

ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРОПРОМЫШЛЕННЫЙ КОМИТЕТ СССР
ГОРЬКОВСКИЙ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫЙ ИНСТИТУТ
(ГСХИ)

СОГЛАСОВАНО



УТВЕРЖДАЮ



О Т Ч Е Т

о научно-исследовательской работе :

Тема: Разработка технологии ночного досвечивания посевов
кукурузы и зерновых культур фитохромноактивными ис-
точниками света.

Наименование отчета: ПРИМЕНЕНИЕ НОЧНОГО ДОСВЕЧИВАНИЯ ПОСЕВОВ С
ЦЕЛЬЮ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕЛЬСКОХО-
ЗЯЙСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

Выполнено по договору с совхозом "Краснобаковский"
Краснобаковского района Горьковской области
(заключительный)

Начальник НИС

И. А. Макаренко

Декан факультета

Зав. кафедрой (отделом)

Научный руководитель

Т. Л. Кутис

Горький 198⁸ г.

РЕФЕРАТ.

Отчет стр., 2 рис., 2 табл. источников, приложения.

ФИТОХРОМ, ФОТОПЕРИОДИЧНОСТЬ, РЕГУЛЯЦИЯ ЦВЕТЕНИЯ, ВЕГЕТАТИВНЫЙ РОСТ, ПОВЫШЕНИЕ УРОЖАЙНОСТИ, КРАСНЫЙ СВЕТ, ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫЕ ТЕХНОЛОГИИ.

Обобщены результаты экспериментов по изучению действия на сельскохозяйственные растения /посевы/ фитохромно активных источников света. Показано, что ночное прерывание у кукурузы на 1У этапе онтогенеза по Куперман приводит к существенному повышению продуктивности по сырой биомассе. Ночное досвечивание /прерывание/ длиннодневных растений /ячмень Абава/ приводит к повышению урожайности, преимущественно за счет существенного увеличения продуктивной кустистости, частично массы 1000 зерен. В условиях засушливого местобитания при недостатке влаги абсолютная эффективность метода снижается, в благоприятных условиях, напротив, существенно повышается. Разработана конструкция мобильной установки для ночного досвечивания посевов, обоснованы светотехнические и механические параметры источников света, особенности эксплуатации, режимы обработки. В качестве источников фитохромно активного света использованы: гелий-неоновый лазер ЛРН-104 и лампы люминесцентного типа серии КЛ. Проведенные производственные испытания подтвердили правильность принципиальной схемы и компоновки мобильной установки, высокую эффективность ее работы. Требуется дальнейшее изучение действия лазерных фитохромно активных источников на вегетирующие посевы в различные этапы онтогенеза.

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ.

ИСПОЛНИТЕЛИ

Ст. н. с.	<i>Т. Д. Кутис</i>	Т. Д. Кутис /все разделы/
Ст. н. с.	<i>С. Д. Кутис</i>	С. Д. Кутис /все разделы/
Ст. инж.	<i>М. Ю. Гуськова</i>	М. Ю. Гуськова /табл. 1, 2 /

СОИСПОЛНИТЕЛИ

Доцент	Д. А. Дикарев
--------	---------------

СОДЕРЖАНИЕ.

Введение 5

Обзор литературы 6

Источники фитохромно активного излучения. Техническо-
 -экономические обоснования по технологии ночного
 прерывания 14

Установка для ночного досвечивания посевов.
 Некоторые особенности эксплуатации. 17

Результаты испытания установки для ночного досве-
 чивания посевов. Обсуждение и рекомендации 21

Заключение 26

Список использованных источников 27

Приложение 1. Акт внедрения результатов научно-иссле-
 довательских, опытно-конструкторских и технологических
 работ в высших учебных заведениях от 30

Приложение 2. Письмо Агропромышленного комитета Горь-
 ковской области от 11.02.88 г. № 12-1/22нт. 31

ВВЕДЕНИЕ.

В настоящее время возрастает интерес ученых и хозяйственных руководителей к экологически чистым технологиям в земледелии и растениеводстве как базе получения высококачественных продуктов питания и кормов.

В 20-х 40-х годах нашего века американскими ботаниками и физиологами растений заложены теоретические основы управления ростом и развитием сельскохозяйственных растений с помощью физических факторов. Особое место среди них принадлежит свету — электромагнитным колебаниям с длиной волны от 400 до 700 нанометров. Участие квантов света этого спектрального диапазона в реакциях фотосинтеза, дающих энергию всему живому на Земле, общеизвестно. Существует и другая система, поглощающая свет этого диапазона, ответственная за очень большой спектр ответных биологических реакций, от изменения проницаемости клеточных мембран к ионам, до генной регуляции процессов роста и развития растений. Это система фитохрома — окрашенного белка, который находится практически во всех органах растения, но свое регуляторное влияние осуществляет преимущественно через листья, генерируя фактор цветения. Воздействуя на фитохром красным светом с длиной волны 620–680 нанометров можно управлять переходом от вегетативного развития, являющегося фактически приростом биомассы, к репродукционному развитию, т.е. процессу полового размножения, влиять на эффективность этого процесса. Имеются попытки практического применения воздействия на систему фитохрома в ночное время /ночное досвечивание, прерывание ночи/ на биопродуктивность растений.

Представляет существенный интерес исследовать влияние фитохромно активных источников света на биопродуктивность кукурузы и зерновых в условиях средней полосы РСФСР, применяя эти источники в ночное время.

ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ.

По современным представлениям зеленое растение – биологическая машина, внутренняя структура которой определяется количеством и качеством лучистой энергии, которую оно получает в период онтогенеза. На проросток, выращенный в темноте глубокое влияние оказывает поглощение даже нескольких квантов света. В более поздний период жизни от света зависит цветение и плодобразование. Переход в состояние покоя также зависит от предшествующих световых воздействий.

Разнообразные процессы, опосредованные светом в части изменения формы растений обобщенно были названы фотоморфогенезом. Выяснено, что главная роль в этих процессах принадлежит фикобилиновому пигменту фитохрому, содержание которого в растениях чрезвычайно мало и количество световой энергии, необходимое для насыщения соответствующих фотопроцессов на несколько порядков ниже, чем при фотосинтезе. Продукты этих световых реакций влияют на проницаемость мембран, функции генов и активность ферментов, измененное состояние которых усиливается каждым поглощенным квантом. В то время как при фотосинтезе 8-10 квантов света необходимо для высвобождения всего лишь одной молекулы O₂, то то же число квантов на одну клетку может полностью определить репродуктивную судьбу растения или направление роста всего стебля /1/.

Открытие фитохрома тесным образом связано с формулированием понятия фотопериодизма растений – реакции на длину дня. Углубленные исследования позволили выяснить, что растения реагируют на длительность темнового периода и по этому признаку могут быть разделены на растения короткой ночи /и соответственно длинного дня, сокращенно ДД-растения/, длинной ночи /соответственно короткодневные КД-растения/, безразличные к длине ночи – нейт-

ральные ИД-растения.

Процесс цветения привлекает пристальное внимание исследователей потому, что он является первой ступенью к половому воспроизведению растений. Интерес к этому этапу развития обусловлен и экономическими причинами, поскольку многие аспекты производства сельскохозяйственных культур тесно связаны с цветением.

Как правило, инициация цветения начинается только тогда, когда процессы предшествующих преобразований /эвокации/ заходят достаточно далеко и доходят до образования, по крайней мере одной или нескольких четко выраженных морфологических структур цветка. Этот процесс характеризуется принципом все или ничего /триггерный эффект/ / 2/.

Существуют растения, переход которых к цветению индуцируется одним фотопериодом необходимой длительности всего через несколько дней после посева / 3, 4, 5 /. Приемником внешнего фотовоздействия является листовая пластинка, причем некоторые растения характеризуются большей чувствительностью листьев боковых побегов, чем листья главного побега / 6/.

Известно, что факторы приводящие к снижению интенсивности роста, например, засуха, часто значительно стимулируют цветение. Наоборот, высокий уровень питания, особенно азотного, может вызвать задержку репродуктивного развития и усиление вегетативного роста. На этом основании Клебс в 1913 г. высказал предположение о том, что цветение контролируется соотношением питательных веществ, которые растения получают из почвы и воздуха. При этом особенно большое значение для процесса цветения имеет высокое соотношение содержания эндогенных углеводов и азотных соединений /отношение С/М /. Последующими исследованиями было выяснено, что содержание азота является модулирующим фактором инициации цветения / 7/.

Изучалась роль некоторых микроэлементов в инициации цветения.

К числу немногих микроэлементов, оказывающих модулирующее влияние на индукцию цветения, относятся ионы меди и железа. В исследованиях Хилмана с хелатирующими агентами было показано, что ионы меди имеют отношение к фотопериодической чувствительности *Lemna paucicostata* 6746 и *Lemna gibba* 93 / 8, 9 / Роль этого микроэлемента была изучена также на нескольких сортах хризантем /10/. Показано, что медь играет значительную роль в процессах инициации цветения у этого растения. В этих опытах была обнаружена прямая корреляция между концентрацией ионов металла в питательном растворе и инициацией цветения. Так при концентрации меди ниже 0,0015 мг/л инициация цветения почти полностью предотвращается. При изучении роли ионов железа обнаружено, что недостаток элемента значительно нарушает или предотвращает инициацию цветения у *Xanthium* /11, 12/. Другие элементы /кроме меди/ не оказывают столь значительного эффекта. Поскольку способность к цветению восстанавливается только в том случае, если ионы железа вносятся до индукции, а не после нее, можно заключить, что этот элемент, по-видимому необходим именно в процессах индукции, а не на последующих фазах развития. Механизм участия ионов железа в процессах фотоиндукции пока неясен.

История открытия явления фотопериодизма изложена в работах /13, 14/. Американские исследователи Гарнер и Аллард в течение 20 лет проводили большое количество наблюдений над полевыми, садовыми, декоративными видами и ввели понятия фотопериод и фотопериодизм. Экспериментальными исследованиями было выяснено, что растения, получившие несколько последовательных фотопериодических циклов, более точно измеряют время и в популяции наблюдается значительно меньшая вариабельность в реакции отдельных растений на фотопериодическое воздействие, чем в случае растений, которым был дан только один или два цикла /15/.

Общезвестно, что достаточно короткого воздействия благопри-

ятной для зацветания длины ночи, чтобы вызвать последующую инициацию цветения даже после помещения растений в неблагоприятные для цветения условия. Таким образом образование цветочных почек является последствием, т.е. результатом предыдущего благоприятного фотопериодического воздействия, называемого фотопериодической индукцией или фотоиндукцией. Например, растения, для зацветания которых требуется только один индуктивный цикл, никогда не образуют цветочных почек во время этой однодневной индукции, они появляются через определенное число дней после переноса в неиндуктивные условия.

Решающая роль темнового периода была выявлена в опытах с КД-растениями *Xanthium*. Хамнер и Боннер /16/ показали также, что краткое воздействие светом /1 мин/ в середине индуктивного темнового периода полностью уничтожает эффект предыдущего темнового периода, т.е. растения в этом случае остаются в вегетативном состоянии, тогда как растения, не подвергавшиеся воздействию прерывания темноты светом, ^(рис. 1) цветут. Прерывание светового периода темновым не оказывает никакого влияния на цветение. Приведенный феномен имеет важное хозяйственное значение, являясь теоретической основой для разработки агроприема управления цветением короткодневных растений, например, кукурузы. Эта культура в условиях выращивания средней полосы /более 45° северной широты/ зацветает в первых числах августа, при этом вегетативный рост прекращается, что в определенных пределах является негативным явлением для получения зеленой биомассы на силос и другие аналогичные цели. Ночное прерывание светом, сопряженное с фотопериодическими реакциями кукурузы, позволяет задержать индукцию цветения и тем самым удлинить период вегетативного роста. Модулирующее влияние на этот процесс оказывает сумма положительных температур в зоне произрастания культуры.

Для длиннодневных растений /17, 18/ прерывание темнового перио-

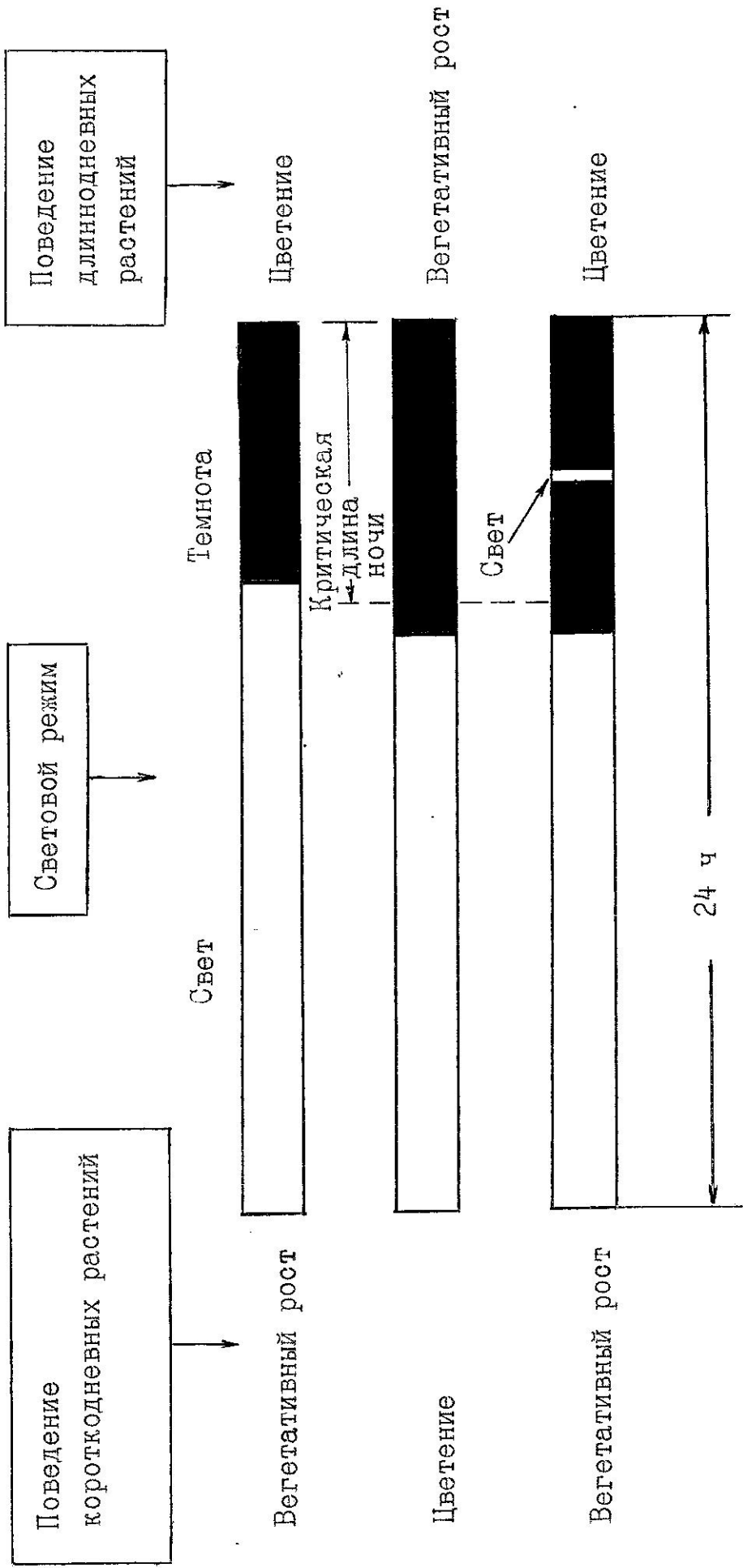


Рис. 1. Влияние прерывания темнового периода пучком света на цветение растений короткого и длинного дня. (Цит. по / 1 /).

да световым воздействием приводит к индукции цветения. Прерывание ночи должно быть длительностью несколько часов или повторяться в течении нескольких ночей подряд. Максимальная эффективность прерывания ночи ^Н в значительной степени зависит от того, в какой момент темного периода оно применяется. Наиболее эффективно при длинной ночи прерывание светом около середины.

Чувствительность листьев к фотоиндукции зависит от их физиологического возраста. В большинстве случаев максимум чувствительности совпадает по времени с достижением листом максимального размера. Очень молодые листья обычно менее чувствительны, чем развернувшиеся /2/. Измерения минимальной площади листа, необходимой для восприятия фотоиндукции показали, что для этого достаточно несколько квадратных сантиметров листа *Xanthium* и *Lolium* /19, 20/, единственного листочка одного молодого тройчатого листа сои /21/ или одной семядоли *Brazzica* /22/. С другой стороны, воздействие индуктивного фотопериода на верхнюю часть стебля с очень молодыми листьями не приводит к образованию цветков.

Выяснено, что если для зацветания растений требуется несколько индуктивных циклов, то совсем необязательно, чтобы эти циклы следовали непрерывно друг за другом. Так вставка ряда неиндуктивных циклов между двумя группами индуктивных циклов, каждая из которых в отдельности не в состоянии вызвать переход к цветению, не препятствует суммированию двух подпороговых индукций. Это явление, получившее название фракционной индукции, обнаружено у многих КД и ДД-растений /2/. Успешные эксперименты по фракционной индукции показывают, что эффекты индуктивных воздействий, которые недостаточны для осуществления перехода к цветению, могут сохраняться в течении определенного времени в неиндуктивных условиях.

Суммарная энергия, необходимая для индукции цветения у ячменя /1/, составляет порядка 50 дж/м^2 . Аналогичный уровень энергии требуется для индукции цветения у КД-растений, к числу которых

в частности относится и кукуруза.

На основании многочисленных экспериментов Бортвик с сотрудниками сделали вывод, что фитохром в растениях представлен двумя формами взаимопревращающимися в темноте. Одна форма характеризуется максимумом поглощения в красной области видимого спектра Φ_K при 660 нм, другая поглощает главным образом в дальней красной области Φ_{DK} при 730 нм /23/. Красный свет превращает фитохром в Φ_{DK} форму. Наоборот, дальний красный свет превращает фитохром в форму Φ_K . В отношении фитохрома белый свет действует как красный свет, превращая фитохром в форму Φ_{DK} . Даже небольшое количество фитохрома Φ_{DK} вызывает соответствующую реакцию прерывания. Эта форма фитохрома считается физиологически активной. Интенсивность красного света, необходимая для насыщения фитохромной реакции, обычно очень низка, порядка 30 дж/м².

Кроме теоретических работ имеется целый ряд примеров практического применения методов ночного прерывания или, как их иначе называют, ночного досвечивания. Второе название на наш взгляд, хотя и отражает в основном технологию применения фактора воздействия, но не очень удачно, т.к. проводит аналогию с продолжением фотосинтетической деятельности. Световой фактор имеет информационное значение, а не энергетическое, как при фотосинтезе. Поэтому термин "метод ночного прерывания" более удачен и отвечает реальному положению вещей. Изучались реакции кормового ячменя на лазерную активацию прироста биомассы /24/, изменение скорости роста всходов кукурузы при лазерной активации /25/, на растения огурца /26/, ростовые процессы ячменя в фазе прорастания /27/.

Получен патент Великобритании на "Способ регулирования роста растений с помощью лазера" /№ 1.326.229, Заявитель: университет Аделаиды, Лесли Годелл Палег, приоритет от 19 октября 1970 г./ Как справедливо отмечают авторы патента "относительно фитохромной системы: "...эта фотосистема дает человечеству самый мощный инстру-

мент для эффективного управления ростом растений в широких /промышленных/ масштабах без изменения или загрязнения окружающей среды".

В одном из экспериментов авторы использовали в качестве источника света 500 Вт лампу накаливания на 8 м столбе для освещения посевов ячменя в ночное время в течении 2-х часов. Для одного из сортов ярового ячменя после ночного прерывания срок вегетации сократился на 4 недели. В других экспериментах авторы использовали излучение аргон-криптонового и гелий-неонового лазеров. При этом для получения биологического эффекта была достаточна уже экспозиция 0,1 с. Уменьшение экспозиции до 0,01-0,001 с также возможно, но требует облучения посевов в течении нескольких ночей подряд. По мнению авторов, использование лазеров в качестве источника световых воздействий особенно эффективно при обработке больших массивов посевов зерновых и овощных культур.

Представляет большой интерес исследовать возможность использования высокоинтенсивных источников фитохромно активного излучения для обработки вегетирующих посевов, с целью управления их продукционными характеристиками.

ИСТОЧНИКИ ФИТОХРОМНО АКТИВНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ. ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ОБОСНОВАНИЯ ПС ПРИМЕНЕНИЮ ДЛЯ ТЕХНОЛОГИИ НОЧНОГО ПРЕРЫВАНИЯ.

К фитохромно активным источникам света относятся источники, имеющие спектральный диапазон красного /620-680 нм/ и дальнего красного /700-780 нм/ света. Причем для синтеза фитохрома в активной форме $\Phi_{\text{дк}}$ необходим только спектральный диапазон 620-680 нм.

Это требование является ведущим к источнику, без соблюдения которого невозможно получение биологических эффектов ночного прерывания фотопериодических реакций. Кроме того, существенны еще ряд признаков и технических характеристик источников и условий их применения. Так, для облучения вегетирующих посевов существенное значение имеет диаграмма направленности излучения фитохромно активного источника света. Без применения специальных рефлекторных систем некогерентные /нелазерные/ источники подчиняются закону квадратов расстояний, который определяет падение облученности пропорционально квадрату расстояния от источника до облучаемой поверхности, т.е. при увеличении расстояния до облучаемой поверхности в 2 раза облученность упадет в 4 раза:

$$E_{\text{ебр}} = (J_{\text{еа}} / r^2) \cos \beta$$

где: $E_{\text{ебр}}$ - облученность, создаваемая источником в точке Б,
 $J_{\text{еа}}$ - энергетическая сила света в направлении к точке Б,
 β - угол падения света между направлением луча в точку Б и перпендикуляром к освещаемой плоскости Р, проведенным из точки Б.

r - расстояние от источника до объекта.
 Из формулы видно, что существенное значение имеет также угол падения излучения на облучаемую поверхность, т.е. с уменьшением $\cos \beta$ уменьшается и облученность поверхности обработки, что диск-

тует применение опоры источника максимально возможной из практических соображений высоты. Высота расположения источника света над посевами определяется исходя из того, какой принцип положен в основу всей облучательной системы — стационарный или мобильный.

Ограничения, накладываемые стационарным расположением источника света, связаны в первую очередь с низкой энерговыделительностью по параметру электроэнергии, отсутствием линий электропередач для больших посевных массивов, большим уровнем капитальных затрат при реализации стационарных вариантов расположения фитохромо активных источников света. Кроме того, при стационарном варианте из-за квадратичного закона распространения света сложно достичь равномерности дозы излучения по посевам.

Мобильные источники во многих отношениях предпочтительнее, т.к. за счет передвижения транспортного средства, на котором он расположен, достигается большая равномерность облучения, снимается зависимость от электрокоммуникаций.

Однако, мобильные источники также как и стационарные не лишены ряда существенных недостатков. К их числу, в первую очередь, относится ограниченная мощность электрогенератора, которая не превышает 200 кВт, а чаще находится в пределах 5–20 кВт, что определяет верхнюю границу мощности световых источников и соответственно производительность. Кроме того, в условиях мобильных установок источники излучения подвергаются интенсивным ударным и вибрационным нагрузкам, что не позволяет для большинства серийно выпускаемых источников света использование режима горения одновременно с перемещением, т.е. частично лишает главного положительного качества мобильного расположения фитохромо активного источника из-за низкой механической прочности.

По спектральной характеристике в качестве фитохромо активных источников подходит большой перечень источников света, од-

нако параметры механической прочности колбы и тела излучения резко ограничивают круг источников света, пригодных для облучения посевов в ночное время с мобильных установок, причем в совмещенном режиме горения и перемещения в настоящее время промышленность не выпускает достаточно мощных /свыше 10кВт/ источников.

Практически, по условиям механической прочности и светотехническим характеристикам, а также из-за отсутствия пуско-регулирующей аппаратуры, наиболее полно удовлетворяют всем требованиям лампы iodного цикла серии КГ. Мощность этих ламп от 1 до 10 кВт при напряжении питания 220 В, световой поток от 26 до 280 тыс лк, средний период горения от 270 до 450 часов. Однако, даже эти лампы не обладают механической устойчивостью, достаточной для перемещения их в горячем состоянии из-за ударных и вибрационных нагрузок, возникающих в этих случаях. Провис нагретого тела накала /спираль/ почти достигает кварцевых стенок и при отклонении от горизонтального положения более $\pm 15^\circ$ нарушается iodный цикл в колбе лампы, вольфрам осаждается на стенках колбы, спираль истончается и от механических перегрузок разрушается, что сопровождается разрушением или деформацией кварцевой колбы. Срок службы 1 кВт ламп серии КГ в подобных условиях снижается до 6-10 ч, против 450 ч по паспорту.

Высота расположения источников света на мобильном транспортном средстве ограничена действующими в стране требованиями государственной автомобильной инспекции, а также высотой подвеса низковольтных линий электропередач, расположенных над вегетирующими посевами в тех местах, где они расположены. Аналогичное относится и к коммуникациям связи. Реально высота расположения не превышает 4 м.

Все вышеперечисленные требования необходимо учитывать при проектировании мобильной установки для ночного досвечивания посевов.

УСТАНОВКА ДЛЯ НОЧНОГО ДОСВЕЧИВАНИЯ ПОСЕВОВ.

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ.

Мобильная установка для ночного досвечивания посевов выполнена на базе трактора Т-16М /см. рис.2/. Собственно установка содержит электрогенератор переменного тока мощностью 8 киловатт, напряжением 220 в, гелий-неонового лазера ЛГН-104 с блоком питания, излучателя с четырьмя лампами иодного цикла типа КГ-220-1000 с параболоцентрическими хромированными отражателями.

Лазерный излучатель смонтирован в обойме размером 400 х 400 х 1700 мм на пружинных амортизаторах, с целью снижения вибрационных и ударных нагрузок при перемещении. Обойма с лазерным излучателем расположена на оси вращения с подшипниками. Держатели подшипников соединены со стойкой, высота которой достаточна для помещения лазерного излучателя над кабиной водителя с целью обеспечения хорошего обзора местности при движении установки. На такой же высоте расположен излучатель с лампами КГ-220-1000.

Для облучения полей на склонах установка имеет шарнирное крепление лазерного излучателя, с возможностью наклона относительно горизонта $\pm 15^\circ$. Для реализации этого требования один конец обоймы с излучателем через пружинный амортизатор соединен со стойкой, а второй с помощью стального троса диаметром 3 мм и системы шкивов соединен с рычагом управления в кабине водителя.

Перед выходным оптическим окном лазерного излучателя расположен узел развертки лазерного луча в вертикальной плоскости с углом развертки 80° , не содержащий подвижных деталей, что повышает надежность его работы.

Большим преимуществом лазерного излучателя является возможность беспрепятственного его использования в процессе перемещения, т.к. система амортизации и виброустойчивое исполнение прибора, проверенные на практике подтвердили это. К существенному

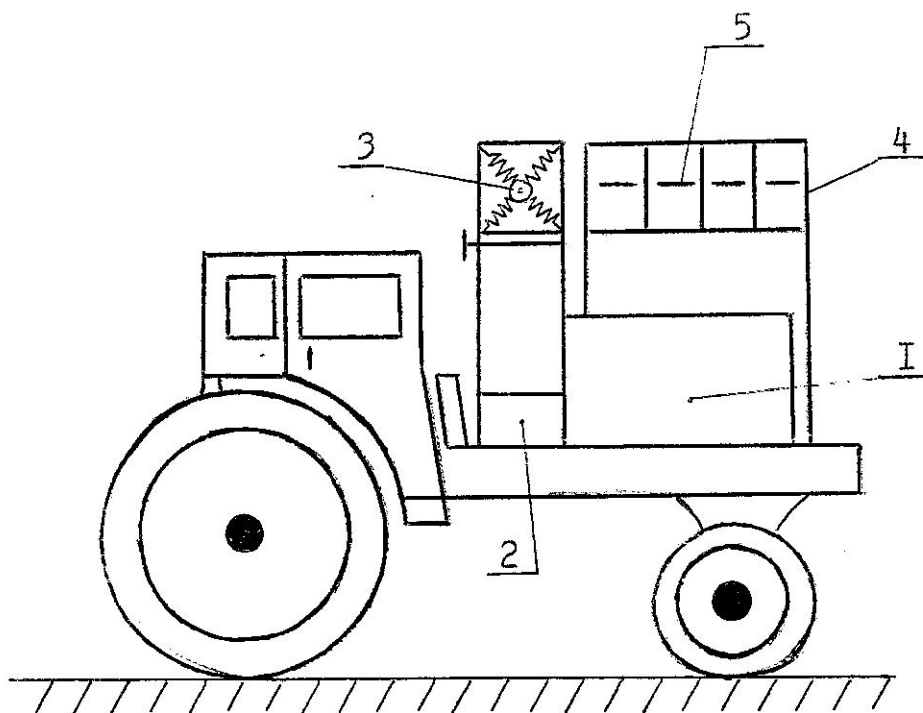


Рис. 2 Мобильная установка для ночного досвечивания посевов на базе трактора Т16М :

- I - электрогенератор мощностью 8 Квт, напряжением 220 в, 3ф
- 2 - блок питания гелий-неонового лазера ЛГН-104
- 3 - подвеска лазерного источника
- 4 - параболоцентрический хромированный отражатель с четырьмя лампами иодного цикла КГ-220-1000/5/.

недостатку лазерного излучателя следует отнести низкую мощность, равную 50 милливатт. Однако этим, пожалуй, недостатки лазерного излучателя и ограничиваются.

Как уже было отмечено ранее, большие сложности при эксплуатации излучателя с лампами одного цикла связаны с резким понижением их срока службы, если режим горения связан с одновременным перемещением излучателя. Это происходит из-за механического разрушения тела накала лампы. Эффективных средств защиты вышеуказанного типа ламп от вибрационных и ударных нагрузок, которые бы предотвращали их преждевременный выход из строя при перемещении, нами не найдены. Однако, существует альтернативное техническое решение, которое позволяет обойти эти сложности без ухудшения технических параметров, сохраняющие паспортный срок службы лампы в составе излучателя. Сущность его заключается в режиме использования транспортного средства. Для исключения негативных явлений в эксплуатации установки освечивание посевов производят только в моменты остановки, причем расстояния между соседними остановками трактора и время досвечивания выбирают для каждой культуры, фазы вегетации, мощности одновременно включенных ламп. В частности, для апробированного нами варианта установки с четырьмя лампами КГ-220-1000 /для одностороннего досвечивания/ в применении к ячменю и овсу расстояние между соседними остановками равно 25 м, время ввода в рабочий режим 2 с, досвечивание 10 с, выключение 2 с, перемещение на 25 м - 10 с и т.д. В режиме одностороннего досвечивания производительность достигает 10 гектаров в час, в режиме двухстороннего - 20 га/ч. При этом является целесообразным обработка посевов с использованием технологической борозды, проложенной на расстоянии 24 м одна от другой, как это принято при интенсивных технологиях возделывания зерновых. Ночная производительность одной установки достигает 80 га, т.е. для хозяйства с площадью зерновых 1000 га

целесообразно иметь 4 установки из расчета обработки всего массива в сроки, отвечающие среднему времени прохождения отдельных фаз /примерно трое суток/.

Вышеизложенный режим работы установки для ночного досвечивания посевов обеспечивает насыщение фитохромной системы растений с поглощением до 30 Дж/м^2 за один цикл обработки.

Весьма существенным техническим вопросом является привлечение ночных летающих насекомых, особенно в режиме непрерывного горения, которые в больших количествах погибают на отражателе излучателя, загрязняя его. Прерывистый режим обработки значительно выгоднее в плане борьбы с летающими насекомыми. Видимо в будущем целесообразно применение электроистребителя насекомых.

Интересным является применение лазерного излучателя. Эффект от его применения регистрировался многократно различными исследователями. Причем для его проявления достаточны экспозиции от 1 до 10 мс, при мощности излучения 10-50 мвт. Для насыщения фитохромной системы этой мощности явно недостаточно, однако, несмотря на это, регистрируется ряд важных биологических феноменов, в том числе ускорение ростовых процессов, ускорение фаз вегетации. Теоретические механизмы действия лазерного излучения на вегетирующие растения не ясны, что, однако, не мешает использованию его чисто в практических целях сокращения сроков вегетации и повышения урожайности. Возможно, в растениях протекают двухфотонные процессы фотоактивации, обладающие большим коэффициентом полезного действия, лучшим квантовым выходом реакций запуска биохимических и генетических циклов.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЯ УСТАНОВКИ ДЛЯ НОЧНОГО
ДОСВЕЧИВАНИЯ ПОСЕВОВ. ОБСУЖДЕНИЕ И РЕКОМЕНДАЦИИ.

Как уже было отмечено ранее, теоретической основой для применения принципа ночного прерывания в практике, послужили работы американских физиологов растений /1,23/, которыми было показано, что фотопериодические реакции являются мощным инструментом управления онтогенезом, переходом от вегетативной фазы к генеративной, и наоборот, задержки наступления генеративной фазы, продления вегетации /см. рис.1/.

Обработку кукурузы Днепровская ТВ проводили на IV этапе онтогенеза по Куперман /28/ в количестве 9 раз. В последовательности: 3 раза /цикла/ - лазерная обработка, перерыв 3-е суток, оставшиеся 6 раз /циклов/ обработки каждый день. Влияние ночного досвечивания на биопродуктивность отражено в таблице 1. Измерения проведены 10 августа 1988 г., т.е. спустя месяц после окончания ночного досвечивания. Высота облученных растений была больше контрольных на 14 %, различия статистически достоверны с вероятностью более 0,99. Масса одного растения в опыте была на 44,5 % выше чем в контроле. На 24,5 % была выше у облученных растений и удельная масса, приходящаяся на 1 см высоты условного модельного цилиндра. Это говорит о более интенсивном приросте биомассы у облученных растений кукурузы. Расчетная урожайность на облученном поле была на 99 ц/га выше, чем на контрольном, (без ночного досвечивания).

Таким образом, облучение растений кукурузы на IV этапе онтогенеза позволяет существенно увеличить биопродуктивность.

В табл. 2 приведены данные по влиянию ночного досвечивания на урожайность ячменя, его структуру и некоторые биологические параметры. Так же, как и для растений кукурузы, у ячменя ночное досвечивание, произведенное на фазе кущения и трубкования (по 3

Табл. I.

Влияние ночного досвечивания посевов кукурузы Днепровская ТВ на некоторые параметры биопродуктивности.

Наименование параметра	Контроль	Опыт	Прирост к контролю (%)	P
Высота растения (см)				
1-я повторность	219,1 ± 4,7 (n=100)	244,2 ± 5,9 (n=60)		P < 0,01
2-я повторность	218,9 ± 5,1 (n=87)	252,0 ± 5,9 (n=55)		
3-я повторность	—	254,5 ± 5,9 (n=56)		
Среднее по повторностям	219,0	250,2	14	
Масса одного растения (кг)				
1-я повторность	0,514	0,783		0,01 < P < 0,05
2-я повторность	0,597	0,736		
3-я повторность	—	0,889		
Среднее по повторностям	0,555 ± 0,041	0,802 ± 0,045	44,5	
Средняя масса растения на 1 см высоты (г)	2,53	3,15	24,5	0,01 < P < 0,05
Расчетная урожайность (ц/га)	222	321	44,5	

Табл. 2

Влияние ночного досвечивания посевов на урожай, его структуру и некоторые биологические параметры растений на примере ячменя Абава.

Вариант	Высота растения (см)	Общая кустистость	Продуктивная кустистость	Длина колоса (см)	Масса 1000 зерен (г)	Митотический индекс (%) [*]	Урожайность (ц/га)
Контроль	43,2 \pm 1,1 (n=III)	1,2	0,6	5,7 \pm 0,1 (n=102)	11,42 \pm 0,16	304,3	7,4
Опыт	58,7 \pm 0,9 (n=259)	2,2	1,3	7,4 \pm 0,2 (n=102)	12,7 \pm 0,25	500,0	9,7
Прибавка к контролю (%)	35,9	83	117	29,8	11,2	64,3	31

%^{*} -промилле

раза на каждой фазе) привело к увеличению роста растений на 35,9 % по отношению к уровню контроля. Значительно увеличилась общая и, особенно, продуктивная кустистость, что явилось важной причиной повышения урожайности. Длина колоса у облученных растений также была выше, чем в контроле (на 29,8 %). Несколько выше (на 11,2 %) у опытных растений была масса 1000 зерен. Малый абсолютный вес и контрольных и опытных зерен объясняется характером почвы (песчаная) и высокими ее фильтрационными свойствами, что обусловило засушливость поля, на котором проведен данный эксперимент. Эти условия определили низкий уровень урожайности в контроле (7,4 ц/га). Облученные растения, как это показывает уборка урожая, лучше перенесли условия засушливого местообитания. В результате урожайность повысилась по отношению к контролю на 31 %.

В то же время, в условиях хорошей водоудерживающей способности почвы, выращивание ячменя Абава с ночным досвечиванием (на землях арендного звена Соловьевых по сообщению агронома-семеновода Л.В.Сахарова) значительно более успешно и дает хорошие результаты. Урожайность в контроле 22,1 ц/га, на облученных площадях 26,0 ц/га.

Таким образом, ночное досвечивание зерновых, на примере ячменя, приводит к повышению урожайности и может быть рекомендовано в качестве агроприема.

За короткий срок действия договора, конечно, не представляется возможным исследовать все этапы онтогенеза, воздействуя на которые можно ожидать проявления эффектов увеличения биопродуктивности, других хозяйственно важных параметров.

Анализ как теоретических данных, так и результатов проведенных экспериментальных исследований позволяет сделать ряд важных выводов;

1. Ночное досвечивание посевов усиливает (ускоряет) протекание тех морфогенетических процессов, которые доминируют на данной

фазе оттогенеза. Например, облучение посевов на фазе кущения приводит к усилению процессов морфогенеза меристемы, характерных для нее и т.п.

2. Ночное досвечивание посевов целесообразно проводить при низкой активности модулирующих факторов: температуры, влажности и т.п., то есть в условиях, приближающихся к нормальным физиологическим, хотя биологические эффекты, но в меньшей степени, будут наблюдаться и при значительном отклонении от нормы.

3. Кратность обработки и мощность потока облучения подбираются экспериментально для каждой культуры. Наибольшая эффективность обработки проявляется в середине ночи и в конце, перед рассветом. Контроль достаточности дозы облучения производится на основании ауксанометрических изменений (скорости роста), если целью обработки является прирост биомассы, или контролю меристематических процессов (микроскопически), если целью облучения являются иные хозяйственно важные показатели.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

Программа работ по договору предполагала разработку конструкции установки для ночного досвечивания /прерывания ночи/ фитохромно активными источниками света, разработку элементов технологии их использования, постановку опытов по изучению эффективности этого агроприема.

Программа полностью выполнена.

Обоснованы светотехнические и механические характеристики источников света, пригодных для использования в качестве фитохромно активных. Наиболее пригодны для этого гелий-неоновые лазеры с длиной волны 632,8 нм и лампы подного цикла серки КГ. Обоснованы режимы использования вышеуказанных источников света в составе мобильной установки с автономным силовым электрогенератором. Спроектирована и смонтирована мобильная установка на базе трактора Т-16М, проведены ее полевые испытания, показавшие правильность выбора принципиальной схемы. Показано, что облучение посевов кукурузы на 1У этапе онтогенеза приводит к существенному повышению урожайности зеленой биомассы. Ночное досвечивание посевов ячменя приводит к повышению урожайности.

Таким образом, на основании проведенных исследований можно констатировать, что метод ночного досвечивания, при соответствующей адаптации к условиям Горьковской области, основные принципы которых изложены в настоящем отчете, могут быть рекомендованы для внедрения.

Исполнители данной работы, группа научных сотрудников ГСХИ, встречала активную поддержку со стороны администрации совхоза "Краснобаковский", за что приносят благодарность. Благодарим за практическую помощь гл. агронома В.С.Замашкина, агронома-семеновода Д.В.Сахарова, оператора М.А.Полинчака.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Гэлстон А., Девис П., Сеттер Р. Жизнь зеленого растения. М.: Мир, 1983.-с. 331.
2. Бернье Ж., Кине Ж-М, Сакас Р. Физиология цветения. Том I.- факторы цветения. М.: Агропромиздат, 1985.-с 22.
3. Imamura S.I. *Physiology of Flowering in Pharbitis nil*, Japanese Society of Plant Physiologists, Tokyo, 1967
4. Cumming B. G. *The Induction of Flowering Some Case Histories*, Evans, L.T. Ed., Macmillan, Melbourne, 1969, 156
5. Kandeler, R. Z. Bot., 1955, 43, p. 61.
6. Bagnard, C., Can. J. Bot., 1980, 58, p 113B
7. Gott, M. B. Gregory, F. G and Purvis, D. N., Ann. Bot (London), 1965, 19, p. 87.
8. Hillman, W. S., Am. J. Bot., 1961, 48, p. 413.
9. Hillman, W. S., Am. J. Bot., 1962, 49, p. 892.
10. Graves, C. J. and Sutcliffe, J. F., Ann. Bot. (London), 1974, 18, p. 729.
11. Smith, H. J., Mellrath, W. J. and Bogorad, L., Bot. Gaz. (Chicago), 1956, 118, p 174.
12. Gibby, D. D. and Salisbury, F. B., Plant Physiol., 1971, 47, p. 784.
13. Evans, L. T., *The Induction of Flowering Some Case Histories*, Evans, L. T., Ed., Macmillan, Melbourne, 1969, 1.
14. Murneek, A. E. *Vernalization and Photoperiodism*, Murneek, A. E. and Whyte, R. D., Eds., *Chronica Botanica*,

- Waltham, Mass., 1948, 39.
15. Salisbury, F.B. *The Flowering Process*, Pergamon Press, Oxford, 1963.
 16. Hamner, K.C. and Bonner, J., *Bot. Gaz (Chicago)*, 1938, 100, 388.
 17. Laug, A., *Encyclopedia of Plant Physiology*, Vol. 15 (Part 1) Ruhland, W., Ed., Springer-Verlag, Berlin, 1965, 1380.
 18. Vince-Prue, D., *Photoperiodism in Plants*. Me raw-Hill, London, 1975.
 19. Khudairi, A.K. and Hamner, K.C., *Plant Physiol.*, 1954, 29, 251.
 20. Evans, L.T., *Aust. J. Biol. Sci.*, 1960, 13, p.123.
 21. Borthwick, H.A. and Parker, M.W., *Bot. Gaz. (Chicago)*, 1940, 101, p. 806.
 22. Fziend, D.J.C., *Physiol. Plant.*, 1968, 21, p 990.
 23. Borthwick, H.A., Hendricks, S.B. and Parker, M.W., *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.*, 1952, 38, p. 929.

24. Ветринская Н.И. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Проблемы фотоэнергетики растений и повышение урожайности", Львов, 1984, с.130.
25. Ветринская Н.И., Кириллов В.К. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Проблемы фотоэнергетики и повышения урожайности", Львов, 1984, с.129.
26. Счастливецова Н.Г., Бизяева Н.И. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Проблемы фотоэнергетики растений и повышение урожайности", Львов, 1984,
27. Гарнизоненко Т.С. Тезисы докладов Всесоюзной конференции "Проблемы фотоэнергетики растений и повышение урожайности", Львов, 1984, с.134.
28. Куперман Ф.М. Морфобиология растений. М.: Высшая школа, 1984, с.53.



Государственный агропромышленный комитет РСФСР
Агропромышленный комитет Горьковской области

11.02.88 № 12-1/22нт

т. т. Кутис С. Д.
Кутис Т. Л.

Уважаемые товарищи Сергей Дмитриевич, Татьяна Львовна!

Представленная вами работа "Действие физических факторов на урожайность сельскохозяйственных культур и их качество" обсуждена на заседании секции земледелия ИТС агропромышленного комитета 18 ноября 1986 года и получила положительную оценку.

Ваши предложения признаны рационализаторскими и могут быть внедрены в хозяйствах области.

Выплату вознаграждения в установленном порядке должно произвести то предприятие, где внедрено и дало экономический эффект предложенное вами рацпредложение.

Агропромышленным комитетом будет организован выпуск информационного листа по данной теме.

Начальник отдела механизации
и электрификации

Е. И. Городов