

УДК 581.1

Использование цифровых технологий для имитации спектральных характеристик любой местности

Кондратьева Н. П., д-р техн. наук, проф.
Корепанов Р. И., Бузмаков Д.В., Ильясов И.Р., Батурина К.А., аспиранты
ФГБОУ ВО Ижевская ГСХА

Аннотация. До 90% продуктивности культуры зависит от светового режима. Поэтому для получения высоких урожаев культур иноземного происхождения при выращивании в защищенном грунте необходимо поддерживать параметры микроклимата, используя цифровых технологий. Это в первую очередь касается искусственного освещения (облучения). Для реализации цифровых технологий необходимо использовать современные светодиодные (LED) фитоустановки, работа светодиодов в которых осуществляется микропроцессорной системой автоматического управления, которая позволяет имитировать требуемый спектр фотосинтетически активной радиации (ФАР), который эффективно усваивается растениями благодаря накоплению растениями требуемой дозы излучения области ФАР.

Ключевые слова: спектр, фотосинтетически активная радиация, доза облучения, светодиодные (LED) фитоустановки, фотопериод, светкультура, растения иноземного происхождения, программируемые логические контроллеры (ПЛК), растения *in vitro*.

Using digital technologies to simulate spectral characteristics of any place

Kondrateva N. P. doctor. of tech. science, prof.
Korepanov R. I. Buzmakov D.V., Ilyasov I.R., Baturina K.A. graduate students
Federal State Budgetary educational establishment the higher education
"Izhevsk state agricultural academy"

Annotation. Up to 90% of crop productivity depends on the light regime. Therefore, to obtain high yields of cultures of foreign origin when grown in protected ground, it is necessary to maintain microclimate parameters using digital technologies. This is primarily true for artificial lighting (irradiation). To implement digital technologies, it is necessary to use modern light-emitting diode (LED) phyto installations, the operation of the LEDs in which is carried out by a microprocessor-based automatic control system, which allows you to simulate the required spectrum of photosynthetically active radiation (PAR), which is effectively absorbed by plants due to the accumulation by plants of the required dose of radiation from the PAR area.

Keywords: spectrum, photosynthetically active radiation, radiation dose, light-emitting diode (LED) phyto-installations, photoperiod, light culture, plants of foreign origin, programmable logic controllers (PLC), plants *in vitro*.

Введение

При выращивании растений *in vitro* получают здоровый посадочный материал. Обычно растения *in vitro* выращивают в пробирках в течение 30 дней. Затем эти растения пересаживают в горшочки. При выращивании растений *in vitro* берется кусочек растительной ткани, которая в дальнейшем обрабатывается антибактериальными и противовирусными препаратами. Эта стерильная ткань помещается в стерильную питательную среду, состоящую из воды, минеральных веществ, органически субстанций с определенными витаминными и растительными гормонами.

Целью работы является изучение спектральных характеристик любой местности по использованию цифровых технологий для имитации спектральных характеристик зоны ФАР этой местности для растений *in vitro*.

Задачи исследования.

1. Провести анализ литературы по управлению существующими светодиодными фитоустановками.

2. Провести анализ светового режима географической зоны первоначального произрастания исследуемой культуры на примере растений вишни.

Мы планируем проводить наши эксперименты в меристемной лаборатории, по технологии *in vitro* принятой в ней. Меристема (от греч. meristos – «делимый») – ткань растений, в течение всей жизни сохраняющая способность к образованию новых клеток. За счет меристемы деревья и цветы растут, образуют новые листья, стебли, корни, цветки. В процессе роста меристемная ткань в определенной степени сохраняется в некоторых частях растения: в корнях, в узлах побега, в почках, в основаниях черешков листьев и т. д. Меристемная технология предполагает размножение и выращивание растений *in vitro*: «спящая почка» растения обрабатывается антибактериальными и противовирусными препаратами и прорастивается в пробирке на субстрате из удобрений [1, 2, с. 127; 3, с. 476; 4, с. 178, 5, с. 89].

У материнского растения берется кусочек подложной растительной ткани, обладающей способностью к интенсивному делению клеток. Это точки

роста побегов и корней. Меристемы дезинфицируют, очищая от грибков и бактерий, а затем переносят в стерильную питательную среду, имеющую желеобразное состояние благодаря добываемому из красных водорослей веществу агар-агар. Высокая плотность питательной среды не позволяет меристеме погружаться на дно. Благодаря делению клеток частички ткани начинают развиваться, образуя скопление или наплыв клеток (каллус). Эти ткани выращивают далее, перенося их в новую питательную среду. Используя специальную питательную среду, содержащую разнообразные гормоны, сразу формируются побеги и корневая система у меристемных растений. Как только растения становятся достаточно большими, их разделяют на части и используют снова [4, с. 129; 5, с. 477].

Когда меристемных растений становится достаточно, то их высаживают в специальные оранжереи, где продолжают их культивацию до товарного размера.

Для полноценного роста растениям необходим свет. Важным является не только общее количество световой энергии, достигающей растения, но и спектральный состав излучения (света), а также взаимное соотношение периодов освещения и отсутствия света, или дня и ночи – так называемый фотопериодизм. В процессе фотосинтеза растения используют диапазон длин волн зоны ФАР от 400 до 760 нм [6, с. 350]. Ультрафиолетовое излучение ниже 380 нм и инфракрасное – выше 780 нм в фотосинтезе не используется, но влияет на так называемые фотоморфогенетические процессы растений, связанные с ростом побегов, разрастанием, окраской листьев, цветением и старением растений.

Анализ специальной биологической литературы показал, что целесообразно имитировать параметры микроклимата той местности, где ратания произрастают впервые. По гипотезе ученого Каюмова это может способствовать увеличению урожая культуры. В виду того, что главным фактором развития растений является свет, то и для условий защищенного грунта приоритетным фактором является освещенность (облученность) [Каюмов 7].

Исторической родиной вишни был город Керасунд, расположенный на берегу Черного моря в Малой Азии. В настоящее время – это город Гиресун – причерноморский город в Турции [8].

Изменение спектра излучения Солнца и дозы спектральных составляющих зоны фотосинтетически активной радиации (ФАР) зависят от высоты солнца над горизонтом. В дальнейшем мы планируем симитировать дозы спектральных составляющих зоны ФАР с помощью светодиодной фитоустановки, управляемой программируемым логическим контроллером ПЛК [9, с. 436; 10, с. 50]. Цифровые технологии будут реализованы на базе ПЛК в виде автоматической системы микропроцессорного управления спектром и дозой излучения LED [11, с. 63].

По формуле Буге количество получаемой солнечной радиации в Гиресуне определяется как [6, с. 356]:

$$I_h = I_0 p^m \sin h \quad (1)$$

где I_h – интенсивность солнечной радиации (гкал/(см²×мин); эрг/(см²×сек));

I_0 – солнечная постоянная, $I_0 = 1,88$ гкал/(см²×мин); $I_0 = 1,31 \times 10^9$ эрг/(см²×сек);

p – коэффициент прозрачности, $p = 0,75 \dots 0,85$ – для всего спектра;

m – масса атмосферы;

h – угол падения солнечных лучей.

Вишня начинает расти при достижении средне-суточной температуры воздуха более 10°C. Продолжительность периода от набухания цветковых почек и до их распускания составляет 10...12 дней. Почки, несущие зачатки листьев, распускаются через 4...7 дней после плодовых.

В Гиресуне среднесуточная температура воздуха 10°C достигается в апреле, то есть вегетативный период у вишни начинается в апреле, а урожай вишни собирают уже через 3 месяца, то есть в июне [8].

Из работ профессора А.Ф. Клешина мы определили угол падения солнечных лучей в Гиресуне в апреле [6, с. 353]. Так, угол падения солнечных лучей 1 апреля составляет 55°, 11-го апреля – 58°, 21-го апреля – 62°. Поэтому мы провели расчет интенсивности солнечной радиации получаемой вишней в апреле для города Гиресун.

Для определения дозы спектральных составляющих зон ФАР необходимо знать динамику изменения продолжительности светового дня в Гиресуне в апреле. В таблице 1 приведены данные по изменению продолжительности светового дня в апреле для города Гиресун.

Таблица 1. Долгота светового дня в апреле в Гиресуне

Дата	Восход солнца, час	Солнце в зените, час	Заход солнца, час	Долгота дня, час
1 апреля	5:08	11:30	17:51	12:43
2 апреля	5:06	11:29	17:52	12:46
3 апреля	5:05	11:29	17:53	12:48
4 апреля	5:03	11:29	17:54	12:51
5 апреля	5:01	11:28	17:55	12:54
6 апреля	5:00	11:28	17:57	12:56
7 апреля	4:58	11:28	17:58	12:59
8 апреля	4:57	11:28	17:59	13:02

9 апреля	4:55	11:27	18:00	13:04
10 апреля	4:53	11:27	18:01	13:07
11 апреля	4:52	11:27	18:02	13:10
12 апреля	4:50	11:27	18:03	13:12
13 апреля	4:49	11:26	18:04	13:15
14 апреля	4:47	11:26	18:05	13:17
15 апреля	4:46	11:26	18:06	13:20
16 апреля	4:44	11:26	18:07	13:23
17 апреля	4:43	11:25	18:08	13:25
18 апреля	4:41	11:25	18:09	13:28
19 апреля	4:40	11:25	18:10	13:30
20 апреля	4:38	11:25	18:11	13:33
21 апреля	4:37	11:25	18:12	13:35
22 апреля	4:35	11:24	18:13	13:38
23 апреля	4:34	11:24	18:14	13:40
24 апреля	4:32	11:24	18:16	13:43
25 апреля	4:31	11:24	18:17	13:45
26 апреля	4:30	11:24	18:18	13:48
27 апреля	4:28	11:23	18:19	13:50
28 апреля	4:27	11:23	18:20	13:52
29 апреля	4:26	11:23	18:21	13:55
30 апреля	4:24	11:23	18:22	13:57

Данные таблицы показывают, что за апрель долгота дня изменяется с 12: 43 час до 13:57 час., то есть примерно на один час.

LED фитоустановки используются при выращивании растений *in vitro*, а также в животноводстве [12; 13, с. 112; 14, с. 87]. Для управления работой светодиодов разного цвета необходимо разработать алгоритм работы ПЛК, позволяющий имитировать наиболее эффективные дозы спектральных составляющих зоны ФАР благодаря использованию разработанной микропроцессорной системы автоматического управления [12; 15, с. 55; 16, с. 45]. Эта система позволит воссоздать плавную смену дня и ночи (рассвет и закат) и управлять спектрами и дозами облучения.

Литература:

1. Технологическая схема выращивания плодовых годных меристемных растений [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://kalinkovo.ru/laboratory> - статья в интернете.
2. Инновационные энерго-ресурсосберегающие световые электротехнологии для выращивания меристемных растений, Кондратьева Н.П., Большин Р.Г., Овчукова С.А. В сборнике: Передовые достижения в применении автоматизации, роботизации и электротехнологий в АПК, Сборник статей научно-практической конференции, посвященной памяти академика РАСХН, д.т.н., профессора И.Ф. Бородин (90 лет со дня рождения). ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА им. К. А. Тимирязева, Институт механики и энергетики имени В.П. Горячкина 2019. Москва, 01-02 октября 2019 г. С. 127-138.
3. Энерго- и ресурсосберегающие облучательные установки для растений *in vitro*, Кондратьева Н.П., Корепанов Р.И., Батулин А.И. В сборнике: Приборостроение и автоматизированный электропривод в топливно-энергетическом комплексе и жилищно-коммунальном хозяйстве Материалы IV Национальной научно-практической конференции. В 2-х томах. Редколлегия: Э.Ю. Абдуллазянов [и др.]. 2018. С. 476-477.

Выводы. Для получения качественного посадочного материала из растений, выращиваемых *in vitro*, необходимо сымитировать спектр излучения, дозы спектральных составляющих зоны ФАР области первичного их произрастания. Поэтому целесообразно разработать LED фитоустановку, научно обосновать ее размеры, количество светодиодов, принцип их размещения в фитоустановке. Для управления работой светодиодов необходимо использовать цифровые технологии для создания автоматической микропроцессорной системы. Создание такой эффективной светодиодной фитоустановки с основами цифрового управления позволит получить качественный посадочный материал, повысить урожайность культуры при уменьшении затрат на электроэнергию при ее выращивании.

4. Большин, Р.Г. Повышение эффективности облучения меристемных растений картофеля светодиодными (LED) фитоустановками // Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.20.02. – Москва: ФГБГУ ФИЭСХ. –2016. – 178 с.
5. Effect of treatment of seeds of grain and fodder crops by ultraviolet radiation before sowing, Kondratieva N.P., Kislyakova E.M., Ilyasov I.R., Korepanov R.I., Kirillov N.K., Kasatkina N.I., Kuryleva A.G. В книге: Перспективы развития аграрных наук Материалы Международной научно-практической конференции. Чувашская государственная сельскохозяйственная академия 2019. С. 89–90.
6. Клешнин, А.Ф. Растение и свет. Теория и практика светокультуры растений // А.Ф. Клешнин / М.: Издательство академии наук СССР, 1954. – 350 – 353 с.
7. Каюмов М.К. Программирование продуктивности полевых культур. Справочник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Росагропромиздат, 1989. – 368 с.
8. Вишня [Электронный ресурс] Режим доступа: <http://www.ekulinar.ru/topic32618.html> – статья в интернете.
9. Energy-saving electric equipment applied in agriculture, Kondrateva N.P., Bolshin R.G., Belov V.V., Krasnolutskaia M.G. В сборнике: International Science and Technology Conference EastConf 2019. International science and technology conference eastconf, Vladivostok, 01-02 марта 2019 г.С. 436-438.
10. Кондратьева, Н.П. Прогрессивные электротехнологии и электрооборудование / Кондратьева Н.П., Юран С.И., Владыкин И.Р., Баранова И.А., Козырева Е.А., Баженов В.А. // Вестник НГИЭИ. 2016. № 2 (57). С. 49-57.
11. Корнев, С.А. Возможность использования систем управления интеллектуальными свето- и фитосветильниками / Корнев, С.А., Большин Р.Г., Краснолуцкая М.Г., Коростелёв Д.В. Биотехнология. Взгляд в будущее [Текст] : IV Международная научная Интернет-конференция: материалы конф. (Казань, 24-25 марта 2015 г.) / Сервис виртуальных конференций Pax Grid ; сост. Синяев Д. Н. – Казань : ИП Синяев Д. Н. , 2015. – 62...65 с.
12. Программа аддитивного смешивания цветов у ленточных RGB светодиодов для получения требуемого спектра излучения для меристемных растений, Кондратьева Н.П., Корепанов Р.И., Ильясов И.Р., Бузмаков Д.В., Батурин А.И. Свидетельство о регистрации программы для ЭВМ RU 2019617574, 17.06.2019. Заявка № 2019616144 от 28.05.2019.
13. Автоматизированные электромеханические системы и средства обеспечения микроклимата в животноводстве, Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Баранова И.А., Батурин А.И. В сборнике: Современному АПК – эффективные технологии материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию доктора сельскохозяйственных наук, профессора, заслуженного деятеля науки Российской Федерации, почетного работника высшего профессионального образования Российской Федерации Валентины Михайловны Макаровой. Ижевская государственная сельскохозяйственная академия Ижевск, 11-14 декабря 2018 г. 2019. С. 112-122.
14. Effects of optical radiation on bee moth, Kondrateva N.P., Vuzmakov D.V., Ilyasov I.R., Korepanov R.I., Kirillov N.K. В книге: Перспективы развития аграрных наук Материалы Международной научно-практической конференции. Чувашская государственная сельскохозяйственная академия, 2019. С. 87-89.
15. Электромеханические системы, Кондратьева Н.П., Владыкин И.Р., Баженов В.А., Большин Р.Г., Батурин А.И. практикум по дисциплине «Электромеханические системы» для студентов, обучающихся по направлению подготовки «Агроинженерия», магистерская программа «Электротехнологии и электрооборудование в сельском хозяйстве» / Ижевск, 2019. (2-е издание, переработанное и дополненное) –71 с.
16. Сравнительный экспериментальный анализ коэффициента пульсации разрядных и светодиодных источников света для растениеводства, Кондратьева Н.П., Терентьев П.В., Филатов Д.А. Вестник НГИЭИ. 2019. № 9 (100). С. 46-56.