

УДК 681.5.013

Д. А. Гринюк, доц., канд. техн. наук; Т. А. Дейнека, ст. преп.;
М. Д. Былина, студ.; Е. В. Ивашко, студ.
(БГТУ, г. Минск)

ИЗМЕРЕНИЕ ВЛАЖНОСТИ ПОЧВЫ

Правильный полив осуществляется путем мониторинга влажности почвы и точного определения содержания в ней влаги. Поэтому полезно изучить и понять ее динамические изменения и пространственное распределение, а также потребности различных культур в содержании влаги в почве в один и тот же период.

Существуют различные методы измерения и принципы работы датчиков влажности почвы, в том числе гравиметрический, тензиометрический, нейтронный, проекционный γ -лучей, дистанционное зондирование и диэлектрический.

Гравиметрический (весовой) метод – это метод сушки. Больше относится к лабораторным, но существуют варианты с механизированным и автоматизированным отбором пробы на нужной глубине, упаковкой в контейнеры, сушки и взвешивания. Имеет хорошую точность, но плохую динамику.

Тензиометрический метод является косвенным. При его реализации измерению подвергается способность почвы отдавать влагу. Имитируется капиллярное движение влаги и измеряется давление извлечения. На показания манометра может оказывать влияние не только влажность почвы, но и силы поверхностного натяжения, а также другие факторы. Это напряжение является прямым показателем доступности воды для растения.

Еще одним решением имитации капиллярной системы почвы является использование гипсовых блоков. Гипсовые блоки со встроенными никелевыми электродами помещаются в почву. За счет капиллярности гипс поглощает воду, в то время как тот же гипс поддерживает рН на уровне 5. О влажности судят по сопротивлению между электродами. Электроды находятся в комфортных условиях за счет окружающей среды и формируют стабильные показания.

К практически только лабораторным методам контроля влажности можно отнести использование пиктометра. Для его использования требуется дистиллированная вода и контроль веса на разных стадиях процедуры измерения.

Для контроля влажности используют психрометр в экране.

В системах непрерывного контроля влажности почвы больше находит применение диэлектрический метод. Обычно диэлектриче-

ская проницаемость твердых тел, воды и воздуха составляет примерно 4,80 и 1 соответственно. Кроме того, поскольку диэлектрическая проницаемость влажной почвы в основном определяется содержанием влаги в почве, это эффективный, быстрый, простой и надежный метод, который использует диэлектрические свойства почвы для определения содержания в ней воды. В частности, его можно разделить на методы измерения, основанные на принципе емкости, принципе сопротивления, принципе отражения во временной области, принципе частотного отражения и принципе стоячей волны. На основе этого разработано несколько типов датчиков влажности почвы. Среди них три распространенных на рынке датчика влажности почвы: рефлектометрия во временной области (TDR), рефлектометрия в частотной области (FDR) и коэффициент стоячей волны (SWR).

Для контроля влажности может быть использован тепловой зонд, который состоит из пористого блока, содержащего источник тепла и точный датчик температуры. Влажность измеряют по динамике изменения температуры при нагревании. Недостатком метода является необходимость предварительной калибровки измерительных кривых между влажностью и температурой.

В результате проведения нескольких исследований был предложен метод измерения содержания влаги в почве, называемый рефлектометрия в частотной области (FDR). FDR более гибок, чем TDR, с точки зрения геометрической длины зонда и рабочей частоты. В процессе измерения почва действует как диэлектрик, а щуп датчика эквивалентен конденсатору и внешнему генератору, который может образовывать схему настройки. Высокочастотный генератор может посылать сигналы от десятков до сотен мегагерц, а резонансную частоту можно обнаружить с помощью схемы высокочастотного обнаружения.

Теоретическая основа датчика влажности почвы TDR основана на основе физического явления изменения скорости распространения в зависимости от диэлектрической проницаемости среды. Генератор сигналов излучает импульсный сигнал; при передаче сигнала на зонд по коаксиальному кабелю происходит рассогласование импедансов. О диэлектрической проницаемости судят по разнице во времени между двумя отраженными сигналами.

Еще одним способом измерения диэлектрической проницаемости является рефлектометрия в амплитудной области. Отраженная волна взаимодействует с падающей волной, создавая стоячую волну напряжения. Влияние электропроводности почвы сводится к миниму-

му за счет выбора частоты сигнала, позволяющей оценить содержание влаги в почве по импедансу почвы/зонда.

Еще одним подобным методом является контроль времени распространения электромагнитного импульса (TDT). Он похож на TDR, но более прост.

Кроме амплитудного принципа может быть использован фазовый принцип. Поскольку скорость распространения связана с содержанием влаги в почве, содержание воды в почве можно определить по фазовому сдвигу для заданной частоты и длины пути.

Нейтронметр и гаммометр определяют содержание влаги путем контроля интенсивности медленных нейтронов и гамма излучения от источника. Эти приборы не разрушают структуру почвы, являются быстрыми и точными. Точность достигается за счет калибровки под конкретное место применения, однако приборы дороги и имеют радиационную опасность. γ -метод имеет в сравнении с нейтронным более высокое вертикальное разрешение.

Емкостные датчики, вместе с резистивными, являются самыми распространенными. Они характеризуются низкой стоимостью, но при этом имеют низкую точность.

Относительно широкое распространение получил микроволновый метод. Диэлектрические свойства среды определяют характеристики распространения электромагнитных волн в среде. Используют активный и пассивный вариант построения

Использование ядерного магнитного резонанса (ЯМР) для мониторинга влажности обусловлено способностью ЯМР определять концентрацию атомов водорода и, следовательно, влажность в почве. ЯМР имеет те же недостатки, что и нейтронный метод, например, чувствительность к органическим веществам. Однако ЯМР имеет преимущество, так как позволяет анализировать взаимодействие атомов водорода и молекул воды в различных состояниях связи.

Оптические методы основаны на принципе, который учитывает, что наличие влаги на отражающей поверхности приводит к поляризации отраженного луча. Однако на калибровку также влияют тип почвы и шероховатость поверхности. В ближней инфракрасной области существует несколько полос поглощения воды, самая сильная из которых находится на длинах волн 1450, 1940 и 2950 нм. Такие методы зависят от молекулярного поглощения воды на различных длинах волн водой в поверхностных слоях и поэтому неприменимы там, где распределение влаги очень неоднородно.