

БИОСЕНСОРИ

BIOSENSORS

УДК 381.3

ПОРТАТИВНИЙ ФЛУОРИМЕТР ФЛОРАТЕСТ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

В. А. Романов, И. Б. Галелюка. Е. В. Сарахан

Украина, Киев, Институт кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины,
Email: VRomanov@i.ua

ПОРТАТИВНИЙ ФЛУОРИМЕТР ФЛОРАТЕСТ И ОСОБЕННОСТИ ЕГО ПРИМЕНЕНИЯ

В. А. Романов, И. Б. Галелюка., Е. В. Сарахан

Аннотация. Рассмотрен принцип построения портативного флуориметра Флоратест и особенности его применения в сельском хозяйстве для оценки влияния засухи, режимов искусственного полива, внесения удобрений на сельскохозяйственные культуры.

Ключевые слова: индукция флуоресценции хлорофилла, выносной оптический сенсор, температура, засуха, искусственный полив

ПОРТАТИВНИЙ ФЛУОРИМЕТР ФЛОРАТЕСТ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЙОГО ЗАСТОСУВАННЯ

В. О. Романов, І. Б. Галелюка, Є. В. Сарахан

Анотація. Розглянуто принцип побудови портативного флуориметру Флоратест і особливості його застосування для оцінки впливу посухи, режимів штучного поливу, внесення добрив на сільськогосподарські культури.

Ключові слова: індукція флуоресценції хлорофілу, виносний оптичний сенсор, температура, посуха, штучний полив

PORTABLE FLUOREMETER FLORATEST AND ITS APPLICATION FEATURES

V. A. Romanov, I. B. Galelyuka, E. V. Sarakhan

Abstract. The principle of portable fluoremeter Floratest is considered. Features of Florates application for estimating influence of drought, artificial watering regimes, and fertilizer application are described.

Keywords: induction of fluorescence of chlorophyll, remote optical sensor, temperature, drought, artificial watering

Введение

Согласно информации Всемирного банка доступная пища является проблемой для двух миллиардов человек в мире. В 37 развивающихся странах на питание уходит 70 % совокупной зарплаты семьи, тогда как в развитых странах на эти нужды уходит около 15 % доходов.

Такие проблемы, как засуха, истощение земель и наводнения нарушили сельскохозяйственное производство. Мировая борьба с глобальными изменениями климата на планете в сторону уменьшения выбросов парникового газа, перевод традиционных технологий энергопотребления на биотопливо заводят в тупик отечественное сельское хозяйство. Развитие производства биотоплива происходит за счет уменьшения производства пищевых культур. Увеличение стоимости продуктов питания на 30 % происходит за счет выращивания сельскохозяйственных культур для производства биотоплива.

Эти тенденции хорошо прослеживаются на примере развития пищевой индустрии в беднейших странах мира, которые предпочитают выращивание более рентабельных экспортных культур (рапс, пальмовое масло и т.п.). Поэтому наличие продуктов питания на рынках в этих странах в большей степени стало зависеть от импорта. Экономический кризис заставил богатые страны инвестировать средства в пищевое сырье, рентабельность которого быстро растет. И это тоже повлияло на стоимость продуктов питания [1].

Поэтому повышение продуктивности сельского хозяйства Украины является важной народнохозяйственной задачей. Для оценки продуктивности сельскохозяйственных культур, в Институте кибернетики им. В. М. Глушкова НАН Украины разработан и передан в опытную эксплуатацию портативный флуориметр Флоратест, который в on-line режиме регистрирует флуоресценцию листового аппарата растения. Информация в виде кривой индукции флуоресценции хлорофилла (ИФХ) выводится на дисплей прибора. Характерная кривая с одним или несколькими максимумами носит имя кривой индукции флуоресценции хлорофилла (ИФХ), индукционной кривой или кривой Каутского. Эта кривая отображает физиологическое состояние всей цепочки фотосинтеза и кинетику его различных звеньев. Все изменения в любом

звене фотосинтеза приводят к изменению внешнего вида кривой ИФХ. По форме этой кривой и отдельных ее участков можно оценивать и прогнозировать степень влияния на растение как основных факторов окружающей среды, так и эндогенных факторов.

1. Принцип работы

Между пластинами выносного оптического сенсора помещают листок растения (рис. 1). Часть листка между пластинами изолирована от света и проходит темновую адаптацию в течение 3—5 минут. Выносной сенсор освещает синим светом часть поверхности листовой пластины диаметром до 5 мм. Под действием этого света в хлорофилле освещенного пятна возбуждается красная флуоресценция. Флуоресцентный сигнал через красный светофильтр поступает на фотоприемник сенсора, который преобразует его в электрический сигнал и усиливает. Электрический сигнал фотоприемника, пропорциональный флуоресценции хлорофилла, поступает для обработки в процессорный модуль флуориметра (рис. 2).



Рис. 1 Оптический сенсор, закрепленный на виноградном листе

Измерения проводятся в естественной среде обитания растительного организма.

Условия эксплуатации флуориметра:

- температура окружающей среды от 0 до +55 °С;
- атмосферное давление от 84 до 107 кПа (630–800 мм Hg);
- относительная влажность до 98 % при температуре +25 °С.

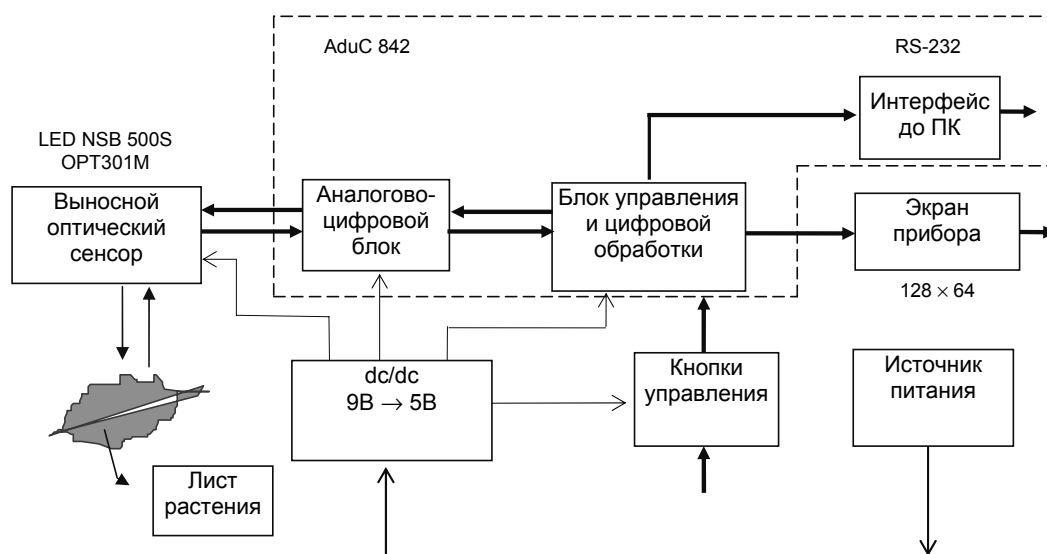


Рис. 2. Функциональная схема прибора “Флоратест”

ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ

Программный продукт Флоратест
График
Прогноз

Темновая адаптация (3-5 минут)
Период измерения (10 секунд,
3 минуты)

Для оценки состояния аппарата фотосинтеза растений используют ряд числовых характеристических показателей:

F_0 — начальное значение флуоресценции после включения освещения;

F_{\max} — максимальное значение флуоресценции;

F_T — установившееся значение флуоресценции после световой адаптации листка растения;

$\tau_{0,5}$ — время достижения половины максимального значения флуоресценции;

$K_1 = \frac{F_{\max} - F_0}{F_{\max}}$ — индикаторный показатель

влияния экзогенных факторов;

$K_2 = \frac{F_m - F_T}{F_{\max}}$ — коэффициент индукции

флуоресценции — индикаторный показатель квантового выхода флуоресценции.

$K_3 = \frac{F_T}{F_{\max}}$ — индикаторный показатель вирусной инфекции.

Основные области применения флуориметра Флоратест — это оценка и прогнозирование влияния на жизнедеятельность хлорофилл-содержащих видов следующих факторов:

— климатических условий;

— вносимых в почву веществ;
— загрязняющих окружающую среду веществ;

— вирусных инфекций;

— химических средств защиты растений;

— оросительных норм.

Кроме того, прибор позволяет осуществить подбор оптимальных технологических приемов при промышленном возделывании культурных растений, обеспечить контроль и управление продуктивностью растений в режиме реального времени.

2. Примеры применения

В области охраны окружающей среды Флоратест используют для оценки жизнедеятельности растений в условиях выбросов вредных веществ. На основании выполненных прибором измерений можно сделать выводы о состоянии окружающей среды. На рис. 3 показана концентрация содержания хлора в зеленых частях деревьев клена остролистного, а на рис. 4 кривая ИФХ для этих же деревьев. Подтверждается корреляция между концентрацией хлора, полученной в результате долговременного

биохимического анализа, и изменением формы кривой ИФХ, измеренной в реальном масштабе времени.

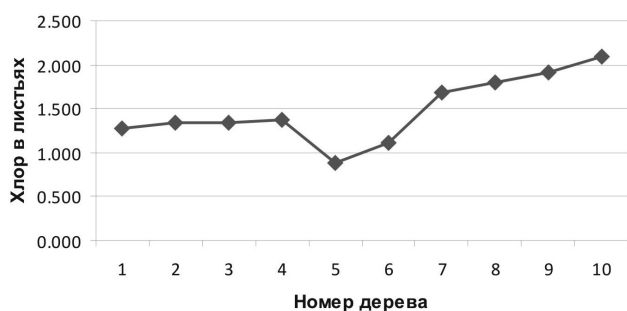


Рис. 3. Содержание хлора в листьях деревьев клена остролистного, полученное при помощи стандартных биохимических методик

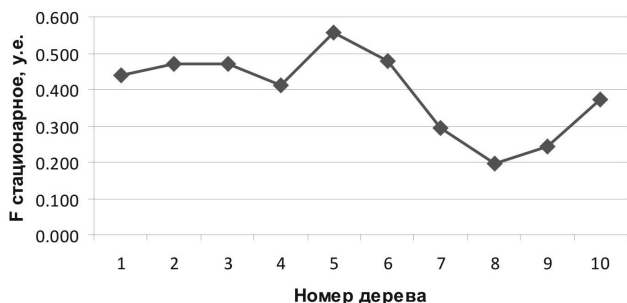


Рис. 4. Кривая ИФХ листьев деревьев клена остролистного in situ для исследуемой группы растений

Измерения параметров ИФХ — новый способ биоиндикации и непрерывного контроля нагрузки опасных веществ на окружающую среду и природные ресурсы регионов. Используя Флоратест, можно разработать комплексные мероприятия для оперативных мер реагирования и улучшения качества воздуха в промышленных регионах и мегаполисах [2].

Опытная эксплуатация портативного флуориметра Флоратест для определения физиологического состояния растений, а также влияния экстремальных температур на виноградные растения проведена в Национальном научном центре “Институт виноградарства и виноделия им В. Е. Таирова” НААНУ.

Объектами исследований были:

- листки привитых саженцев винограда столовых сортов: Одесский сувенир, Королева виноградарников, Аркадия, Кеша, которые выращивали в условиях открытой школки лабораторно-тепличного комплекса института;

- листки микроклонов подвойных сортов винограда Рипария x Рупестрис 101—14 (Р x Р 101—14) и Берландиери x Рипария Кобер 5

ББ (БХР Кобер 5 ББ), полученные в культуре тканей in vitro. Последующее их выращивание проводили в условиях вегетационного бокса в посуде емкостью 0,7 литров на почвенных субстратах: почва + песок (в соотношении 1:1) и почва + песок (в соотношении 1:1) + гидроабсорбент “Теравет” (рис. 5 — 8).

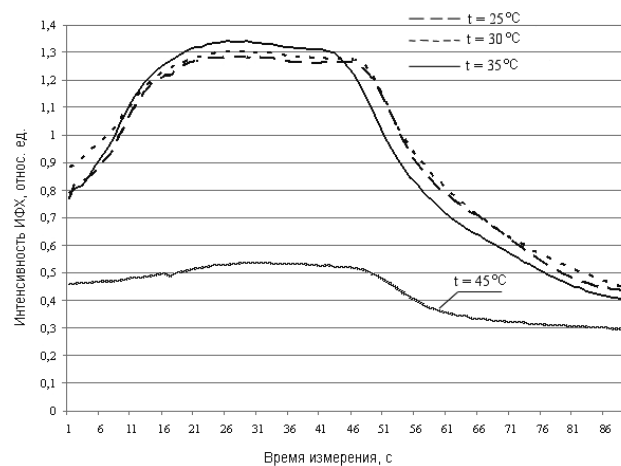


Рис. 5. ИФХ листьев микроклонов РхР 101—14 на субстрате “почва-песок”

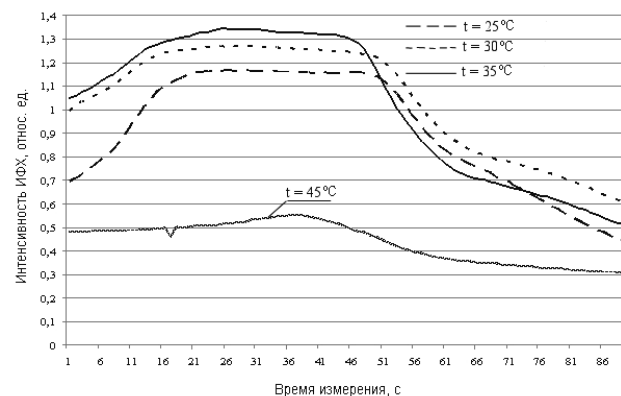


Рис. 6. ИФХ листьев микроклонов РхР Кобер 5 ББ на субстрате “почва-песок”

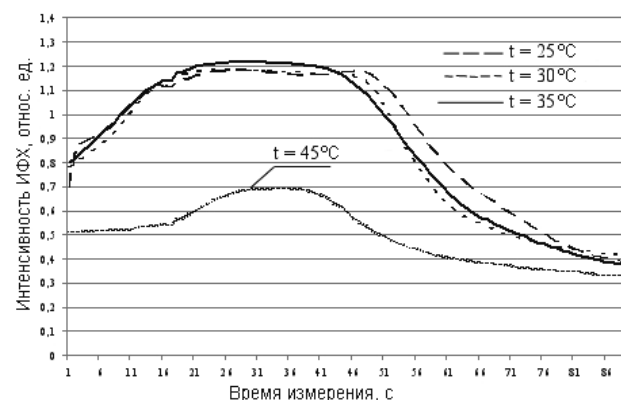


Рис. 7. ИФХ листьев микроклонов РхР 101—14 на субстрате “почва-песок-гидроабсорбент”

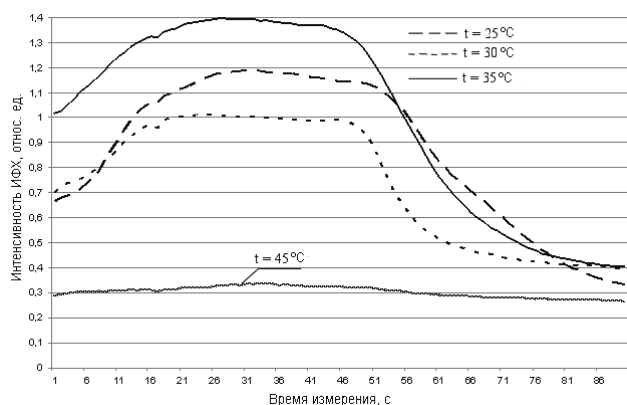


Рис. 8. ИФХ листьев микроклонов R x R кобер 5 ББ на субстрате “ почва-песок-гидроабсорбент”

Рассмотрим изменение индукции флуоресценции хлорофилла листов микроклонов винограда в зависимости от температуры прогревания и разных приемов выращивания (добавления к почвенной смеси абсорбента воды — препарата Теравет) (рис. 7, 8). Так у подвойных сортов повышение температуры до +30 °C и +35 °C вызывало увеличение амплитуды кривой ИФХ, в сравнении с контролем. Последующее повышение температуры до +45 °C не всегда давало возможность получить вспышку ИФХ и приводило к почти полной ее потере, что связано с разрушительным влиянием высокой температуры на электрон-транспортную цепь и систему разложения воды. Отметим, что особенности изменения формы кривых ИФХ были использованы для отбора засухоустойчивых сортов винограда [3, 4].

Эффективное использование систем капельного орошения невозможно без научно обоснованной регуляции водного, воздушного и питательного режимов почвы. Для разработки оптимальных режимов орошения и оперативного планирования поливов необходимо использовать систематические данные об интенсивности суммарного водопотребления виноградника. Исходной информацией для расчета интенсивности водопотребления являются режимы орошения, установленные экспериментально, величины поливальных норм и сроки их проведения, осадки, и динамика влагозапаса почвы в течении всего вегетационного периода.

Совместно с Институтом гидротехники и мелиорации НААНУ проведены исследования на промышленных столовых виноградниках проведены исследования по выявлению

зависимостей между развитием виноградного растения и относительной влажностью почвы. Установлены особенности формирования рационального режима полива, который гарантирует оптимальный рост, развитие и физиологические показатели растений винограда. Показано, что для оптимизации режимов полива может быть использован портативный флуориметр Флоратест, так как динамика потенциалов почвенной влаги хорошо согласуется с изменением физиологического состояния растений винограда. Это позволяет путем анализа формы кривой ИФХ подобрать индивидуальные для определенных сортов растений поливные нормы исходя непосредственно из их потребностей [5].

На базе исследований, выполненных Донецкой опытной станции Национального научного центра “Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского” НААНУ Украина, с помощью флуориметра Флоратест показано, что некорневая обработка растений микроудобрением на основе ОЭДФ “РЕАКОМ” вызывает стресс системы фотосинтеза. Восстановление происходит в течение недели. Максимально защищенным от стрессового воздействия оказался пигментированный лист, минимально — нижний зеленый. Оптимальным является сочетание некорневой обработки микроудобрением “РЕАКОМ” и корневой подкормки полным комплексным удобрением.

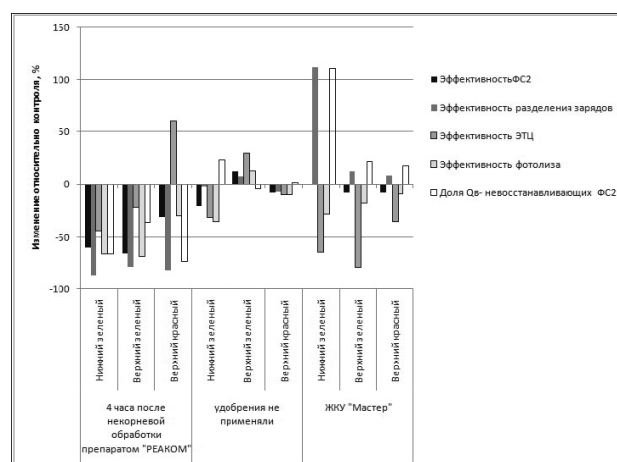


Рис. 9. Динамика изменений показателей состояния системы фотосинтеза розы садовой

Примечание: * различия достоверны при $p \leq 0,05$.

Кроме того, было доказано, что некорневую подкормку розы препаратом “РЕАКОМ” лучше проводить в весенний период, когда пиг-

ментация антоцианом выражена ярче. Так как такая обработка является стрессовой, лучше исключить ее воздействие на очень молодой лист и осторожно использовать, если растение ослаблено [6].

Выводы

1. Широкое применение флуориметра Флоратест разработки Института кибернетики НАН Украины в сельском хозяйстве даст возможность оперативно оценивать состояние растений, прогнозировать будущий урожай, управлять искусственным поливом, измерять накопление вредных веществ в листьях растений.

2. Наличие в приборе встроенных GSM и GPRS-модулей [7], позволяет использовать его в прецизионном земледелии наряду с дистанционной оценкой состояния сельскохозяйственных культур.

Список литературы:

1. <http://www.worldbank.org>
2. Сарахан Є. В. Удосконалення прийомів та розробка підходів у вивченні окремих питань су-

часного виноградарства // Виноград. — 2009. — № 2. — С. 44—45.

3. Зеленьянська Н. М. Прогнозування стійкості винограду до стресових умов // Виноград. — 2008. — № 9. — с. 25—27
4. Зеленьянська Н. М., Сарахан Є. В., Буркан Н. В., Тулінова Н. В. Флуоресценція хлорофілу та водний режим листків саджанців винограду // Вісник аграрної науки. — 2008. — № 4.
5. Шерер В. О., Романов В. О., Сарахан Є. В., Тетьоркіна О. Є. Використання інформаційних технологій для розвитку виноградарства // Тезиси докладов и сообщений Международной научно-практической конференции, посвященной 180-летию НИВиВ “Магарац”. — 2008, 28—30 октября. — С. 46—47.
6. Н. В. Байрак, В. А. Зуза, Я. А. Погромская, И. М. Грищенко. Влияние некорневой подкормки препаратом “РЕАКОМ” на систему фотосинтеза растений // Вісник Харківського національного університету імені В. Н. Каразіна. Серія: біологія. — 2008. — Вип. 8. — № 828. — с. 137—141.
7. Романов В.О., Клочан П.С., Брайко Ю.О., Галелюка І. Б. Інформаційні технології для проектування інтелектуальних портативних біосенсорів // Матеріали міжнародної конференції "50 років Інституту кибернетики імені В. М. Глушкова НАН України". — ІК НАНУ, Київ, Україна. — 2007, 24—26 грудня. — С. 197—204.