

УДК 581.1: 537.53

Мазец Жанна Эмануиловна

кандидат биологических наук, доцент

Mazets Zhanna E.

e-mail: zhannamazets@mail.ru

Государственное учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический университет
им. Максима Танка»

State educational institution

“Belarusian state pedagogical university
named after Maxim Tank”

г. Минск, ул. Советская, 18, Республика Беларусь, 220030;

Тел. +375 (017) 2006923

Калацкая Жанна Николаевна

кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник

Kalatskaja Joanna N.

e-mail: kalatskayaj@mail.ru

Институт экспериментальной ботаники им. В.Ф. Купревича
НАН Беларуси, Минск, Беларусь

V. F. Kuprevich Institute of Experimental Botany
of the National Academy of Sciences of Belarus

г. Минск, ул. Академическая, 27, Республика Беларусь, 220072

Суша Ольга Александровна

аспирант кафедры общей биологии и ботаники

Susha Olga A.

e-mail: olgasusha2013@mail.ru

Государственное учреждение образования
«Белорусский государственный педагогический университет
им. Максима Танка»

State educational institution

“Belarusian state pedagogical university
named after Maxim Tank”

г. Минск, ул. Советская, 18, Республика Беларусь, 220030;

Тел. +375 (017) 2006923

**ВЛИЯНИЕ НИЗКОИНТЕНСИВНОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО
ИЗЛУЧЕНИЯ НА РОСТОВЫЕ ПРОЦЕССЫ И АКТИВНОСТЬ
ПРОТЕОЛИТИЧЕСКИХ ФЕРМЕНТОВ В ПРОРОСТКАХ ГРЕЧИХИ
ОБЫКНОВЕННОЙ**

**INFLUENCE OF LOW-INTENSIVE ELECTROMAGNETIC RADIATION
ON GROWTH PROCESSES AND ACTIVITY OF PROTEOLYTIC
ENZYMES IN SEEDLINGS OF BUCKWHEAT**

Аннотация: В статье обсуждаются вопросы, связанные со специфическими перестройками в активности протеолитических ферментов в проростках гречихи посевной

под влиянием режимов низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ), различающихся продолжительностью воздействия. Отмечено, что сдвиги в активности протеаз под влиянием режимов ЭМИ сопровождались изменениями в характере роста растений гречихи на ранних этапах онтогенеза относительно контрольных значений.

Ключевые слова: низкоинтенсивное электромагнитное излучение, гречиха посевная, протеазы, ростовые процессы

Abstract: The article discusses issues related to specific reconstructions in the activity of proteolytic enzymes in buckwheat seedlings under the influence of low-intensity electromagnetic radiation (EMR) regimes that differ in the duration of exposure. It is noted that shifts in the activity of proteases under the influence of EMR regimes were accompanied by changes in the nature of the growth processes of buckwheat plants in the early stages of ontogenesis relatively to control values.

Keywords: low-intensive electromagnetic radiation, buckwheat, proteases, growth processes

Перед посевом семена проходят различные виды обработки, призванные уничтожить возбудителей инфекций, и активировать процессы прорастания. Одним из таких способов является обработка семян сверхвысокочастотным электромагнитным полем СВЧ-диапазона. В настоящее время многими исследователями изучается природа положительного воздействия электромагнитного облучения семян на всхожесть и последующий рост [1, с. 36–42; 5, с. 26–30; 6].

Много позитивных отзывов было получено в результате предпосевного воздействия на семена электромагнитным излучением (ЭМИ). Однако широкого применения ЭМИ не получило в связи с отсутствием четкого понимания механизма действия и низкой воспроизводимостью результатов обработки [2, с. 336–339; 7, с. 58–65].

В связи с этим актуальным представляется исследование, направленное на выяснение влияния режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов и характер ростовых процессов для изучаемой культуры. К таким ферментам относятся протеазы. Важную роль в обмене веществ растительного организма и в защите его от повреждений играют протеолитические ферменты. Протеолитическим ферментам принадлежит важная роль в мобилизации запасных белков семян при прорастании. Во многих исследованиях показано, что изменение активности протеиназ и их ингибиторов в тканях является неспецифической ответной реакцией

растений на действие стрессовых факторов. Были выделены несколько типов протеолитических ферментов, различающихся по оптимуму рН: кислые протеиназы с оптимумом рН 3,7–4,0; нейтральные протеиназы с оптимумом рН 6,5–7,0; щелочные протеиназы с оптимумом рН > 8,0 [4].

В связи с этим целью работы является исследование влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения СВЧ-диапазона на активность протеолитических ферментов в проростках гречихи обыкновенной (*Fagopyrum esculentum*) на ранних этапах онтогенеза.

Семена гречихи обыкновенной (*Fagopyrum esculentum*) диплоидных сортов Купава, Феникс и тетраплоидных сортов Александрина и Анастасия белорусской селекции были обработаны 3-мя режимами (Р) электромагнитного излучения при частоте обработки 64–66 ГГц в течение 20 минут (Р2), 12 минут (Р2.1) и 8 минут (Р 2.2) в Институте ядерных проблем БГУ. Необработанные семена служили контролем.

Активность кислых, нейтральных и щелочных протеаз определяли по методу Иконникова [3].

Активность протеиназ (АП) в условных единицах на 1 г навески за 1 ч рассчитывали по формуле:

$$АП = \frac{(E_0 - E_k) \times 2 \times V_1 \times 5}{m \times V_2}$$

где, E_0 – оптическая плотность опытного раствора; E_k – оптическая плотность контрольного раствора; 2 – коэффициент перерасчета на 1 ч; V_1 – общий объем вытяжки, мл; m – навеска растительного материала, г; V_2 – объем вытяжки фермента, взятого для анализа, мл; 5 – перерасчет на 1 г сырой массы [3].

В качестве субстрата для определения активности кислых протеиназ, выделенных их растительной ткани 7-х дневных проростков, использовали 0,5 %-ный гемоглобин, щелочных и нейтральных протеиназ – казеин [3].

Анализ протеазной активности ферментов в семидневных проростках гречихи с. Купава под влиянием режимов ЭМИ показал наличие

существенных отклонений от контрольных значений всех видов протеаз (рис. 1А). Отмечено, что Р 2 и Р 2.2 существенно повышали активность кислых протеаз на 35,9 % и 27,2 % соответственно, а Р2.1 не влиял на данный показатель. Выявлено заметное повышение активности нейтральных протеаз на 9,7 % (Р2) и 19,8 и 19,4 % (Р2.1 и Р2.2), а также щелочных на 11 % (Р2) и 31 % (Р2.2). Установлено, все режимы ЭМИ снижали прирост биомассы проростков от 16,6 % (Р2) до 34,0 % (Р2.2) и в меньшей степени тормозили их рост от 4,9 % (Р 2.1) до 11 % (Р 2.2) (рисунок 1 Б).

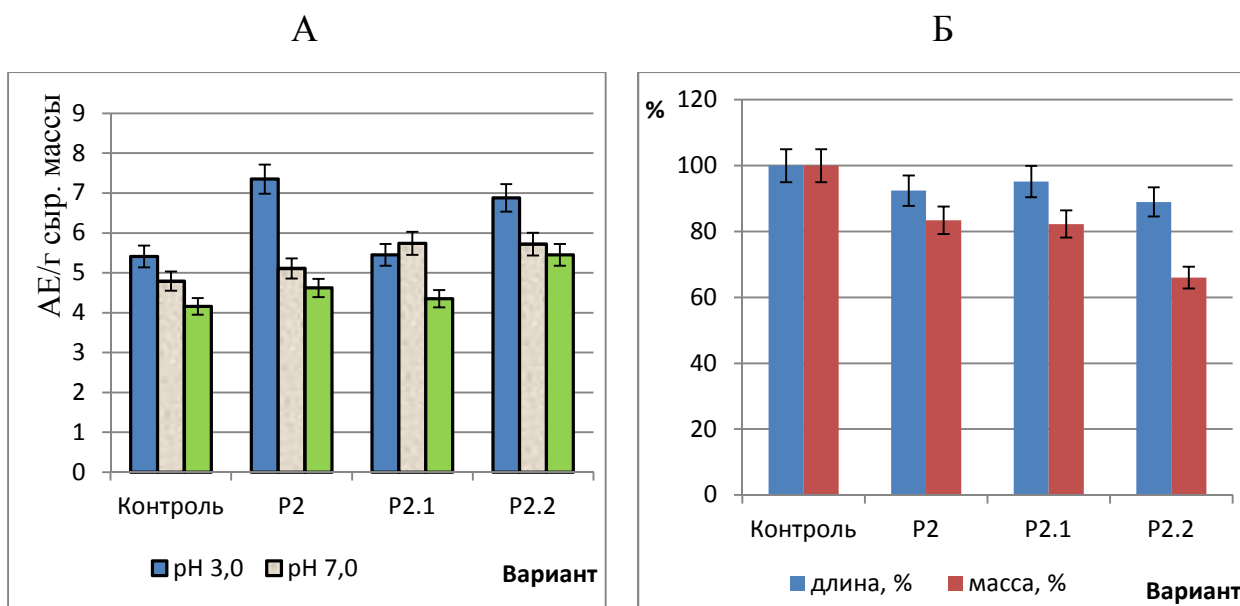


Рисунок 1 – Влияние режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов в семидневных проростках (А) и массу и длину 6-ти дневных проростков (Б) гречихи посевной сорта Кунава

У сорта Феникс (рисунок 2 А) отмечено достоверное снижение активности нейтральных протеаз в случае Р 2.1 (19 %) и Р 2.2 (8,5 %). Реакция щелочных протеаз зависела от времени воздействия режимов ЭМИ. Так Р2.1 на 15 % снижал активность щелочных протеиназ, а Р2 и Р2.2 повышали ее на 11,7 и 6,4 % соответственно.

Выявлено, что изменения в активности протеиназ сопровождалось перестройками в характере ростовых процессов. Установлено, что все режимы ЭМИ активизировали рост проростков особенно Р 2 и Р2.2,

повышающие длину проростков на 40 и 25 % и их массу на 20 и 30 % соответственно относительно контроля (рисунок 2 Б).

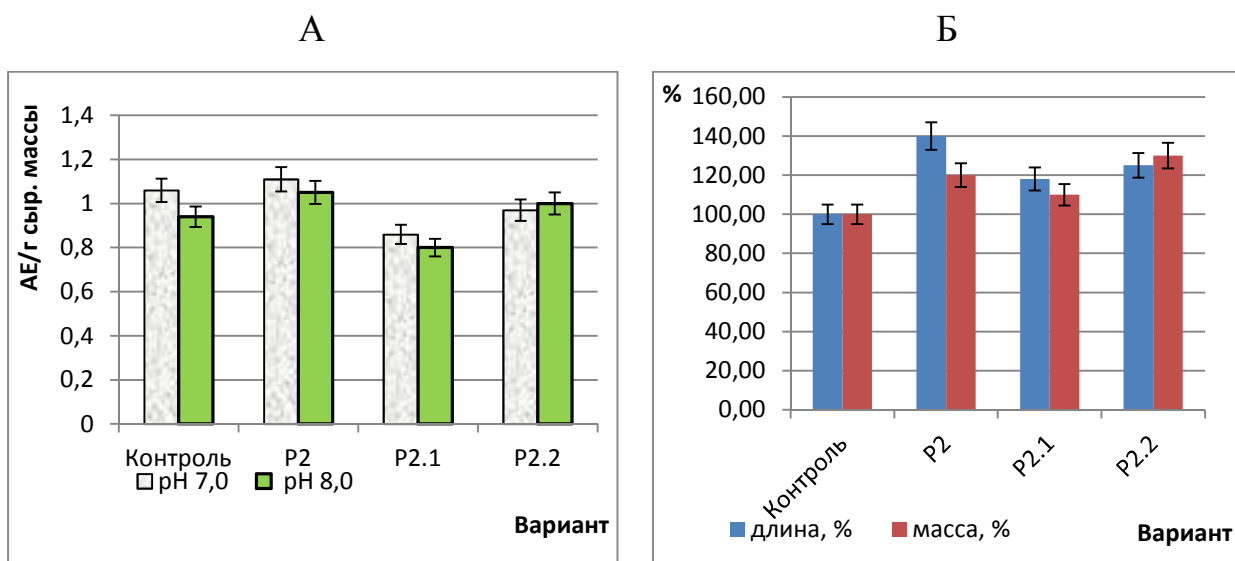


Рисунок 2 – Влияние режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов в семидневных проростках (А) и массу и длину 6-ти дневных проростков (Б) гречихи посевной сорта Феникс

Оценка активности пула протеиназ в семидневных проростках гречихи посевной сорта Александрина показал, что только Р 2.1 достоверно отклонял значения кислых протеаз от контроля на 11 % (рисунок 3А).

Выявлено достоверное повышение активности нейтральных и щелочных протеаз от контрольных значений. Так под влиянием режимов ЭМИ активность нейтральных протеаз выросла на 14 %, 16 % и 36,8 % соответственно режимам ЭМИ Р 2, Р 2.1 и Р 2.2.

Также с уменьшением времени воздействия росла активность щелочных протеаз на 9,9 %, 14 % и 33,9 %. Выявлено, существенное увеличение массы проростков под влиянием режимов ЭМИ на 50; 35,7 и 50 % соответственно режимам Р 2, Р 2.1 и Р 2.2 (рисунок 3Б) и менее значительное повышение ее длины (Р 2 на 8,7 %).

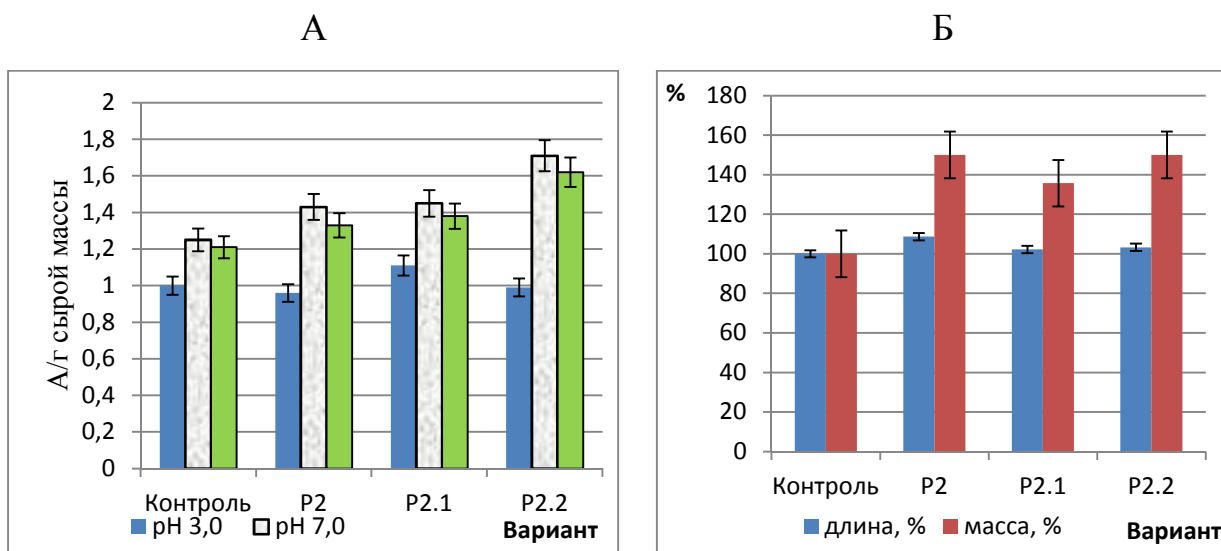


Рисунок 3 – Влияние режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов в семидневных проростках (А) и массу и длину 6-ти дневных проростков (Б) гречихи посевной сорта Александрина

В ходе анализа влияния режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов в проростках гречихи посевной сорта Анастасия отмечено, что P 2 повышал активность кислых протеаз на 12,7 %, P 2.2 снижал ее на такую же величину относительно контроля (рисунок 4А). Установлено снижение активности щелочных протеиназ под влиянием режимов ЭМИ на 12,5 %, 7,5 % и 3,7 % соответственно режимам P2, P2.1 и P2.2, тогда как нейтральные протеиназы достоверно снижались только в случае P2.1 на 7,5 %. Выявлено, что в результате воздействия ЭМИ P 2 и P 2.2 на 16,7 % росла масса проростков, но достоверно снижалась их длина в случае P 2.1 и P 2.2 на 15,4 и 10,8 % соответственно относительно контроля (рисунок 4.Б).

Таким образом, установлены сортоспецифические сдвиги в активности протеолитических ферментов у 4 сортов гречихи посевной под влиянием режимов ЭМИ, определяемые генетическими и физиолого-биохимическими особенностями сортов и сопровождались различными отклонениями в характере роста надземных побегов от контрольных значений.

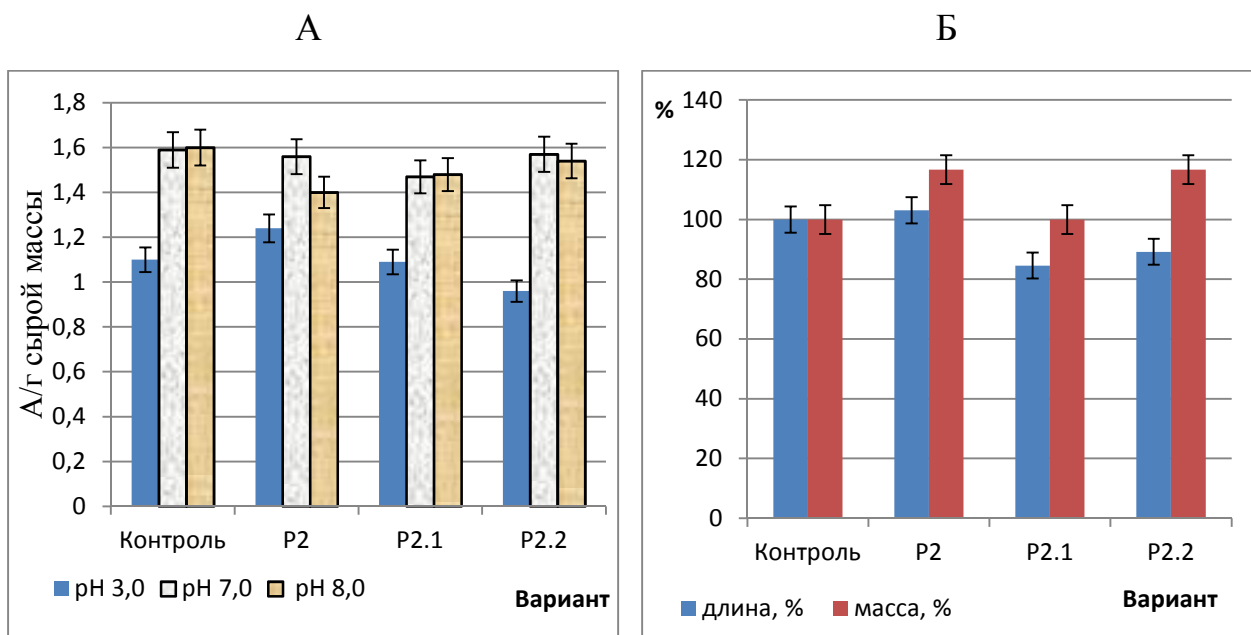


Рисунок 4 – Влияние режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов в семидневных проростках (А) и массу и длину 6-ти дневных проростков гречихи посевной сорта Анастасия

Выявлено, что значительное повышение активности протеиназ, особенно кислых сопровождалось торможением роста проростков у сорта Купава, тогда как отклонения от контрольных значений нейтральных и щелочных протеиназ проявилось в увеличении массы надземных побегов и в меньшей степени их длины у сортов Феникс, Александрина и Анастасия. Вероятно, влияние режимов ЭМИ на активность протеолитических ферментов есть одна из сторон взаимодействия ЭМИ с растительными объектами, определяющими интенсивность протекания ростовых процессов на ранних и более поздних этапах онтогенеза.

Список литературы

1. Мазец Ж. Э. и [др.] Исследование физиологических эффектов низкоинтенсивного электромагнитного излучения на гречихе посевной // Журнал Белорусского государственного университета. Биология. 2017. № 2. С. 36–42.
2. Мартинков Р. Ю., Циркунов А. С. Перспективы использования СВЧ-поля для предпосевной обработки семян // Сборник научных статей по

материалам XII Международной научной конференции студентов и магистрантов. Горки, 2012. С. 336–339.

3. Ермаков А. В., Арасимович В., Ярош Н. П. и [др.] Методы биохимических исследований растений / Под ред. А. И. Ермакова. Л.: Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. С. 54–57.

4. Протеазы растительного происхождения. Режим доступа: <https://cyberpedia.su/3x119.html> (Дата обращения: 05.12.2018).

5. Пушкина Н. В., Курченко В. П., Калацкая Ж. Н. Возможность использования электрофизиологических методов для оценки физиологического качества семян кукурузы // Вестник БГУ. Серия 2. Химия. Биология. География. 2016. № 1. С. 26–30.

6. Технология микроволновой сушки и предпосевной обработки семян. Режим доступа: <https://tsc-technologies.ru/ru/tehnologii/tehnologiya-mikrovolnovoy-sushki-i-predposevnoy-obrabotki-semyan>. (Дата обращения: 05.12.2018).

7. Электромагнитное излучение как экологический фактор в производстве крупяных и пряно-ароматических культур / Шиш С. Н. [и др.] // Международный молодежный научный экологический форум «Экобалтика» (24–26 августа 2017 г.): сборник трудов. Гродно: Изд-во Гродн. гос. аграрн. ун-та, 2017. С. 58–65.