

РАЗРАБОТКА ВАРИАНТОВ ОПТИМИЗАЦИИ ЦИФРОВЫХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДАННЫХ В КОРНЕВОЙ ЗОНЕ РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ОСОБЕННОСТЕЙ ЖИЗНЕДЕЯТЕЛЬНОСТИ ЛИЧИНОК МАЙСКОГО ЖУКА РОДА MELOLONTHA

Комиссарова Е. С.¹, Биджиева С. С.¹

Научный руководитель – Старший преподаватель ФЭТ Тимофеева И. В.¹

¹Университет ИТМО

elizaveta.komissarova.2020@mail.ru

Введение

Одной из ключевых задач современного растениеводства является рациональное использование водных ресурсов и удобрений. Избыточное внесение удобрений и нерациональная ирригация приводят к росту водопотребления, деградации почв и повышению рисков возникновения эвтрофикации водных объектов.

В настоящее время на мировом рынке уже присутствуют цифровые системы мониторинга почвы, основанные на датчиках влажности, температуры, электропроводности, однако большинство таких систем фиксируют состояние почвы лишь в отдельных точках или слоях, не учитывая пространственную структуру корневой зоны и особенности химического микроклимата ризосферы. Для нахождения решения стоит обратиться к живому организму, жизнедеятельность которого завязана на ориентировании в почвенной среде – личинке майского жука (*Melolontha*). Исследования показывают, что они способны обнаруживать корни благодаря восприятию градиентов CO₂, влажности и химических соединений, входящих в состав корневых выделений [1]. Эти сигналы распознаются сенсорными структурами на усиках и поверхности тела, что позволяет личинкам локализовать активные участки ризосферы, где содержание питательных веществ и вода наиболее доступны [2]. Биологические механизмы ориентации почвенных фитофагов предлагают ценный прототип для анализа и возможной модернизации цифровых систем мониторинга.

Основная часть

Личинки майских жуков рода *Melolontha* (сем. Scarabaeidae) ориентируются в почве с помощью комплекса сенсорных модальностей: восприятия градиентов углекислого газа (CO₂), реакции на градиенты влажности, а также чувствительности к химическим компонентам корневых выделений (летучим и водорастворимым соединениям). Их анатомические сенсорные структуры (сенсиллы) на антеннах, пальпах и теле обеспечивают восприятие этих сигналов. Поведенческие эксперименты и физиологические исследования показывают, что CO₂ часто служит длинно-дистанционным ориентиром, тогда как корневые выделения и влажностные градиенты уточняют навигацию на ближних дистанциях [1, 3].

Сопоставление биологических принципов с современными цифровыми технологиями мониторинга корневой зоны демонстрирует существенный разрыв между возможностями живых организмов и технических систем. На рынке преобладают датчики влажности почвы, такие как Sensoterra и Soil Scout, которые обеспечивают стабильный и автономный мониторинг водного режима, но дают информацию только о содержании воды непосредственно в точке установки [4, 5]. То есть современные цифровые решения фиксируют отдельные аспекты состояния почвы, тогда как природные механизмы ориентирования личинок основаны на интеграции нескольких типов сигналов одновременно. Технологические системы пока не способны воспроизводить подобную мультисенсорную модель.

Предложенные инновационные методы улучшения цифровых систем контроля корневой зоны, выполненные с акцентом на практическое применение, направлены на:

1) алгоритмическое повышение информативности существующих сетей датчиков посредством адаптивного объединения данных (data fusion).

2) аппаратно-инженерную модернизацию точки наблюдения: переход от одиночного «штыревого» датчика к модулю со «стержневой» конфигурацией и радиальными ответвлениями, обеспечивающими многоточечные измерения в пределах активной корневой зоны.

Выводы

Анализ продемонстрировал, что биологические механизмы ориентации личинок майского жука рода *Melolontha* в почве представляют собой ценный источник идей для совершенствования цифровых систем мониторинга корневой зоны растений. Разработаны два направления оптимизации, сочетающие алгоритмические и инженерные улучшения. Они могут стать основой для разработки более точных систем управления орошением и внесением удобрений, что, в свою очередь, способствует снижению водных потерь, уменьшению рисков эвтрофикации и переходу сельскохозяйственных практик к более экологически устойчивым моделям.

Литература

1. Plant-associated CO₂ mediates long-distance host location and foraging behaviour of a root herbivore // pmc.ncbi.nlm.nih.gov. [Электронный ресурс] – 2021. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC8057813/> (Дата обращения 26.10.2025)
2. Sensing the Underground – Ultrastructure and Function of Sensory Organs in Root-Feeding *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeinae) Larvae // plos.org. [Электронный ресурс] – 2012. – URL: https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371%2Fjournal.pone.0041357&utm_source (Дата обращения 26.10.2025)
3. Sensing the Underground – Ultrastructure and Function of Sensory Organs in Root-Feeding *Melolontha melolontha* (Coleoptera: Scarabaeinae) Larvae // pmc.ncbi.nlm.nih.gov. [Электронный ресурс] – 2012. – URL: <https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC3405142/> (Дата обращения 26.10.2025)
4. Sensoterra // sensoterra.com. [Электронный ресурс] – 2025. – URL: <https://www.sensoterra.com> (Дата обращения 28.10.2025)
5. Soilscout // soilscout.com. [Электронный ресурс] – 2025. – URL: <https://soilscout.com/about-us> (Дата обращения 28.10.2025)