

ФИЗИОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ

Известия ТСХА, выпуск 4, 2000 год

УДК 631.675.2:635.6

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРОКОВ ПОЛИВА РАСТЕНИЙ НА ОСНОВЕ БИОГЕННЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ПОТЕНЦИАЛОВ

Ю. Х. ШОГЕНОВ*, Н. Н. ТРЕТЬЯКОВ

(Кафедра физиологии растений)

Между влажностью почвы в зоне корнеобитания растения и градиентами биоэлектрических потенциалов (БЭП) вдоль стебля растения установлена функциональная взаимосвязь, согласно которой построена тарировочная кривая для определения влажности почвы по уровню БЭП. Вид кривой зависит от времени наблюдения, возраста и вида растения. В процессе вегетации срок очередного полива устанавливается сравнением полученной влажности почвы с нижним оптимальным пределом влажности, равным 75% НВ. На основе регистрации БЭП разработан переносной прибор для своевременного и точного определения сроков полива растений в закрытом грунте и полевых условиях.

Влажность питательного субстрата (почвы) является важнейшим параметром среды обитания растений. Недостаток или излишек влаги приводят к угнетению растений и потерям урожая, а своевременное определение сроков полива растений снижает потери, связанные с напряженностью влаги в поч-

ве [3, 10]. К методам определения сроков полива растений относят следующие: измерение концентрации клеточного сока листьев [5], определение оводненности листьев высушиванием, определение изменения положения в пространстве листьев различной тургоресцентности с помощью преоб-

* МГУП.

разования параметрического типа (изменение емкости конденсатора между листом и пластиной датчика) [6]. Первые 2 метода трудоемки и необходимые данные для полива можно получить лишь на следующий день, что снижает их точность. Методы, связанные с кондуктометрическими преобразователями, малоэффективны из-за зависимости электропроводности от концентрации ионов минеральных веществ, температуры и физико-механического состава почвенного субстрата [7]. Как показали исследования, разность БЭП растения изменяется под действием биогенных и абиотических факторов, в частности, при изменении баланса влаги в растении. Например, в условиях напряженности влаги в почве (почвенная засуха) нарушается водообеспеченность растения и разность БЭП, измеряемая экстраклеточно, существенно снижается. Таким образом, установлено полезное качество БЭП, связанное с точным и своевременным определением сроков полива растений.

Методика

Исследования проводили в лаборатории искусственного климата лаборатории физиологии растений и на Овощной станции МСХА им. К. А. Тимирязева на растениях огур-

ца (гибрид ТСХА 575) и томата (гибрид Аврора), которые выращивали по установленной в тепличных хозяйствах технологии. Влажность почвы определяли по термостатно-весовому методу [8]. Значения разности БЭП между основанием и верхней частью типичных по биометрическим показателям растений регистрировали по стандартной методике [11]. Проводили статистический анализ экспериментальных данных [9].

Результаты

Способ определения сроков полива травянистых растений на основе регистрации БЭП реализовывали в закрытом грунте или на поле одновременным определением влажности почвы непосредственно в корнеобитаемой зоне и измерением БЭП между основанием и верхней частью растения. Затем устанавливали функциональную взаимосвязь между БЭП и влажностью почвы [1], которую представили в виде

$$U_{\text{БЭП}} = A + BW + CW^2 + DW^3, \quad (1)$$

где $U_{\text{БЭП}}$ — разность БЭП между основанием и верхней частью растения, мВ; W — влажность почвы, %НВ; A, B, C, D — коэффициенты регрессии, зависящие от времени измерения БЭП.

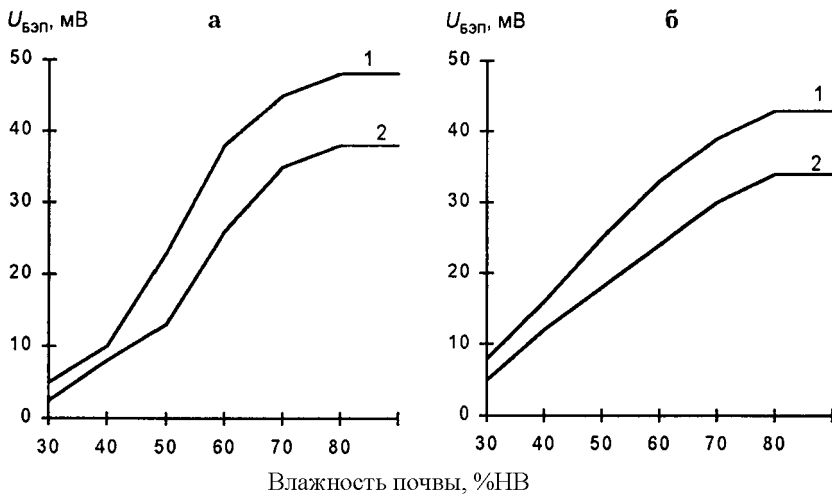


Рис. 1. Тарировочные кривые зависимости разности БЭП между основанием и верхней частью растения ($U_{БЭП}$) от влажности почвы (%НВ) в корнеобитаемой зоне: 1 и 2 — кривые, соответствующие периодам наблюдений с 10 до 15 ч и с 15 до 18 ч; а и б — тарировочные кривые соответственно для растений томата Аврора и огурца ТСХА 575.

В процессе вегетации определяли БЭП растений и по тарировочной кривой (рис. 1), построенной согласно формуле (1), определяли влажность почвы путем сравнения полученной влажности с оптимальной и устанавливали срок очередного полива.

Например, на растениях огурца (гибрид ТСХА 575) в фазу завязывания плодов измеряли БЭП между основанием и верхней частью растения с 15 до 16 ч. Нижний предел влажности почвы в эту фазу равен 75%НВ. Определяли среднее значение

БЭП из 10 типичных растений (чем больше повторностей в измерениях, тем точнее определяется срок полива), которое оказалось равным 27,2 мВ. Затем по тарировочной кривой (рис. 1, кривая 2), соответствующей наблюдениям с 15 до 18 ч, определяли влажность почвы, которая составила 60%НВ. Так как она оказалась меньше нижнего оптимального предела, равного 75%НВ, то провели полив. Проверку способа проводили в разные фазы развития растений огурца, а также на других культурах [1].

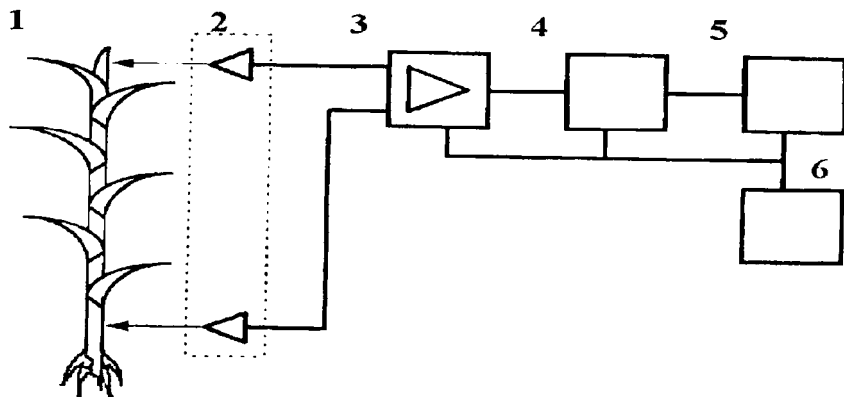


Рис. 2. Блок-схема прибора: 1 — растение; 2 — блок датчиков; 3 — электрометрический усилитель; 4 — аналогоцифровой преобразователь; 5 — жидкокристаллический индикатор; 6 — блок питания.

Наилучшие оценки для коэффициентов регрессии находили полиномиальной аппроксимацией серии экспериментальных точек методом наименьших квадратов [9]. При этом степень многочлена принимали на единицу больше точек поворота (экстремальных точек) экспериментальной кривой [4]. Например, в нашем случае многочлен третьей степени может отразить 2 точки поворота зависимости БЭП растений от влажности почвы.

Блок-схема предлагаемого прибора для определения сроков полива растений представлена на рис. 2. Конструктивно все блоки выполнены в виде отдельных модулей. Питание осуществляется от сети 220 В или от 2 ба-

тарей типа «Крона». Входной ток — не более 10^{-12} А. Блок датчиков 2 состоит из двух хлорсеребряных электродов типа ЭВЛМЗ или пары других неполяризующихся электродов. Электрометрический измерительный усилитель 3 служит для усиления потенциала от датчиков и преобразования его в пропорциональное напряжение постоянного тока.

Электрическая схема усилителя дана на рис. 3. Усилитель (ОУ) собран на одной микросхеме ОРА 4131 по схеме дифференциального усилителя. Первые два ДА1 и ДА2 представляют собой усилители с большими входными сопротивлениями с изменяющимися коэффициентами усиления (1 или 10).

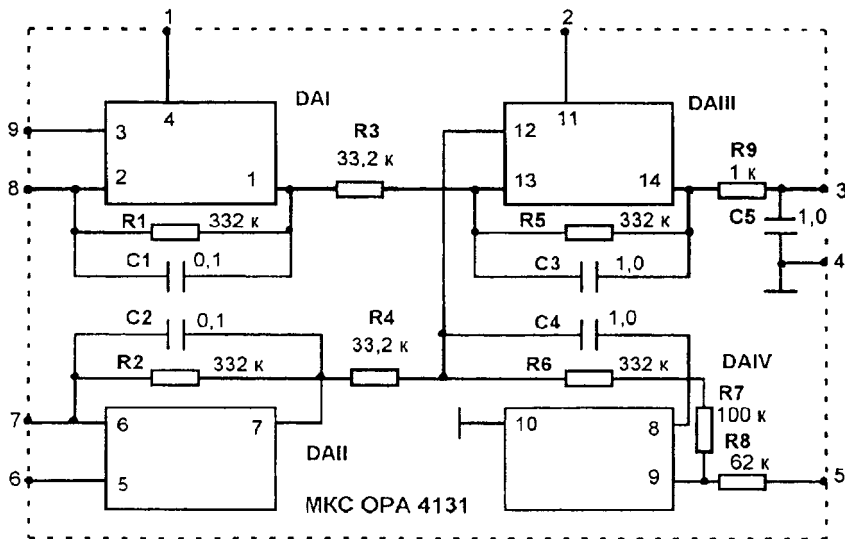


Рис. 3. Электрическая схема электрометрического усилителя.

DAII собран как дифференциальный усилитель. **DAIV** служит для установки нуля на выходе 13 дифференциального усилителя. Конденсаторы 0,1 мкФ, установленные в **DAI** и **DAII**, используются для уменьшения наводки 50 Гц на входы **DAII**. Конденсаторы 1,0 мкФ, установленные в **DAII**, определяют постоянную времени фильтра нижних частот $\tau = 0,3$ с. Коэффициент усиления **DAII** равен 10. Коэффициенты усиления измерительного усилителя меняются с помощью тумблера на внешней панели прибора (10 или 100). На входе усилителя стоит тумблер, который замыкает вход усилителя на общую

шину, когда усилитель отключен от датчиков. Выходы усилителя выведены на разъем, на клеммы и переключатель. Разъем используется для подключения прибора при необходимости к регистрирующему устройству или компьютеру. Гнезда используются для контроля напряжения на выходе усилителя внешним цифровым мультиметром.

Электрическая схема блока питания представлена на рис. 4. Блок питания собран на трансформаторе, мостике **КЦ402** и стабилизаторах питания **7812** и **7912**. Концы вторичной обмотки трансформатора подводятся к входам 3 и 5.

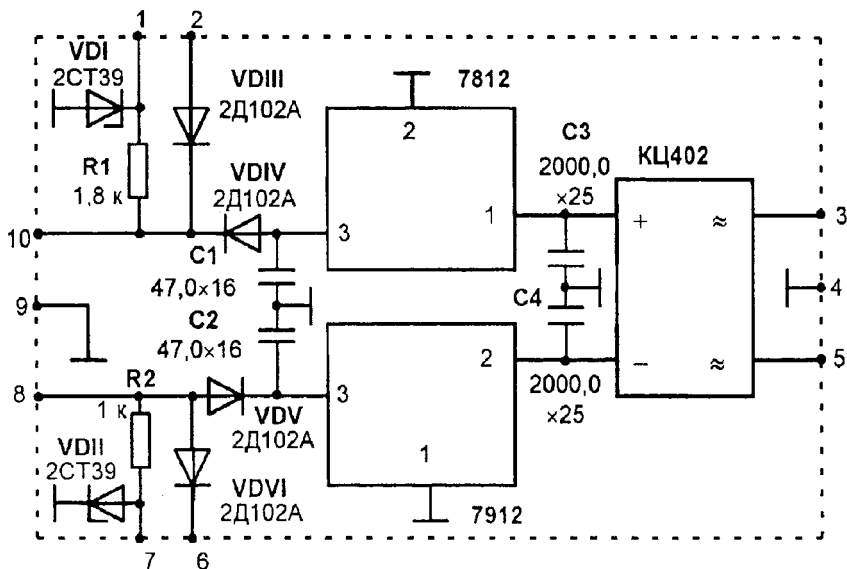


Рис. 4. Электрическая схема блока питания.

Прибор выполнен на современной электронной базе, имеет цифровую шкалу, сохраняет свои технические параметры в пределах норм при снижении напряжения питания до $-6 \dots 0 \dots +6$ В. Габариты прибора $194 \times 138 \times 70$ мм. Масса прибора с автономными источниками питания не превышает 850 г.

Описанный способ оперативного определения сроков полива основан на электрических свойствах живой растительной ткани, в частности, свойстве поляризации клеточных мембран и целых органов растения, которая проявляется в виде разности БЭП на поверхности расте-

ния [2, 11] и является, по-видимому, одним из важных факторов, принимающих участие в транспорте воды и ионов минеральных веществ.

Заключение

Предложен новый принцип определения сроков полива растений в закрытом грунте и полевых условиях, связанный с экстраклеточной регистрацией градиентов БЭП интактного растения. Повышенные точности определения сроков полива растений достигается за счет быстрого определения влажности почвы непосредственно в зоне корнеобитания интактного

растения с помощью градиентов БЭП, являющихся объективной характеристикой состояния живой растительной ткани. На основе идентификации изменений БЭП с параметрами жизнеобеспечения растений разработано портативное устройство, позволяющее точнее определять сроки полива растений в полевых условиях и закрытом грунте [1].

ЛИТЕРАТУРА

1. А. с. № 1630674 СССР, МКИ А 01 G 25/00. Способ определения сроков полива травянистых растений / Ю. Х. Шогенов и др. — Публ. в Б. И. № 8, 1991. — 2. *Гладик Ж.* Биофизика. М.: Энергоатомиздат, 1983, с. 31—44. — 3. *Леопольд А.* Рост и развитие растений. М.: Мир, 1968. — 4. *Лукомский Я. И.* Теория корреляции и ее при-

менение к анализу производства. М.: Госстатиздат, 1961. — 5. *Льгов Г. К.* Орошаемое земледелие. М.: Колос, 1979. — 6. *Мартиненко О. I.* Идентификация рослинних бюсистем з використанням шформашу вщ дэослин. (Автореф. докт. дис. КиУв, 1994. — 7. *Нертин С. В., Чудновский А. Ф.* Физика почвы. М.: Наука, 1967. — 8. Практикум по почвоведению. / Под ред. И. С. Кауричева. М.: Колос, 1980, с. 72—73. — 9. *Тейлор Дж.* Введение в теорию ошибок. М.: Мир, 1985. — 10. Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. / Под ред. Н. Н. Третьякова. М.: Колос, 1998. — 11. *Шогенов Ю. Х., Васильев В. А., Третьяков Н. Н. и др.* Математическое моделирование электрических сигналов в проводящей системе растения. — Изв. ТСХА, 1999, вып. 2, с. 114—128.

*Статья поступила
22 апреля 2000 г.*

SUMMARY

Between soil moisture in plant root zone and gradients of bioelectric potentials (BEP) along the plant stem a functional interconnection has been found; according to this interconnection a calibration curve for determining soil moisture by BEP level has been made. Kind of the curve depends on the time of observation, age and species of the plant. During vegetation the date of the next irrigation is fixed by comparing the obtained soil moisture with lower optimum moisture limit which makes 75% of low moisture. On the base of BEP registration a portable apparatus has been developed for well-timed and exact determining dates of plant irrigation in protected ground and under field conditions.