

УДК 573.6:[582.665.11:581.3]

UDC 573.6:[582.665.11:581.3]

**ОСОБЕННОСТИ РЕАКЦИИ  
ТЕТРАПЛОИДНЫХ СОРТОВ  
ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ (*FAGOPYRUM  
SAGITTATUM GILIB*) НА  
НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ  
ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ  
ВОЗДЕЙСТВИЕ НА НАЧАЛЬНЫХ  
ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА**

**PECULIARITIES OF THE REACTION  
OF TETRAPLOID BREEDS  
OF COMMON BUCKWHEAT  
(*FAGOPURUM SAGITTATUM GILIB*)  
ON LOW-INTENSITY  
ELECTROMAGNETIC INFLUENCE  
ON THE INITIAL STAGES  
OF ONTOGENESIS**

**Н. А. Еловская,**  
*магистрант кафедры общей биологии  
и ботаники БГПУ;*

**N. Yelovskaya,**  
*Master's Degree Student of the Chair  
of General Biology and Botany of BSPU;*

**Ж. Э. Мазец,**  
*кандидат биологических наук,  
доцент кафедры общей био-  
логии и ботаники БГПУ;*

**Zh. Mazets,**  
*Candidate of Biology, Associate  
Professor of the Chair of General  
Biology and Botany of BSPU;*

**Н. В. Пушкина,**  
*сотрудник лаборатории радиофизи-  
ческих исследований НИИ ЯП БГУ;*

**N. Pushkina,**  
*Assistant of the laboratory of  
radiophysical research of INP of BSU;*

**В. А. Карпович,**  
*кандидат физико-математических наук,  
заведующий лабораторией радиофизи-  
ческих исследований НИИ ЯП БГУ*

**V. Karpovich,**  
*Candidate of Physics and Mathematics,  
Head of the laboratory of radiophysical  
research of INP of BSU*

Поступила в редакцию 05.01.16.

Received on 05.01.16.

Статья посвящена изучению механизмов взаимодействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения с растительными объектами. Выявлены специфические сдвиги в процессах набухания, проницаемости покровов семян, активности гидролитических ферментов, определившие изменения агрономических качеств семян и ростовых процессов двух тетраплоидных сортов *Fagopyrum sagittatum gilib* после предпосевного электромагнитного воздействия различными частотными режимами, производимыми в НИУ Ядерных проблем БГУ. Установленные сдвиги в проницаемости мембран и активности амилолитических ферментов могут расцениваться как проявление реакции растения на ЭМИ воздействие СВЧ-диапазона, приводящее к изменению процессов прорастания, определяющие посевные качества семян и продуктивность растений.

*Ключевые слова:* электромагнитное излучение, семена, всхожесть, проницаемость, амилазы

The article is devoted to the study of the mechanisms of interaction of low-intensity electromagnetic radiation with plant objects. Specific changes in the processes of swelling, permeability covers seeds, activity of hydrolytic enzymes, determined changes in the agronomic qualities of seeds and growth processes of two tetraploid varieties of *Fagopyrum sagittatum gilib*. after pre-sowing by different frequency modes of low-intensity electromagnetic radiation produced in the Research Institute of Nuclear Problems of BSU have been identified. The established changes in membrane permeability and the activity of amylolytic enzymes may be regarded as a manifestation of plant response to EMR microwave exposure, leading to intensification of the seed germination processes, determining sowing qualities and plant productivity.

*Keywords:* electromagnetic radiation, seeds, germination, penetrability, amylases.

**В**опросы повышения устойчивости растений к неблагоприятным факторам среды и урожайности приобретают все большее значение на современном этапе. Кроме того, необходимо учитывать, что в условиях

интенсивного растениеводства наблюдается тенденция к снижению устойчивости сортов к изменениям погоды. Создание условий для реализации максимальной продуктивности при выращивании монокультур, выравнива-

ние популяций по фено- и генотипу в результате селекционной работы ослабляют защитные системы культурных растений, что снижает их устойчивость [1]. В литературе имеются данные и о противоположном направлении действия естественного отбора в природе, работающего на адаптивность, и искусственного отбора, направленного на повышение урожайности. Для культурных растений определяющим признаком является способность переносить неблагоприятные воздействия среды без резкого снижения ростовых процессов и урожайности. На это обращали внимание при определении устойчивости многие ученые, такие как В. Р. Заленский [2], Н. А. Максимов [3] и др. Поэтому одна из основных проблем земледелия заключается в том, что посеянные семена не всегда способны наилучшим образом реализовать генетический потенциал продуктивности и урожайности сортов сельскохозяйственных культур [4].

В связи с этим в последние годы для интенсификации растениеводства в практику сельского хозяйства стали внедрять электротехнологические методы воздействия на растения и семена зерновых и овощных культур с целью их стимуляции – ускорения роста, повышения урожайности и улучшения качества получаемой продукции. На сегодняшний день физические способы предпосевной обработки могут рассматриваться в технологии промышленного возделывания как альтернатива традиционным химическим и биологическим методам обработки семян.

В научных лабораториях и в производственных условиях испытаны такие стимулирующие воздействия, как электрические и магнитные поля, солнечный свет, инфракрасное и лазерное излучение, токи высоких и сверхвысоких частот, пониженные и переменные температуры на таких культурах, как ячмень [5], яровая пшеница [6], фасоль [7], лесные древесные породы [8].

Влияние перечисленных электрофизических факторов на семена хорошо обоснованы и многократно проверены в сельскохозяйственной практике. Однако ответ семян на один и тот же воздействующий фактор может быть различным в зависимости от сорта и качества семян, длительности обработки и дозы облучения, времени ожидания от момента обработки до посева (отлежки), а также от природных факторов и других обстоятельств. По этой причине получение однозначного ответа об эффективности об-

работки является трудно разрешимой задачей [9]. Кроме того, нет ответа на вопрос: «Каков механизм взаимодействия электромагнитного излучения (ЭМИ) с биологическим и в том числе растительным объектом?». Четкое представление о механизмах воздействия ЭМИ на начальных этапах онтогенеза позволит направленно регулировать процессы роста, развития и урожайности сельскохозяйственных растений.

Среди крупяных культур одно из ведущих мест занимает гречиха, урожайность зерна которой в производственных условиях Республики Беларусь остается невысокой. Поэтому возникла необходимость поиска эффективных, экологических и экономических стимулирующих факторов, направленных на повышение агрономических качеств семян, устойчивости и урожайности данной сельскохозяйственной культуры. Гречиха посевная, или съедобная (*Fagopyrum sagittatum gilib*) – ценная крупяная и кормовая культура, имеющая ряд положительных свойств, определяющих ее широкое использование в пищевой промышленности, медицинской сфере (в качестве сырья для производства лекарственных препаратов), сельскохозяйственной области (в качестве удобрения) и др. [10].

Для исследований влияния физического воздействия на растения гречихи посевной семена тетраплоидной гречихи (*Fagopyrum sagittatum gilib*) были обработаны тремя режимами электромагнитного воздействия СВЧ-диапазона – Режим 1 (54–78 ГГц); Режимы 2 и 3 (64–66 ГГц) продолжительностью 20, 12 и 8 мин соответственно. Выбор режимов обусловлен ранее выполненными теоретическими и экспериментальными исследованиями взаимодействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения с биологической мембраной, которые подтвердили правильность выбранной в качестве объекта для электродинамического анализа модели структуры биологической мембраны [11].

#### **Объекты и методы исследования.**

Объектами исследования служили тетраплоидные сорта гречихи посевной (*Fagopyrum sagittatum gilib*) Илия и Анастасия белорусской селекции (Белорусский научно-исследовательский институт земледелия и кормов).

**Определение активности амилазы** проводили по модифицированному нами методу на основе методов Н. Н. Третьякова и А. И. Ер-

макова [12–13]. Активность амилазы рассчитывали по следующей формуле:

$$x = \frac{(D - D_1)\alpha V}{DmV_1},$$

где  $D$  – оптическая плотность контрольного раствора;  $D_1$  – оптическая плотность опытного раствора;  $\alpha$  – количество внесенного крахмала;  $m$  – масса навески, г;  $V$  – объем исходной ферментной вытяжки, см<sup>3</sup>;  $V_1$  – объем вытяжки, взятой для инкубирования, см<sup>3</sup> [12–13].

**Проницаемость мембран для свободных нуклеотидов** определяли по методу, разработанному в Институте фотобиологии НАН Беларуси [14]. Для этого у 7-дневных проростков отсекали корни и брали навески надземной и подземной частей растения 0,5 г в 4-х повторностях. Помещали в стеклянные пробирки, промывали несколько раз дистиллированной водой и затем заливали 5 мл этой воды. Навески растительной ткани инкубировали в течение часа при температуре 20 °С и 50 °С. Изменение проницаемости мембран для свободных нуклеотидов регистрировали по оптической плотности инкубационной среды на спектрофотометре «Specord-50» (Германия) при длине 260 нм [14].

На 7-й и 10-й день проводилась оценка энергии прорастания, всхожести и производился морфометрический анализ. Повторность опыта 3-кратная. Результаты опытов статистически обрабатывались с помощью пакета программ Microsoft Excel.

**Результаты и их обсуждение.** В последние годы получила свое развитие высказанная еще в 60-х гг. прошлого века гипотеза о ключевой роли содержащейся в биологических объектах воды в восприятии ими

внешнего низкоинтенсивного электромагнитного поля (ЭМП) [15–18], поскольку электромагнитное излучение может влиять на слабые связи (водородные, полярные, гидрофобные), которым принадлежит ведущая роль в поддержании конформации биологических молекул и надмолекулярных структур. Через модификацию слабых взаимодействий облучение объекта может привести к изменению гидратных оболочек биологических макромолекул и физико-химических свойств мембран, к развитию процессов массопереноса и массообмена на границе раздела фаз, активности каналообразующих белков, каталитических свойств ферментов, структурным нарушениям ассоциативно-диссоциативного характера органических водных растворов и др. Поэтому актуальным было исследование влияния ЭМИ, направленное на изучение интенсивности проникновения воды в семена, определяющее характер протекания метаболических процессов в семенах, а также рост и развитие растений на последующих этапах онтогенеза.

Анализ интенсивности набухания необработанных (контрольных) семян двух сортов тетраплоидных форм гречихи посевной показал, что у с. Анастасия скорость поступления воды в семена в 1,35 раза выше скорости набухания семян с. Илия (рисунок 1).

Оценка влияния режимов ЭМИ на протекание данного процесса показала, что под воздействием Режимы 3 происходит стимуляция процесса набухания в течение первых суток для семян с. Илия, а под влиянием Режимов 1 и 2 его интенсивность была на уровне контрольных значений. У семян с. Анастасия наблюдалось угнетение интенсивности процесса набухания под влиянием 3-х режимов, особенно Режимы 1 (рисунок 2).

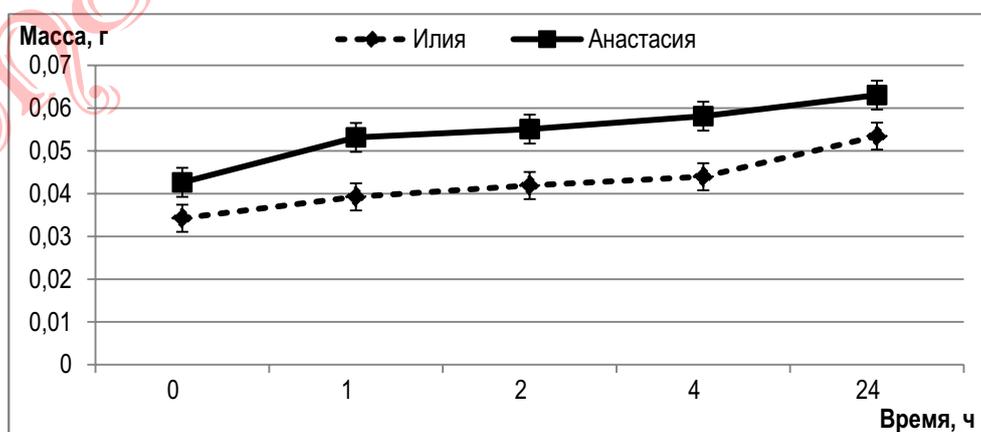


Рисунок 1 – Скорость поступления воды в семена растений с. Илия и с. Анастасия

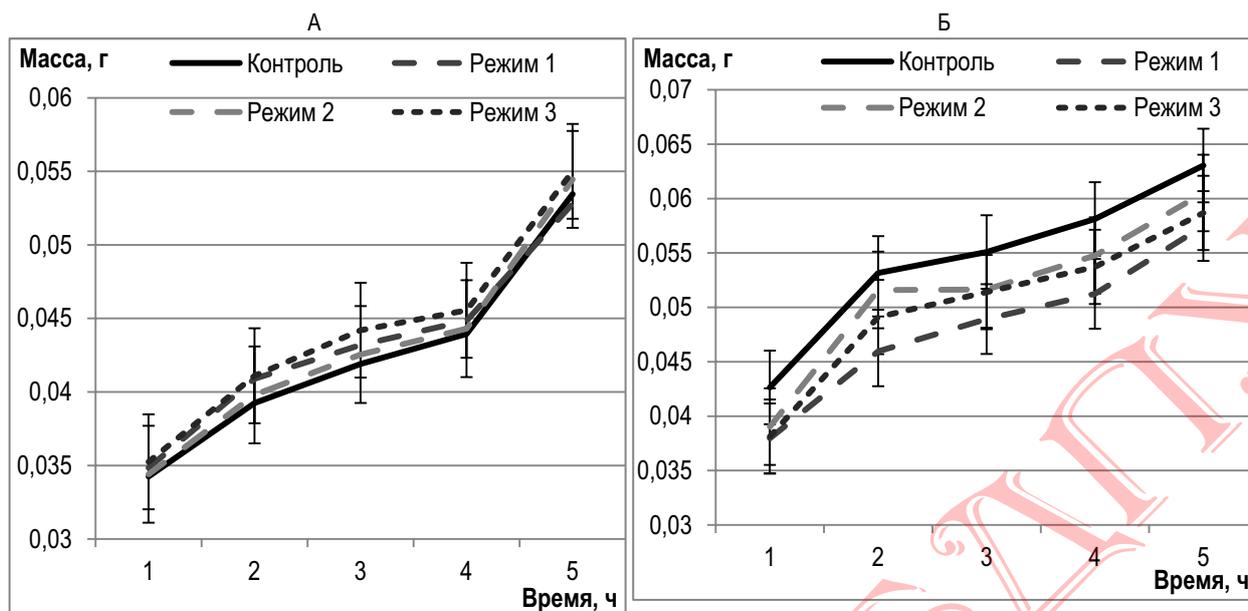


Рисунок 2 – Влияние ЭМО на скорость процесса набухания для семян с. Илия (А) и семян с. Анастасия (Б)

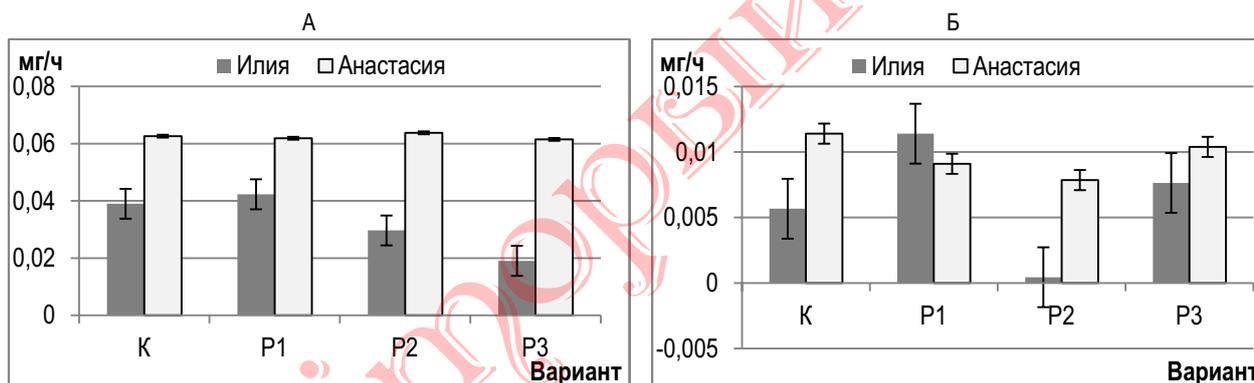


Рисунок 3 – Влияние ЭМИ на активность фермента амилазы у растений с. Илия и с. Анастасия на 3-й (А) и 7-й (Б) день развития

Проникновение воды в клетки является пусковым механизмом для начала работы гидролитических ферментов, к которым относится и фермент амилаза. Более интенсивный процесс набухания должен отразиться на работе этого гидролитического фермента, что подтвердили наши экспериментальные данные. Так, активность фермента амилазы в 3-дневных проростках сорта Анастасия выше в 1,6 раза по сравнению с растениями сорта Илия (рисунок 3А). При оценке влияния ЭМИ на активность фермента амилазы у с. Илия и Анастасия установлено, что под влиянием Режима 2 и Режима 3 понижается активность фермента амилазы по сравнению с контролем в 1,3 и 2,1 раза у с. Илия. Под влиянием Режима 1 наблюдалась тен-

денция к повышению активности фермента амилазы в 1,1 раза по сравнению с контролем. В случае 3-дневных проростков сорта Анастасия ЭМО не оказала влияния на данный показатель – активность фермента амилазы в опытных растениях была на уровне контрольных значений (рисунок 3А). При исследовании активности фермента амилазы на 7-й день отмечено дальнейшее повышение активности фермента у растений с. Илия под влиянием Режимов 1 и 3 по сравнению с контролем в 2,01 и 1,35 раза. Под влиянием Режима 2 была отмечена тенденция к резкому снижению активности данного фермента по сравнению с контролем в 12,89 раза. У растений с. Анастасия под влиянием 3-х режимов наблюдается тенденция к понижению активности

фермента амилазы в 1,25, 1,5 и 1,1 раза (рисунок 3Б). Таким образом, Режим 2 оказал достоверно стрессогенное воздействие на изучаемые сорта, резко тормозя активность гидролитического фермента амилазы, то есть сдерживал протекание метаболических процессов относительно контроля.

На первых стадиях прорастания семян происходит высвобождение различных структур из связанного состояния. Покоящиеся семена предварительно выходят из состояния покоя, после чего прорастают. Затем продолжается поглощение воды и начинается обмен метаболитами между порастающим семенем и окружающей средой, что выражается в сдвигах процессов проницаемости.

У растений сорта Илия проницаемость мембран отрезков корней и листьев в 1,45 и 1,35 раза ниже, чем у растений сорта Анастасия при нормальных условиях (рисунок 4). В случае теплового шока данный показатель понижался в отрезках корней и листьев растений сорта Илия по сравнению

с нормальными условиями в 1,25 и 1,57 раза. Это свидетельствует об устойчивости растений данного сорта к меняющимся условиям среды. У растений сорта Анастасия при действии теплового шока проницаемость мембран отрезков корней и листьев возросла по сравнению с нормальными условиями в 2,37 и 12,5 раза, что является показателем снижения устойчивости к тепловому стрессу (рисунок 4 Б и Г).

При анализе влияния ЭМО на проницаемость мембран установлено, что под действием Режима 1 резко повышался данный показатель в отрезках корней в 3,48 раза по сравнению с контролем и недостоверно возрастал под воздействием Режимов 2 и 3 для сорта Илия (рисунок 4А). В случае теплового шока ( $t = +50^{\circ}\text{C}$ ) под влиянием Режимов 2 и 3 данный показатель вырос в 2,21 и 1,5 раза соответственно. Повышение проницаемости мембран в отрезках корней при действии теплового шока и ЭМИ свидетельствует

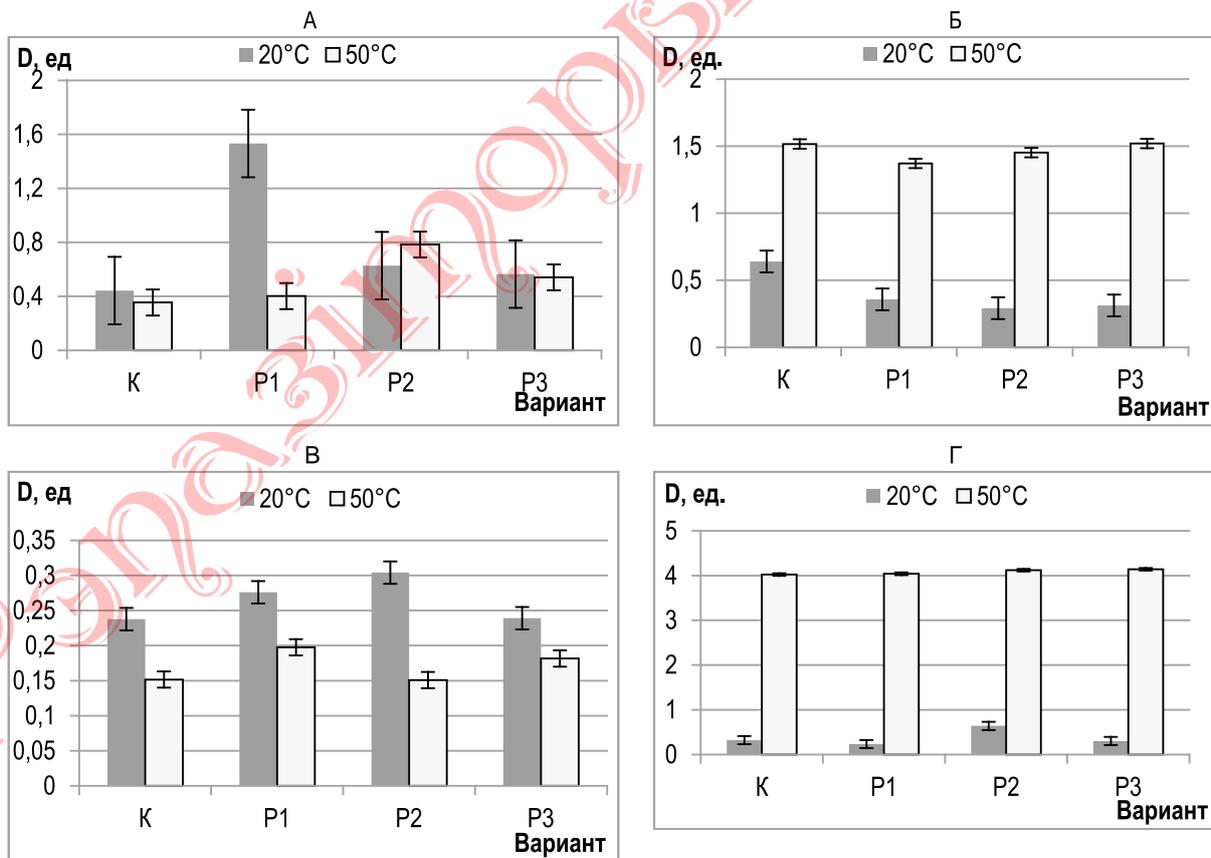


Рисунок 4 – Влияние ЭМО на проницаемость мембран для свободных нуклеотидов из отрезков корней и листьев растений гречихи посевной с. Илия (А, В) и с. Анастасия (Б, Г)

о дестабилизации мембран при действии высоких температур (рисунок 4А). У сорта Анастасия выход свободных нуклеотидов из отрезков корней уменьшился под влиянием 3-х режимов ЭМИ относительно контроля при нормальных условиях ( $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в 1,8, 2,2 и 2 раза соответственно. В случае теплового шока ( $t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) данный показатель возрастал в контроле и в 3-х режимах по сравнению с нормальными условиями ( $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), но в Режиме проницаемость мембран была ниже контрольных значений. Снижение проницаемости мембран отрезков корней обработанных растений в условиях теплового шока свидетельствует об их стабилизации (рисунок 4Б).

При оценке влияния ЭМИ на проницаемость мембран отрезков листьев тетраплоидной гречихи сорта Илия установлено, что под влиянием Режимов 1 и 2 данный показатель увеличивается при нормальных условиях ( $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) по сравнению с контролем в 1,2 и 1,3 раза соответственно (рисунок 4). В случае теплового шока ( $t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) проницаемость мембран снизилась в контроле и под влиянием Режимов 1 и 2 по сравнению с нормальными условиями в 1,6 и 2,0 раза соответственно. Под влиянием Режимов 1 и 3 также наблюдалось снижение выхода свободных нуклеотидов из отрезков листьев по сравнению с нормальными условиями ( $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) в 1,4 и 1,3 раза соответственно, но эти данные были выше, чем в контрольных образцах. Снижение проницаемости мембран в условиях теплового шока свидетельствует о стабилизации мембран, а также о том, что данный сорт является достаточно термоустой-

чивым (рисунок 4В). В ходе исследования было отмечено, что у сорта Анастасия при нормальных условиях ( $t = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и под влиянием Режимов 1 и 3 показатели были на уровне контрольных значений. В случае теплового шока ( $t = +50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) выход свободных нуклеотидов для отрезков листьев резко возрастал в контроле по сравнению с нормальными условиями в 12,5 раза и во всех 3-х режимах (в 17,3, 6,4 и 13,7 раза соответственно) (рисунок 4Г). Это свидетельствует о том, что мембраны листьев с. Анастасия крайне неустойчивы к воздействию температурного стресса.

Специфические сдвиги в интенсивности метаболических процессов под влиянием режимов ЭМИ у двух сортов гречихи тетраплоидной, вероятно, определили характер изменений посевных качеств семян и протекания ростовых процессов.

Отмечено, что у растений с. Илия более высокие показатели энергии прорастания (83,3 %) и всхожести (100 %) по сравнению с растениями с. Анастасия (56 % и 82 % соответственно) (рисунок 5). В ходе исследования под влиянием 3-х режимов ЭМО была отмечена тенденция к незначительному снижению энергии прорастания (на 4,8 % и 4 %) и всхожести (на 6, 12 и 10 %) у растений сорта Илия (рисунок 5А). У растений сорта Анастасия под влиянием 3-х Режимов ЭМО отмечено незначительное снижение энергии прорастания (на 7,1, 28,6 и 3,6 %) и повышение всхожести (на 4,9, 2,4 и 17 % соответственно) (рисунок 5Б).

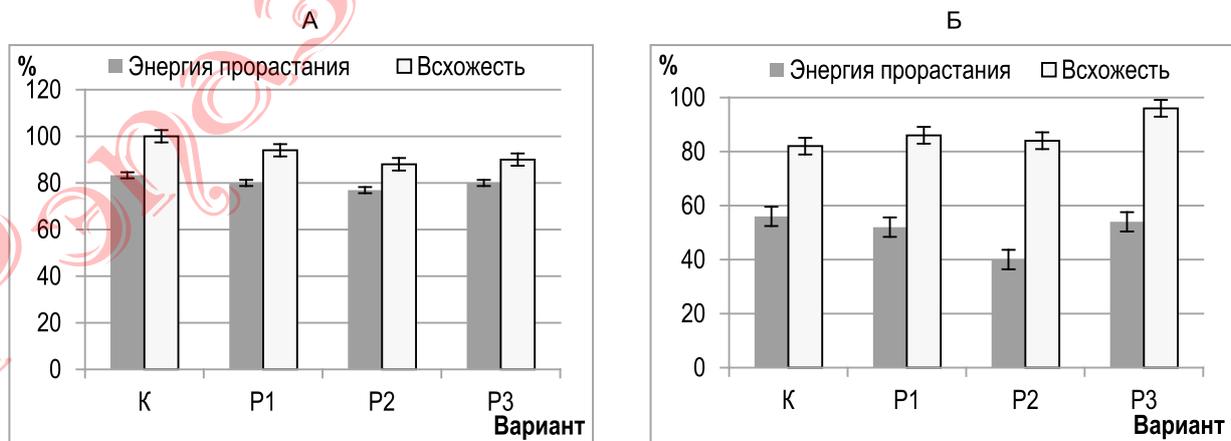


Рисунок 5 – Влияние ЭМО на энергию прорастания и всхожесть семян растений гречихи с. Илия (А) и растений с. Анастасия (Б)

**Таблица 1 – Влияние ЭМИ на длину корней и проростков гречихи тетраплоидной сорта Илия (А) и сорта Анастасия (Б)**

Вариант	А		Б	
	Длина, см		Длина, см	
	корней	проростков	корней	проростков
Контроль	19,65 ± 4,93	13,72 ± 2,66	11,77 ± 4,62	14,02 ± 1,63
Режим 1	13,61 ± 6,37	15,19 ± 3,16	14,62 ± 5,28	12,76 ± 2,63
Режим 2	14,86 ± 4,52	15,69 ± 3,3	14,02 ± 4,42	13,38 ± 1,75
Режим 3	15,88 ± 3,90	15,51 ± 3,19	14,49 ± 3,97	13,75 ± 3,08

**Таблица 2 – Влияние ЭМИ на массу корней и проростков гречихи тетраплоидной сорта Илия (А) и сорта Анастасия (Б)**

Вариант	А		Б	
	Масса, г		Масса, г	
	корней	проростков	корней	проростков
Контроль	0,04 ± 0,026	0,15 ± 0,06	0,06 ± 0,02	0,3 ± 0,04
Режим 1	0,02 ± 0,012	0,16 ± 0,05	0,08 ± 0,03	0,26 ± 0,06
Режим 2	0,04 ± 0,028	0,18 ± 0,05	0,11 ± 0,04	0,25 ± 0,05
Режим 3	0,02 ± 0,01	0,15 ± 0,05	0,11 ± 0,070	0,33 ± 0,06

Выявлены отличия в интенсивности ростовых процессов двух сортов, которые показали, что наиболее активный рост на начальных этапах характерен для растений сорта Илия (таблица 1). При анализе влияния ЭМО установлено, что у растений с. Илия изучаемые режимы тормозили ростовые процессы подземной части, а Режим 1 и Режим 2 оказали стимулирующее действие на рост надземной части. У растений с. Анастасия под влиянием 3-х режимов наблюдалась тенденция к усилению роста корней, а под влиянием всех режимов отмечался негативный эффект на рост надземных побегов. Под влиянием Режима 3 отмечено увеличение массы корней (таблица 2).

Таким образом, на основании полученных данных можно сделать вывод о том, что сортоспецифическая ответная реакция на ЭМ воздействие связана с индивидуальными биохимическими особенностями сортов гречихи. ЭМО может выступать в качестве моделирующего агента для развития растений данного сорта и оказывать позитивный или негативный эффект, связанный с реализацией генетического потенциала, а биохимические отличия между сортами характеризуют специфику избирательной реакции на воздействие режимами ЭМИ. Проанализировав полученные данные, можно говорить о том, что ЭМО Режимом 3 оказала по-

зитивное воздействие на с. Анастасия гречихи посевной. Так, в результате ЭМ обработки у растений сорта Анастасия наблюдалось незначительное снижение интенсивности процессов набухания и активности фермента амилазы относительно контроля, что привело к стабилизации клеточных мембран отрезков корней при действии высоких температур. В результате ЭМО Режимом 3 повысились показатели энергии прорастания и всхожести, а также улучшились морфометрические показатели. Для с. Илия все режимы ЭМИ были достаточно стрессогенными, и позитивных эффектов не выявлено.

Таким образом, выявлена специфическая нелинейная зависимость воздействия ЭМИ на растительный организм. Установлено, что сорт, где был достаточно полно реализован генетический потенциал вида, хуже отвечал на данное воздействие. Следовательно, под каждый сорт надо индивидуально подбирать режим ЭМ воздействия с целью получения максимально возможного эффекта. В результате проведенного эксперимента была установлена избирательная реакция растений на обработку тремя режимами воздействия, различающимися по частоте и времени воздействия. Наблюдаемая сложная и неоднородная картина биологической и физиологической реакции растений на воздействие СВЧ-излучения объясняется тем,

что за первичным прямым воздействием поля на молекулярные структуры живого организма следует сложная цепочка вторичных биохимических и физиологических процессов, приводящая к опосредованному отклику, истинную причину которого не всегда удается легко выявить, что требует проведения дальнейших исследований по выявлению первичных и вторичных мишеней СВЧ-излучения в растительном организме. Тормозящие эффекты, особенно в случае длительного ЭМП-воздействия, являются результатом десин-

хронизации сложных многостадийных процессов вследствие разной направленности эффектов ЭМП на различных их стадиях – стимуляции одной стадии и торможения другой. Вместе с тем под действием ЭМП возможна также активация реакций с более высоким порогом возбуждения, что способно привести к нарушению нормальной последовательности метаболических процессов. Последнее особенно существенно для процессов морфогенеза [19].

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ламан, Н. А. Физиологические основы и технологии предпосевной обработки семян: ретроспективный анализ, достижения и перспективы / Н. А. Ламан // Регуляция роста, развития и продуктивности растений : материалы V Междунар. науч. конф., Минск, 28–30 нояб. 2007 г. / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси – Минск : Право и экономика, 2007. – С. 1.
2. Заленский, В. Р. Краткий курс физиологии растений / В. Р. Заленский. – Киев, 1914.
3. Максимов, Н. А. Краткий курс физиологии растений / Н. А. Максимов. – 5-е изд. – М. : Сельхозгиз, 1948. – 496 с.
4. Оценка качества семян зерновых культур методом ускоренного старения / Г. Н. Алексейчук [и др.] // Регуляция роста, развития и продуктивности растений : материалы V Междунар. науч. конф., Минск, 28–30 нояб. 2007 г. / Институт экспериментальной ботаники НАН Беларуси – Минск : Право и экономика, 2007. – С. 10.
5. Ниязов, А. М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле : автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / А. М. Ниязов; [Ижев. гос. с.-х. акад.]. – М., 2001. – 18 с.
6. Курочкина, О. А. Предпосевная обработка семян яровой пшеницы ультрафиолетовыми лучами: автореф. дис. ... канд. с. х. наук : 06.01.09 / О. А. Курочкина. – Курган, 2009.
7. Вербицкая, С. В. Предпосевная обработка семян фасоли озоном и магнитным полем: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.02.02 / С. В. Вербицкая. – Зерноград, 2001. – 181 с.
8. Изучение влияния электромагнитного поля на прорастание семян хвойных пород / В. И. Некрасов [и др.] // Труды Санкт-Петербургского научно-исследовательского института лесного хозяйства. – 2013. – № 1. – С. 39–43.
9. Режим доступа : [http://magnetic-fixators.7910.org/article\\_info.php?articles\\_id=10](http://magnetic-fixators.7910.org/article_info.php?articles_id=10). – Дата доступа : 5.12.2013.
10. Режим доступа : <http://supersadovod.ru/lekarstvennyie-travyi/grechiha-posevnaya-ili-sedobnay>. – Дата доступа : 23.10.2013.
11. Карпович В. А., Родионова В. Н. Патент РБ № 5580 Способ предпосевной обработки семян овощных или зерновых культур. Выд. 23.06.2003 г.
12. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2003. – 288 с.

#### REFERENCES

1. Laman, N. A. Fiziologicheskiye osnovy i tekhnologii predposevnoy obrabotki semyan: retrospektivnyy analiz, dostizheniya i perspektivy / N. A. Laman // Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rasteniy: materialy V Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 28–30 noyabrya 2007 g. / Institut eksperimentalnoy botaniki NAN Belarusi – Minsk : Pravo i ekonomika, 2007. – S. 1.
2. Zalenskiy, V. R. Kratkiy kurs fiziologii rasteniy / V. R. Zalenskiy. – Kiyev, 1914.
3. Maksimov, N. A. Kratkiy kurs fiziologii rasteniy / N. A. Maksimov. – 5-ye izd. – M. : Selkhozgiz, 1948. – 496 s.
4. Otsenka kachestva semyan zernovykh kultur metodom uskorenogo stareniya / G. N. Alekseychuk [i dr.] // Regulyatsiya rosta, razvitiya i produktivnosti rasteniy: materialy V Mezhdunar. nauch. konf., Minsk, 28–30 noyabrya 2007 g. / Institut eksperimentalnoy botaniki NAN Belarusi. – Minsk : Pravo i ekonomika, 2007. – S. 10.
5. Niyazov, A. M. Predposevnaya obrabotka semyan yachmenya v elektrostaticheskom pole : Avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.20.02 / A. M. Niyazov; [Izhev. gos. s.-kh. akad.]. – M., 2001. – 18 s.
6. Kurochkina, O. A. Predposevnaya obrabotka semyan yarovoy pshenitsy ultrafioletovymi luchami: Avtoref. dis. ... kand. s. kh. nauk : 06.01.09 / O. A. Kurochkina. – Kurgan, 2009.
7. Verbitskaya, S. V. Predposevnaya obrabotka semyan fasoli ozonom i magnitnym polem: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk : 05.02.02 / S. V. Verbitskaya. – Zernograd, 2001. – 181 s.
8. Izucheniye vliyaniya elektromagnitnogo polya na prarastaniye semyan khvoynykh porod / V. I. Nekrasov [i dr.] // Trudy Sankt-Peterburgskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta lesnogo khozyastva. – 2013. – № 1. – S. 39–43.
9. Rezhim dostupa : [http://magnetic-fixators.7910.org/article\\_info.php?articles\\_id=10](http://magnetic-fixators.7910.org/article_info.php?articles_id=10). – Data dostupa : 5.12.2013.
10. Rezhim dostupa: <http://supersadovod.ru/lekarstvennyie-travyi/grechiha-posevnaya-ili-sedobnay>. – Data dostupa: 23.10.2013.
11. Karpovich, V. A., Rodionova V. N. Patent RB № 5580 Sposob predposevnoy obrabotki semyan ovoshchnykh ili zernovykh kultur. Vyd. 23.06.2003 g.
12. Praktikum po fiziologii rasteniy / N. N. Tretyakov [i dr.]. – 4-ye izd., pererab. i dop. – M. : KolosS, 2003. – 288 s.

13. Методы биохимических исследований растений / А. И. Ермаков [и др.]; под ред. А. И. Ермакова. – 3-е изд., перераб. и доп. – Л. : Агропромиздат. Ленинградское отделение, 1987. – 430 с.
14. Кабашникова, Л. Ф. Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капсулирующих составов для обработки семян: методические указания / Л. Ф. Кабашникова. – Минск, 2003. – 31 с.
15. Лященко, А. К. Структура воды, миллиметровые волны и их первичная мишень в биологических объектах / А. К. Лященко // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2007. – № 8–9. – С. 62–76.
16. Оганисян, А. О. Стимулирующее и ингибирующее воздействие воды, облученной ЭМИ миллиметрового диапазона, на прорастание семян и рост ячменя / А. О. Оганисян, В. П. Капантарян // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2008. – № 5. – С. 64–66.
17. Бецкий, О. В. Пионерские работы по миллиметровой электромагнитной биологии, выполненные в ИРЭ РАН / О. В. Бецкий // Биомедицинские технологии и радиоэлектроника. – 2003. – № 8. – С. 11–20.
18. Горленко, Н. И. О механизме активации биологических объектов магнитным полем // Биофизика. – 2006. – Т. 51. – Вып. 4. – С. 767–768.
19. Влияние высокочастотной электромагнитной обработки семенного материала зернобобовых культур на их посевные качества и продуктивность / В. В. Ажаронк [и др.] // Электронная обработка материалов. – № 4. – 2009. – С. 76–86.
13. Metody biokhimicheskikh issledovaniy rasteniy / A. I. Yermakov [i dr.]; pod red. A. I. Yermakova. – 3-ye izd., pererab. i dop. – L. : Agropromizdat. Leningradskoye otdeleniye, 1987. – 430 s.
14. Kabashnikova, L. F. Sposob ranney diagnostiki effektivnosti mnogokomponentnykh kapsuliruyushchikh sostavov dlya obrabotki semyan: metodicheskiye ukazaniya / L. F. Kabashnikova. – Minsk, 2003. – 31 s.
15. Lyashchenko, A. K. Struktura vody, millimetrovyye volny i ikh pervichnaya mishen v biologicheskikh obyektakh / A. K. Lyashchenko // Biomeditsinskiye tekhnologii i radioelektronika. – 2007. – № 8–9. – S. 62–76.
16. Oganisyan, A. O. Stimuliruyushcheye i ingibiruyushcheye vozdeystviye vody, obluchennoy EMI millimetrovogo diapazona, na prorstaniye semyan i rost yachmenya / A. O. Oganisyan, V. P. Kapantaryan // Biomeditsinskiye tekhnologii i radioelektronika. – 2008. – № 5. – S. 64–66.
17. Betskiy, O. V. Pionerskiye raboty po millimetrovoy elektromagnitnoy biologii, vypolnennyye v IRE RAN / O. V. Betskiy // Biomeditsinskiye tekhnologii i radioelektronika. – 2003. – № 8. – S. 11–20.
18. Gorlenko, N. I. O mekhanizme aktivatsii biologicheskikh obyektov magnitnym polem // Biofizika. – 2006. – T. 51. – Vyp. 4. – S. 767–768.
19. Vliyaniye vysokochastotnoy elektromagnitnoy obrabotki semennogo materiala zernobobovykh kultur na ikh posevnyye kachestva i produktivnost / V. V. Azharonok [i dr.] // Elektronnaya obrabotka materialov. – № 4. – 2009. – S. 76–86.