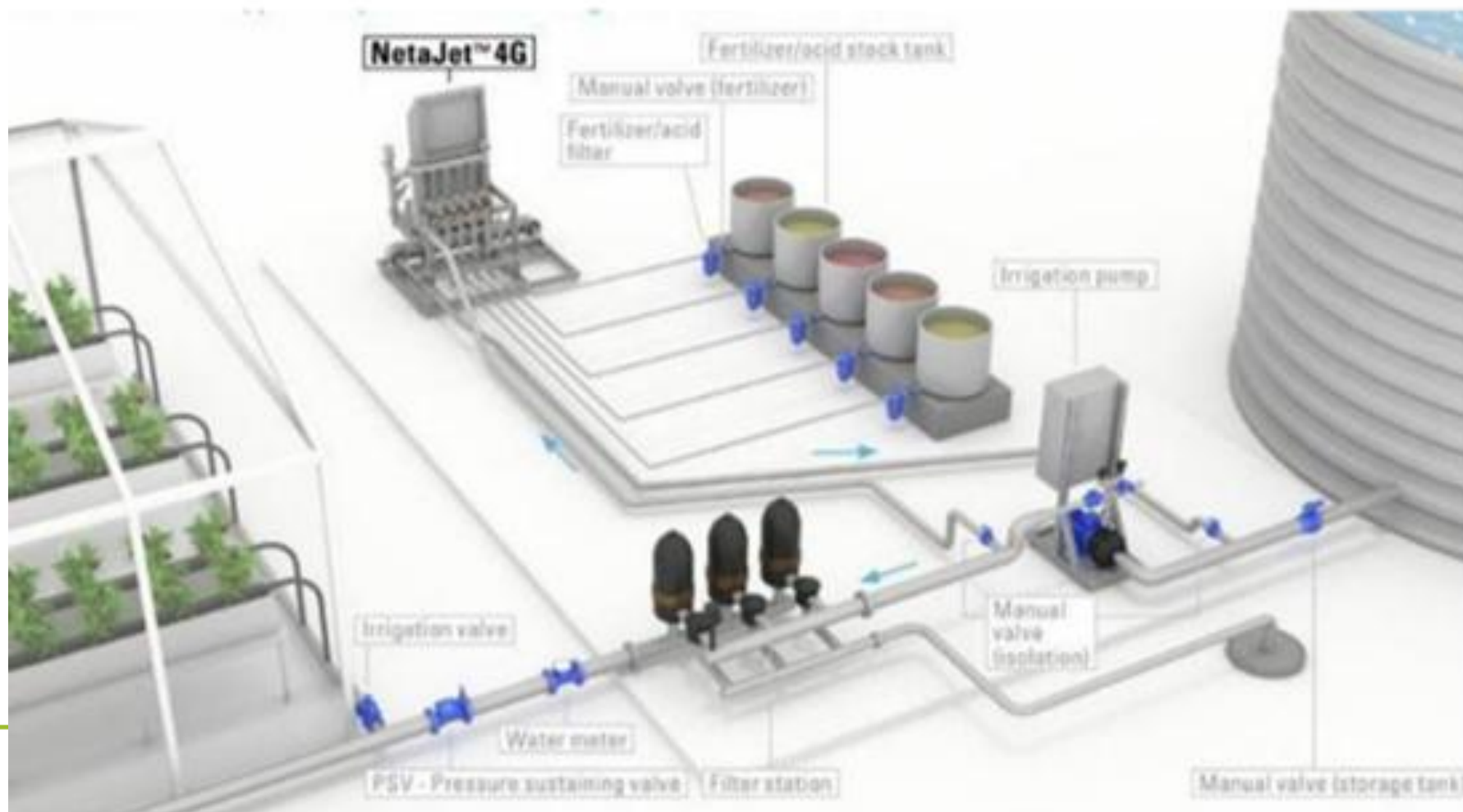
-  **Економія води**
Точне зрошення – без перевитрат
-  **Вищі врожаї**
Оптимальна волога для рослин
-  **Економія коштів**
Менше витрат на воду, енергію та добрива
-  **Урахування погоди**
Актуальні прогнози та ризики опадів
-  **Зручно та доступно**
Веб-платформи та мобільні додатки українською мовою



Використовуйте ці інструменти разом із даними з ваших полів для найкращих результатів.

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Проектування та монтаж систем



IRRIGATION HYDRAULIC PRINCIPLES

Understanding how water moves through an irrigation system

Pressure • Flow • Head Loss • Uniformity • Efficient Water Delivery



1 Pressure



Pressure is the force that pushes water through pipes and emitters. Too little pressure reduces performance; too much pressure can cause uneven application or damage.

Common units: bar, kPa, m head

2 Flow Rate



Flow rate is the volume of water moving through the system in a given time. It must match crop demand and system capacity.

Common units: L/h, L/s, m³/h

3 Head / Energy



Hydraulic head represents the energy available to move water. It includes pressure head, elevation head, and velocity head.

4 Friction Loss



As water moves through pipes, filters, valves, and fittings, energy is lost due to friction. Longer pipes, smaller diameters, and higher flow rates increase losses.

5 Elevation Effect



Water pressure changes with elevation. Uphill sections lose pressure; downhill sections gain pressure. Field slope strongly affects system design.

6 Uniformity



Good hydraulics helps all emitters deliver similar amounts of water. Uniform application improves crop performance and irrigation efficiency.



TOTAL DYNAMIC HEAD (TDH)

$$TDH = \text{Elevation Head} + \text{Friction Loss} + \text{Required Operating Pressure}$$

A pump must provide enough head to overcome system losses and still operate the irrigation devices correctly.

WHAT AFFECTS HYDRAULIC PERFORMANCE?

A Pipe diameter



Larger pipes reduce friction loss.

B Pipe length



Longer pipelines create more pressure loss.

C Flow velocity



Higher velocity increases energy loss.

D Filters and valves



Dirty filters and restrictive fittings reduce pressure.

GOOD DESIGN PRACTICES



Size pipes correctly to limit pressure loss



Use pressure regulators where needed



Check pressure at the beginning and end of lines



Flush laterals and maintain filters regularly



Design for uniform water application across the field

WHY HYDRAULICS MATTERS



Better uniformity



Higher irrigation efficiency



Lower energy waste



Healthier crops



by Bodem&Groen

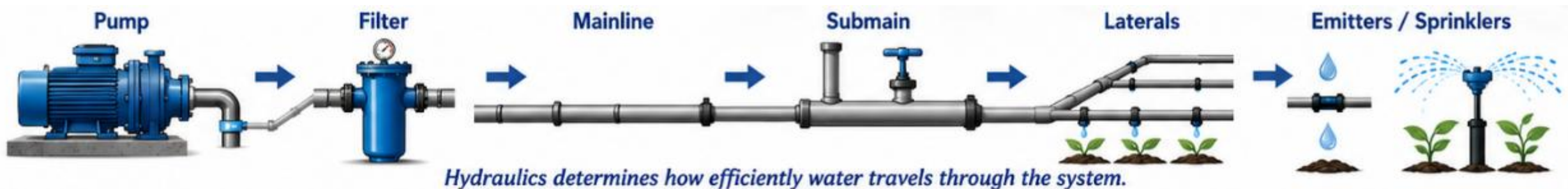
Good hydraulics = reliable irrigation performance



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Проектування та монтаж систем

Принципи гідравліки



by Bodem&Groen

Good hydraulics = reliable irrigation performance



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Проектування та монтаж систем

Принципи гідравліки

1 Pressure



Pressure is the force that pushes water through pipes and emitters. Too little pressure reduces performance; too much pressure can cause uneven application or damage.

Common units: bar, kPa, m head

2 Flow Rate



Flow rate is the volume of water moving through the system in a given time. It must match crop demand and system capacity.

Common units: L/h, L/s, m³/h

3 Head / Energy



Hydraulic head represents the energy available to move water. It includes pressure head, elevation head, and velocity head.

4 Friction Loss



As water moves through pipes, filters, valves, and fittings, energy is lost due to friction. Longer pipes, smaller diameters, and higher flow rates increase losses.

5 Elevation Effect



Water pressure changes with elevation. Uphill sections lose pressure; downhill sections gain pressure. Field slope strongly affects system design.

6 Uniformity



Good hydraulics helps all emitters deliver similar amounts of water. Uniform application improves crop performance and irrigation efficiency.



TOTAL DYNAMIC HEAD (TDH)

$$\text{TDH} = \text{Elevation Head} + \text{Friction Loss} + \text{Required Operating Pressure}$$

A pump must provide enough head to overcome system losses and still operate the irrigation devices correctly.



by Bodem&Groen

Good hydraulics = reliable irrigation performance



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Проектування та монтаж систем

Гідравлічні принципи



by Bodem&Groen

Good hydraulics = reliable irrigation performance



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Вимоги до насосів та фільтрації

Насосна та фільтраційна лінія є серцем системи зрошення. Вибір насоса визначається витратою системи, загальним динамічним напором (TDH), доступним джерелом живлення та мінливістю попиту в різних робочих зонах. Для більшості комерційних яблуневих садів України стандартними є електричні відцентрові насоси, безпосередньо з'єднані з трифазними двигунами, а також занурювальні насоси, якщо джерелом води є глибока свердловина, та поверхневі насоси для неглибоких свердловин, ставків або річок.

Продуктивність насоса повинна відповідати найбільшій витраті в одній зоні плюс 5–10 % на підвищення тиску у фільтрі та поступовий знос. Частотно-регульовані приводи (ЧРП) на двигуні насоса все частіше використовуються в нових українських установках: вони дозволяють узгоджувати швидкість насоса з фактичним потоком у зоні, зменшуючи споживання енергії на 20–40 відсотків порівняно з дросельованим режимом роботи з фіксованою швидкістю та забезпечуючи плавний пуск, що зменшує гідравлічний удар і подовжує термін експлуатації обладнання.

Фільтрація має вирішальне значення для крапельних та мікророзпилювальних систем і є найпоширенішою причиною помилок у зрошенні, яких можна уникнути. Вибір фільтра залежить від джерела води та чутливості розпилювачів:



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Вимоги до насосів та фільтрації

Фільтрація має вирішальне значення для крапельних та мікророзпилювальних систем і є найпоширенішою причиною помилок у зрошенні, яких можна уникнути. Вибір фільтра залежить від джерела води та чутливості розпилювачів:

- Поверхневі води (ставки, річки, канали): зазвичай вимагають фільтрації через піщаний фільтр на першому етапі (пропускна здатність від 50 до 100 мкм), а потім фільтрації через сито або дисковий фільтр для тонкого очищення (80–130 меш, що відповідає 110–180 мкм).
- Ґрунтові води зі свердловин: зазвичай вимагають лише сітчастої або дискової фільтрації (130–200 меш) для типових крапельних розпилювачів, якщо вміст заліза, марганцю або біологічна активність не є значними.
- Крапельні емітери з дуже малими отворами (менше 1 л/год): вимагають більш тонкої фільтрації (200 меш або дрібніше); більші емітери та мікророзпилювачі допускають грубішу фільтрацію.

Розмір піщаних фільтрів визначається витратою та якістю води; типова продуктивність становить від 30 до 50 м³/год на фільтрувальний резервуар, причому для більших систем паралельно експлуатуються кілька резервуарів. Вони потребують зворотного промивання — автоматичного в сучасних установках — коли перепад тиску на фільтрі перевищує приблизно 0,5 бара. Дискові та сітчасті фільтри також піддаються зворотному промиванню і мають нижче енергоспоживання, ніж піщані фільтри; вони підходять там, де біологічне навантаження є низьким.



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Вимоги до насосів та фільтрації

Розмір піскових фільтрів визначається витратою та якістю води; типова продуктивність становить від 30 до 50 м³/год на один фільтрувальний резервуар, а в більших системах паралельно використовується кілька резервуарів. Вони потребують зворотного промивання — у сучасних установках це відбувається автоматично — коли перепад тиску на фільтрі перевищує приблизно 0,5 бара. Дискові та сітчасті фільтри також піддаються зворотному промиванню та мають нижче енергоспоживання, ніж піскові фільтри; вони підходять для випадків, коли біологічне навантаження є низьким.

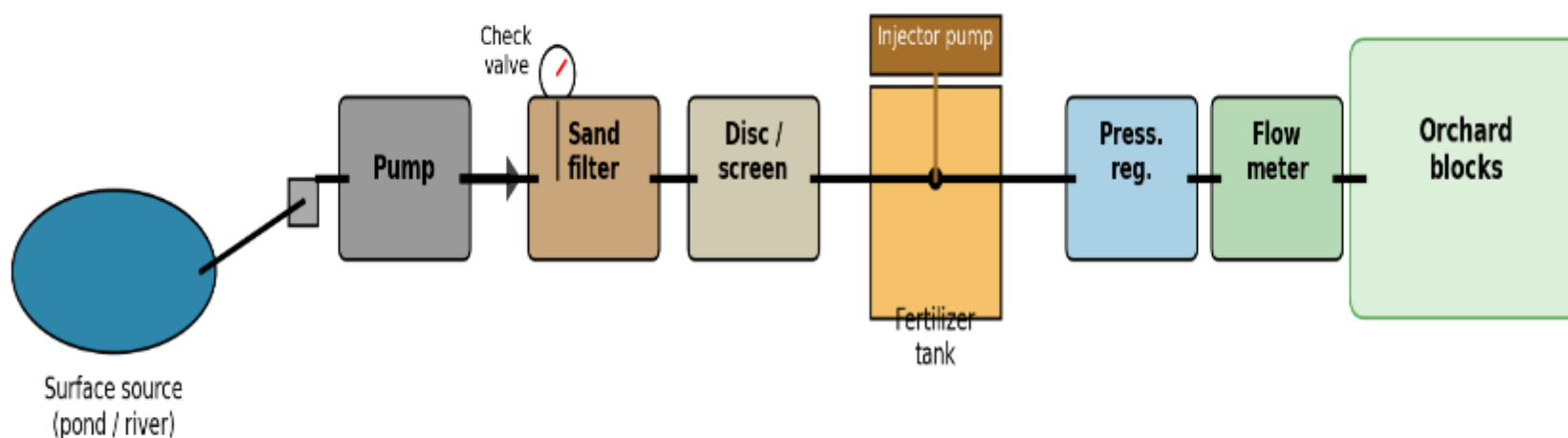


Схема типової насосно-фільтраційної лінії для системи крапельного зрошення яблуневого саду: (1) вхідний фільтр, (2) первинний насос, (3) пісочний або гідроциклонний фільтр для грубих частинок, (4) точка введення добрив, (5) вторинний фільтр або дисковий фільтр для тонкої фільтрації, (6) регулятор тиску, (7) витратомір, (8) головний запірний клапан на полі.



IRRIGATION FILTRATION GUIDE



Recommended primary and final filters by system and water source

System / water source	Primary filter	Final filter (mesh)	Comment
 Drip / clean borehole	 Hydrocyclone	 120 mesh disc	✓ Add small sand filter if Fe > 0.2 mg/L
 Drip / surface canal	 Sand media	 120 mesh disc	✓ Chlorinate continuously 1–2 mg/L
 Drip / on-farm pond	 Sand media	 120–150 mesh disc	✓ Algae growth – shock chlorinate monthly
 Sprinkler / any source	 Screen 50 mesh	—	✓ Lower filtration demand than drip
 Subsurface drip (SDI)	 Sand media	 155 mesh disc	✓ Plus pressure-compensating emitters



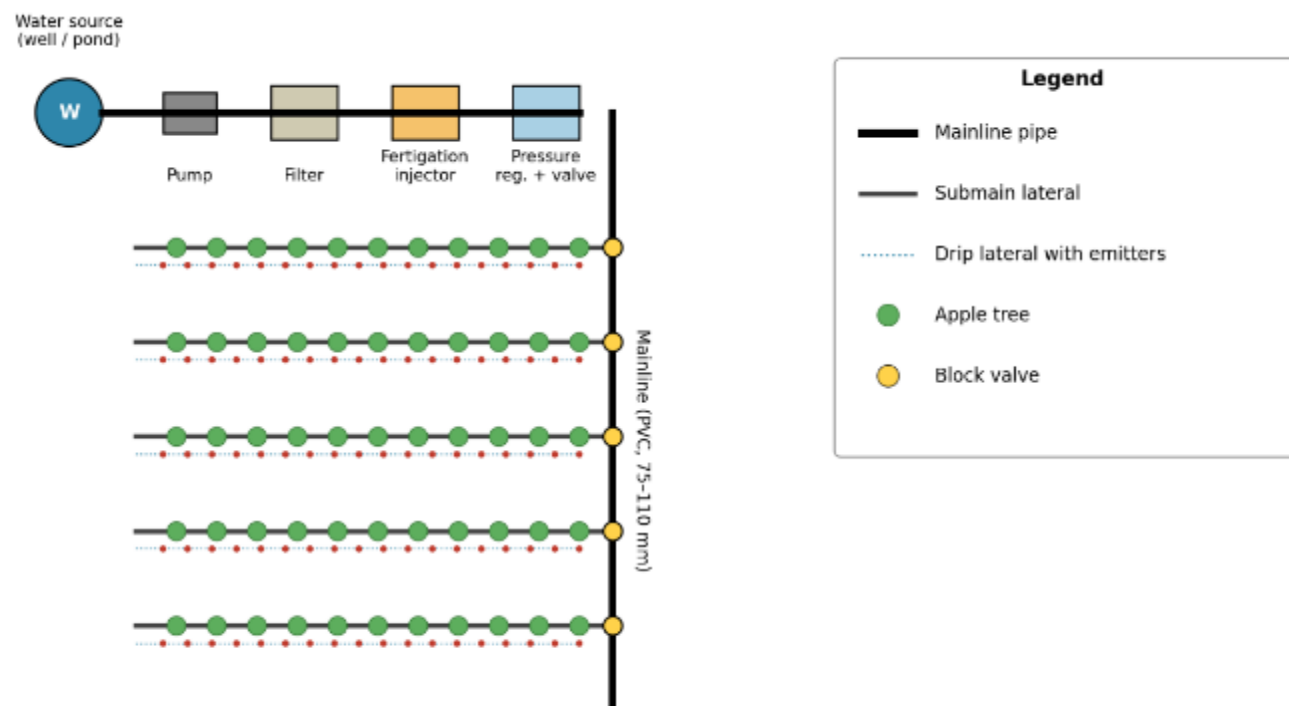
Match filtration to both water quality and emitter sensitivity.

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Схема прокладення трубопроводів

Схема прокладки труб типового українського комерційного яблуневого саду з крапельним зрошенням складається з:

- Головної магістралі від насосної станції до саду, розрахованої на повний потік системи та побудованої з поліетилену або ПВХ, що витримують тиск (зазвичай діаметром від 90 до 160 мм, залежно від потоку).
- Відгалуження, що проходять перпендикулярно до рядів дерев, кожне з яких обслуговує одну гідравлічну зону (зазвичай 63–110 мм).
- Бічних ліній, що проходять уздовж кожного ряду дерев, з вбудованими або прикріпленими крапельницями (зазвичай 16–20 мм).
- Опціональні лінії промивання на дальньому кінці кожного ряду, що з'єднують усі бічні лінії в зоні зі спільним клапаном промивання.



План типової схеми крапельного зрошення яблуневого саду: магістраль (товста чорна лінія), відгалуження, що обслуговують кожен блок (середня лінія), бічні відгалуження вздовж кожного ряду дерев (тонка лінія) з крапельницями, розміщеними вздовж бічних відгалужень. Гідравлічні зони відокремлені за допомогою зонних клапанів; кожна зона працює як самостійна одиниця за запрограмованим графіком.

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Розпилювачі з компенсацією тиску

PRESSURE-COMPENSATING EMITTERS

Strongly recommended for all but the smallest, flattest installations.



Consistent water delivery



Protects crops and yields



Improves efficiency and saves inputs

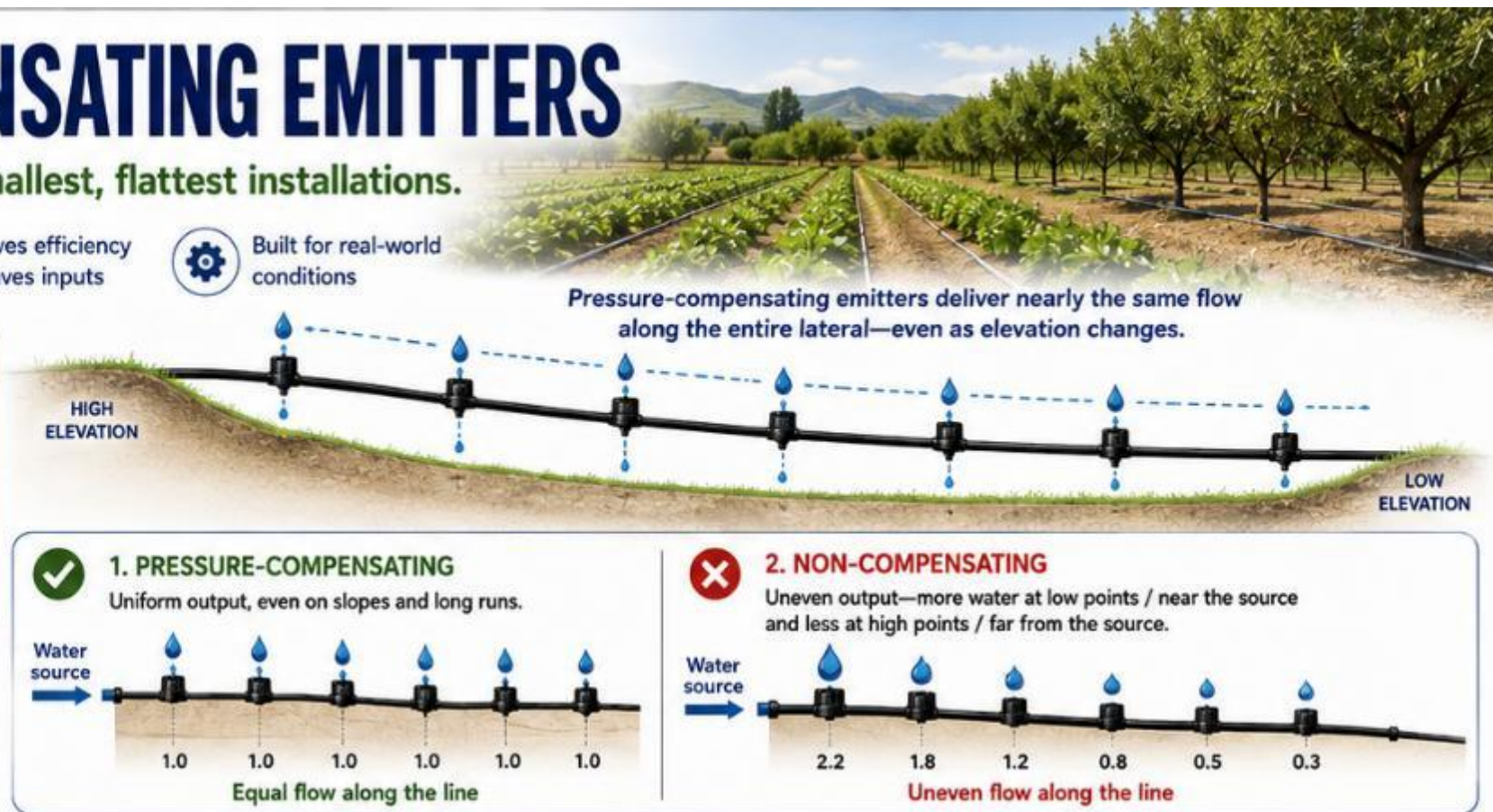


Built for real-world conditions

WHAT ARE PRESSURE-COMPENSATING EMITTERS?



Emitters designed to deliver nearly the same flow rate over a range of inlet pressures, improving irrigation uniformity.



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Розпилювачі з компенсацією тиску

З компенсацією тиску

Емітери з компенсацією тиску настійно рекомендуються для всіх установок, крім найменших і найрівніших. Вони забезпечують рівномірний потік у широкому діапазоні тиску (зазвичай від 80 до 350 кПа), автоматично компенсуючи перепади висоти та втрати на тертя вздовж бічної лінії. Незначні додаткові витрати (від 5 до 10 відсотків від загальної вартості бічної лінії) окупаються завдяки більшій рівномірності та меншому навантаженню під час експлуатації.

WHAT ARE PRESSURE-COMPENSATING EMITTERS?



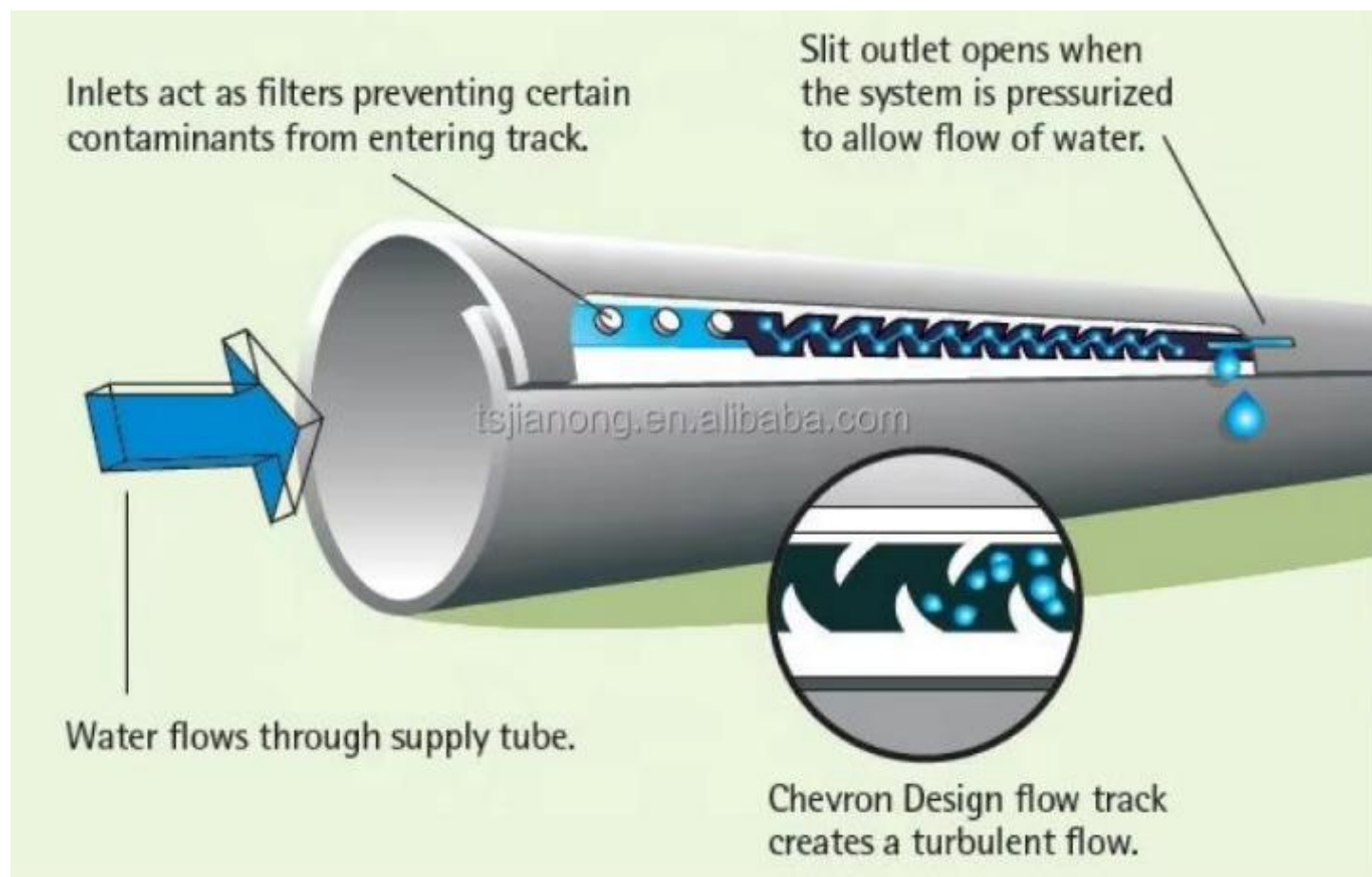
Emitters designed to deliver nearly the same flow rate over a range of inlet pressures, improving irrigation uniformity.

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Розпилювачі з компенсацією тиску

З компенсацією тиску

Емітери з компенсацією тиску настійно рекомендуються для всіх установок, крім найменших і найрівніших. Вони забезпечують рівномірний потік у широкому діапазоні тиску (зазвичай від 80 до 350 кПа), автоматично компенсуючи перепади висоти та втрати на тертя вздовж бічної лінії. Незначні додаткові витрати (від 5 до 10 відсотків від загальної вартості бічної лінії) окупаються завдяки більшій рівномірності та меншому навантаженню під час експлуатації.



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Розпилювачі з компенсацією тиску

KEY BENEFITS OF PRESSURE-COMPENSATING EMITTERS

- | | | | | | |
|---|--|--|--|---|---|
|  <p>1. Better uniformity
More even water application across the field.</p> |  <p>2. Handles elevation changes
Ideal for sloping land.</p> |  <p>3. Works on longer laterals
Improved consistency over distance.</p> |  <p>4. Protects crop performance
Avoids wet and dry spots.</p> |  <p>5. Improves fertigation accuracy
Nutrients distributed more evenly.</p> |  <p>6. Reduces management risk
More reliable operation.</p> |
|---|--|--|--|---|---|

RECOMMENDED WHEN

- | | | | | | | |
|---|--|---|--|--|---|--|
|  <p>Rolling terrain</p> |  <p>Long rows</p> |  <p>Orchards</p> |  <p>Vineyards</p> |  <p>High-value vegetables</p> |  <p>Pressure variation within blocks</p> |  <p>Systems where high uniformity matters</p> |
|---|--|---|--|--|---|--|

EXCEPTIONS – WHEN SIMPLER EMITTERS MAY BE ENOUGH

- | | | | |
|---|--|---|---|
|  <p>Very small systems</p> |  <p>Very short laterals</p> |  <p>Flat installations</p> |  <p>Low-cost, simple layouts</p> |
|---|--|---|---|



BEST PRACTICE: Use pressure-compensating emitters unless the system is very small, very short, and very flat.



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Експлуатація

Регулярні перевірки системи

MAINTENANCE PROGRAMME

A well-maintained system ensures reliable irrigation, higher yields, and long service life.



ANNUALLY

(pre-season and post-season)

TASKS		KEY CHECKS	
	Full system inspection, including pump teardown and motor service.		System condition
	Replacement of any laterals or fittings showing UV degradation, mechanical damage, or persistent leakage.		Laterals & fittings condition
	Acid treatment of laterals (see Section 10.2) to remove mineral deposits.		Mineral deposit removal
	Calibration of soil moisture sensors and weather station.		Sensor & station calibration



GOOD MAINTENANCE = RELIABLE IRRIGATION = HIGHER YIELDS

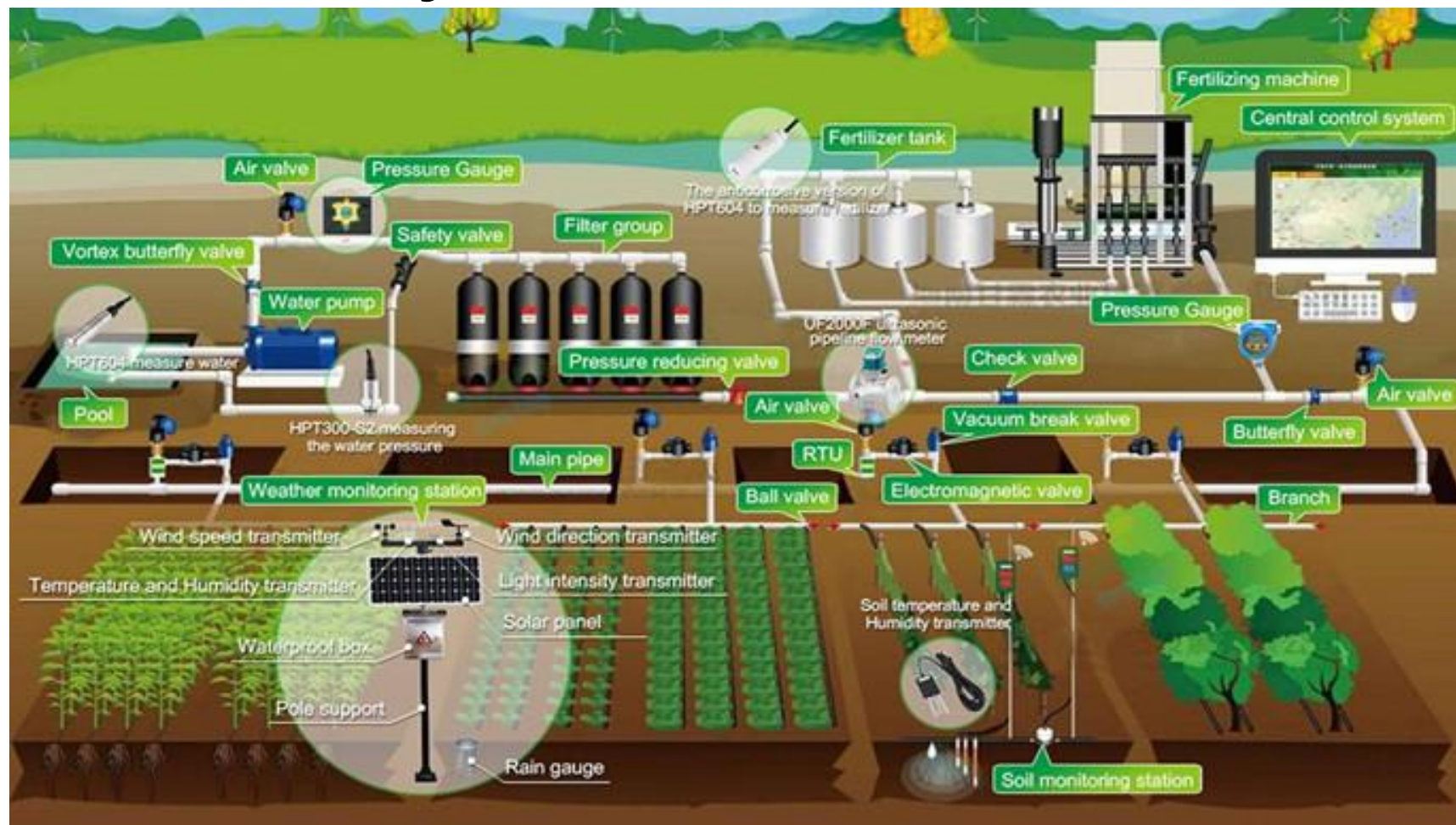
Keep records of all maintenance activities and observations.



ЗРОШЕННЯ

Кращі практики монтажу

Системи з компенсацією тиску



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Встановлення

Кращі практики

Незалежно від конструкції, довгострокова працездатність системи залежить від якості монтажу. До типових проблем при монтажі, які можуть серйозно погіршити якість навіть добре спроектованої системи, належать:

- Недостатня глибина траншеї для підземних трубопроводів, що призводить до механічних пошкоджень під час обробітку ґрунту та підйому ґрунту внаслідок морозів у холодні зими.
- Недостатньо очищені або з'єднані труби, що допускають потрапляння сміття в систему, яке згодом забиває розпилювачі.
- Несумісні фітинги (різні виробники, різні номінальні тиски), що призводить до несправностей у місцях з'єднання.
- Недостатнє промивання нових труб перед введенням в експлуатацію, що залишає виробничі забруднення, які руйнують фільтри та розпилювачі в перші тижні роботи.
- Недостатня кількість повітряних клапанів та клапанів скидання тиску у найвищих точках та на виході насоса.
- Неправильне маркування клапанів або його відсутність, що ускладнює подальше усунення несправностей.

Стандартна практика монтажу крапельної системи для комерційного яблуневого саду в Україні включає: розмітку ділянки перед монтажем та перевірку геометрії рядів дерев; риття траншей для підземних магістралей на глибині від 0,6 до 1,0 м (нижче лінії промерзання); випробування під тиском усіх підземних труб перед засипанням; ретельне промивання всієї мережі магістральних та підмагістральних трубопроводів з проектною швидкістю потоку; введення фільтрів в експлуатацію з контрольованим збільшенням потоку протягом першої години; та 30-денний огляд після монтажу для виявлення та усунення будь-яких дефектів у рамках гарантії.

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Монтаж

Розташування та відстань між трубами

Магістральні та підмагістральні труби зазвичай заглиблюються (на глибину 60–80 см) і виготовляються з ПВХ або ПЕ. Бічні крапельні труби прокладаються над землею (поверхневе крапельне зрошення) або на глибині 15–35 см від поверхні (SDI). Для моркви та буряка, висіяних на грядках з подвійними рядами шириною 1,4 м, одна бічна лінія на грядку з відстанню між крапельницями 30 см та крапельницями 2 л/год забезпечує миттєву норму подачі 4,8 мм/год. Для капусти при розмірі грядок 0,6 м × 0,5 м один бічний трубопровід на ряд з відстанню між крапельницями 0,5 м та продуктивністю 2 л/год забезпечує 2,4 мм/год. Для цибулі, висадженої у подвійні або чотирирядні ряди на грядках шириною 1,2 м, доцільно використовувати два бічних трубопроводи на грядку з відстанню між крапельницями 0,2–0,3 м.

Експлуатація

MAINTENANCE PROGRAMME

A well-maintained system ensures reliable irrigation, higher yields, and long service life.



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

DAILY during the irrigation season		TASKS	KEY CHECKS
		Check pump and motor for unusual noise, vibration, or leaks; verify operating pressure at the pump discharge.	 Pressure at pump discharge
		Inspect filter pressure differential and backflush if elevated above set point.	 Filter pressure differential
		Verify that the programmed irrigation cycle has run as intended; check log of valve operations.	 Irrigation cycle & valve log
		Walk one block per day on a rotation to detect leaks, missing emitters, and damaged laterals.	 Leaks, missing emitters, damaged laterals
		GOOD MAINTENANCE = RELIABLE IRRIGATION = HIGHER YIELDS Keep records of all maintenance activities and observations.	
			

Експлуатація

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

MAINTENANCE PROGRAMME

A well-maintained system ensures reliable irrigation, higher yields, and long service life.



Регулярні перевірки системи



	Read and record soil moisture sensor and rainfall data; review against the scheduling plan.		Soil moisture & rainfall data
	Check inlet pressure at the head of each hydraulic zone and compare with design values.		Inlet pressure vs. design values
	Inspect injector for proper operation; verify fertigation log against the nutrient plan.		Injector operation & fertigation log
	Walk each block at least once per week during peak demand; verify uniform wetting patterns.		Uniform wetting patterns



GOOD MAINTENANCE = RELIABLE IRRIGATION = HIGHER YIELDS

Keep records of all maintenance activities and observations.



СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

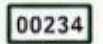
Експлуатація

Регулярні перевірки системи

MAINTENANCE PROGRAMME

A well-maintained system ensures reliable irrigation, higher yields, and long service life.



MONTHLY	TASKS	KEY CHECKS
	 Flush each lateral by opening the end cap and running the system for 1 to 2 minutes until water runs clear.	 Clear flush water
	 Disassemble, inspect, and clean a sample of emitters (typically 1 percent of total) to detect any clogging trends early.	 Emitter condition & clogging trends
	 Check accuracy of flow meter; record cumulative water use.	 Flow meter accuracy & cumulative use
	 Test all pressure switches, alarms, and automatic shutdowns.	 Alarms & shutdown function



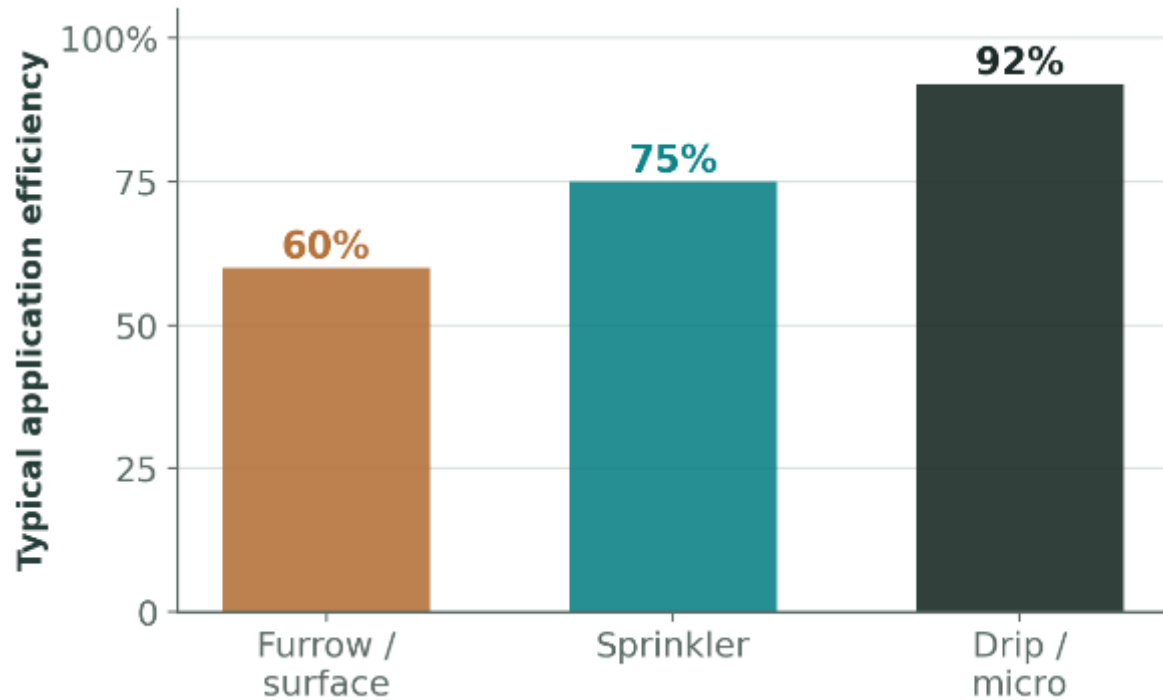
GOOD MAINTENANCE = RELIABLE IRRIGATION = HIGHER YIELDS

Keep records of all maintenance activities and observations.



ВИБІР

Спринклерне зрошення проти крапельного — короткий огляд



Ефективність застосування: частка води, що досягає зони коренів

	Дощувальна система	Крапельне
Ефективність	70–85	85–95
Рівномірність	Хороша	Дуже висока
Змочена площа	Усе поле	Зона коренів
Втрати від вітру / випаровування	Помірні	Дуже низькі
Тиск / енергія	Вищий	Нижче
Солі на листі	Можливий	Небажано
Найкращі ґрунти	Більшість*	Усі, особливо піщані

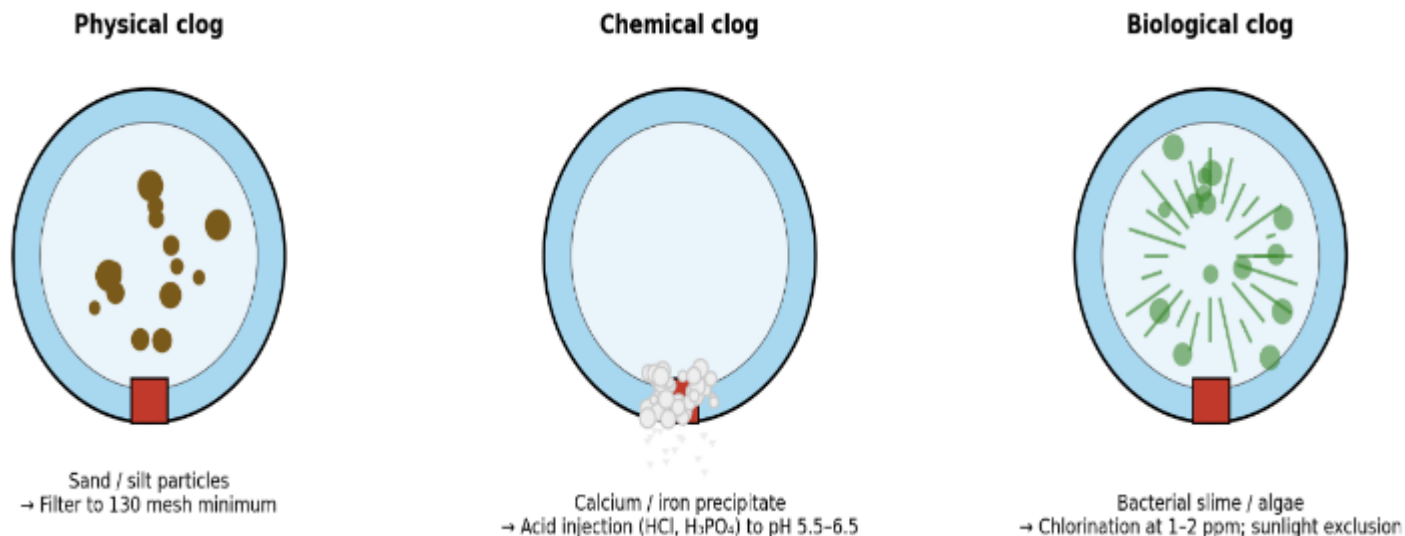
*зменшіть норму внесення на глинистих ґрунтах, щоб уникнути змивання

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ Експлуатація

Запобігання та усунення засмічення

Фізичне засмічення викликане піском, мулом, органічними залишками або фільтрувальним матеріалом, що пройшов нижче за фільтр. Для запобігання необхідні: фільтрація відповідного розміру для джерела води (Розділ 9); регулярне промивання бічних відводів; та оперативне реагування на будь-яке підвищення перепаду тиску у фільтрі. Лікування механічне: зворотне промивання фільтра, промивання бічних відводів з високою швидкістю, а також — якщо окремі розпилювачі заблоковані — фізичне очищення або заміна.

Біологічне засмічення викликається водоростями, бактеріальним слизом та комплексами залізобактерій, характерними для деяких підземних вод. Для його запобігання необхідно захищати воду в поверхневих резервуарах та водосховищах від світла; проводити періодичну шоківну обробку хлором (зазвичай 5–10 ppm вільного хлору протягом 30–60 хвилин, а потім промивання); та уникати тривалих періодів застою. Підкислення також пригнічує ріст бактерій і допомагає запобігти біологічному засміченню. Лікування сформованого біологічного засмічення здійснюється імпульсною обробкою хлором у вищій концентрації (20–50 ppm) з подальшим повним промиванням.



Запобігання та усунення засмічень

TYPE OF CLOGGING	CAUSES	PREVENTION	TREATMENT
 PHYSICAL CLOGGING	Caused by sand, silt, organic debris, or filter media that has passed downstream of filtration. 	- Appropriately sized filtration for the water source (Chapter 9). - Regular flushing of laterals. - Prompt response to any increase in filter pressure differential. 	Mechanical: - Backflushing the filter. - Flushing the laterals at high velocity. - If individual emitters are blocked — physical cleaning or replacement. 
 CHEMICAL CLOGGING	Caused by precipitation of calcium carbonate (the most common in Ukrainian waters), calcium phosphate (from fertigation), iron oxide, and manganese oxide. 	- Water analysis at the design stage. - Acid injection to maintain pH below 6.5 (typically sulphuric or phosphoric acid for routine treatment, nitric acid for occasional pulse-treatment). - Avoidance of incompatible fertiliser combinations. 	Acid pulse: An acid solution (typically pH 2–3) is circulated through the system for 30 to 60 minutes, then flushed thoroughly with clear water. This is normally a post-season operation. 
 BIOLOGICAL CLOGGING	Caused by algae, bacterial slime, and the iron-bacteria complexes characteristic of some groundwaters. 	- Light-exclusion of water in surface tanks and reservoirs. - Periodic chlorine shock-treatment (typically 5 to 10 ppm free chlorine for 30 to 60 minutes, then flushing). - Avoidance of long stagnant periods. - Acidification also suppresses bacterial growth and helps prevent biological clogging. 	Chlorine pulse: For established biological clogging, apply a chlorine pulse at higher concentration (20 to 50 ppm), with full flushing afterwards. 



Good design, appropriate filtration, regular maintenance and water quality management are the keys to preventing and controlling clogging and ensuring uniform irrigation and high yields.



IRRIGATION TROUBLESHOOTING TABLE

Symptoms, probable causes, and recommended actions for orchard irrigation systems



Symptom	Probable cause	Recommended action
 Low pressure at zone head	Pump worn / pipe leak / closed valve	Inspect pump output, check for leaks, verify valves
 High pressure at zone head	Closed downstream valve / scaled regulator	Check zone valves and pressure regulator function
 Wet patches across blocks	Buried main leak / lateral split	Locate leak by inspection or flow tracking
 Dry trees in middle of row	Clogged emitters / damaged lateral	Flush lateral, replace emitters or section
 Trees at row end stressed	Lateral length too long / inadequate flush	Check uniformity, flush regularly, consider PC emitters
 Filter clogs rapidly	Source water deteriorated / algae bloom	Test water, install pre-filter or shading
 Emitters drip after shutdown	No check valves / no anti-drain emitters	Install check valves, replace with anti-drain emitters
 Uniform yellowing despite irrigation	Waterlogging / root disease	Check drainage, dig pit, assess root health
 Salt crusts on soil surface	Saline water / inadequate leaching	Test water, plan leaching irrigation
 Emitters output declines over years	Mineral scale / biological buildup	Annual acid and chlorine treatments



Fast diagnosis and timely maintenance improve irrigation uniformity, crop health, and system life.



by Bodem&Groen

СИСТЕМИ ЗРОШЕННЯ

Зимовий сезон



Взимку в Україні вода в зрошувальних трубах може замерзати, що призводить до пошкодження труб внаслідок розширення. Тому підготовка до зими є надзвичайно важливим завданням у всіх регіонах, де вирощують фрукти. Правильна послідовність дій з підготовки до зими включає:

- Проведення останнього поливу сезону («зимового поливу»), зазвичай в середині жовтня, щоб довести вологість ґрунту до польової вологості перед настанням заморозків. Це захищає коріння від висихання під час циклів замерзання-відтавання.
- Ввести кислоту в систему, щоб підтримати рН на рівні 5,5–6,0 під час останнього поливу, а потім коротко промити трубопроводи, не видаляючи залишків кислоти, яка пригнічує біологічну активність протягом зими.
- Злийте воду з системи. Відкрийте всі промивні клапани, зливні клапани та бічні заглушки; видаліть воду з найнижчих точок, а також з насоса та фільтрувальних вузлів. Для підмагістралей та магістралей, де повне зливання під дією сили тяжіння неможливе, рекомендується продування стисненим повітрям.
- Зніміть і зберігайте в приміщенні всі компоненти, що легко пошкоджуються: регулятори тиску, витратоміри, електромагнітні клапани, контролери, датчики. Накрийте та захистіть насос і двигун від льоду та пошкодження тваринами.
- Огляньте та задокументуйте стан системи для весняного запуску.

Поверхневі крапельні бокові труби зазвичай залишають на місці на зиму. Вони витримують помірне замерзання, якщо повністю злиті. Основними ризиками взимку є механічні пошкодження від гризунів, зайців (які гризуть пластик) та випадкові пошкодження під час обрізки в період спокою. Рекомендується провести огляд наприкінці зими, щоб виявити та усунути такі пошкодження перед весняним запуском.

WATER QUALITY FOR IRRIGATION

Good water quality • Healthy crops • Productive soils • Sustainable future



WHY WATER QUALITY MATTERS



Affects crop yield and quality
Poor quality water can reduce germination, growth and yield.



Affects soil health
High salts and sodium can degrade soil structure and reduce infiltration.



Affects irrigation systems
Certain water qualities can cause clogging, scaling and corrosion.



Affects profitability
Good water quality saves costs and increases productivity.

COMMON WATER QUALITY PROBLEMS



Salinity
Too much salt reduces plant growth and yield.



Sodicity
High sodium damages soil structure and reduces infiltration.



Scaling
Mineral deposits clog pipes and emitters.



Corrosion
Causes damage to metal parts and shortens system life.

KEY WATER QUALITY PARAMETERS

Parameter	Why it matters	Guideline for irrigation*
EC Electrical Conductivity (EC)	Indicates total dissolved salts. High EC can reduce water uptake by plants.	EC _w < 0.7 dS/m (Good) 0.7 – 3.0 dS/m (Usable with caution) > 3.0 dS/m (Unsuitable for sensitive crops)
pH pH	Affects nutrient availability and soil health.	6.0 – 8.5 (Ideal range)
SAR Sodium Adsorption Ratio (SAR)	High SAR can cause soil dispersion, poor infiltration and crusting.	SAR < 10 (Good) 10 – 18 (Usable with caution) > 18 (Unsuitable)
Cl⁻ Chloride (Cl ⁻)	High levels can be toxic to sensitive crops.	Cl ⁻ < 4 meq/L (Sensitive crops) < 10 meq/L (Moderately tolerant crops)
HCO₃⁻ Bicarbonate (HCO ₃ ⁻)	High levels can increase soil pH and affect nutrient availability.	HCO ₃ ⁻ < 1.5 meq/L (Good) 1.5 – 8.5 meq/L (Usable with caution) > 8.5 meq/L (Unsuitable)

GOOD WATER QUALITY = BETTER RESULTS



Good Quality Water

+



Healthy Soil

+



Efficient Irrigation

=



Higher Yield Better Profit

WATER QUALITY CLASSES (BASED ON EC_w)



GOOD (< 0.7 dS/m)
Suitable for most crops on most soils with little risk of salinity.



USABLE WITH CAUTION (0.7 – 3.0 dS/m)
May cause salinity problems in fine-textured soils or with sensitive crops.



UNSUITABLE (> 3.0 dS/m)
High salinity risk. Suitable only for salt-tolerant crops and well-drained soils.

TIPS FOR USING POOR QUALITY WATER



Leach salts:
Apply extra water occasionally to leach salts below the root zone.



Improve soil organic matter:
Better soil structure helps reduce salt and sodium effects.



Use efficient irrigation:
Drip or sprinkler systems reduce salt accumulation.



Choose salt-tolerant crops:
Select crops that can tolerate higher salinity levels.



Test water regularly:
Water quality can change over time and location.



by Bodem&Groen

Always test your water and know your numbers.
Better water management leads to better crop production and a sustainable future.



Test • Understand • Manage • Grow

ЗРОШЕННЯ

Збереження води

Збір дощової води

Сільськогосподарські водосховища та резервуари перетворюють зимові та весняні опади на джерело для зрошення влітку. Водосховище місткістю 4 000–6 000 м³ на один гектар зрошуваної площі достатньо, щоб подолати шеститижневу посуху на більшості південних українських овочевих сівозмін. Вода, що збирається з дахів великих пакувальних цехів та будівель для техніки і направляється до водосховищ з гідроізоляційним покриттям, забезпечує високоякісну воду з низьким вмістом осаду, яка особливо підходить для крапельного зрошення продукції, що продається на ринку свіжих овочів.



IRRIGATION FOR APPLE & VEGETABLES

Mainline, lateral placement & crop-specific drip layout

SYSTEM OVERVIEW



Mainlines & sub-mainlines: typically buried 60–80 cm deep and made of PVC or PE.



Drip laterals: above-ground (surface drip) or 15–35 cm below the surface (SDI).

ONION



Twin or quadruple rows on 1.2 m beds

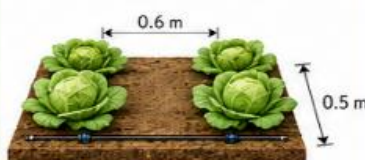


Laterals:	2 laterals per bed
Emitter spacing:	0.2–0.3 m
Placement:	surface drip or SDI
Bed width:	1.2 m

WHITE CABBAGE



Row crop with plant spacing 0.6 m × 0.5 m



Laterals:	1 lateral per row
Emitter spacing:	0.5 m
Emitter flow:	2 L/h
Application rate:	2.4 mm/h

CARROT



Twin-row beds, 1.4 m wide



Laterals:	1 lateral per bed
Emitter spacing:	30 cm
Emitter flow:	2 L/h
Application rate:	4.8 mm/h

RED BEET



Twin-row beds, 1.4 m wide



Laterals:	1 lateral per bed
Emitter spacing:	30 cm
Emitter flow:	2 L/h
Application rate:	4.8 mm/h

APPLE



Orchard rows with drip irrigation along the tree line



Laterals:	1–2 laterals per row
Emitter spacing:	0.5–0.75 m
Emitter flow:	2–4 L/h
Placement:	along tree row / root zone

BEST PRACTICES



Match application rate to soil type & crop water needs.



Use filtration and regular flushing to prevent clogging.



Schedule irrigation based on soil moisture, weather & crop stage.



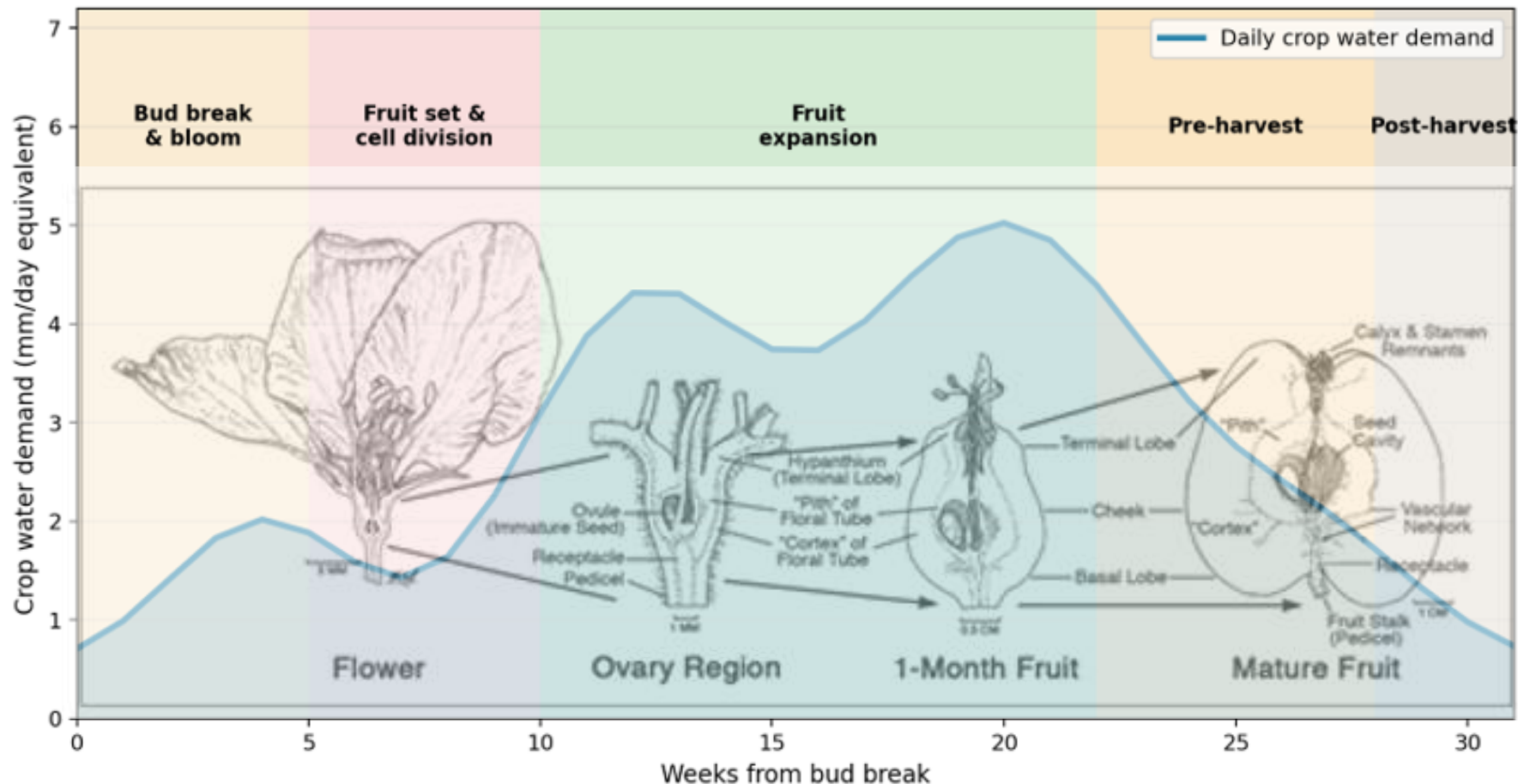
Keep laterals in the root zone and adjust as the crop grows.



Monitor system performance and maintain regularly.

ПОЛИВ ЯБЛУНЬ

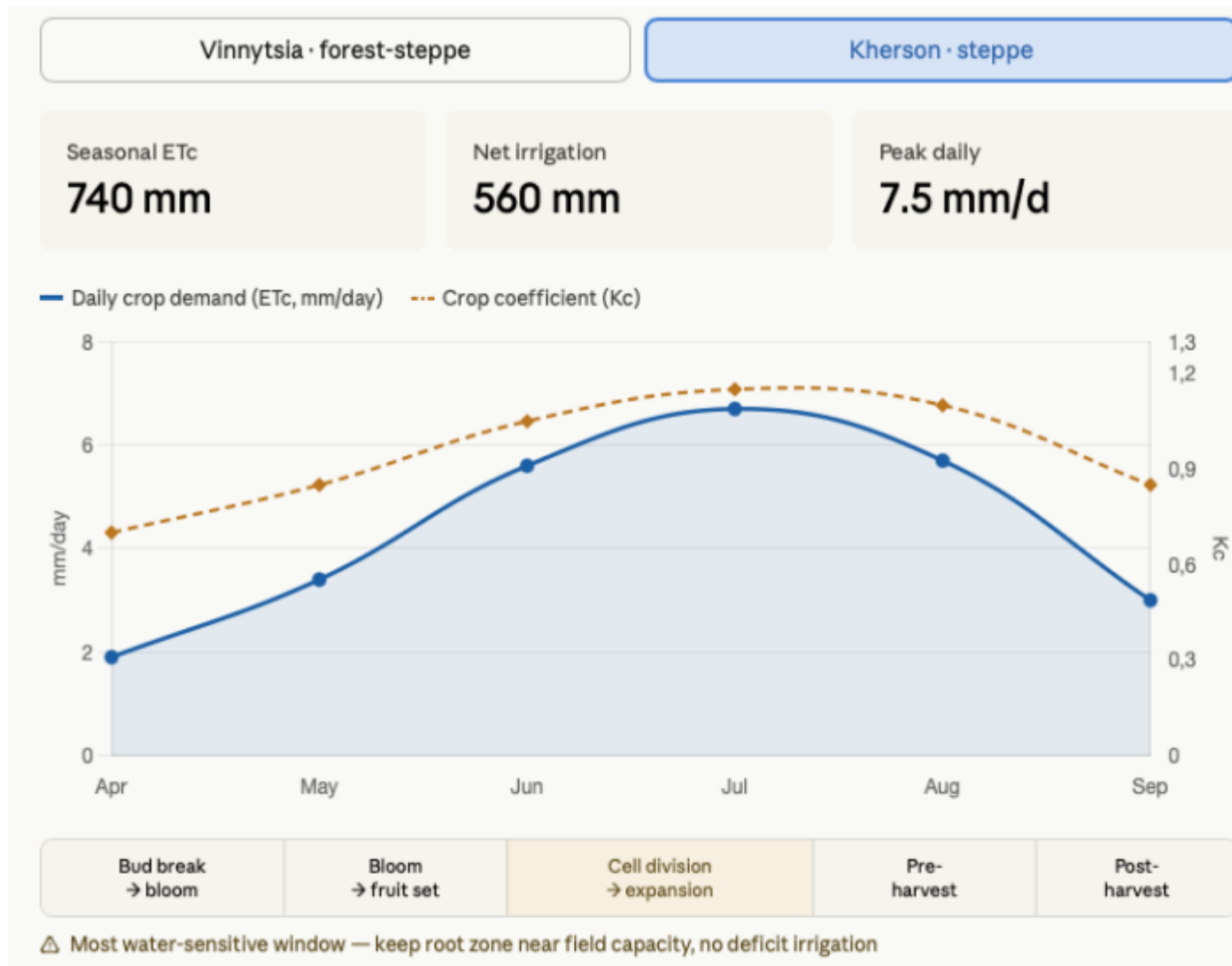
Стадії розвитку та потреба у воді



Критичні стадії росту та приблизна добова потреба у воді протягом вегетаційного періоду яблуні в умовах Центральної України. Пік потреби припадає на період наливу плодів у червні та липні.

ПОЛИВ ЯБЛУНЬ

Коли і скільки поливати

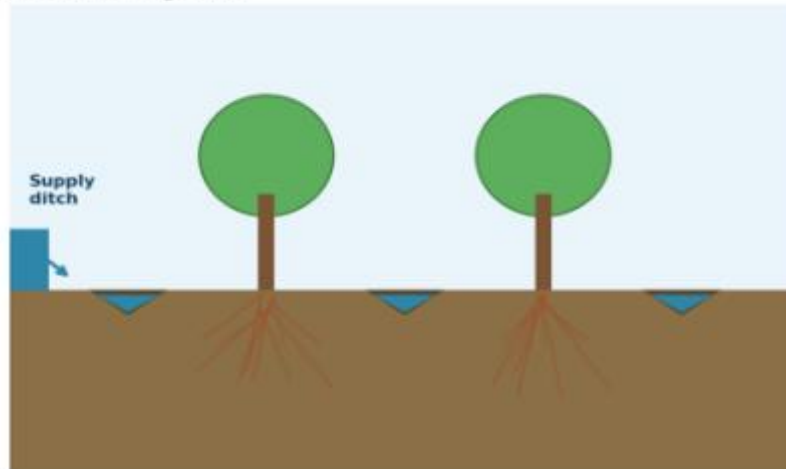


ЗРОШЕННЯ ЯБЛУНЬ

Системи для яблуневих садів

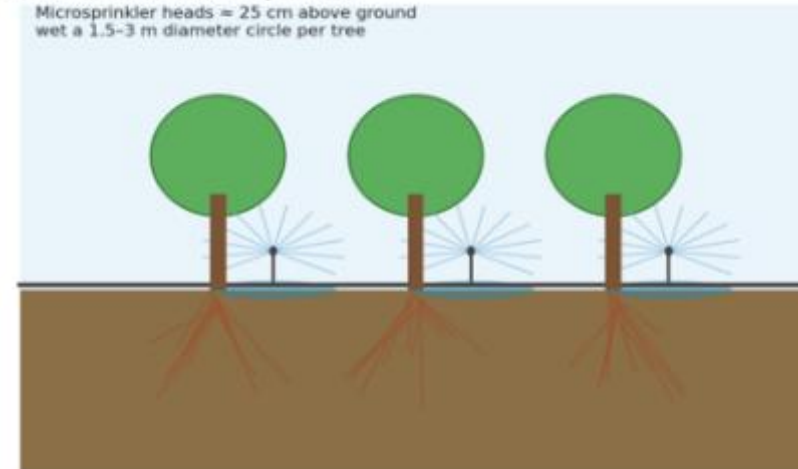
Схематичне порівняння чотирьох систем зрошення, що використовуються в яблуневих садах: (а) борозневе зрошення, (б) мікродощувальне зрошення, (в) поверхневе крапельне зрошення, (г) підповерхневе крапельне зрошення (SDI). Вибір системи впливає на ефективність використання води, капітальні витрати, потреби в робочій силі та придатність для фертигації.

(a) Furrow irrigation



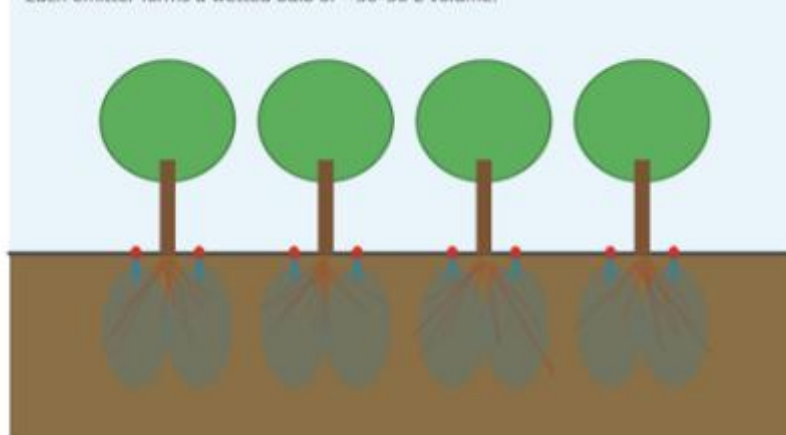
(b) Under-tree microsprinkler

Microsprinkler heads ≈ 25 cm above ground
wet a 1.5–3 m diameter circle per tree



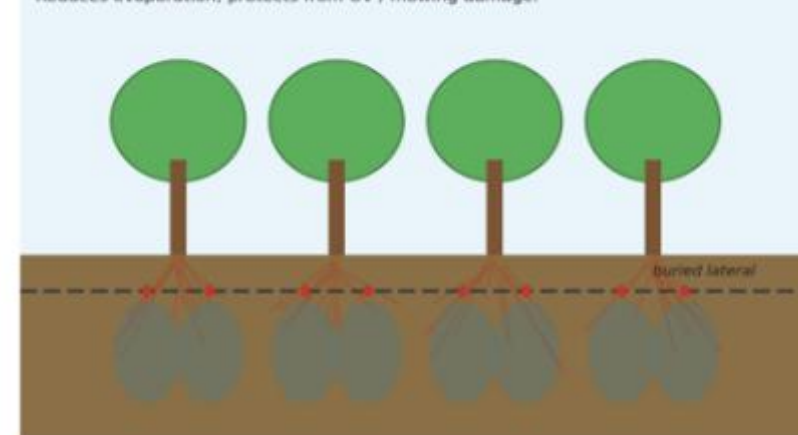
(c) Surface drip irrigation

Drip emitters @ 30–50 cm spacing on the lateral.
Each emitter forms a wetted bulb of ~30–50 L volume.



(d) Subsurface drip irrigation (SDI)

Lateral buried 20–35 cm below surface.
Reduces evaporation; protects from UV / mowing damage.



Дякуємо за увагу!