

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-350-7-9>

**PROSPECTIVE SYSTEMS FOR MONITORING
THE HYDROTHERMAL CONDITION OF SOIL: PRACTICAL
APPLICATION AND BENEFITS FOR AGRONOMISTS**

**ПЕРСПЕКТИВНІ СИСТЕМИ МОНІТОРИНГУ
ГІДРОТЕРМІЧНОГО СТАНУ ҐРУНТУ: ПРАКТИЧНЕ
ЗАСТОСУВАННЯ ТА ПЕРЕВАГИ ДЛЯ АГРОНОМІВ**

Solovei V. B. Соловей В. Б.

Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Head of the Soil Resources Department National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky» Kharkiv, Ukraine кандидат сільськогосподарських наук, старший науковий співробітник, завідувач відділу ґрунтових ресурсів Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» м. Харків, Україна

Trotsenko O. O. Троценко О. О.

Postgraduate National Scientific Center «Institute for Soil Science and Agrochemistry Research named after O. N. Sokolovsky» Kharkiv, Ukraine аспірантка Національний науковий центр «Інститут ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського» м. Харків, Україна

У сучасній агрономії впровадження та застосування сучасних технологій стало невід'ємною складовою підвищення ефективності сільського господарства. Однією з таких інновацій є системи автоматичного моніторингу ґрунту, що включають використання цифрових датчиків і контролерів. Ці пристрої, включені в сучасний інструментарій аграріїв, виконують функцію вимірювання температури ґрунту, надаючи інформацію про термодинамічний стан ґрунту на глибинах, що цікавлять та його поверхні.

Цифрові датчики (DS18B20) є невеликими електронними пристроями [1], здатними вимірювати температуру навколишнього середовища. Поєднання таких пристроїв та керуючих мікроконтролерів (Arduino Nano) дозволяє гнучко вибудовувати системи збору (інтервал «зняття» показань від однієї хвилини до декількох годин), безперебійної передачі даних (протягом року, вегетаційного сезону, будь-якого часового інтервалу) та їх накопичення (на флеш-картах, у створених базах-даних). Вимірювання температури ґрунту цифровими датчиками,

об'єднаними в одну мережу, надає можливість створення складних та сучасних систем моніторингу, забезпечуючи необхідними даними агрономів та фахівців у галузі сільського господарства.

На основі даних, отриманих від таких систем, можна ефективно керувати ресурсами господарства, оскільки це дає низку переваг:

Моніторинг ґрунтового стану. Переваги систем моніторингу ґрунту, що базуються на цифрових пристроях, забезпечують точність вимірювання температури ґрунту (DS18B20 дає точність вимірювань $\pm 0,5$ °C в інтервалі від -55 °C до +125 °C). Інтеграція таких систем у мережу сенсорів дозволяє здійснювати моніторинг ґрунту автоматично та безперервно. Це особливо важливо для віддалених ділянок або великих територій, де складно здійснювати ручний контроль.

Планування сіви та збирання культур. Різноглибинна система моніторингу ґрунту дозволяє агрономам оптимізувати розклад посівів та збирання врожаю. Вимірювання температури ґрунту важливе для визначення оптимального часу посіву різних культур, оскільки скорочує ризик раннього чи пізнього посіву. Наприклад: насіння моркви проростає при температурі ґрунту $+3...+4$ °C, проте, якщо їхній посів буде здійснено в холодніший ґрунт, насіння залишатиметься в спокої і затримуватиме свої сходи на час до трьох тижнів. Оптимальна температура для збору цього коренеплоду коливається в межах 15–20 °C. Морква, зібрана в оптимальні температурні умови, володітиме соковитою, солодкою м'якоттю і кращими якість зберіганням.

Оптимізація ресурсів. Знання температурних режимів ґрунту дозволяє ефективно розподіляти ресурси, такі як вода та добрива, мінімізуючи їх надмірне використання. Правильна кількість та регулярність поливу є ключовими факторами для успішного росту та розвитку рослин. Система моніторингу температури ґрунту відіграє важливу роль у цьому процесі, надаючи інформацію про його оптимальні температурні умови, що дозволяє агрономам визначити, коли слід проводити полив, щоб уникнути перезволоження або пересушування ґрунту.

При температурі ґрунту 32°C спостерігається уповільнення фізіологічних процесів у рослинах, що призводить до погіршення їх розвитку. Температурний поріг 60°C вважається критичним для більшості сільськогосподарських культур, оскільки за таких умов відбувається порушення нормального функціонування рослин. При температурі 38 °C рослини відчувають труднощі з поглинанням вологи з ґрунту. У цих умовах до 80% вологи втрачається через процеси випаровування. Це призводить до зниження доступності води для рослин та збільшення водного стресу. Тому необхідно враховувати температурні умови під час планування зрошення та інших агротехнічних заходів. До

того ж, правильно організований полив, знижує потребу у додаткових ресурсах, таких як паливо та електроенергія для систем поливу.

Інформація про температурні умови ґрунту дозволяє раціонально використовувати добрива тоді, коли рослини найбільш ефективно їх засвоюють, що дозволить знизити їх надмірне застосування і пов'язані з цим матеріальні витрати. В умовах низьких температур процеси поглинання поживних елементів зменшуються до мінімуму через уповільнення хімічних реакцій, а при температурі вище 35 °С також відбувається зниження засвоєння рослинами макро- і мікроелементів. Таким чином, температурний діапазон, для оптимального розвитку та росту рослин, обмежений максимальною та мінімальною межею для кожної конкретної культури.

Контроль запасів вологи у ґрунті та прогноз витрат для отримання запланованого врожаю. Для гідродefіцитних ґрунтів, особливо чорноземів, контроль за гідротермічним станом ґрунту має першочергове значення для агрономів. Знання про вологозапаси у ґрунті до початку вегетації культури дозволяє прогнозувати врожаї і відповідно необхідний об'єм добрив. Автоматичний моніторинг за термічним станом ґрунту на різних глибинах дозволяє передбачити динаміку витрат вологи та коригувати прогнознi значення врожайності та певною мірою якості продукції.

Прогнозування доступності мікроелементів. Міграційно-пульсацийний режим карбонатів кальцію у чорноземних та опідзолених ґрунтах на лесах визначається термічними умовами ґрунту у весняно-літній період та безпосередньо впливає на доступність рослинам мікроелементів. Спостереження за термічним режимом ґрунту дозволяють передбачити можливий підйом карбонатів кальцію у верхні шари ґрунту, зниження доступності мікроелементів для рослин та відповідно планувати посилення мікроелементного живлення рослин за допомогою позакореневих підживлень.

Управління зростанням та розвитком рослин. Це означає можливість оперативно реагувати на зміни температури та мінімізувати ризики втрат урожаю. Літні періоди екстремальної спеки призводять до стресу у рослин, що позначається на їх зростанні та врожайності. У цьому випадку можна внести коригування в режим поливу, здійснити тимчасове/постійне затінення рослин [2] або використовувати інші техніки (наприклад, мульчування шаром соломи завтовшки 1 см знижує температуру ґрунту на глибині до 5 см на 15–20 °С). Знання температурних режимів дозволяє передбачити швидкість та напрямок зростання, а також виявити аномалії, пов'язані з паузами у розвитку.

Стратегії боротьби зі шкідниками та хворобами. Температура ґрунту безпосередньо впливає на розвиток та репродукцію шкідливих

комах, та розвиток хвороб. Наприклад, фітофтороз, грибкове захворювання, розвивається при помірній температурі (15°C) та високій вологості. Фузаріоз пов'язаний з низькою температурою ґрунту, коренева гниль розвивається при високій вологості та низькій температурі, а плямистість листя виникає при високій температурі та сухості ґрунту. Моніторинг температурних змін у ґрунті дозволяє визначити піки активності шкідників та хвороб, а також їх сезонні коливання. Агрономи можуть адаптувати свої стратегії боротьби, ґрунтуючись на цих даних. Це включає підтримку оптимальних температурних режимів, застосування фунгіцидів та інші агротехнічні методи.

Диференціація агротехнологій з елементами точного землеробства. Ґрунти на полях схиливих місцеположень значно відрізняються за гідротермічним режимом відповідно експозиційного ефекту. Збільшення або зменшення евапотранспірації ґрунту у межах поля суттєво впливає на його родючість та сприятливість для певних сільськогосподарських культур, що дозволяє розробити відповідну диференціацію (зонування) земельної ділянки на окремі парцели, які потребують селективних агротехнологій.

Фермер, знаючи оптимальні температури ґрунту для різних сільськогосподарських культур, може своєчасно адаптувати стратегію розвитку/боротьби, пов'язаними зі зміною погодних умов та їх впливом на врожайність та якість продукції.

Системи моніторингу ґрунту важливі для сучасної агрономії, оскільки надають аграріям інформацію, необхідну для оптимізації польових робіт. Сучасний підхід до моніторингу ґрунту відкриває нові можливості у розробці практик до адаптації змінних кліматичних умов та виявлення оптимальних методів землекористування.

Література:

1. Daniel Zaszewski, Tomasz Gruszczyński. Low-cost automatic system for long-term observations of soil temperature. *GEOMATICS AND ENVIRONMENTAL ENGINEERING*. 2022. Vol. 17(1). <https://doi.org/10.7494/geom.2023.17.1.7575> (дата звернення 18.08.2023 р.).
2. Anôr Fiorini de Carvalho [et al]. Microclimate and soil and water loss in shaded and unshaded agroforestry coffee systems. *Agroforestry Systems*. 2020. Vol. 95(1). P. 119–134. URL: <https://link.springer.com/article/10.1007/s10457-020-00567-6> (дата звернення 15.10.2022 р.).