

**Ю. С. Горгун**

*Юньнаньский сельскохозяйственный университет, Китайская Народная Республика, г. Юньнань*

**Н. А. Еловская, Ж. Э. Мазец**

*Белорусский государственный педагогический университет им. М. Танка, Республика Беларусь, г. Минск*

**Ж. Н. Калацкая, Т. В. Фролова**

*Институт экспериментальной ботаники НАН Республики Беларусь, Республика Беларусь, г. Минск*

### **Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения на динамику накопления пролина в растениях гречихи тетраплоидной и ее продуктивность**

Гречиха – одна из самых распространенных сельскохозяйственных культур, выращиваемая по всему миру. Гречиха – ценная крупяная культура, имеющая широкий диапазон использования: в пищевой промышленности плоды данной культуры используются в качестве продукта питания (производство гречневой крупы, муки, меда), в сельском хозяйстве побеги гречихи используются в качестве корма для скота, субстрата в овощеводстве закрытого грунта и зеленого удобрения (запашка соломы способствует улучшению минерального питания растений и снижению поражаемости различными заболеваниями, улучшает микрофлору почвы), в фармацевтической промышленности гречиха выступает в качестве источника рутина (сырья для создания лекарственных препаратов, используемых для лечения заболеваний, сопровождающихся повышенной ломкостью кровеносных сосудов) [1–3, 9–11].

Помимо вышеперечисленного, продукты питания, в частности гречневая крупа, получаемые в процессе переработки, обладают высокими вкусовыми качествами и содержат все необходимые организму микро- и макроэлементы, 8 незаменимых аминокислот, витамины группы В и Е, органические кислоты. Гречиха при употреблении способна выводить радиоактивные вещества из организма, что немаловажно с учетом произошедшей катастрофы на Чернобыльской АЭС [7, 9].

Несмотря на популярность и высокий спрос на гречиху, посевные площади, отводимые под гречиху в Республике Беларусь, неуклонно снижаются (в 2003 –2012 гг. посевные площади насчитывали 44 тыс. га, а в 2016 г. – всего лишь 11,4 тыс. га) [12]. Почему так происходит? Урожайность гречихи в условиях Республики Беларусь довольно низкая (средняя урожайность гречихи не превышает 11,6 ц/га) [12]. Гречиха довольно сложная, с агрономической точки зрения, культура. Сложность возделывания и получения высокого урожая можно объяснить, во-первых, происхождением данной культуры (Индия, т. е. в РБ гречиха является интродуцентом). Во-вторых, морфофизиологическими свойствами (отсутствие воскового налета, слабо развитая корневая система). В-третьих, высокая требовательность к теплу и влаге. В-четвертых, дефицит питательных веществ при формировании плодов (объясняется одновременностью цветения, плодообразования и активного роста вегетативной массы). В-пятых, гречиха требовательна к срокам посева, механической подготовке почвы [7, 12, 13].

Все вышеперечисленное осложняет возделывание гречихи на территории нашей республики и основную часть продукции экспортируется из стран ближнего и дальнего зарубежья (Россия, Украина, Казахстан и Китай). В связи с этим возникла необходимость использования современных способов предпосевного воздействия, способных повысить устойчивость и урожайность данной сельскохозяйственной культуры. В последние годы все большую популярность приобретает такой способ физического предпосевного воздействия, как обработка семенного материала низкоинтенсивным электромагнитным излучением СВЧ-диапазона. Многие авторы в своих работах отмечают положительное действие данного вида обработки на сельскохозяйственные культуры: повышается проницаемость семенных оболочек, ускоряется поступление воды и кислорода в семена, усиливается ферментативная активность, интенсивно

развивается корневая система, повышается энергия прорастания и лабораторная и полевая всхожесть, активизируется рост и накопление вегетативной массы на ранних этапах развития, наблюдается увеличение содержания сахаров, крахмала, масел и других ценных веществ, а также увеличивается урожайность [4, 6, 15, 16]. И что не менее важно, *растения, выросшие из обработанных семян, не имеют в дальнейшем патологических изменений и индуцированных мутаций* [4]. В связи с этим целью нашей работы заключалась в исследовании влияния электромагнитного излучения на динамику накопления пролина и продуктивность гречихи посевной. Объект исследования – тетраплоидные сорта гречихи белорусской селекции (Анастасия, Александрина и Марта). Семена обрабатывались 2-мя частотными режимами низкоинтенсивного электромагнитного излучения (ЭМИ) СВЧ-диапазона: Режим 2 и 2.1 (частота обработки 64–66 ГГц; время обработки 20 мин, 12 мин) (P2, P2.1) в Институте Ядерных проблем БГУ.

Аминокислота пролин является одним из универсальных осмолитов в высших растениях, содержание которого многократно возрастает при действии стрессовых факторов. Пролин низкомолекулярный антиоксидант, способный эффективно связывать гидроксильные радикалы кислорода, а также супероксид-радикалы, инициирующие цепь окислительных реакций в клетках. В литературных источниках также упоминается роль пролина как «химического» шаперона, стабилизирующего белки и мембранные структуры в условиях стресса [5].

Количественное определение пролина проводили по методике, описанной в работе [17] и измеряли на спектрофотометре СФ-46 при 517 нм против толуола. Содержание пролина определяли по калибровочной кривой, для построения которой готовили водные растворы пролина (L-Proline фирмы AppliChem, Германия) разных концентраций. Результаты расчета выражали в миллиграммах на сухое вещество. Пробы для определения уровня пролина отбирались в условиях лабораторного (7 день) и полевого опыта на 24 (до цветения), 48 (начала цветения), 69 (массового цветения) и 98 (плодоношения) день развития. Полевой мелкоделяночный опыт был заложен на базе агробиостанции «Зеленое» (БГПУ) в 2017 году. В ходе опыта оценивалось влияние ЭМИ на посевные качества семян, динамику ростовых процессов, формирование элементов продуктивности и конечную урожайность сортов гречихи тетраплоидной. Результаты опыта были обработаны с помощью пакета статистических программ Microsoft Excel.

В ходе исследований установлены различия в базовых уровнях пролина и его уровне на протяжении вегетационного периода в изучаемых сортах (рис. 1). Так в сортах Алесандрина и Марта максимум накопления пролина приходился на период до цветения, а у сорта Анастасия – на период начала цветения. Выявлены сортоспецифичные сдвиги в динамике накопления «маркера стресса» пролина в ходе онтогенеза под влиянием режимов ЭМИ у тетраплоидных сортов гречихи Анастасия, Александрина и Марта. Режим 2 существенно повышал уровень пролина в фазу цветения у сортов Анастасия и Марта, а Режим 2.1 стимулировал накопление пролина на 14,6 % относительно контроля до цветения.

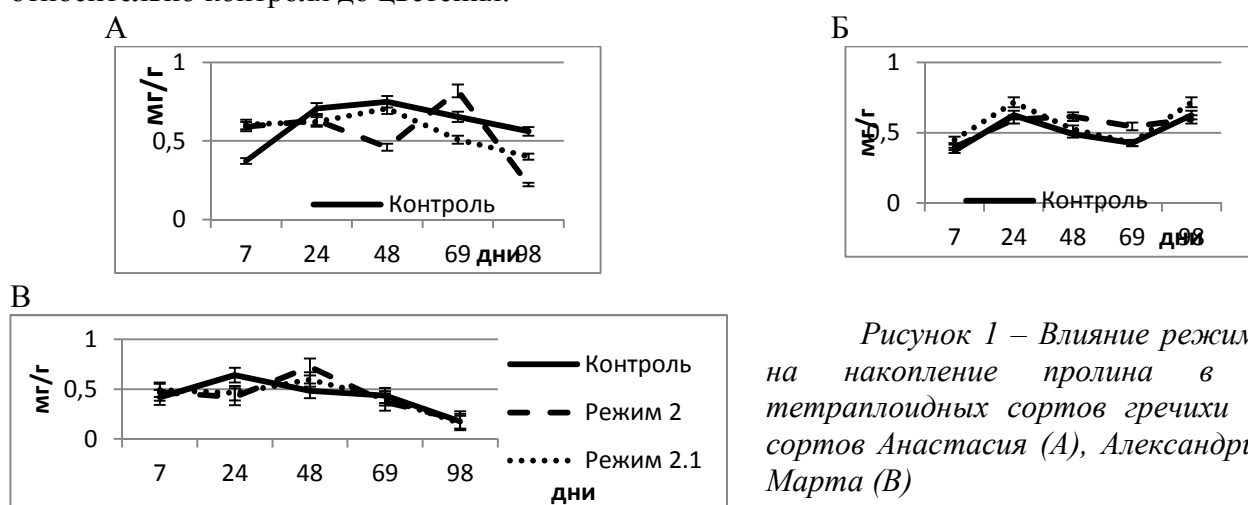


Рисунок 1 – Влияние режимов ЭМИ на накопление пролина в листьях тетраплоидных сортов гречихи посевной сортов Анастасия (А), Александрина (Б) и Марта (В)

Отмеченные изменения уровня пролина в растениях тетраплоидных сортов под влиянием обоих режимов ЭМИ определили их большую устойчивость, что отразилось на повышении урожайности относительно контрольных значений (рис. 2). У сортов Анастасия и Александрина наиболее позитивные результаты отмечены под влиянием Р2.1 – повышение урожайности на 46,3 % и 30,9 % соответственно, а у сорта Марта под воздействием Р2 возросла урожайность на 59,4 % относительно контроля.

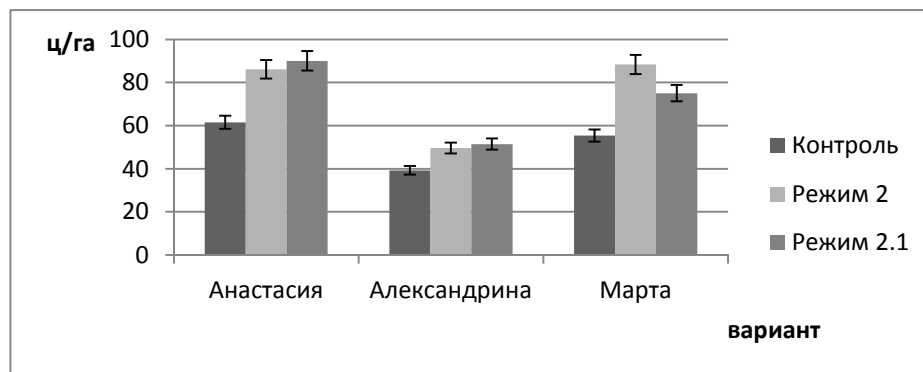


Рисунок 2 – Влияние режимов ЭМИ на продуктивность сортов тетраплоидной гречихи в условиях полевого опыта 2017 г.

Таким образом, сдвиги в накоплении пролина в растениях гречихи тетраплоидной, вероятно, есть одна из сторон механизма взаимодействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона с растительными объектами. Обсуждаемые режимы ЭМИ могут рассматриваться в технологии промышленного выращивания сортов гречихи тетраплоидной Анастасия, Александрина и Марта.

#### Список литературы

1. Аутко А. А., Долбик Н. Н., Козловский И. П. Тепличное овощеводство. Минск: Технопринт, 2003. 255 с.
2. Вавилов Г. П., Балышев Л. Н. Полевые сельскохозяйственные культуры СССР. Москва, 1975.
3. Земледелие и селекция в Беларуси. Сборник научных трудов. Вып. 42 / Редкол.: Кадыров М. А.; НАН Беларуси, Науч.-практический центр НАН Беларуси по земледелию. Минск, 2006. 39-43 с.
4. Ксенз Н. В., Качеишвили С. В. Анализ электрических и магнитных воздействий на семена // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 2000. №5. С 10–12.
5. Кузнецов Вл. В., Дмитриева Г. А. Физиология растений. М.: Изд-во "Абрис" "Высшая школа" с грифом Минвуза, 2011. 784 с.
6. Мазец Ж. Э., Кайзинович К. Я, Пушкина Н. В. и др. Влияние низкоинтенсивного электромагнитного излучения на активность амилазы в проростках *Lupinus angustifolius L.* // Труды белорусского государственного университета. Физиологические, биохимические и молекулярные основы функционирования биосистем. 2013. Т. 8, ч.2. С.96–102.
7. Николаев М. Е., Петровец В. Р. Технология и машины для посева и уборки гречихи: пособие. Горки: БГСХА, 2012. 74 с.
8. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового ячменя: метод. рекомендации. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 60 с.
9. Гречиха посевная. Выращивание, полезные свойства и применение гречки. Режим доступа: [http://www.ayzdorov.ru/tvtravnik\\_grechiha\\_posevnaya/](http://www.ayzdorov.ru/tvtravnik_grechiha_posevnaya/) (дата доступа: 15.04.2015).

10. Организационно-технологические нормативы возделывания с/х культур (сборник отраслевых регламентов) Минск «Беларусская наука. 2005. Руководители разработки: В. Г. Гусаков, Н. Ф. Прокопенко, М. А. Кадыров, П. В. Расторгуев.
11. Перспективная ресурсосберегающая технология производства ярового ячменя: метод. рекомендации. М.: ФГНУ «Росинформагротех», 2009. 60 с.
12. Стародубцева Г. П., Рубцова Е. П., Лапина Е. Н. и др. Разработка способа предпосевной обработки семян сельскохозяйственных культур импульсным электрическим полем (ИЭП) и экономическое обоснование его использования // Научный журнал КубГАУ. № 75 (01) 2012. С 1–15.
13. Bates L. S., Waldren R. P., Teare I. D. Rapid determination of free proline for water stress studies // Plant Soil. 1973. V. 39. P. 205–207.