

*к.т.н. Мурга В.В.,
Ешков А.О.,
Цыкалов М.С.
(ДонГТУ, г. Алчевск, Украина)*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ ИМПУЛЬСНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА РАЗВИТИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ РАЗЛИЧНЫХ АГРОКУЛЬТУР

У статті відображаються механізми регуляції рослин і методи впливу на неї. Розглянуто механізми впливу когерентного електромагнітного випромінювання на насіння агрокультур та наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень у даній області.

Ключові слова: *лазерне випромінювання, лазерна активація насіння, фітохром, захисні властивості рослин.*

В статье отображаются механизмы регуляции растений и методы воздействия на нее. Рассмотрены механизмы воздействия когерентного электромагнитного излучения на семена агрокультур и приведены результаты теоретических и экспериментальных исследований в данной области.

Ключевые слова: *лазерное излучение, лазерная активация семян, фитохром, защитные свойства растений.*

Проблема и ее связь с научными и практическими задачами. Когерентное излучение лазеров находит все большее применение в самых различных отраслях производства Украины. Достаточно перспективным направлением в настоящее время можно рассматривать использование лазерной обработки семян агрокультур. Это дает возможность придания растениям довольно высоких показателей как на стадии развития, так и на стадии плодоношения. В современных условиях это направление признано приоритетным в плане экологически чистых и ресурсосберегающих технологий, которые позволяют повысить урожайность и снизить себестоимость продукции.

Изучение механизмов фотобиологических процессов служит теоретическим фундаментом повышения продуктивности агрокультур, придания агрокультурам требуемых свойств, интенсификации развития агрокомплекса и в борьбе с загрязнением окружающей среды.

Анализ исследований и публикаций. Существуют данные о том, что лазерная стимуляция растений существенно влияет на динамику их роста, сохранность полученного урожая и собственно на саму урожайность, снижает энергоемкость агропродукции, а следовательно, повышает экономическую эффективность производства агрокультур [1]. Однако в каждом новых условиях необходимо подбирать свой режим обработки, апробировать его в производственных условиях для получения максимально возможного урожая [2].

Больших успехов в данном направлении достигли во многих университетах Российской Федерации и Украины [2]. В том числе различные теоретические и экспериментальные работы по предпосевной обработке семян лазерным излучением проводились и в Донбасском государственном техническом университете на кафедре радиофизики.

Постановка задачи. Увеличение продуктивности аграрного комплекса заключается в повышении урожайности растений, всхожести семян. Этого можно добиться при воздействии непосредственно на семена растений.

Целью этих исследований было изучение влияния лазерного излучения на урожайность, всхожесть, скорость роста и сопротивляемость заболеваниям различных агрокультур.

Изложение материала и его результаты. В семени каждого растения содержится в компактном, «свернутом» виде генетическая информация о «взрослом» растении и «инструкции» о том, как себя вести в той или иной жизненной ситуации (когда, при какой температуре и при какой влажности всходить; как реагировать на засуху, на переувлажнение, заморозки; когда зацвести и т.д. и т.п).

У семян есть сенсоры, которые «открывают» полноту использования генетического потенциала, увеличивают сопротивляемость к неблагоприятным факторам окружающей среды: засухе, повышенной температуре, переувлажнению, пониженным температурам и заморозкам, засолению почвы, повышают сопротивляемость (иммунитет) к вирусным, бактериальным и грибковым заболеваниям.

Эти же сенсоры, единожды «запущенные» вызывают сотни, а порой и тысячи последовательных «цепочечных» биохимических реакций не только в самих семенах, но и в растениях, которые из них вырастут, на всех фазах их развития. Итогом этих реакций является повышение сопротивляемости, выживаемости растений, повышение их урожайности.

Растения и их семена очень чувствительны к изменению освещения. Существуют тонкие биохимические механизмы, позволяющие растениям отслеживать изменения продолжительности, интенсивности и спектрального состава действующего света, с тем чтобы вовремя

включать или выключать различные физиологические процессы: развитие хлоропластов и листа, цветение растения и другие явления.

При освещении растений происходят следующие реакции – поглощение кванта света; перераспределение энергии в молекуле, находящейся в электронно-возбужденном состоянии; фотохимические превращения энергии в клетках, что приводит к определенным биологическим эффектам.

Особенностью фоторегуляторных систем является их высокая квантовая чувствительность, сочетающаяся с большой эффективностью биологического действия. Это обусловлено триггерным принципом действия систем фоторегуляции: здесь свет служит только сигналом, запускающим сложную цепь последовательных биохимических изменений, приводящих в конечном результате к определенному фотобиологическому эффекту.

Чтобы растение «почувствовало» квант света, необходимы пигмент-белковые комплексы (фоторецепторы), поглощающие в данной части спектра и преобразующие квант в биохимический сигнал, т.е. должна произойти фотохимическая реакция. Энергия поглощенного кванта преобразуется двумя путями (в зависимости от фоторецептора): 1) изменяется конформация белка и запускается каскад фосфорилирования (рецептор красного света); 2) идут реакции восстановления вторичных мессенджеров (рецептор синего света).

Для оценки качества и количества квантов в красной области у растений есть фоторецептор фитохром, состоящий из фитохромобилина в комплексе с белком.

Фитохром может находиться в двух основных формах: красной $\Phi_{кр}(660)$ и дальней красной $\Phi_{дкр}(730)$. «Красные кванты» ($\lambda=660\text{нм}$) поглощаются красной формой фитохрома, и происходит переход $\Phi_{кр} \rightarrow \Phi_{дкр}$. Появление $\Phi_{дкр}$ под действием света с $\lambda=660\text{ нм}$ – сигнал о том, что свет пригоден для фотосинтеза. Дальняя красная форма фитохрома $\Phi_{дкр}$ переходит в $\Phi_{кр}$, при действии света с $\lambda=730\text{ нм}$, и самопроизвольно в темноте (этот переход медленнее). Появление $\Phi_{кр}$ под действием света с $\lambda=730\text{ нм}$ или в темноте – сигнал о том, что условий для фотосинтеза нет.

На основании сигналов фитохромной системы растение изменяет стратегию роста: готовится к фотосинтезу или все силы расходует на рост; приступает к цветению или к листопаду; семена прорастают или ждут более благоприятного освещения и т.д.

Из многих фотореакций, опосредованных фитохромом, лучше всего изучены, вероятно, инициация цветения, прорастание семян и пожелтение этиолированных тканей.

Прорастание семян в большинстве случаев стимулируется образующимся на красном свете $\Phi_{\text{дкр}}$ -фитохромом, однако в некоторых случаях свет может подавлять этот процесс.

Кратковременное освещение красным светом этиолированных проростков влечет за собой глубокие изменения. Последние выражаются в том, что увеличиваются размеры листьев, ткани приобретают зеленую окраску (обусловленную синтезом хлорофилла и других хлоропластных компонентов), а запасы крахмала интенсивно утилизируются до начала активного фотосинтеза.

У различных растений фитохромная система используется также как регулятор состояния покоя и старения, роста корней, движения листьев и общего поддержания внешнего вида в процессе роста.

Воздействуя на фитохром, находящийся в семенах растений, определенным импульсом необходимой длины волны (660 нм) или последовательностью импульсов 660-730-660 для превращения одной формы фитохрома в другую можно изменять свойства растений.

Способность лазеров излучать на определенной длине волны позволяет применять их для предпосевной обработки семян. Узкополосность излучения позволяет избегать одновременного контакта фитохрома со светом другой длины волны, который приводит к обратному превращению форм фитохрома. Таким образом, можно активировать фитохром Φ_{730} ($\Phi_{\text{дкр}}$), облучив семена лазерным лучом красного света (660 нм). Относительно высокая энергия лазерного излучения позволяет фитохрому долго находиться именно в активированном состоянии, что позволяет растениям прорасти даже в неудовлетворительных для этого условиях.

В ходе экспериментов, проводимых на кафедре радиофизики Донбасского государственного технического университета, при расчете оптимальных режимов обработки семян установлено, что активность ростовых процессов после светолазерной обработки имеет периодические изменения. Наиболее выраженный эффект проявляется в первый период изменений, что составляет время от 5 до 15 суток для различных культур. Этот период, необходим для внутренней перестройки, происходящей в клетках зародыша семени.

Источниками наиболее эффективного воздействия признаны гелий-неоновый лазер и ксеноновая газоразрядная лампа, спектр излучения которой близок к солнечному распределению энергии. Величина доз падающего излучения, соответствующая наибольшему эффекту, лежит в пределах $5 \cdot 10^{-8}$ Дж – $6 \cdot 10^{-2}$ Дж.

На диаграммах (рисунок 1) указана активность (в процентах от контроля) развития растений, полученных в исследованиях.

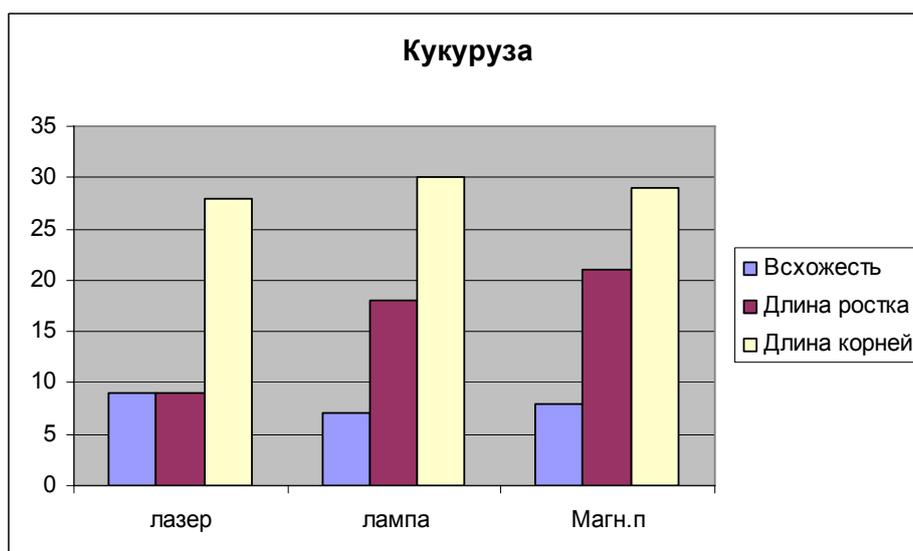
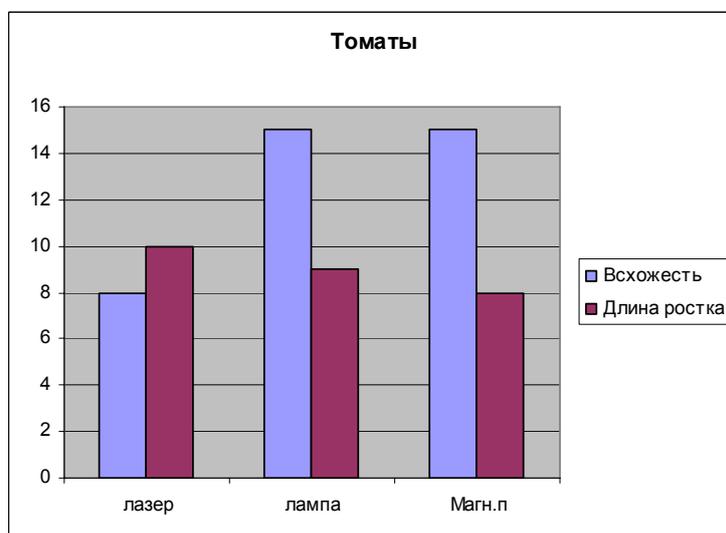
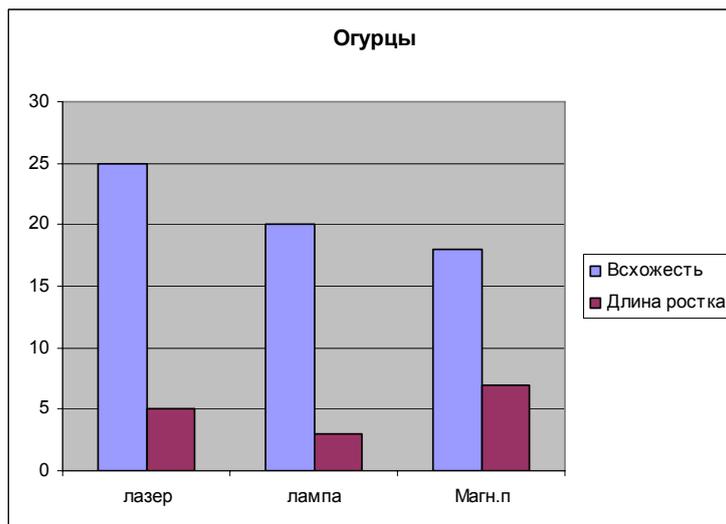


Рисунок 1 – Показатели развития растений после обработки семян.

За 0 – уровень приняты данные контрольной группы растений

Известно, что интенсивное внешнее воздействие приводит к существенной перестройке процессов метаболизма, изменению параметров миотического обмена. Возникает вопрос насколько растения и продукция при производстве данной культуры соответствуют качественному составу данного вида, производимого без какой-либо обработки. Неоднократные исследования продукции, получаемой из растений, семена которых прошли светоимпульсную обработку, указывают на отсутствие эффекта накопления вредных веществ. Более того, эта продукция характеризуется более сбалансированным составом и большим содержанием биологически активных веществ, полезных для человека.

Использование физических методов обработки приводящих к активизации процессов развития, сокращения сроков достижения товарной спелости культур, повышения всхожести, представляет собой альтернативу химической обработки семян при проведении предпосевной подготовки.

Выводы:

1. Основываясь на результатах исследований следует отметить, что при воздействии ближнего красного света на семена различных агрокультур повышается их жизнеспособность, ускорение темпов вегетативных процессов, увеличение количества семян, их всхожесть и сила роста.

2. Увеличение активности ростовых процессов семян, которые прошли светоимпульсную обработку, сопровождается повышением устойчивости растений к неблагоприятным внешним воздействиям и позволяет получать прибавку продукции в пределах 20-30%.

3. Внедрение светолазерной предпосевной обработки семян позволит повысить технологичность производства агрокультур, а также снизить себестоимость производств агропромышленного комплекса.

Библиографический список

1. Никулин Р.Н. Исследования воздействия СВЧ-излучения низкой интенсивности на биологические объекты / Никулин Р.Н. – ИРЕ РАН, 2009. - С. 104-106. – (Материалы III Всероссийской конференции «Радиолокация и радиосвязь»).

2. Чазова И.Ю. Экономический эффект лазерной обработки семян тепличных культур / Чазова И.Ю. - Пермь, 2008. – Ч.2. - С. 504 – 507. – (Сб. науч. тр. всерос. науч.-практ. конф., 16 - 17 марта).

3. Суковатая И.Е. Фотобиофизика / Суковатая И.Е., Кратасюк В.А., Свидерская И. В. и др. // ИПК СФУ: Красноярск, 2008. 54 с.

Рекомендована к печати д.т.н., проф. Заблодским Н.Н.