

КОМП'ЮТЕРНІ ЗАСОБИ, МЕРЕЖІ ТА СИСТЕМИ

Ye.V. Sarakhan

INFORMATION TECHNOLOGIES IN PRECISION AGRICULTURE

Results of portable device "Flora-test" utilization and perspectives of device usage for precision technology development in precision agriculture' systems are considered.

Key words: agriculture, «Floratest», precision technology chlorophyll fluorescence induction, fluorometer.

Розглянуті результати використання портативного приладу "Флоратест" і перспективи використання приладу для створення прецизійної технології в системі прецизійного землеробства.

Ключові слова: сільське господарство, «Флоратест», прецизійна технологія, флуориметр, індукція флуоресценції хлорофілу.

Рассмотрены результаты и перспективы использования портативного прибора "Флоратест" для создания прецизионной технологии в системе прецизионного земледелия.

Ключевые слова: сельское хозяйство, «Флоратест», прецизионная технология, флуориметр, индукция флуоресценции хлорофилла.

© Е.В. Сарахан, 2010

УДК 631.548+681.7.08

Е.В. САРАХАН

ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ПРЕЦИЗИОННОМ ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Вступление. Одним из базовых элементов ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве является "точное земледелие" (или как его иногда называют "прецизионное земледелие" – precision agriculture). Точное земледелие – это управление продуктивностью посевов с учётом внутривидовой вариативности среды обитания растений. Целью такого управления является получение максимальной урожайности при условии оптимизации процесса сельскохозяйственного производства, экономии хозяйственных и природных ресурсов. При этом открываются реальные возможности производства высококачественной продукции и сохранения окружающей среды [1].

Разработка средств экспресс-диагностики растительных объектов, программного обеспечения для преобразования полученной информации, методического обеспечения диагностики для растений являются компонентами технологии точного земледелия.

Портативный флуориметр «Флоратест», разработанный в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова НАН Украины [2, 3], в on-line режиме регистрирует флуоресценцию листового аппарата растения для оценки продуктивности сельскохозяйственных культур. Информация в виде кривой индукции флуоресценции хлорофилла (ИФХ) выводится на дисплей прибора. Кривая ИФХ отображает физиологическое состояние всей цепочки фотосинтеза и кинетику его различных звеньев [4, 5]. Все изменения в любом звене фотосинтеза приводят к изменению формы кривой ИФХ. По форме этой кривой и отдельных ее участков можно прогнози-

ровать степень влияния на растение, как основных факторов окружающей среды, так и эндогенных факторов. Особенности и результаты исследования метода ИФХ рассмотрены в [6].

Принцип работы флуориметра «Флоратест». Между пластинами выносного оптического сенсора помещают лист растения. Его часть 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 флуоресценция в красной области спектра. 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. 1).

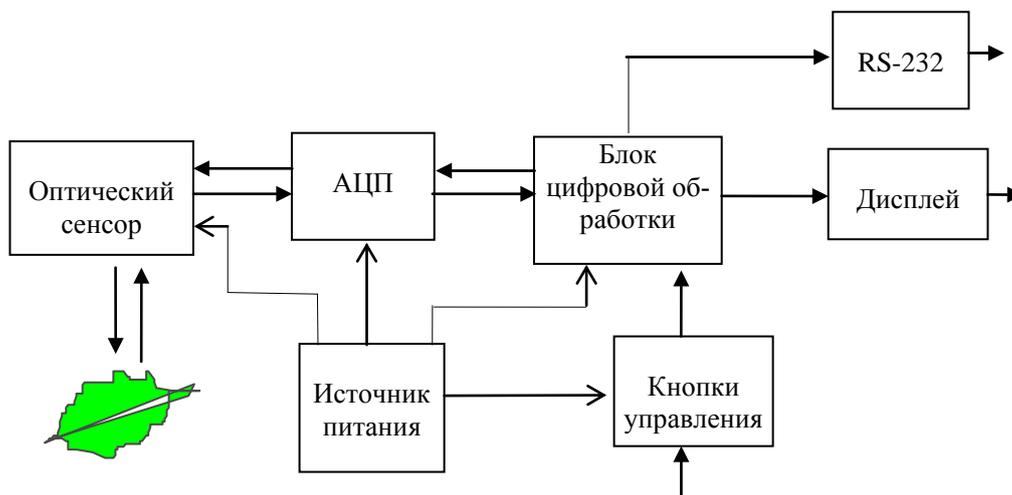


РИС. 1. Функциональная схема прибора «Флоратест»

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 Нг); относительная влажность – до 98 % при температуре +25 °С.

Для оценки состояния фотосинтетического аппарата растений используют ряд числовых характеристических показателей, которые подробно рассмотрены в [5, 6].

Флуориметр «Флоратест» позволяет оценить влияние следующих факторов на жизнедеятельность хлорофилл-содержащих видов: 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. Опытная эксплуатация прибора подтвердила его эффективность, результаты которой приведены далее.

Оценка влияния окружающей среды на состояние зеленых насаждений мегаполиса. Некоторые результаты опытной эксплуатации «Флоратест» используют для оценки жизнедеятельности растений в условиях выбросов вредных веществ. На рис. 2 показана концентрация содержания хлора в зеленых частях деревьев клена остролистного полученная путем биохимических исследований. Кривая ИФХ для этих же деревьев показана на рис. 3 [7]. Наблюдается корреляция между концентрацией хлора, полученной в результате долговременного биохимического анализа, и изменением формы кривой ИФХ, измеренной в реальном масштабе времени.

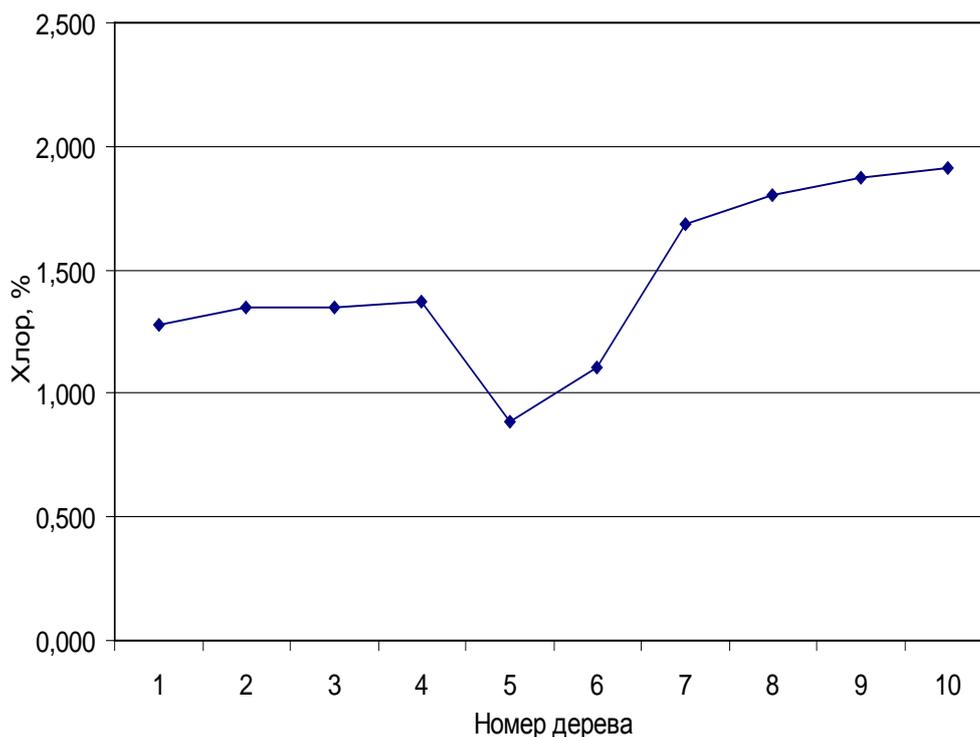


РИС. 2. Содержание хлора в листьях деревьев клена остролистного, полученное с помощью стандартных биохимических методик

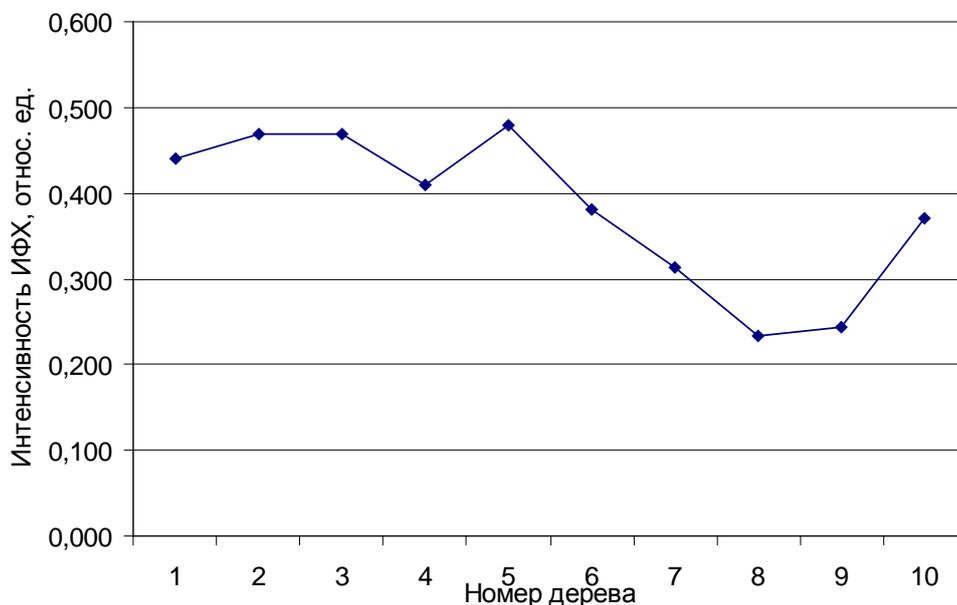


РИС. 3. Кривая ИФХ листьев деревьев клена остролистного in situ для исследуемой группы растений

По изменению формы кривой ИФХ можно обеспечить биоиндикацию и мониторинг влияния опасных веществ на окружающую среду и природные ресурсы регионов и на основании этого разработать комплексные мероприятия для принятия оперативных мер по защите окружающей среды в промышленных регионах и мегаполисах.

Опытная эксплуатация портативного флуориметра «Флоратест» для определения физиологического состояния растений, а также влияния экстремальных температур на виноградные растения выполнена в Национальном научном центре "Институт виноградарства и виноделия имени В.Е. Таирова" НААН Украины.

Объектами исследований были:

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

- листья микроклонов подвойных сортов винограда Рипария x Рупестрис 101–14 (Р x Р 101–14) и Берландиери x Рипария Кобер 5 ББ (БxР 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. 4 – 7).

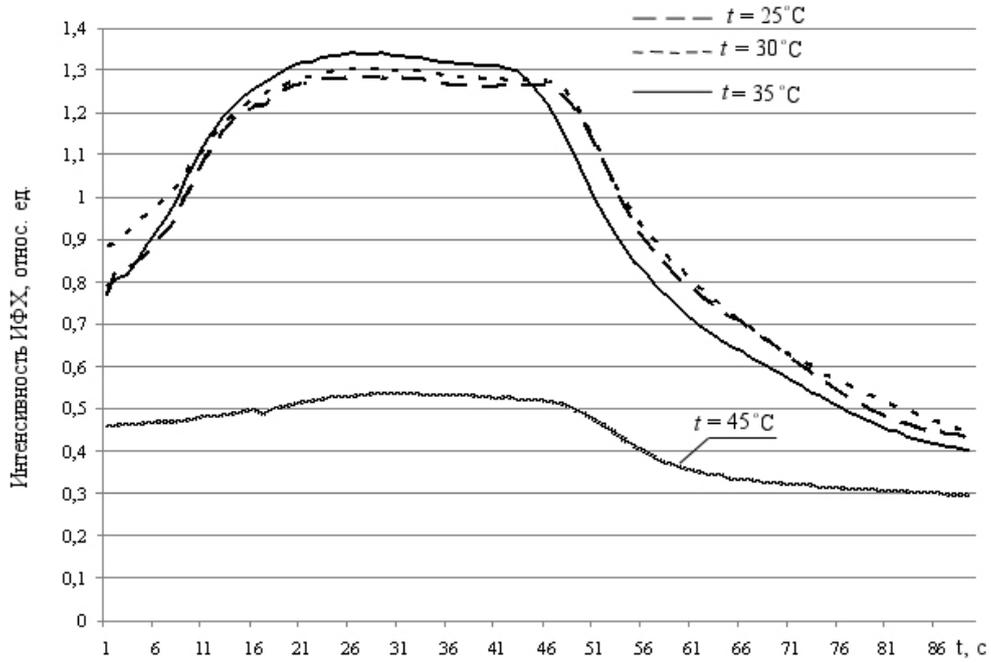


РИС. 4. ИФХ листьев микроклонов РхР 101-14 на субстрате “почва-песок”

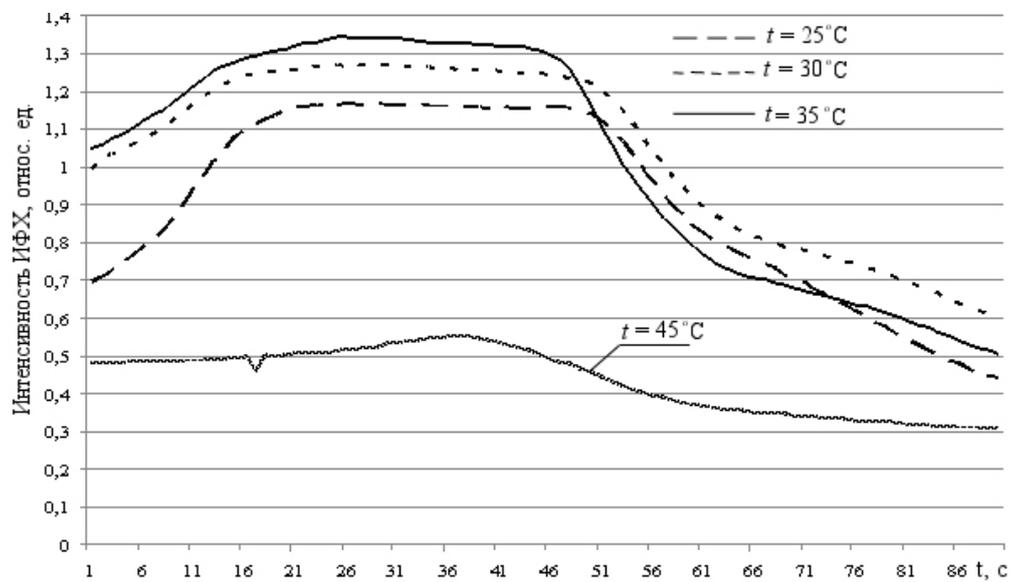


РИС. 5. ИФХ листьев микроклонов РхР Кобер 5 ББ на субстрате “почва-песок”

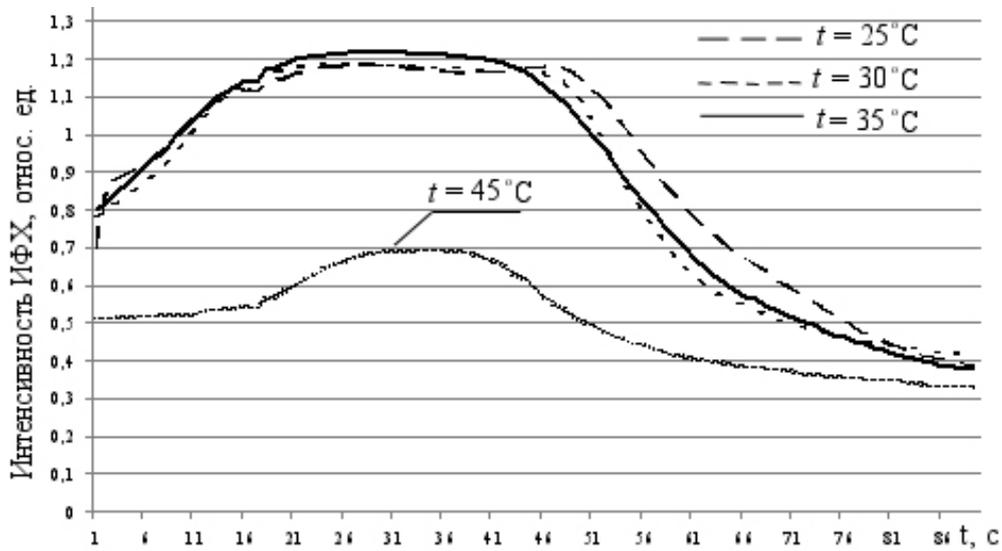


РИС. 6. ИФХ листьев микроклонов РхР 101–14 на субстрате “почва–песок–гидроабсорбент”

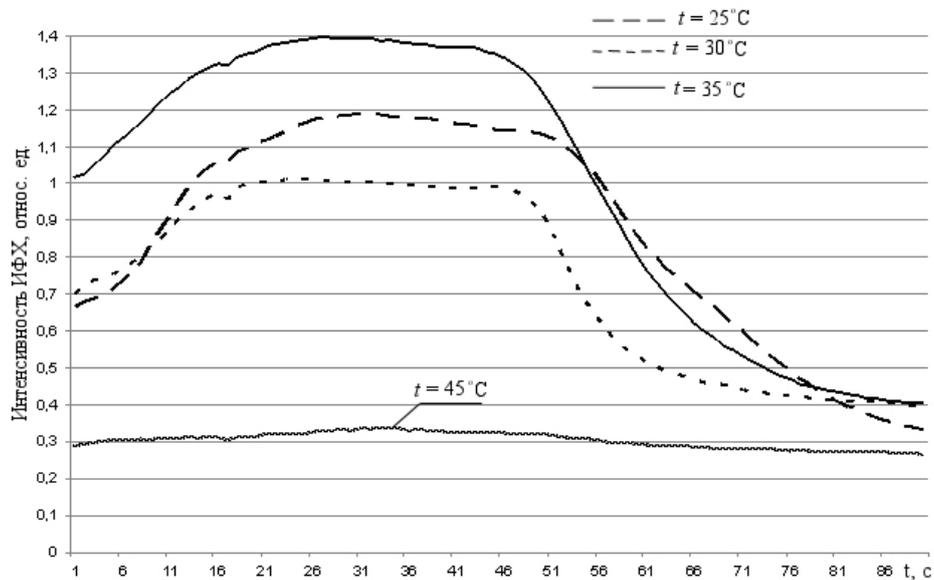


РИС. 7. ИФХ листьев микроклонов РхР Кобер 5 ББ на субстрате “почва–песок–гидроабсорбент”

Рассмотрены изменения индукции флуоресценции хлорофилла листьев микроклонов винограда в зависимости от температуры прогревания окружающего воздуха и применения разных приемов выращивания растений (добавки к почвенной смеси абсорбента воды – «Теравет») (рис. 6, 7). Так, у подвойных сортов

повышение температуры до +30 °С и +35 °С вызывало увеличение амплитуды кривой ИФХ в сравнении с контролем. Последующее повышение температуры до +45 °С не всегда приводило к вспышке ИФХ, что связано с негативным влиянием высокой температуры на электрон-транспортную цепь и систему разложения воды. Отметим, что особенности изменения формы кривых ИФХ были использованы нами для отбора засухоустойчивых сортов винограда [8, 9].

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 поливных норм и сроки их проведения, осадки, и динамика влагозапаса почвы в течение всего вегетационного периода.

Совместно с Институтом гидротехники и мелиорации НААН Украины нами проведены исследования на промышленных столовых виноградниках по выявлению зависимостей между развитием виноградного растения и изменением относительной влажности почвы. Установлены особенности формирования рационального режима полива, который способствует оптимальному росту и развитию 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. Путем анализа изменения формы кривой ИФХ нами подобраны индивидуальные для определенных сортов растений поливные нормы [10].

На базе Донецкой опытной станции Национального научного центра «Институт почвоведения и агрохимии имени А.Н. Соколовского» НААН Украины, выполнен ряд исследований с помощью флуориметра «Флоратест», показано, что некорневая обработка растений микроудобрениями «РЕАКОМ» вызывает стресс системы фотосинтеза (рис. 8). Восстановление происходит в течение недели. Максимально защищенным от стрессового воздействия оказался пигментированный лист, минимально – нижний зеленый. Показано, что оптимальным является сочетание некорневой обработки микроудобрением «РЕАКОМ» и корневой подкормки комплексным удобрением.

Кроме того, установлено, что некорневую подкормку розы препаратом «РЕАКОМ» целесообразно проводить в весенний период, когда пигментация антоцианом выражена ярче. Так как такая обработка является стрессовой, желательно исключить ее воздействие на молодой лист или ослабленное растение [11].

Концепция технологии прецизионного земледелия. На базе оптических биосенсорных приборов с навигационной системой и радиointерфейсом [12] нами предложена концепция управления технологией выращивания сельскохозяйственных культур по результатам экспрессных наблюдений за их состоянием (с учетом эталонных моделей развития данных культур).

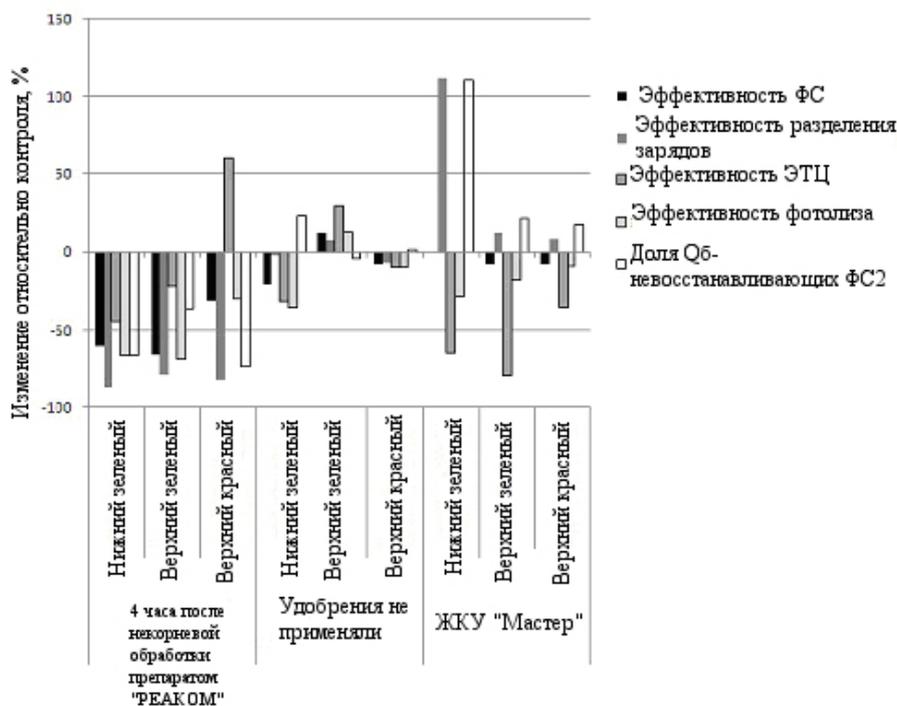


РИС. 8. Динамика изменений показателей состояния системы фотосинтеза розы садовой

Эти системы управления обеспечивают мониторинг разнообразных экологических факторов и условий, влажность почвы, режимов питания, а также позволяют в автоматизированном режиме осуществлять фитосанитарный контроль промышленных насаждений. Кроме того, такие технологии при использовании соответствующих методик позволяют осуществлять контроль загрязнения почв тяжелыми металлами, гербицидами, пестицидами и т. п.

Промышленное использование в Украине информационных технологий для управления процессом повышения эффективности сельского хозяйства обеспечит перевод традиционных технологий в цифровой формат с разработкой соответствующих баз данных растительного материала, баз знаний сельскохозяйственных мероприятий, цифровых карт сельскохозяйственных полей, кадастров сортов промышленных насаждений и т. п.

Одновременно с управлением в режиме on-line процессом производительности продуктов растениеводства информационные технологии дают возможность экспрессно и неинвазивно оценивать эффективность того или иного технологического приема при выращивании растений, а именно, внесения удобрения и его оптимальной дозировки, проведения мероприятий по защите растений, а также корректировать оросительные нормы полива.

Наличие в приборе «Флоратест» (рис. 9) канала GSM-связи дает возможность обеспечивать наземное подтверждение результата дистанционного мониторинга состояния сельскохозяйственных культур Причерноморского региона Украины, что является приоритетным направлением развития системы GEOSS.

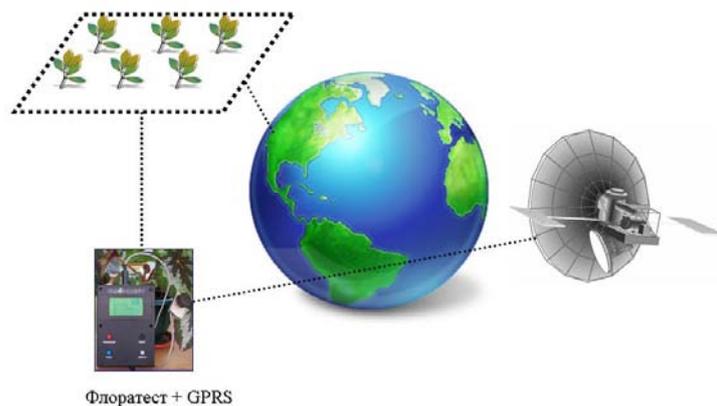


РИС. 9. Связь портативного прибора «Флоратест» со средствами дистанционного мониторинга

Прибор с радиоканалом позволяет в режиме реального времени передавать оператору данные о состоянии растения *in situ* (рис. 10) для принятия управленческого решения, формировать цифровые базы данных технологических мероприятий и т. д.



РИС.10. Информационные технологии

Широкое применение флуориметра «Флоратест», разработанного в Институте кибернетики имени В.М. Глушкова в сельском хозяйстве даст возможность

оперативной оценки состояния растений, прогноза будущих урожаев, управления искусственным поливом, мониторинга накопления вредных веществ в листьях растений.

Выводы

1. Рассмотрены примеры практического применения флуориметра «Флоратест» в сельском хозяйстве и при экспрессной оценке влияния окружающей среды на зеленые насаждения мегаполиса.

2. Проанализированы возможности использования экспрессной оценки состояния сельскохозяйственных культур по форме кривой ИФХ для наземного подтверждения результатов дистанционного мониторинга.

3. Предложена концепция управления технологиями выращивания сельскохозяйственных культур по результатам экспрессных наблюдений за их состоянием.

1. http://www.agrophys.com/Agrophys_files/Preagro/preagro.html
2. *Romanov V., Sherer V., Galeluca I., Kachanovska M., Sarakhan Y., Skrypnyk O.* Smart Portable Fluorometer for Express-Diagnostics of Photosynthesis: Principles of Operation and Results of Experimental Researches // Proceedings of the Fifth International Conference "Information Research and Applications" i. TECH 2007, Varna, Bulgaria. **2**. – P. 399 – 403.
3. *Романов В.А., Галелюка И.Б., Сарахан Е.В.* Портативный флуориметр и особенности его применения // Сенсорная электроника и микросистемные технологии. – 2010. – I (7), № 3. – С. 146–152.
4. *Kautsky H., Hirsch A.* Chlorophyllfluoreszenz und Kohlensäureassimilation. Das Fluoreszenzverhalten grüner Pflanzen. Biochem. Zeitschrift 274: 1934. – P. 423–434.
5. *Корнеев Д.Ю.* Информационные возможности метода индукции флуоресценции хлорофилла. – Киев: Альтапрес, 2002. – 188 с.
6. *Ковирьова О.В.* Моделі фотосинтезу та комп'ютерні оцінка стану рослин // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2010. – № 9. – С. 72 – 81.
7. *Romanov V.O., Galelyuka I.B., Fedak V.S., Grusha V.M., Galelyuka O., Velychko V.Yu., Markov K., Ivanova K., Mitov I.* Portable device "Floratest" as tool for estimating of megalopolis ecology state. International Book Series "Information Science and Computing". – Sofia, Bulgaria. – 2009. – N 11. – P. 9–15.
8. *Зеленянська Н.М., Сарахан Є.В., Буркан Н.В., Тулінова Н.В.* Флуоресценція хлорофілу та водний режим листків саджанців винограду // Вісник аграрної науки. – 2008. – № 4. – С. 25 – 27.
9. *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 «Магарач». – 2008, 28–30 октября. – С. 46–47.
10. *Романов В.О., Галелюка И.В., Груша В.М., Чернега П.П.* Розподілена система збору і обробки інформації на базі інтелектуальних портативних приладів // Комп'ютерні засоби, мережі та системи. – 2009. – № 8. – С. 64 – 72.

Получено 20.09.2010