

УДК 582.665.11

Ж. Э. Мазец,кандидат биологических наук,
доцент кафедры общей биологии и ботаники БГПУ;**О. А. Суша,**

студент V курса факультета естествознания БГПУ;

Н. А. Еловская,

студент IV курса факультета естествознания БГПУ;

Н. В. Пушкина,

сотрудник лаборатории радиофизических исследований НИИ ЯП БГУ

РЕАКЦИЯ РАЗЛИЧНЫХ ПО ПЛОИДНОСТИ СОРТОВ ГРЕЧИХИ ПОСЕВНОЙ (*FAGOPYRUM SAGITTATUM GILIB*) НА НИЗКОИНТЕНСИВНОЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОЕ ВОЗДЕЙСТВИЕ

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур является главным условием дальнейшего развития сельскохозяйственного производства. С этой целью проводится большая работа по совершенствованию целого ряда агротехнических мероприятий. Центральным звеном в этом ряду является проблема семеноводства. Семена – носители биологических и хозяйственных свойств растений – в решающей степени определяют качество и количество получаемого урожая. Сельскохозяйственное производство предъявляет к семенам определенные требования, установленные государственными стандартами. Производство семян включает ряд технологических мероприятий: послеуборочное хранение, предпосевная обработка, обеззараживание, посев. На каждой стадии производства и хранения возможно негативное влияние природно-климатических и хозяйственных факторов на семена, которые снижают их качество [1]. В последние годы для интенсификации растениеводства в практику сельского хозяйства стали внедрять электро-технологические методы воздействия на растения и семена зерновых и овощных культур с целью их стимуляции – ускорения роста, повышения урожайности и улучшения качества получаемой продукции. Известны многочисленные положительные результаты данных методов [2–8].

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. 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 их сорта и качества, 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 обработки является трудно разрешимой задачей [1]. Как показали работы С. В. Вербицкой, С. Н. Джамбазишвили, О. А. Курочкиной, А. М. Ниязова, С. А. Чудина, Г. А. Клундук и др., повышение качества посевного материала и увеличение урожайности происходит только при определенной частоте, мощности и длительности электромагнитного воздействия. Каждая сельскохозяйственная культура имеет свои оптимальные значения этих параметров [9].

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. Гречиха – перспективная культура, имеющая ряд положительных свойств: прописана людям, страдающим анемией и сердечно-сосудистыми заболеваниями. В семенах гречихи содержатся белки, крахмал, сахара, органические кислоты, витамины В₁, В₂, РР, Р, макро- и микроэлементы (железо, кальций, фосфор, медь, цинк, бор, йод, никель и кобальт) [10].

Актуальность изучения данной проблемы определяется существующим несоответствием физиологического качества посевного материала требованиям современных интен-

сивных технологий возделывания крупяных культур и состоит в необходимости увеличения адаптивных свойств растений *Fagopyrum sagittatum gilib* к неблагоприятным условиям и повышения урожайности.

Поэтому данная работа предполагает изучение влияния различных режимов низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) на семена ди- и тетраплоидной гречихи, определение оптимальных экспозиций воздействия, улучшающих агрономические качества семян, активизирующих ростовые процессы. Итогом воздействия, в оптимальных дозах, является наиболее полное раскрытие генетического и физиологического потенциала растений, выражающееся в повышении урожая и его качества.

Цель работы: исследование влияния ЭМИ на физиолого-биохимические процессы ди- и тетраплоидной гречихи *Fagopyrum sagittatum gilib*.

Основные задачи исследования:

- оценить влияние ЭМИ на энергию прорастания и всхожесть контрольных и опытных семян;
- выявить влияние электромагнитной обработки (ЭМО) семян на морфометрические параметры на ранних этапах развития;
- изучить влияние ЭМИ на проницаемость мембран и процессы набухания;
- оценить активность гидролитических ферментов в ювенильных растениях, подвергшихся предпосевному воздействию ЭМО;
- оценить влияние ЭМИ на динамику ростовых процессов и продуктивность диплоидной гречихи.

В решении проблемы понимания механизма взаимодействия ЭМИ с растительными объектами возможны различные экспериментальные подходы. Одним из них является использование в качестве объектов различных режимов низкоинтенсивного электромагнитного воздействия, а также уникальной генетической формы – ди- и тетраплоидной формы гречихи посевной (*Fagopyrum sagittatum gilib*). Эти исследования, вероятно, помогут приоткрыть завесу в понимании механизмов взаимодействия низкоинтенсивного электромагнитного излучения с растительными объектами.

Для исследований физического воздействия на растения гречихи посевной семена ди- и тетраплоидной гречихи (*Fagopyrum sagittatum gilib*) были обработаны тремя режимами электромагнитного воздействия СВЧ-диапазона – Режим 1 (54–78 ГГц); Режим 2 и 3 (64–66 ГГц) продолжительностью 20, 12 и 8 мин соответственно. Выбор режимов обусловлен ранее выполненными теоре-

тическими 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 гречиха (*Fagopyrum sagittatum gilib*) диплоидная форма сорта Аметист и тетраплоидная форма сорта Илия.

Проницаемость мембран для свободных нуклеотидов определяли по методу, разработанному в Институте фотобиологии НАН Беларуси [12]. 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 [12].

Определение активности амилазы проводили по модифицированному нами методу на основе методов Н. Н. Третьякова и А. И. Ермакова [13–14]. Активность амилазы рассчитывали по следующей формуле:

$$x = (D - D_1) \alpha V / DmV_1,$$

где

D – оптическая плотность контрольного раствора;

D_1 – оптическая плотность опытного раствора;

α – количество внесенного крахмала;

m – масса навески, г;

V – объем исходной ферментной вытяжки, см³;

V_1 – объем вытяжки, взятой для инкубирования, см³ [13–14].

На 7-й и 10-й день проводилась оценка энергии прорастания, всхожести и производился морфометрический анализ корней и проростков. Повторность опыта 3-кратная.

Полевой мелкоделяночный опыт проводился на базе Центрального ботанического сада (ЦБС) НАН Беларуси в 2013 г. Специально было разработано опытное поле с учетом агротехники возделывания данной культуры: хорошо освещенное открытое место, суглинистая почва, с умеренным режимом увлажнения.

Результаты опытов статистически обрабатывали с помощью пакета программ Microsoft Excel.

Результаты и их обсуждение. В ходе исследований выявлено, что в результате ЭМИ воздействия повышается энергия прорастания и всхожесть диплоидной гречихи в Режиме 2 на 12 %, Режим 1 не влиял на энергию прорастания, но незначительно повышал всхожесть, а Режим 3 снижал изучаемые параметры относительно контроля. Электромагнитная обработка (ЭМО) практически не влияла на энергию прорастания тетраплоидной гречихи, но достоверно снижала показатели всхожести в случае Режимов 2 и 3 [15].

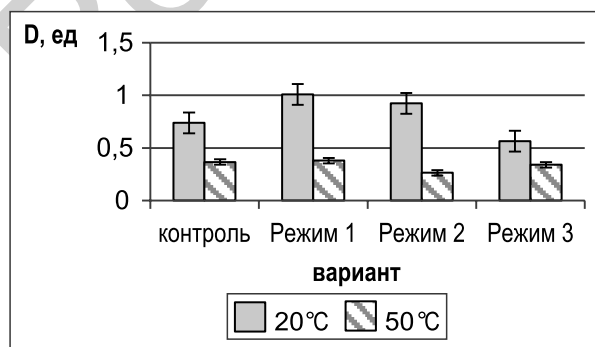
В ходе анализа влияния ЭМО на интенсивность процесса набухания выявлено, что Режим 1 активизировал данный процесс у диплоидной и угнетал его у тетраплоидной гречихи в течение первых суток, а под влиянием Режимов 2 и 3 интенсивность данного процесса была на уровне контрольных значений и у диплоидной, и у тетраплоидной гречихи [16].

Анализ влияния ЭМ обработки на проницаемость мембран отрезков корней диплоидной гречихи сорта Аметист показал, что в нормальных условиях Режимы 1 и 2 повышают выход нуклеотидов, а Режим 3 снижает этот параметр относительно контроля. В случае теплового шока (при 50 °С) в контроле и в вариантах опыта есть тенденция к снижению данного показателя, что говорит о высокой стабильности мембран корней гречихи данного сорта (рисунок 1а).

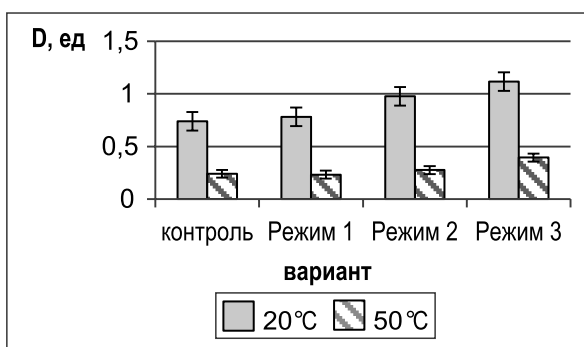
Переход семян от состояния покоя к прорастанию на первых стадиях происходит в одном направлении – к высвобождению различных структур из связанного состояния. Покоящиеся семена предварительно выходят из состояния покоя, после чего прорастают. Затем продолжается поглощение воды и начинается обмен метаболитами между прорастающим семенем и окружающей средой, что выражается в сдвигах процессов проницаемости. Функциональная активность клеточных мембран может быть оценена по степени

выхода в окружающую среду низкомолекулярных метаболитов нуклеотидного обмена. В литературе имеются сведения, что выход низкомолекулярных нуклеотидов из клеток незначителен в норме и резко усиливается под действием стрессовых факторов [17]. При оценке влияния ЭМИ на проницаемость мембран отрезков листьев диплоидной гречихи установлено, что Режимы 2 и 3 достоверно увеличивают данный показатель. Однако при 50 °С есть тенденция к снижению выхода нуклеотидов относительно нормальных условий и в случае контроля в 3,08 раза и в режимах от 2,8 (Режим 3) до 3,51 раза (Режим 2), что свидетельствует о стабилизации клеточных мембран (рисунок 1б).

В ходе исследований влияния ЭМ обработки на проницаемость мембран отрезков корней и листьев тетраплоидной гречихи сорта Илия установлено, что в нормальных условиях Режимы 1 и 2 повышают выход нуклеотидов в отрезках листьев, а в Режиме 3 снижается данный показатель относительно контроля (рисунок 2). В Режиме 1 резко повышалась проницаемость мембран в отрезках корней гречихи сорта Илия. В случае теплового шока (при 50 °С) в контроле, в Режиме 2 (для отрезков листьев) и во всех вариантах опыта с корнями этот показатель снижался. Все остальные режимы повысили данный показатель по сравнению с контрольными значениями. Таким образом, снижение выхода нуклеотидов в отрезках листьев и корней при повышении температуры до 50°С в контроле, свидетельствует о том, что эта форма гречихи достаточно термоустойчива и сама справляется с тепловым шоком, имея достаточно устойчивый мембранный комплекс. Под влиянием всех режимов (листья) и Режимов 1 и 3 (корни) выход нуклеотидов возрастает относительно контроля, что ведет к дестабилизации мембран.



а)



б)

Рисунок 1 – Выход свободных нуклеотидов из семидневных корней (а) и проростков (б) диплоидной гречихи сорта Аметист, подвергнутой ЭМИ

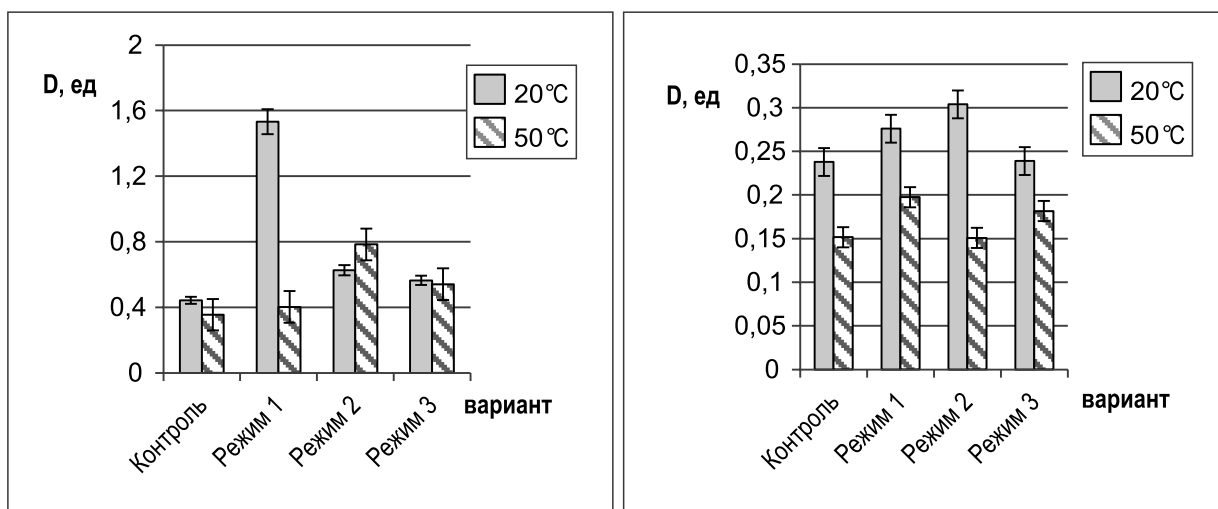


Рисунок 2 – Выход свободных нуклеотидов из семидневных корней (а) и проростков (б) тетраплоидной гречихи сорта Илия, подвергнутой ЭМИ

Изменения в процессах проницаемости под влиянием ЭМИ отразились на характере ростовых процессов на ранних этапах прорастания. Так, выявлено, что все изучаемые режимы угнетали развитие корневой системы на начальных этапах у обоих сортов гречихи. У диплоидной гречихи под действием Режима 2 возрастала длина (20,7 %) и масса (10,3 %), а Режим 3 угнетал развитие проростков. У тетраплоидной гречихи под действием Режима 2 возрастала длина (21,2 %) и масса (23,3 %) проростков, а Режим 3 был достаточно стрессогенным и угнетал развитие надземных побегов [15].

Сдвиги в параметрах проницаемости проростков под влиянием ЭМИ СВЧ-диапазона во многом связаны с активностью гидролитических ферментов, определяющих накопление в клетках осмотически активных веществ, влияющих на величину водного потенциала и на интенсивность поступления воды и харак-

тер ростовых процессов изучаемых растений. К таким ферментам относится амилаза. В связи с этим заметный интерес представляет исследование активности фермента амилазы как маркера первичной стрессовой реакции растительных организмов на низкоинтенсивное электромагнитное излучение СВЧ-диапазона.

Необходимо отметить, что наблюдаются возрастные изменения и сдвиги в активности амилазы у обработанных и контрольных растений. Так, у диплоидной гречихи в контроле активность суммарной фракции фермента амилазы в трехдневных растениях выше, чем в семидневных в 2 раза. В Режиме 1 активность фермента практически не изменяется. Под влиянием Режима 2 и Режима 3 наблюдается тенденция к снижению активности фермента в 2,1 и 4,1 раза соответственно, хотя в трехдневном возрасте она на 54 % выше контрольных значений (рисунок 3а).

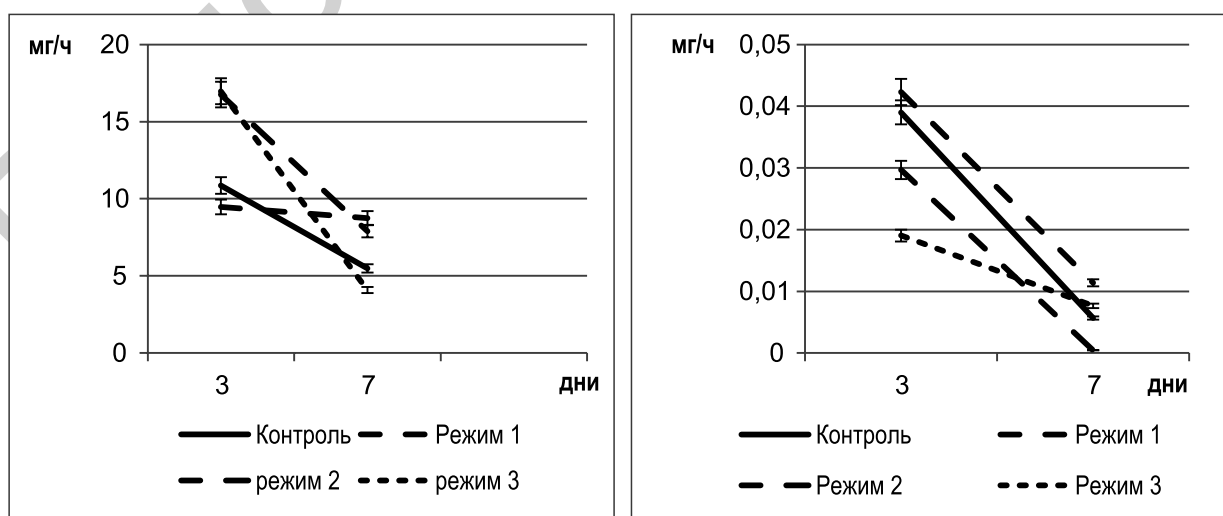


Рисунок 3 – Влияние электромагнитного излучения на активность амилазы в проростках диплоидной (а) и тетраплоидной гречихи (б) на 3-й и 7-й день развития

У тетраплоидной гречихи отмечена несколько иная тенденция: под влиянием Режима 2 снижается активность амилазы на 25,6 %, Режима 3 – на 51,3 % на третий день, а Режим 1 несколько повышает активность амилазы относительно контроля (рисунок 36). К седьмому дню активность амилазы падает, но особенно существенно в случае Режима 2, в Режиме 1 активность хоть и падает, но остается достоверно выше контрольных значений.

Таким образом, изменение активности амилазы ферментов может расцениваться как проявление стрессовой реакции, определяющей, вероятно, в дальнейшем характер адаптационных изменений на ЭМИ воздействие СВЧ-диапазона.

Так, оценивая влияние ЭМИ на элементы структуры урожая установлено, что в случае диплоидной гречихи при воздействии Режимами 1 и 2 увеличилось количество боковых побегов на 11,5 % и 7,9 % соответственно. Режим 3 практически не влиял на данный показатель. Под действием Режима 3 увеличилась масса 1000 семян на 22,3 %, тогда как Режим 1 и 2 практически не изменяли данный показатель [15]. В результате полевого эксперимента на тетраплоидной гречихе выявили, что в случае Режимов 1 и 2 увеличилось количество боковых побегов на 28,8 % и 14,9 % соответственно, а Режим 3 не существенно увеличил данный показатель. Масса 1000 семян возросла под действием Режима 1 на 13,8 % и Режима 3 на 23,0 %, тогда как Режим 2 показал незначительное положительное отклонение от контрольных значений [15].

Заключение. На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что низкоинтенсивное ЭМИ СВЧ-диапазона в случае Режимов 1 и 3 повышало продуктивность растений ди- и тетраплоидной гречихи. Данные Режимы могут рассматриваться в технологии промышленного выращивания данной культуры.

ЛИТЕРАТУРА

1. Режим доступа: http://magnetic-fixators.7910.org/article_info.php?articles_id=10 – Дата доступа: 5.12.2013.
2. Клундук, Г. А. Обоснование электротехнологических режимов СВЧ-обработки семян льна : дис. ... канд. техн. наук : 05.20.02 / Г. А. Клундук. – Красноярск, 2004. – 156 с.
3. Ионова, Е. В. Механизмы адаптации растений сорго зернового и биологическое обоснование использования электромагнитного поля сверхвысокой частоты (ЭМП СВЧ) / Е. В. Ионова, А. В. Алабушев. – Ростов-н/Д. : Ростиздат, 2009. – 192 с.
4. 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.
5. Хайновский, В. И. Предпосевная стимуляция семян сои импульсным электрическим полем / В. И. Хайновский, Г. П. Стародубцева, Е. П. Рубцова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2007. – № 10. – С. 17–18.
6. Хайновский, В. И. Применение импульсного электрического поля для предпосевной стимуляции семян / В. И. Хайновский, Г. П. Стародубцева, Е. П. Рубцова // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 2008. – № 7. – С. 9–11.
7. Авдеева, В. Н. Экологический метод обработки семян пшеницы с целью повышения их посевных качеств / В. Н. Авдеева, А. Г. Молчанов, Ю. А. Безгина // Современные проблемы науки и образования. – 2012. – № 2. – С. 39–40.
8. Особенности влияния низкоинтенсивного электромагнитного излучения на элементы структуры урожая кормовых культур / Ж. Э. Мазец [и др.] // Materialy IX mezinarodniv «Modernivymozhenostivědy – 2013» vědecko – prakticka conference – Dil 64. Zemědělství. Zvěrolekařství: Praha. Publishing House «Educationand Science». – 2013. – P. 30–32.
9. Герасимов, И. В. Стимулирование процесса прорастания семян хлопчатника обработкой излучения разряда униполярного пробоя газа (УПГ) / И. В. Герасимов / Электронная обработка материалов. – 1993. – № 6. – С. 54–56.
10. Режим доступа: <http://supersadovod.ru/lekarstvennyie-travyi/grechihna-posevnaya-ili-sedobnau>. – Дата доступа: 23.10.2013.
11. Способ предпосевной обработки семян овощных или зерновых культур: Патент РБ №5580 / В. А. Карпович, В.Н. Родионова. Выд. 23.06.2003 г.
12. Кабашникова, Л. Ф. Способ ранней диагностики эффективности многокомпонентных капсулирующих составов для обработки семян : метод. указ. / Л. Ф. Кабашникова. – Минск, 2003. – 31 с.
13. Практикум по физиологии растений / Н. Н. Третьяков [и др.]. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : КолосС, 2003. – 288 с.
14. 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.
15. Эффективность применения предпосевной электромагнитной обработки при выращивании гречихи посевной (*Fagopyrum Sagittatum Gilib*) / Ж. Э. Мазец [и др.] // Лекарственные растения: биоразнообразие, технологии, применение : матер. I междунар. науч.-практ. конф. – Гродно, 5–6 июня 2014 г. – С. 232–235.
16. Сравнительная характеристика реакции различных по диплоидности сортов гречихи на низкоинтенсивное электромагнитное воздействие / О. А. Суша [и др.] // Молодежь в науке – 2013 : матер. Междунар. науч. конф; Минск, 19–22 нояб. 2013 г. – Минск, 2013. – С. 174–177.
17. О феномене самозащиты клеток от теплового повреждения / А. И. Руденок [и др.] // Докл. АН СССР. – 1973. – Т. 4. – С. 977–981.

SUMMARY

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 of the seedcoat and growth processes of two different ploidy forms of *Fagopyrum sagittatum* gilib after pre-sowing by different frequency modes of low-intensity electromag-

netic radiation produced in the Research Institute of Nuclear Problems of BSU were identified. Established changes of 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.

Поступила в редакцию 30.06.2014 г.

Репозиторий БГПУ