

## ПРОЛОНГИРОВАННЫЕ ЭФФЕКТЫ ОПТИЧЕСКОГО ИЗЛУЧЕНИЯ КРАСНОГО ДИАПАЗОНА В ПЕРИОД ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

*Оксана Панкова<sup>1</sup>, Алла Фесенко<sup>1</sup>, Валентина Безпалько<sup>1</sup>, Николай Лисиченко<sup>1</sup>,  
Лариса Головань<sup>2</sup>, Татьяна Романова<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко*

*Украина, 61002, Харьков, ул. Артема, 44, [agroecology265@gmail.com](mailto:agroecology265@gmail.com)*

*<sup>2</sup>Харьковский национальный аграрный университет им. В.В.Докучаева  
Украина, Харьковская обл., пос. Коммунист-1*

*Oksana Pankova<sup>1</sup>, Alla Fesenko<sup>1</sup>, Valentina Bezpalko<sup>1</sup>, Nikolai Lysychenko<sup>1</sup>,  
Larisa Golovan<sup>2</sup>, Tatiana Romanova<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of agriculture  
61002, Ukraine, 44 Artyoma str., Kharkiv, [agroecology265@gmail.com](mailto:agroecology265@gmail.com)*

*<sup>2</sup>Kharkiv national Agrarian University named after V.V.Dokuchaev  
62483, Ukraine, Kharkiv region, Kharkiv district, p/o "Communist-1"*

**Аннотация.** В статье приведены результаты экспериментов по изучению влияния обработки семян оптическим излучением красного диапазона на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян, динамику сухой массы эндоспермов и проростков, содержание крахмала и моносахаридов в прорастающих семенах ячменя. Установлено, что облучение оптическим диапазоном вызывает не только быстрый ответ, но и пролонгированное действие на физиологические и биохимические процессы в растениях.

Исследования, проведенные на семенах ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта «Джерело», обоснованные четырехкратным повторением опыта, состояли в предварительном замачивании семян в дистиллированной воде с последующей обработкой семенного материала оптическим излучением красного диапазона при оптимальной температуре прорастания. Анализ полученных результатов показал, что оптическое излучение красного диапазона активизирует процесс прорастания семян, а именно, повышает энергию прорастания на 27%, при этом лабораторная всхожесть повышается на 16%.

Данный процесс можно объяснить тем, что оптическое излучение красного диапазона активизирует систему фитохромов, что и приводит к прорастанию семян.

Интенсивность роста оценивалась по показателю сухой массы эндосперма и проростков. В ходе эксперимента наблюдалось уменьшение массы эндоспермов, что свидетельствует о более интенсивном использовании запасных питательных веществ проростками, и увеличение массы последних.

Сделанные выводы подтверждаются и в ходе определения содержания крахмала. Увеличивается содержание продуктов гидролиза крахмала, моносахаридов, начиная с 3-го дня прорастания. Это свидетельствует об активизации амилолитических ферментов.

Таким образом, облучение семян оптическим излучением красного диапазона может рассматриваться как наиболее экологически безопасный и малозатратный метод активации биохимических процессов в растениях. В частности, его применение оправданно для обработки семенного материала с целью повышения всхожести, в том числе при размножении растений природной флоры, которая требует охраны и восстановления.

**Ключевые слова:** фитохром, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, проростки, крахмал, моносахариды.

### ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМЫ

Проблема обеспечения продуктами питания в мире в последнее время становится все более острой. Экономический бум в государствах Азии, с одной стороны, и уменьшение площади земельных угодий, пригодных для возделывания продуктов растениеводства, с другой стороны, вынуждают искать пути повышения урожайности растений [1]. В связи с этим, в современном сельском хозяйстве актуальным направлением исследований является обработка семян и растений с целью активации их роста и развития, а значит, и повышения урожайности и устойчивости растительного организма к заболеваниям и вредителям [2-4]. Среди различных методов активации физиолого-биохимических процессов в растениях наиболее экологически безопасным и малозатратным является световая активация растений, т.е. фоторегуляция [5-8].

### АНАЛИЗ ПОСЛЕДНИХ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПУБЛИКАЦИЙ

Известно, что рост и развитие растений контролируется генетическими детерминантами, продуктами их экспрессии и сигналами внешней среды. К числу главных внешних факторов, влияющих на морфогенетические процессы в клетках растений,

принадлежит свет. Свет является материальной и энергетической базой для реализации генетических программ автотрофного растения, выступает внешним сигналом, за счет которого осуществляется взаимодействие генома с окружающей средой [9-10]. Большое значение для фоторегуляции имеет спектр оптического излучения. Учеными проведены экспериментальные исследования устанавливающие, что при обработке семян овощных и зерновых культур наибольшей физиологической активностью обладает излучение, находящееся в красной области спектра: 630-660 нм [11-13].

Регуляция роста и развития растений красным светом осуществляется фоторецептором, который называется фитохром. Он существует в двух взаимопревращающихся формах. Известно, что фитохром является рецептором, регулирующим жизненно важные биохимические и физиологические процессы (активирует прорастание семян, деэтиоляцию при появлении проростка над поверхностью почвы, формирование фотосинтетического аппарата, фото-периодизм, индукцию цветения, распад запасных углеводов, жиров и белков, стимулирует деление клеток, влияет на биосинтез ДНК, РНК, белка, хлорофилла, каротиноидов и др., а также на активность значительного количества ферментов) [14-16]. Полученные показатели стимуляции прорастания семян, обработанных красным светом, позволяют сделать вывод, что предложенное экзогенное действие физического происхождения можно использовать для обработки семенного материала с целью повышения его всхожести при размножении растений природной флоры для решения вопросов сохранения природных ресурсов [17].

#### ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

Большинство исследований направлены на изучение быстрого ответа, то есть формирующегося непосредственно после облучения или в течение суток после облучения красным светом [18-21]. Вместе с тем пролонгированные эффекты активации фитохромом физиолого-биохимических процессов, рост и развитие растений исследованы недостаточно.

В задачу исследований входило изучение влияния монохроматического оптического излучения красного диапазона на физиологические и биохимические процессы в растениях на примере ячменя сорта «Джерело».

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в лаборатории кафедр физиологии и биохимии растений ХНУ им. В.Н. Каразина. Семена ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта «Джерело» перед обработкой замачивали в дистиллированной воде в течение 2 ч и помещали в

растительные на ложе из фильтровальной бумаги, в каждую помещали по 100 семян. Повторяемость опыта 4-кратная. Растительные с семенами помещали в камеру размером 0,22x0,3x0,24 м, внутренняя поверхность которой имеет светоотражающую поверхность. В качестве отражателя использовали алюминиевую фольгу толщиной 10 мкм. Источник света - фотонная матрица ( $\lambda=660$  нм,  $P = 120$  мВт,  $D = 11$  Дж/см<sup>2</sup>), состоящая из 24 светодиодов, располагалась в верхней части над растительной. Экспозиция обработки – 10 мин. Проращивание производили в термостате ВТ-120 при температуре 22-24°C.

Энергию прорастания семян определяли в соответствии со стандартом (ГОСТ 12038—66) [22].

Для определения сухой массы пробы брали на 3-и, 4-е, 5-е и 6-е сутки (по 100 семян на повторность), отделяя эндосперм от проростка и раскладывая отдельно в бумажные пакеты. Растительный материал фиксировали при 105°C в течение 30 мин для предотвращения деятельности ферментов и высушивали при 60°C до постоянного веса в течение 2 суток в сушильном шкафу 2В-151. Сухой растительный материал взвешивали на аналитических весах.

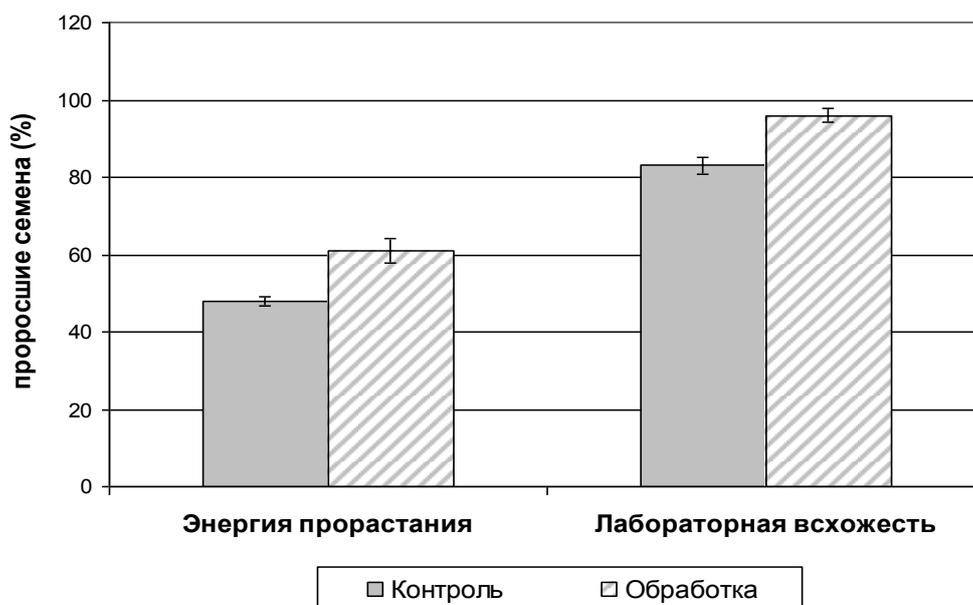
Содержание моносахаридов в эндосперме проростков определяли на 3-и, 4-е, 5-е и 6-е сутки проращивания методом, основанным на восстановлении редуцирующими сахарами раствора феррицианида в условиях щелочной среды при нагревании. Крахмал определяли по методу Х.Н.Починка [23]. Плотность окраски определяли на ФЭКе (КФК-2) с красным светофильтром (630 нм).

Математическую обработку полученных результатов проводили по методике Б.О. Доспехова [24].

#### ИЗЛОЖЕНИЕ ОСНОВНОГО МАТЕРИАЛА

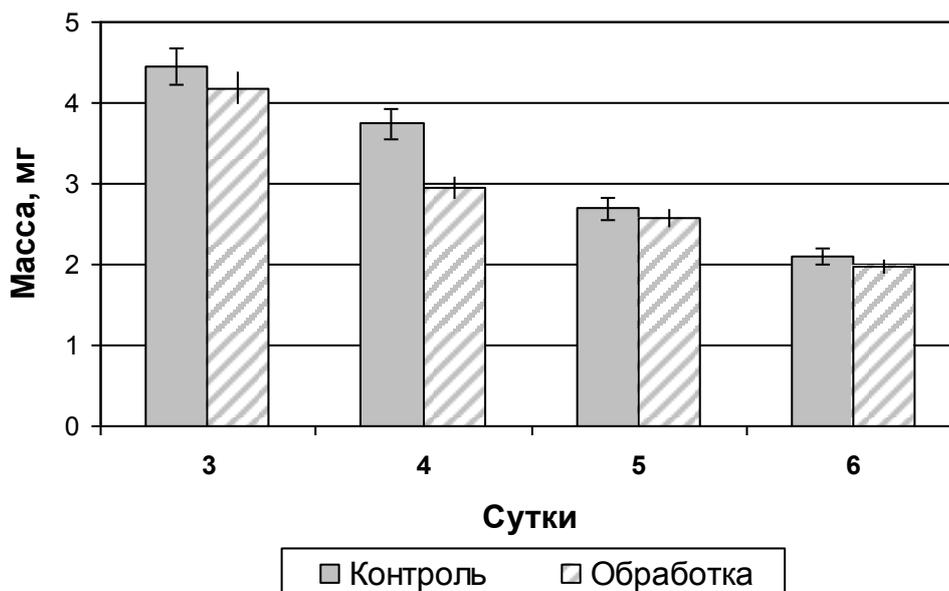
Анализ полученных результатов показал, что оптическое излучение красного диапазона активирует процесс прорастания семян, что приводит к повышению энергии прорастания на 27%, при этом лабораторная всхожесть повышается на 16% (рис. 1).

По-видимому, активизируются различные физиолого-биохимические процессы, способствующие прорастанию семян. Аналогичная точка зрения подтверждена результатами других исследователей. Так, например, В.В. Полевой указывает, что действие излучения опосредовано гормональным балансом в тканях растения. Как известно, гиббереллины (ГА) стимулируют рост гипокотыля, а цитокинин активирует рост семядолей. Оптическое излучение красного диапазона способствует увеличению содержания ГА и цитокининов в тканях, что приводит к прорастанию семян [23].



**Рис. 1.** Энергия прорастания и лабораторная всхожесть семян ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян

**Fig. 1.** Germination energy and laboratory germination rate of barley seeds, depending on the presowing seed treatment



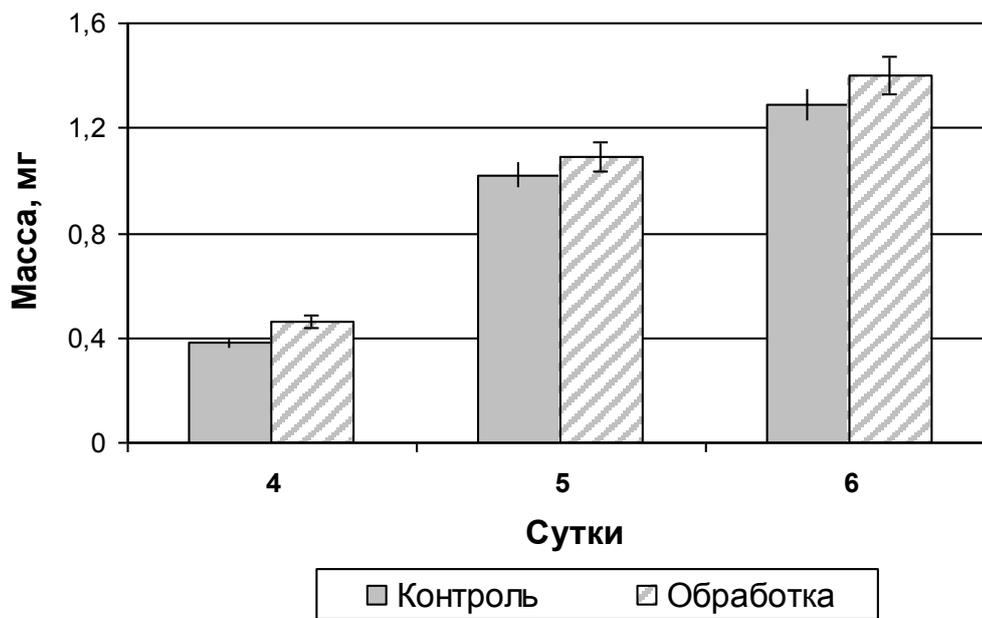
**Рис. 2.** Динамика изменения сухой массы эндоспермов ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян

**Fig. 2.** Dynamics of the dry mass of barley endosperm, depending on the presowing seed treatment

Сделанные выводы подтверждаются и в ходе определения содержания крахмала (рис. 4). В обработанных семенах содержание крахмала на протяжении всего опыта ниже, чем в необработанных образцах (в среднем на 12%).

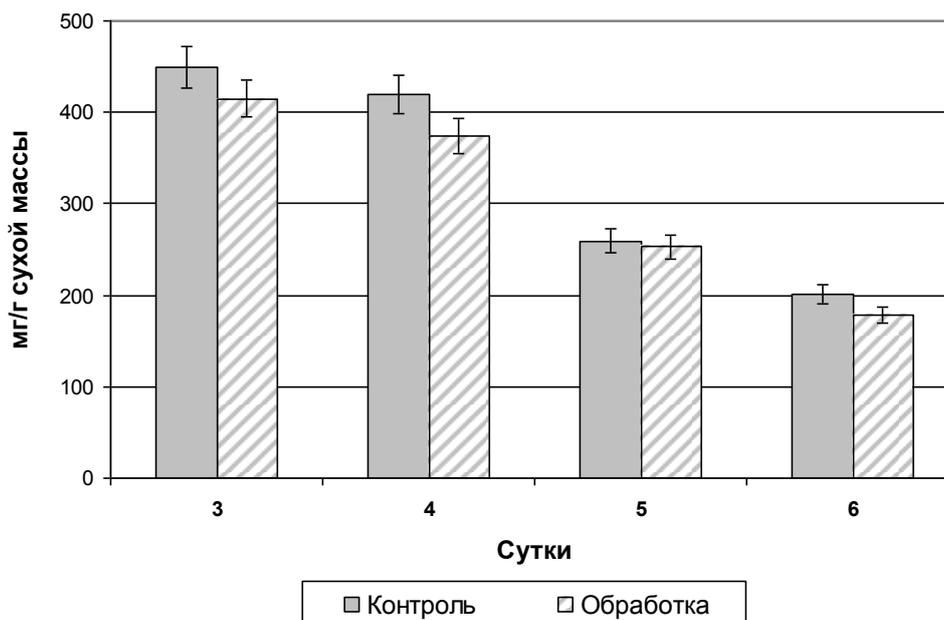
Рост проростков – интегральный процесс и один из основных потребителей вещества и энергии. Рост проростка, прежде всего, оценивается по показателю сухой массы различных его частей, и предпосевная обработка сказывается на ее изменении. В ходе экспе-

римента наблюдалось уменьшение массы эндоспермов (рис. 2), что свидетельствует об использовании запасных питательных веществ на рост проростков, на что указывает увеличение массы последних (рис. 3). При этом, масса эндоспермов обработанных семян меньше, чем не обработанных, в среднем на 11%, а масса этих проростков больше на 12%. Таким образом, вероятно, активация фитохрома стимулирует гидролитический распад питательных веществ эндосперма и использование их растущим проростком.



**Рис. 3.** Динамика изменения сухой массы проростков ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян

**Fig. 3.** Dynamics of the dry mass of barley sprouts, depending on the presowing seed treatment

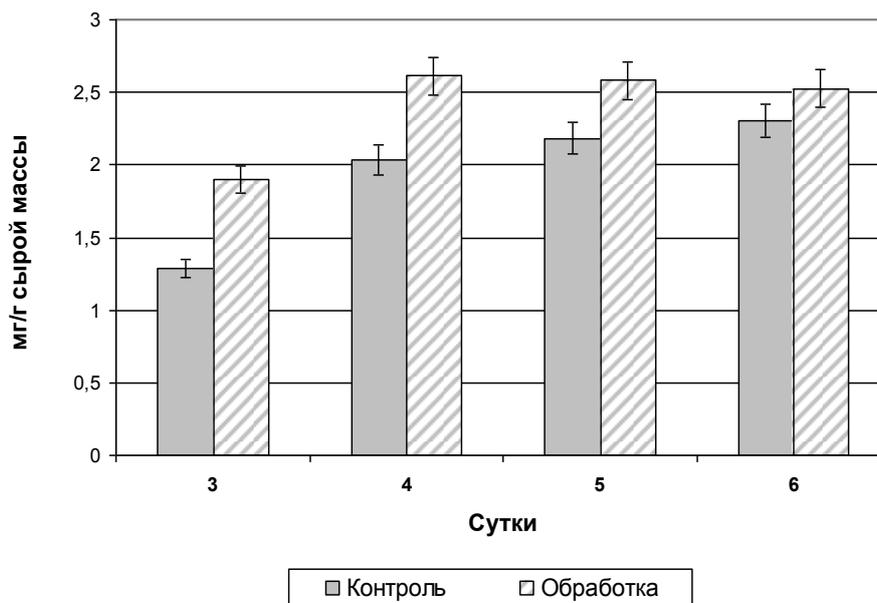


**Рис. 4.** Динамика содержания крахмала в эндосперме проростков ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян

**Fig. 4.** Dynamics of starch in the endosperm of barley seedlings, depending on the presowing seed treatment

Как известно, продуктами гидролиза крахмала являются различные сахара, прежде всего моносахариды. На 3-е сутки проращивания количество моносахаридов в варианте обработки возрастает, превышая контроль (на 47%), далее разрыв между вариантами опыта сокращается, но, тем не менее, содержание моносахаридов в варианте обработки семян

остается выше, чем в контрольном (рис.5). Вероятно, это свидетельствует об усилении образования моносахаридов вследствие действия оптического излучения красного диапазона на систему фитохромов, которые в свою очередь оказывают влияние на амилолитические ферменты.



**Рис. 5.** Динамика содержания моносахаридов в эндосперме проростков ячменя в зависимости от предпосевной обработки семян

**Fig. 5.** Dynamics of monosaccharides in the endosperm of barley seedlings, depending on the presowing seed treatment

#### ВЫВОДЫ

Таким образом, в результате проведенной серии опытов экспериментально показано, что оптическое излучение красного диапазона ( $\lambda=660$  нм) активизирует прорастание семян и ускоряет гидролитический распад запасных веществ вследствие стимуляции ферментативной активности. Это дает возможность говорить о том, что оптическое излучение красного диапазона приводит к повышению продуктивности растений.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. **Саблук П.Т. 1999.** Агропромышленный комплекс Украины: состояние и перспективы (1990-2000 гг.) / Под ред. Акад. УААН П.Т. Саблука. К.: ІАЕ, 335. (Украина)
2. **Крамона Ш. 2004.** Сельское хозяйство Украины: кризис и восстановление. / Под ред. Ш. Крамона. К.: КНЕУ, 207. (Украина)
3. **Снитынский В., Боярчук В., Паранюк В., Ковалишин С. 2012.** Воспроизводство производительности агроландшафтов электромагнитными действиями на семена культурных растений (декларация научного открытия). Motrol. Commission of Motorization and energetics in a agriculture. V. 14. N. 4. 3-10. (Украина)
4. **Черевко Г., Савченко Е. 2012.** Использование солнечной энергии в сельско-хозяйственных предприятиях. Motrol. Commission of Motorization and energetics in a agriculture. V. 14. N. 4. 97-105. (Украина)
5. **Шахов А.А. 1993.** Фотоэнергетика растений и урожай. М.: Наука, 415.
6. **Бычкова З.Н. 1992.** Особенности продукционного процесса растений в связи с предпосевной обработкой семян некоторыми физическими факторами. Тез. науч.-практ. конф. Географический анализ природных и социально-экономических образований. Рязань. Ч. 1-2. 161-164.
7. **Лисиченко Н.Л. 2011.** Перспективы применения полупроводниковых источников света в сельском хозяйстве. Матер. IV Междунар. науч.-практ. конф. «Современные проблемы светотехники и электроэнергетики». Харьков: ХНАГХ, 79-81
8. **Лисиченко Н.Л. 2006.** Общие положения методики разработки лазерных технологий в сельском хозяйстве. Матер. XXVI Межд. науч.-практ. конф. «Применение лазеров в медицине и биологии». Ялта: НПМБК «Лазер и здоровье», 171-173.
9. **Иванов Л.А. 1929.** Солнечная энергия и ее использование растением. Научное слово. М. №3. 1-8.
10. **Якушенкова Т.П., Лосева Н.Л., Альбьев А.Ю. 2001.** Свет различного спектрального состава и резистентность проростков яровой пшеницы при действии супероптимальной температуры. Вестник Башкирского университета. №2 (1). 94-96
11. **Кулаева О.Н. 2001.** Как свет регулирует жизнь растений. Соровский образовательный журнал. Т. 7, № 1, 6-12.
12. **Щёголев А.С., Жмурко В.В. 2008.** Влияние красного света на содержание углеводов в листьях томатов. «Вестник ХНУ им. В.Н. Каразина». 205-210.

13. **Briggs W.R., Olney M.A. 2001.** Photoreceptors in plant photomorphogenesis to date. Five phytochromes, two cryptochromes, one phototropin, and one superchrome. *Plant Physiology*. Vol. 125. 85–88.
14. **Вологовский И.Д. 1992.** Фитохром – регуляторный фоторецептор растений. М.: Наука і техника, 168.
15. **Пумпянская С.Л. 1975.** Фитохром, как основа механизма фотопериодической реакции растений. Фоторегуляция метаболизма и морфогенеза растений: сб. научн. Труднов. М.: Наука, 199-208.
16. **Гребинский С.О., Данилович И.В., Дудок Б.П., Данилков И.С., Заярнюк Е.Н. 1970.** Влияние предпосевного облучения семян на азотный обмен растений. Материалы I Всесоюзного симпозиума по радиобиологии растительного организма. Киев. - Наукова думка. 98-99.
17. **Величко В.Л., Тюнин В.А. 1980.** Влияние физических методов предпосевной обработки зерновых культур на качество семян. Сб. научн, трудов ВАСХНИЛ. - Новосибирск. 80-83.
18. **Harari-Steinberg O., Chamovitz D. A. 2001.** Dissection of the light signal transduction pathways regulating the two early light-induced protein genes in *Arabidopsis*. *Plant Physiol*. V. 127, N 3. 986-997
19. **Neff M., Fankhauser C., Chory J. 2000.** Light: an indicator of time and place. *Genes and Develop.* V. 14. 257-271.
20. **Peters J. L., Széll M., Kendrick R. E. 1998.** The expression of light-regulated genes in the high-pigment-1 mutant of tomato. *Plant Physiol*. Vol.117. 797–807.
21. **Rieseberg L.H., Willis J.H. 2007.** *Plant Speciation*. Science. V. 317. 910-914.
22. **Фирсова М. К. 1969.** Семенной контроль. М.: Колос, 117-135.
23. **Тимошенко В.Ф., Жмурко. В.В. 2000.** Методы анализа углеводов. Х.: ХНУ, 30. (Украина)
24. **Доспехов Б.А. 1985.** Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 351.
25. **Полевой В.В. 1991.** Физиология роста и развития растений. Л.: изд. ЛГУ, 240.

#### PROLONGED EFFECT OF OPTICAL RADIATION OF A RED RANGE DURING THE GERMINATION OF SEEDS

**Summary.** In the article, the results of experiments are given on the study of influence of seed treatment by optical radiation of a red range on germination energy and laboratory germination of seeds, dynamics of endosperm dry mass and sprouts, the starch content and monosaccharides content in endosperm of barley seeds.

The irradiation of the optical range causes not only a quick response but also a prolonged effect on the physiological and biochemical processes in plants.

Studies were carried out on the barley seeds (*Hordeum vulgare* L.) varieties of "Dzherelo". The experiment was conducted four times. The seeds were preliminary soaked in distilled water and then material was irradiated by optical red range at the optimum germination temperature. Analysis of the results has showed that the red band of optical radiation activates the process of germination, resulting in increased germination energy by 27%, the laboratory germination is increased by 16%.

This process can be explained by the fact that the optical radiation of a red range activates the system of phytochroms, which leads to germination of the seeds.

The growth of sprouts was estimated by means of the dry mass of their parts. The experiment has shown decreasing of the mass of endosperm. This indicates a more intensive using of spare nutrients by the sprouts, and increasing of the sprouts mass.

These conclusions are supported during the determination of the starch content. The hydrolysis products of starch, monosaccharides, increase its content, since the third day of germination. This indicates the activation of amylolytic enzymes.

Thus, the irradiation of the seeds by red range of optical radiation can be considered as the most cost-effective and environmentally safe method of activation of biochemical processes in plants. In particular, its application is relevant for the treatment of seed to improve the germination in reproduction of the natural flora, which requires the protection and restoration.

On the basic of the investigation we conclude that optical radiation of a red range activates of seeds germination and hydrolytic disassimilation.

**Key words:** phytochrome, energy of germination, laboratory germination, sprouts, starch, monosaccharides.