

ПРАКТИЧНА РОБОТА 3

ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

РОЗДІЛ 1. Теоретичні основи моніторингу вологості ґрунту

1.1 Водний потенціал і об'ємна вологість

Водний потенціал (**soil water potential**) – це показник енергетичного стану води в біологічних і ґрунтових системах, який визначає напрямок її переміщення. Вода рухається з областей з вищим водним потенціалом до областей з нижчим. У ґрунтових умовах водний потенціал формується під впливом кількох складових, серед яких найбільше значення має матричний потенціал.

Матричний потенціал зумовлений зв'язуванням води колоїдними частинками ґрунту та її адсорбцією на поверхні ґрунтових частинок. Саме цей показник визначає силу утримання води ґрунтом та ступінь її доступності для рослин [1,4].

Об'ємна вологість ґрунту (**volumetric water content**) характеризує кількісний вміст води в ґрунті та визначається як відношення об'єму води до загального об'єму ґрунту, що виражається у відсотках. Цей показник широко використовується з метою моніторингу стану зволоження ґрунту, оскільки дозволяє оцінити загальні запаси води в ґрунтовому профілі.

Для управління режимами зрошення важливими є також показники водоутримувальної здатності ґрунту, зокрема найменша вологосмість, передполивна вологість та запаси продуктивної вологи. Сучасні датчики вологості ґрунту дозволяють оперативно контролювати ці параметри та забезпечувати оптимальні умови водопостачання рослин.

1.2 Критерії управління зрошенням

Критерії управління зрошенням - це показники або умови, на основі яких приймають рішення про терміни та обсяги поливів для забезпечення оптимального водного режиму рослин та ефективного використання водних ресурсів. Критерії управління зрошенням базуються на показниках стану вологості ґрунту, потребах рослин у воді та умовах навколишнього середовища. Рішення щодо обґрунтованих термінів і норм поливу приймаються на основі даних про фактичну вологість кореневого шару ґрунту, водний потенціал, евапотранспірацію та моделювання водного балансу, що дозволяє підвищити ефективність водокористування і оптимізувати водні ресурси в зрошуваному землеробстві.

До основних критеріїв управління зрошенням відносяться:

Моніторинг вологості ґрунту - вимірювання фактичного стану вологості в зоні кореневого живлення рослин. Цей параметр дозволяє визначати, коли вміст води в ґрунті знижується до критичного рівня, при якому рослини починають відчувати водний стрес, і на основі цього планувати наступний полив[1,8].

Евапотранспірація - показник водоспоживання рослинами та випаровування з поверхні ґрунту, який використовується для розрахункових методів планування та визначення оптимального часу поливу.

Фази розвитку рослин і водні потреби культури - різні стадії росту мають різні потреби у воді, тому календарні та фазові критерії також включаються до управління режимом зрошення.

РОЗДІЛ 2. Характеристика фізичних методів вимірювання та їх порівняльний аналіз

2.1. Класифікація методів вимірювання вологості ґрунту

Методи визначення вологості ґрунту поділяються на прямі та непрямі (рис. 2.1).

Прямі методи передбачають безпосереднє визначення вмісту води у зразку ґрунту шляхом його висушування. Найбільш поширеним є термостатно-ваговий (гравіметричний) метод, який використовується як еталонний у наукових дослідженнях.

Непрямі методи базуються на вимірюванні фізичних параметрів ґрунту, які пов'язані з його вологістю.

Серед непрямих методів виділяють методи вимірювання водного потенціалу ґрунту (тензіометри, датчики типу Watermark) та методи визначення об'ємної вологості ґрунту (TDR, TDT, FDR, ємнісні датчики)

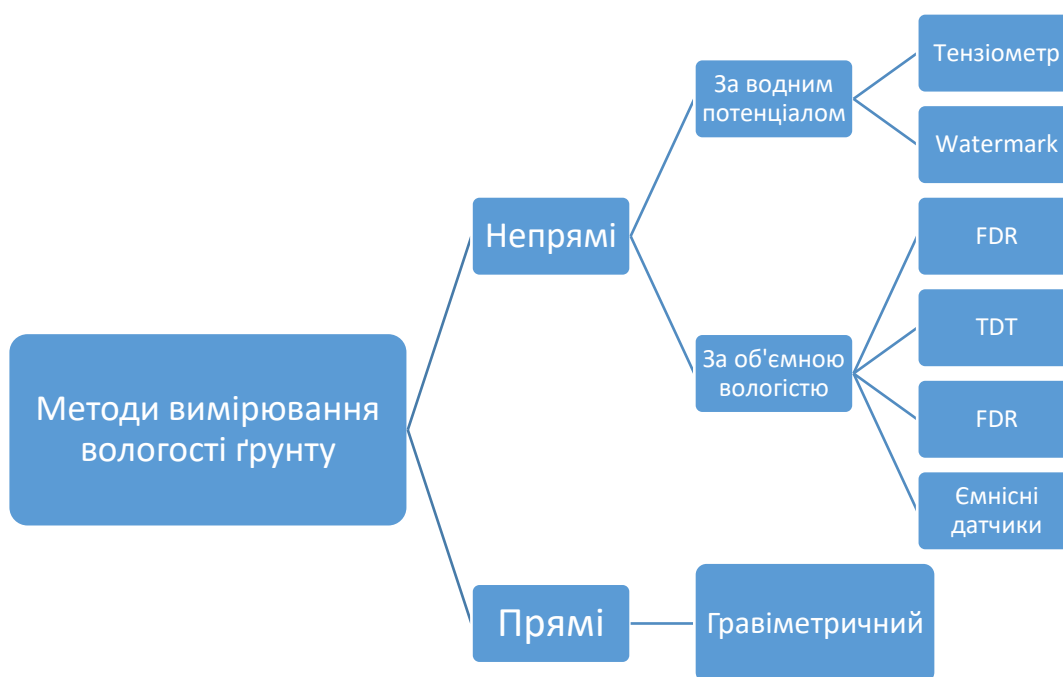


Рис. 2.1 Класифікація методів вимірювання вологості ґрунту

У сучасних системах точного землеробства найбільш поширеними є непрямі методи вимірювання вологості ґрунту, які забезпечують оперативний моніторинг водного режиму ґрунту та можуть інтегруватися з автоматизованими системами управління зрошенням.

2.2 Тензіометричний метод

Тензіометр (рис.2.2)

використовується для вимірювання тензіометричного тиску в ненасичених ґрунтах. Він складається з пористого зонда, з'єднувальної трубки та вимірювача тиску [2]. Основний елемент тензіометра – пористий керамічний зонд, який характеризується водопроникністю та тиском барботування. Тиск барботування визначає діапазон вимірювання тензіометричного тиску, а водопроникність – швидкість встановлення рівноваги між тиском в



Рис. 2.2 – Тензіометр для вимірювання водного потенціалу ґрунту

тензіометрі та тензіометричним тиском вологи в ґрунті. Принцип роботи: система заповнюється водою, вода в трубці та керамічному зонді приходить в рівновагу з вологою навколишнього ґрунту. Вода витікає через керамічний зонд в міру висихання ґрунту і підвищує тиск в тензіометрі, або рухається назад з підвищенням вологості ґрунту, зменшуючи тиск. Цей метод зазвичай застосовують на площах, де важливо точно відстежувати водний потенціал для правильного поливу. До переваг даного методу відносяться простота

та надійність при роботі з більшістю ґрунтів, низька вартість та висока точність для моніторингу водного потенціалу. З недоліків є обмежена точність у роботі з піщаними ґрунтами та потреба у періодичному обслуговуванні (доливання води) [2,4].

2.3 Електрорезистивні датчики (Watermark)

(рис.2.3) - це датчики, які вимірюють опір ґрунту, пов'язаний із його водним потенціалом. Пористі блоки електричного опору зроблені з гіпсу, гіпсо-скляного розчину, кераміки, нейлону і склопластику. Через деякий час після встановлення між ґрунтом і пористим блоком встановлюється рівновага потенціалу ґрунтової вологи. Таким чином, вимірювання пов'язані з потенціалом ґрунтової вологи. У пористому блоці електричного опору розміщено два електроди, які за допомогою кабелю з'єднані з лічильником, за допомогою якого вимірюється електричний опір між двома електродами. Більш високі показники електричного опору відповідають низькому вмісту вологи в блоці і високому потенціалу ґрунтової вологи. Переваги методу: низька вартість, прості у встановленні та прості в обслуговуванні, стійкі до засолення ґрунту та температурних змін. Недоліки: недовговічні, менш точні та залежні від показників рівня солей у ґрунті.



Рис. 2.3 Датчик
Watermark

2.4 Діелектричні датчики вологості (TDR, FDR)

Методи діелектричної постійної вимірюють здатність діелектрика (ґрунту) передавати височастотні електромагнітні

хвилі або імпульси. Отримані значення відображають вміст вологи в ґрунті. Для вимірювання діелектричної постійної ґрунту розроблено кілька підходів: рефлектометрія у часовій області (TDR), рефлектометрія у частотній області (FDR).

Датчик TDR (Time Domain Reflectometry) – пристрій TDR генерує високочастотний електромагнітний імпульс, який поширюється вздовж металевих контактів (зондів), встановлених у ґрунті. Сигнал відбивається від кінця зонда і повертається до приладу, який вимірює час між відправленням імпульсу та отриманням відбитої хвилі. Знаючи довжину зонду, визначають швидкість поширення сигналу. Оскільки швидкість електромагнітної хвилі залежить від діелектричної постійної середовища, а вона, в свою чергу, тісно пов'язана з вмістом води, за цими даними визначають об'ємну вологість ґрунту. Як правило, контакти датчика являють собою пару, або кілька стрижнів з нержавіючої сталі, які вводяться в ґрунт на певну глибину. Переваги: дуже висока точність вимірювань, надійність і довговічність, можливість роботи в широкому діапазоні типів ґрунтів. Недоліки: висока вартість, складність встановлення та обслуговування, що вимагає спеціального обладнання.



Рис. 2.4 – Датчик вологості ґрунту

Датчик FDR (Frequency Domain Reflectometry, рис.2.5) – у методі FDR використовуються радіочастотні хвилі для вимірювання ємнісного опору ґрунту. Датчик створює електромагнітне поле

навколо електродів, а зміна діелектричної постійної ґрунту, пов'язана з вмістом води, змінює частоту або ємність електричного сигналу. Частоти сигналу можуть відрізнятися, в залежності від моделі приладу, але зазвичай становлять близько 100 – 150 МГц. Оскільки діелектрична проникність води значно вища, ніж у мінеральної частини ґрунту та повітря, зміни частоти сигналу дозволяють визначати об'ємну вологість ґрунту. Переваги: висока точність при відносно доступній вартості, простота встановлення та експлуатації, працює в різних типах ґрунтів. Недоліки: точність трохи нижча, ніж у TDR датчиків, залежно від ґрунту можуть вимагати калібрування.



Рис. 2.5 – Датчик вологості ґрунту типу FDR

Джерела:

1. Журавльов О. В., Шатковський А. П., Малюк Т. В., Приведенюк Н. В. Водний обмін та евапотранспірація сільськогосподарських культур при зрошенні : монографія / за наук. ред. акад. НААН М. І. Ромащенко. Київ : Аграрна наука, 2024. 132 с.
2. AQUATEC. Тензіометри для точного зрошення : вебсайт. URL: <https://aquatec.ua> (дата звернення: 4.04.2026).
3. Ясінський Д. Порівняльний аналіз інструментальних методів моніторингу вологості ґрунту на зрошувальних системах: робота на конкурс наукових студентських робіт. 2026. 19с.