

Оригинальная статья / Original article

https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-70-81
УДК: 635.65:631.526.32(211)

И.М. Кайгородова^{1*}, Е.Г. Козарь¹,
В.А. Ушаков¹, Т.М. Романенко¹,
А.Б. Филиппова², М.С. Анисимов²,
Е.А. Галкина³, И.В. Кузьмина⁴

¹ Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр овощеводства» (ФГБНУ ФНЦО) 143072, Россия, Московская область, Одинцовский район, п. ВНИИССОК, ул. Селекционная, д. 14

² Нарьян-Марский филиал Федерального государственного бюджетного учреждения науки Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н.П. Лаврова Уральского отделения Российской академии наук – «Нарьян-Марская сельскохозяйственная опытная станция» 166004, Россия, НАО, г. Нарьян-Мар, ул. Рыбников, д. 1А

³ Институт агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми НЦ УрО РАН 167023, Россия, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27

4АО «Концерн ГРАНИТ» 119019, Россия, г. Москва, Гоголевский бульвар, д. 31, стр. 2

*Автор для переписки: kaigorodova-i@mail.ru

Вклад авторов: Кайгородова И.М., Филиппова А.Б.: проведение исследования; Кайгородова И.М., Галкина Е.А.: изучение литературы, обработка и анализ экспериментальных данных, создание черновика рукописи, Козарь Е.Г.: концептуализация, обобщение полученных данных, написание и редактирование рукописи, Романенко Т.М.: администрирование проекта исследования, Ушаков В.А.: научное руководство исследованием, редактирование рукописи; Анисимов М.С., Кузьмина И.В.: обработка и анализ экспериментальных данных, редактирование рукописи.

Благодарности. Авторы выражают благодарности коллегам из ФГБНУ ФНЦО (лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, лабораторно-аналитического отдела), Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции ФИЦКИА УрО РАН, института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и АО «Концерн ГРАНИТ».

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Кайгородова И.М., Козарь Е.Г., Ушаков В.А., Романенко Т.М., Филиппова А.Б., Анисимов М.С., Галкина Е.А., Кузьмина И.В. Испытание новой технологии «TOR» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом. *Овощи России*. 2025;(1):70-81. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-70-81>

Поступила в редакцию: 14.11.2024

Принята к печати: 10.12.2024

Опубликована: 28.12.2024

Irina M. Kaigorodova¹, Elena G. Kozar'¹,
Vladimir A. Ushakov¹, Tatyana M. Romanenko²,
Anastasiya B. Filippova², Mikhail S. Anisimov²,
Ekaterina A. Galkina³, Irina V. Kuzmina⁴

¹ Federal State Budgetary Scientific Institution Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC) 14, Selektsionnaya str., VNIISOK, Odintsovo district, Moscow region, Russia, 143072

² Naryan-Mar branch Federal Research Center for Comprehensive Study of the Arctic named after Academician N.P. Laverov Ural Branch of the Russian Academy of Sciences – Naryan-Mar Agricultural Experimental Station 1A, Rybnikov street, Naryan-Mar, NAO, Russia, 166004

³ A.V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences 27, Rucheynaya street, Syktivkar, Komi Republic, Russia, 167023

⁴ JSC «Concern GRANIT» 31, bldg. 2, Gogolevsky blvd., Moscow, Russia, 119019

*Correspondence Author: kaigorodova-i@mail.ru

Authors' Contribution: Kaigorodova I.M., Filippova A.B.: conducting research; Kaigorodova I.M., Galkina E.A.: studying literature, processing and analyzing experimental data, creating a draft manuscript, Kozar' E.G.: conceptualization, generalization of the obtained data, writing and editing of the manuscript; Romanenko T.M.: administration of the research project; Ushakov V.A.: scientific management of the research, editing of the manuscript; Anisimov M.S., Kuzmina I.V.: processing and analysis of experimental data, editing of the manuscript.

Acknowledgments. The authors express their gratitude to their colleagues from the FSBSI FSVC (laboratory of selection and seed production of vegetable legumes, laboratory and analytical department), Naryan-Mar Agricultural Experimental Station, Institute of Agrobiotechnology of the Federal Research Center of Komi Scientific Center and JSC Concern GRANIT.

Conflict of interest. The authors declare no conflicts of interest.

For citation: Kaigorodova I.M., Kozar' E.G., Ushakov V.A., Romanenko T.M., Filippova A.B., Anisimov M.S., Galkina E.A., Kuzmina I.V. Testing of the new technology «TOR» on vegetable legumes crops varieties by the FSBSI FSVC breeding the Arctic Circle. *Vegetable crops of Russia*. 2025;(1):70-81. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2025-1-70-81>

Received: 14.11.2024

Accepted for publication: 10.12.2024

Published: 28.12.2024

Испытание новой технологии «TOR» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФНЦО за Северным полярным кругом

Check for updates



РЕЗЮМЕ

Актуальность. В условиях сурового климата Арктики, где теплый сезон с максимальной среднесуточной температурой выше 10 °С, длится всего три месяца, ученые отрасли растениеводства проводят испытания и создают уникальные сорта сельскохозяйственных культур, которые смогут обеспечить северные регионы свежей и богатой витаминами овощной продукцией.

Материалы и методы. В Ненецком автономном округе на базе Нарьян-Марской опытной сельскохозяйственной станции проведено испытание инновационной технологии праймирования семян овощных бобовых культур электромагнитным воздействием, разработанным АО «Концерн ГРАНИТ» аппаратом «TOR» на отечественных сортах гороха овощного и бобов овощных селекции Федерального научного центра овощеводства (ФГБНУ ФНЦО).

Результаты. Испытанные сорта овощных бобовых культур за Северным полярным кругом смогли полностью реализовать свой продуктивный потенциал, а полученные результаты наблюдений за ростом и развитием культур подтвердили наличие благоприятных для выбранных культур условий. Качество овощной продукции и полученных семян овощных бобовых культур в Заполярье в 2024 году оказалось выше, чем в Подмоскovie за счет более низкой фитопатогенной нагрузки. Электромагнитное праймирование аппаратом «TOR» позволило получить в условиях Крайнего Севера продуктивность зеленого горошка у отзывчивых сортов и семенной продуктивности у бобов – на 3-16% и на 12-35% соответственно больше относительно контроля. Благодаря применению аппарата «TOR» отмечается ускорение созревания, повышение урожайности и качества продукции, что особенно актуально в условиях короткого вегетационного периода. Таким образом, благоприятные условия и конкурентные возможности, обусловленные географическим расположением Российского Севера, создают перспективы для развития производства органической продукции на экологически чистых территориях. Такая продукция может быть конкурентоспособной не только на региональном, но и на национальном и международном продовольственных рынках.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА:

Северный полярный круг, Арктическое земледелие, горох овощной, бобы овощные, продуктивность, качество продукции, свежие овощи, электромагнитное излучение, праймирование, семена

Testing of the new technology «TOR» on vegetable legum crops varieties by the FSBSI FSVC breeding the Arctic Circle

ABSTRACT

Relevance. In the harsh climate of the Arctic, where the warm season with a maximum average daily temperature above 10 °C lasts only three months, scientists in the crop industry are conducting tests and creating unique varieties of crops that will be able to provide the northern regions with fresh and vitamin-rich vegetable products.

Materials and Methods. In the Nenets Autonomous Okrug, at the Naryan-Mar Experimental Agricultural Station, an innovative technology for priming seeds of vegetable legumes with electromagnetic exposure developed by JSC «Concern GRANIT» with the «TOR» device was tested on domestic varieties of *Pisum sativum* L. and *Vicia Faba* L. selected by the Federal Scientific Vegetable Center (FSBSI FSVC).

Results. The tested varieties of vegetable legumes beyond the Arctic Circle were able to fully realize their productive potential, and the results of observations of the growth and development of crops confirmed the presence of favorable conditions for the selected crops. The quality of vegetable products and the obtained seeds of vegetable legumes in the Arctic in 2024 turned out to be higher than in the Moscow region due to a lower phytopathogenic load. Electromagnetic priming with the «TOR» device made it possible to obtain, in the conditions of the Far North, the productivity of green peas in responsive varieties and seed productivity in beans – by 3-16% and 12-35%, respectively, more than in control. Thanks to the use of the «TOR» device, acceleration of ripening, an increase in yield and product quality are noted, which is especially important in the conditions of a short growing season. Thus, favorable conditions and competitive opportunities for agriculture in the geographical location of the Russian North provide good opportunities to produce organic products in ecologically clean areas, which will be competitive not only in the regional, but also in the national and international food markets.

KEYWORDS:

Arctic Circle, Arctic agriculture, *Pisum sativum* L., *Vicia Faba* L., productivity, product quality, fresh vegetables, electromagnetic radiation, priming, seeds.

«...не климат удерживал Печорское сельскохозяйственное развитие, а условия, ничего общего с климатом не имеющие.

И недалеко, надеемся, то время, когда приполярное изобилие света будет использовано на благополучие России...»

А.В. Журавский (географ, биолог, этнограф, основоположник научного хозяйственного освоения Крайнего Севера)

В условиях сурового климата Арктики, где теплый сезон с максимальной среднесуточной температурой выше 10°C, длится всего три месяца, ученые отрасли растениеводства проводят испытания и создают уникальные сорта сельскохозяйственных культур, которые смогут обеспечить северные регионы (Архангельская область, Республика Коми и Ненецкий автономный округ) свежей и богатой витаминами овощной продукцией. Исторически считалось невыгодным заниматься овощеводством в тех краях, расположенных выше 65° с.ш., даже выращиванием картофеля. Во время остановки путешественником А.И. Шренком на левом берегу Печи в Тиманском приходе в 1895 году записано: «Одно крестьянское семейство, несколько лет сряду пыталось сеять зерновой хлеб, но, наконец, решительно бросило это занятие, потому что, кроме ячменя, у него ничего не созревает, даже редька и морковь ежегодно дают тоненькие корешки» [1; 2]. В начале XX века возможность северного земледелия доказал основатель сельскохозяйственной науки на Европейском Севере России А.В. Журавский. В 1911 году распоряжением Департамента земледелия России в Усть-Цильме была открыта Печорская сельскохозяйственная опытная станция, основателем и первым директором которой и стал А.В. Журавский. Он убедительно доказал, что «Не климат удерживал Печорское сельскохозяйственное развитие, а условия, ничего общего с климатом не имеющие. И недалеко, надеемся, то время, когда приполярное изобилие света будет использовано на благополучие России...» [3]. Целесообразность «осеверения» земледелия обосновывали также Д.Н. Прянишников [4], Н.И. Вавилов [5] и другие ученые [6].

Большая роль в научном обеспечении развития земледелия в северном округе принадлежит Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции (Н-МСХОС), открытой в 1932 году и впервые доказавшей возможность выращивания сельскохозяйственных культур, что стало началом научно обоснованного развития в округе новой отрасли земледелия. Большая работа проведена сотрудниками станции в 1939 году по выявлению возможностей произрастания зерновых культур. На небольших деляночных опытах было высеяно 100 сортов пшеницы, ячменя и овса. Наряду с отечественными, были и сорта из Канады, Австралии, Турции и Норвегии. Наиболее приспособленными к климатическим условиям Крайнего Севера из этих культур оказался ячмень. После посещения округа в 1938 году академиком О.Ю. Шмидтом (начальником Главсевморпути) на строительство блочной и клинковой теплиц станции были выделены средства для организации овощеводства закрытого грунта. С этого

времени на станции начались плановые экспериментальные и производственные исследования в области овощеводства.

В те годы господствовало мнение о невозможности развития в Ненецком округе овощеводства в открытом грунте, и оно должно идти только по линии защищенного грунта, а значит с использованием дорогостоящих теплиц и парников. Эти «теории» сотрудниками станции были опровергнуты. За три года плодотворной работы была доказана, не только возможность произрастания овощных культур, таких как капуста, брюква, репа, морковь и картофель, но и получение их хороших урожаев [7]. В 1943 году на Н-МСХОС продолжены работы по испытанию новых культур: сахарной свеклы, льна, махорки, чеснока, моркови, репы, брюквы, капусты. Проведенные испытания показали возможность их выращивания в климатических условиях округа.

С годами ассортимент культур обновлялся (петрушка, ревен, просо, листовая горчица, лук, пастернак, гречиха). Вопросами возделывания картофеля в округе станция занималась более 30 лет, с момента ее основания и в течение почти 20 лет перед ней ставили одни и те же вопросы, касающиеся опровержения невозможности развития в округе земледелия открытого грунта. Путем кропотливого труда создавались коллекционные питомники по картофелю и кормовым травам. В коллекцию входил сорт картофеля К-6 устойчивый к заморозкам до -2,5 °С, урожайность, которого доходила до 200 ц/га. Параллельно проводились работы по изучению возможности ведения семеноводства. В результате проведенных исследований отработана технология получения семян на территории округа. Так, в 1944 году были получены семена брюквы, репы, редьки, свеклы, капусты и турнепса [7; 8]. Однако, после ВОВ в связи с ликвидацией хозяйств в государственных и кооперативных организациях ввиду активизации «северного завоза» сельскохозяйственной продукции из центральных областей, площади сельхозугодий сократились до уровня огородничества.

С изменением климатических условий за последние 30 лет, результатом которых стало наступление ранних весен, увеличение вегетационного периода, отсутствие ранних заморозков в августе, снижение частоты неблагоприятных погодных явлений (туманы, перепады температур и др.) сложились наиболее благоприятные условия для развития овощеводства и картофелеводства в округе [9, 10]. В настоящее время в Архангельской области, Республике Коми и Ненецком автономном округе сформировался своеобразный «банк здоровых сортов картофеля», кото-

рый активно развивается. Семенной картофель, полученный в северных регионах, обладает целым набором преимуществ. Одним из главных факторов – это глубокое промерзание почвы зимой, что является естественной защитой клубней от болезней. Продолжительный полярный день и обилие летних осадков способствуют интенсивному развитию растений, а прохладная погода во время сбора урожая сохраняет качество клубней при хранении [11].

Директор станции, кандидат биол. наук Татьяна Михайловна Романенко, рассказала, что активная работа с овощными культурами на станции в этом регионе продолжалась, по архивным данным, до 1965 года при тесном сотрудничестве с Грибовской селекционно-опытной станцией (ныне – головное учреждение ФГБНУ ФНЦО). Согласно отчетам о научно-исследовательской работе с 1932 по 2015 года, сохранившимся в архиве станции, отечественные образцы различных овощных культур проходили экологическое испытание, подбирались сортимент адаптированных к местным условиям сорта, разрабатывались элементы технологии овощеводства и ведения их семеноводства за Северным полярным кругом. В ежегодных отчетах, представлены результаты исследований по капусте белокочанной – сорт Номер первый, томату – сорт Грунтовый скороспелый, моркови – сортов Нантская и Шантенэ, репы – сорт Петровская, редьки – сорт Грайворонская, редиса – сорт Розовый с белым кончиком и др. В 2024 году, спустя почти 60 лет, сотрудничество вновь возобновлено [12].

В настоящее время существует необходимость разработки современных технологических приемов выращивания сельскохозяйственных культур в агроклиматических условиях Арктики, направленных на ускорение их созревания и повышения урожайности в условиях короткого лета и полярного дня, в том числе и с использованием инновационных технологий обработки посадочного и посевного материала. Особое внимание исследователей и практиков сельскохозяйственного производства в последние годы привлекают инвазивные методы стимуляции прорастания семян и развития растений, способствующие более полной реализации генетически заложенного в сорте (гибриде) продуктивного потенциала.

Прорастание семян и появление всходов является важным этапом роста растений. Для улучшения показателей всхожести используется, так называемое праймирование, т.е. различные способы обработки и физические воздействия на семена в период предпосевной подготовки. Использование праймированных семян позволяет получить быстрые и дружные всходы, хотя такие семена имеют высокую стоимость. Существует несколько способов инвазивного праймирования: осмопраминг, гидропраминг, галопраминг и прайминг твердого матрикса [13, 14]. В процессе большинства типов обработок семена достигают высокого содержания влаги до определенного уровня, а после должны быть высушены до влажности 7-8% для безопасного сохранения семян в процессе посева. При неблагоприятных условиях хранения такие семена могут портиться быстрее, чем семена без обработки, а во многих случаях праймированные семена вообще не пригодны к длительному хранению [15, 16].

На таких специфических культурах, как бобовые, не все способы праймирования можно использовать из-за биологических особенностей самих семян. Поэтому есть интерес использования приемов праймирования с помощью неинвазивного физического воздействия: различных газов, холодной плазмы, лазера и электромагнитных излучений, в результате чего возникает эустресс – форма стресса, благоприятно влияющая на развитие растительного организма. Кроме того, ростостимулирующие физические воздействия на семена, клубни, луковицы, проростки или взрослые растения имеют наибольший интерес с точки зрения получения экологически безопасной продукции.

Магнитные и электрические поля являются физическими факторами, которые широко испытываются и применяются в сельскохозяйственной практике. Повышение урожайности и качества продукции достигается за счет более полной реализации генетического, физиологического, иммунологического, биохимического потенциала растений после обработки в оптимальных дозах. Активные исследования влияния магнитного и электрического поля на семена растений, урожайность и качество урожая начались в СССР, США, Канаде, Франции в середине 50-х годов 20-го века. Первыми стали на практике в больших промышленных масштабах использовать электромагнитные установки для обработки семян сельхозпроизводители Канады. Так, в 1970 году в провинции Альберта, одном из основных зерновых регионов Канады электромагнитной обработке подвергались семена для площади более 20 тыс. га. Затем в различных регионах СССР в 1980-1992 годах проводились широкомасштабные испытания электромагнитной обработки семян на десятках тысяч гектаров. Зафиксированы многочисленные положительные результаты при крайне низких эксплуатационных затратах. Средняя величина повышения урожайности зерновых культур (пшеница, рожь, ячмень, овес, кукуруза) составила 10-12%. Но, были и более высокие результаты: повышение урожайности зерновых культур на 18-22%, овощных культур на 22-30% [17].

Важно отметить, что такая обработка семян, как магнитопрайминг, применяемая на сухих семенах, не требует дальнейшей сушки и хранения при специальных условиях. Исследования многих ученых в различные годы с использованием магнитного поля в качестве неинвазивного метода повышения урожайности сельскохозяйственных культур показали повышение энергии прорастания и скорость роста проростков многих культур [18-21]; улучшение ростовых процессов растений и высокую способность клеток к пролиферации [22, 23]; повышение содержания фотосинтетических пигментов и эффективности работы фотосистемы; повышение устойчивости к таким неблагоприятным факторам окружающей среды, как засоленность почв и воды, вымокание грунтов и высокая интенсивность ультрафиолета [24, 25]. Результаты исследований магнитопрайминга на различных овощных культурах (томат, перец сладкий, лук репчатый, капуста цветная, капуста белокочанная и морковь столовая) показывают не только повышение всхожести семян (на 8-14%),

но и увеличение линейного роста корней и побегов [26]. Отмеченное стимулирующее действие магнитного поля на проростках пшеницы позволило предположить механизм данного воздействия на ростовые процессы за счет стимуляции окислительного стресса в растениях, изменения проницаемости мембран, увеличения концентрации минеральных элементов в клетке [27].

Одним из недостатков метода является необходимость точной корректировки условий обработки семян каждого вида, сорта или даже партии семян [28], поскольку получение максимальной эффективности от магнитоприминга зависит от целого ряда факторов, таких как период и интенсивность воздействия, возраст, плоидность и сложность строения целевого органа или ткани, условия выращивания растений и т.д. [29]. Поэтому, известный российский ученый в области физической химии и химической физики Бучаченко А.Л. указывал на важность изучения процессов магнитобиологии. Исследования магнитно-зависимых механизмов двух ключевых жизнеобеспечивающих процессов – синтеза АТФ и репликации ДНК, где ключевым элементом концепции служит ион-радикальная пара, в которой конкуренция химических и физических процессов (прямой и обратный переносы электрона, спиновая магнитно-индуцированная конверсия, а также реакции распада и присоединения радикалов) управляется магнитными взаимодействиями. Синтез АТФ и репликация ДНК играют главную роль в функционировании живых организмов: в делении клеток, в работе генетического аппарата, в экспрессии генов и синтезе соответствующих им ферментов, в управлении биологическими часами [30]. Ион-радикальные механизмы, возможно, являются ключом к пониманию многочисленных явлений, наблюдаемых в магнитобиологии, а исследования способов управления этими процессами позволят найти подход и совершенствование и такой технологии как праймирование семян магнитными полями.

Таким образом, использование электромагнитных излучений является одним из перспективных способов обработки семян, который обладает следующими преимуществами – дешево, быстро, неинвазивно, экологично. В настоящее время учеными создаются различные типы современных излучателей и разрабатываются способы их применения в сельскохозяйственной практике (31, 32). В связи с этим, целью наших исследований является изучение реакции различных сортов гороха овощного на дистанционную обработку посевов аппаратом «ТОР». Принцип действия прибора базируется на применении особого широкополосного, неионизирующего нетеплового импульсного электромагнитного излучения (ЭМИ). Существенным достоинством является, не только бесконтактный характер электромагнитных излучений аппарата «ТОР» (ЭМИ «ТОР»), но и возможность его применения для обработки посевов на участках до 10 га и больших складских помещений.

Условия, материал и методы исследований

Город Нарьян-Мар находится за Северным полярным кругом ($67^{\circ}38'16''$ с.ш. $53^{\circ}00'24''$ в.д.), расположен в низовьях реки Печоры, в 110 км от Баренцева моря. Его климат субарктический, с долгой морозной зимой и коротким прохладным летом. С 21 мая по 21 июля в регионе период солнцестояния – полярный день (рис. 1).

Посев бобовых овощей проводят в ранние сроки при наличии необходимой высокой влажности почвы для лучшего и быстрого прорастания семян. В Ненецком автономном округе эти культуры возможно сеять в середине июня, когда растаял снег и прогрелась почва. Сильным отличием погодных условий 2024 года от среднемноголетних значений стало долгое наступление благоприятных условий для начала вегетации опытных культур, а выпавшие осадки в июне в основном отмечены в виде снега и 90% которых пришлось на начало месяца (табл. 1).



Рис. 1. Географическое расположение Ненецкого автономного округа
Fig. 1. Geographical location of the Nenets Autonomous Okrug

Таблица 1. Температура воздуха и количество осадков за вегетационный период 2024 года (метеостанция г. Нарьян-Мар)
Table 1. Air temperature and precipitation for the growing season of 2024 (Naryan-Mar weather station)

Месяц, показатель	Температура воздуха, °С		Сумма осадков, мм	
	2024 год	среднемноголетнее значение	2024 год	среднемноголетнее значение
Июнь	6,8	7,5	68,0	49,7
Июль	15,7	14,0	40,0	49,7
Август	13,2	11,0	7,3	67,4

*<https://rp5.ru>

Дефицит влаги был отмечен в течение всего периода вегетации, а уровень температуры воздуха был выше среднемноголетних значений. В целом погодные условия 2024 года позволили растениям овощных бобовых культур сформировать продуктивность зеленого горошка (горох) и зеленых бобов (бобы).

Опытный участок Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции размещался вблизи города Нарьян-Мар (67.676686, 53.119970). Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая, окультуренная, слабокислой реакции, не отличается высокими показателями плодородия. Агрохимические показатели: рН водный. 6,6-6,8; рН солевой 5,8-6,0; С орг. 1,40-1,45%; N орг. 0,6-0,7%, P₂O₅ – 0,18-0,21%.

Материал: аппарат «ТОР» производства АО «Концерн ГРАНИТ» (рис. 2), семена и растения сортов бобов овощных – Велена, Русские черные, гороха овощного – Каира, Корсар, Крейсер селекции ФГБНУ ФНЦО. Варианты опыта: 1 – контроль (без обработки),

зателей проводили в соответствии с общепринятыми методиками [35-37]. Площадь учетной делянки – 2 м², повторность – трехкратная, число учетных растений с повторности – 15 шт. В конце вегетационного периода проводили учеты в фазу технической спелости, измеряли морфометрические показатели растений и среднюю продуктивность зеленого горошка (горох овощной) и продуктивность семян (бобы овощные). Семена бобов овощных дозаривали в бобах, при достижении влажности семян около 10% – проводили учет семенной продуктивности.

Фенологические наблюдения и оценку морфометрических параметров проводили на базе Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции филиала ФИЦ комплексного изучения Арктики. Микробиологическую оценку почвы в вариантах опыта проводили на базе лабораторно-аналитического отдела (ЛАО ФГБНУ ФНЦО) согласно соответствующим методикам.



Рис. 2. Аппарат «ТОР»
Fig. 2. The «TOR» device



Рис. 3. Посев семян и обработка аппаратом «ТОР» опытных участков, г. Нарьян-Мар
Fig. 3. Sowing seeds and processing with the «TOR» apparatus of experimental plots, Naryan-Mar



2 – обработка воздушно-сухих семян ЭМИ «ТОР» до посева, экспозиция 5 минут, 3 – обработка опытного участка ЭМИ «ТОР» на следующие сутки после посева семян в грунт, экспозиция 15 минут (рис. 7). Настройка режима обработки проводилась в соответствии с рекомендованными авторами параметрами (Патент РФ №2765973 от 07 февраля 2022 года) [33].

Посев проводили вручную, норма высева из расчета 100 шт/м² (горох) и 30 шт/м² (бобы). Агротехника выращивания – общепринятая (прополка, мотыжение, полив) [34]. Внешний вид опытного участка на разных стадиях вегетации бобовых культур представлен на рисунке 8.

Учеты и наблюдения. Учет фенотипических, морфометрических параметров и биохимических пока-



Рис. 4. Посевы овощных бобовых культур на разных этапах вегетации, г. Нарьян-Мар
Fig. 4. Crops of vegetable legumes at different stages of vegetation, Naryan-Mar

Содержание углеводов (сахаров) в зеленом горошке по шкале BRIX [38] измеряли ручным рефрактометром PAL-1 производства компании «АТАГО» (Япония).

Основным критерием характера и направленности действия ЭМИ прибора «ТОР» на изучаемые параметры растений служил показатель биологической эффективности (БЭ%), отражающий отклонение значений в опыте от контроля, выраженное в процентах, которую рассчитывали по соответствующей формуле.

Обработку полученных данных проводили методами статистического анализа с использованием пакета ANOVA программы EXEL 2010 по стандартным методикам [39].

Результаты исследований

Горох овощной. Появление всходов растений гороха овощного на опытных и контрольных участках после посева ожидалось длительный период (до одного месяца), так как сложившиеся условия недостатка влаги в почве не позволили семенам своевременно прорасти. Полевая всхожесть в опытных вариантах у всех сортов была отмечена ниже уровня контрольных значений на 7-28%. Лишь растения сорта Крейсер в варианте с обработкой после посева имели всхожесть на уровне контроля – 81% (табл. 2). Это указывает на необходимость подбора сроков сева и проведения дополнительных агроприемов (полив) для обеспечения оптимальных условий прорастания праймированных семян гороха овощного. Несмотря на позднее появление всходов, растения всех сортов успели сформировать зеленую массу и завязать зеленые бобы, часть из которых достигла технической спелости (рис. 5). При этом обработка электромагнитным праймированием семян до посева позволила сформировать растениям массу больше на 15-27% в зависимости от сорта и на 5-37% – при обработке после посева.

Сортоспецифичность направленности эффектов отмечена по признаку число продуктивных узлов: два сорта Каира и Корсар положительно реагировали на ЭМИ «ТОР», где разница составила 9-27%, а сорт Крейсер с детерминантным типом роста стебля, формировал на 8-16% продуктивных узлов меньше контроля. На признак число бобов ЭМИ праймирование положительно отразилось только на сорте Каира, растения которого сформировали на 8-12% бобов больше, чем в контроле. У других сортов гороха овощного отмечено несущественное снижение величины этого признака относительно контрольного варианта. Общий потенциал продуктивности растений, который можно оценить по числу завязавшихся незрелых бобов (стадия лопатки), в опытных вариантах был наиболее высоким на сорте Корсар, где обработка семян ЭМИ до и после посева приводила к их большему образованию на 30-113% соответственно относительно контроля, тогда как у сорта Крейсер, наоборот, к снижению на 13-100%.

На показатель масса боба у всех сортов отмечено положительное влияние ЭМИ «ТОР», в среднем по вариантам обработки получено увеличение на 17%. Менее отзывчивым, но все же с положительной реакцией характеризовался признак длина боба, значения которого на 5-11% превысили контроль в зависимости от варианта обработки (табл. 2). Электромагнитное праймирование также положительно сказалось на озерненности бобов, особенно у сорта Корсар в 3 варианте при обработке после посева, а у сорта Крейсер – во втором варианте при обработке семян до посева. В данных вариантах среднее число семян в бобе превысило контроль на 27%. В остальных вариантах биологическая эффективность действия ЭМИ составила 4-7% (табл. 3).

Таблица 2. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на полевую всхожесть и биометрические показатели растений сортов гороха овощного в условиях Заполярья

Table 2. The effect of treatment with the «TOR» apparatus on field germination and biometric parameters of vegetable pea varieties in the Arctic

Сорт	№ варианта*	Полевая всхожесть, %	Масса растения		Число продуктивных узлов		Число бобов		Число лопаток		Масса бобов		Длина боба	
			г	БЭ, %	шт./раст.	БЭ, %	шт./раст.	БЭ, %	шт./раст.	БЭ, %	г/раст.	БЭ, %	см	БЭ, %
Каира	1	51	19,9		2,5		2,1		1,2		8,8		7,7	
	2	44	25,3	27	2,9	17	2,3	8	1,6	35	10,3	17	8,2	7
	3	41	20,9	5	2,7	9	2,4	12	1,1	-5	9,5	8	8,3	8
Корсар	1	38	31,8		3,9		4,6		1,8		13,2		7,4	
	2	25	36,6	15	4,3	9	4,5	-1	2,3	30	15,3	16	7,7	4
	3	25	43,5	37	4,9	26	4,5	-3	3,8	113	16,7	27	8,2	11
Крейсер	1	81	26,0		2,6		5,4		2,0		11,3		5,1	
	2	53	31,5	21	2,1	-16	5,3	-2	0,0	-100	14,1	25	5,5	8
	3	81	27,4	5	2,3	-8	5,1	-5	1,8	-13	12,4	10	5,4	5
НСР ₀₅		8	2,9		0,4		0,5		0,4		1,0		0,3	

*Варианты: 1 – контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 – обработка в поле после посева

* БЭ – биологическая эффективность



Рис. 5. Бобы гороха овощного в технической стадии спелости, г. Нарьян-Мар
 Fig. 5. Beans of *Pisum sativum* L. in the technical stage of ripeness, Naryan-Mar

Таблица 3. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на продуктивность растений сортов гороха овощного в условиях Заполярья
 Table 3. The effect of processing by the «TOR» apparatus on the productivity of *Pisum sativum* L. in the Arctic

Сорт	№ варианта*	Число семян в бобе		Продуктивность зеленого горошка		Brix	
		шт.	БЭ,%	г	БЭ,%	%	БЭ,%
Каира	1	6,3		2,8		17,2	
	2	7,2	14	2,6	-8	15,6	-9
	3	6,6	4	2,7	-4	15,5	-10
Корсар	1	4,6		3,8		17,7	
	2	4,9	7	4,0	6	17,0	-4
	3	5,8	27	4,1	7	18,0	2
Крейсер	1	4,1		3,3		17,0	
	2	5,2	27	3,8	16	16,7	-2
	3	4,4	7	3,4	3	16,1	-5
НСР ₀₅		0,3		0,2		1,4	

*Варианты: 1 - контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 - обработка в поле после посева
 * БЭ - биологическая эффективность

В итоге, несмотря на различную отзывчивость на ЭМИ, обработки установкой «ТОР» позволили растениям сортов Корсар и Крейсер на момент учета сформировать более высокую продуктивность зеленого горошка по сравнению с контролем, а именно на 6-16% при воздействии электромагнитного излучения на семена до посева и на 3-7% после посева. На сорте Каира продуктивность незначительно снизилась относительно контроля (на 4-8%), в основном за счет меньшего числа продуктивных узлов на опытных растениях, что скорее всего обусловлено детерминантным типом роста этого сорта.

Важно отметить, что выращенная продукция зеленого горошка испытанных сортов гороха овощного, благодаря отсутствию фитопатогенов в условиях Заполярья, имела высокие товарные качества (рис. 9). Это подтверждает показатель BRIX (более 14%), но при

этом, отрицательная разница между контролем и показателями BRIX опытных вариантов, может свидетельствовать об ускорении процесса развития растений и созревания зеленого горошка под влиянием обработок ЭМИ «ТОР», что особенно актуально в условиях короткого вегетационного периода данного региона.

Бобы овощные. Растения разных сортов бобов овощных также имели различную степень чувствительности к обработке ЭМИ аппаратом «ТОР» в зависимости от варианта праймирования (табл. 4). На полевую всхожесть сорта Русские черные ЭМИ праймирование оказало нейтральный или небольшой отрицательный (+2% и -9%) эффект, как и на горохе. Положительную реакцию проявили растения сорта Велена, на посевах которых получено увеличение всхожести от 3% (обработка после посева) до 6% (обработка до посева) относительно контроля. У этого сорта также отмечено уве-

Таблица 4. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на рост растений сортов бобов овощных в условиях Заполярья
Table 4. The effect of treatment with the «TOR» apparatus on the growth of *Vicia faba* L. varieties in the Arctic

Сорт	№ варианта*	Полевая всхожесть	Высота растени		Площадь листа		Длина боба		Число семян в бобе		Процент растений, завязавших бобы	
		%	см	БЭ, %	см ²	БЭ, %	см	БЭ, %	шт.	БЭ, %	%	БЭ, %
Русские черные	1	89	49,8		36		7,3		2,6		94	
	2	91	49,0	-2	34	-5	7,5	3	2,4	-7	97	3
	3	80	45,2	-9	34	-6	7,6	5	2,9	12	100	6
Велена	1	91	56,4		40		8,2		3,0		100	
	2	97	64,5	14	47	18	8,9	8	3,5	17	88	-12
	3	94	57,8	3	48	20	9,4	15	3,7	23	85	-15
НСР ₀₅		3	1,2		4		0,2		0,3			

*Варианты: 1 - контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 - обработка в поле после посева
* БЭ - биологическая эффективность

личение высоты растения на 3-14% и увеличение средней площади листа на 18-20%, тогда как растения сорта Русские черные имели показатели ниже контрольных значений (табл. 4).

Иная реакция сортов на обработку электромагнитным излучением отмечена по способности растений завязывать бобы в сложившихся условиях года. Так, отмечено, что доля растений, завязавших бобы у сорта Велена был ниже на 12-15% по отношению к контролю, где каждое растение сформировало бобы. У сорта Русские черные, наоборот, отмечена положительная динамика, особенно в варианте с обработкой после посева, где доля растений, сформировавших бобы

достигала 100%. В то же время, у обоих сортов отмечена положительная тенденция влияния ЭМИ «ТОР» на признаки самих бобов, которые имели большую длину на 8-15% и формировали большее число семян в бобе на 17-23% в зависимости от варианта обработки, а при обработке ЭМИ после посева - на элементы продуктивности. Семенная продуктивность растений в данных вариантах увеличилась на 12% у сорта Русские черные и на 35% у сорта Велена. У растений сорта Велена положительное действие наблюдали также и при праймировании семян до посева (табл. 5).

Так, растения сорта Велена формировали число бобов на 22-23% и имели массу на 21-43% больше конт-

Таблица 5. Влияние обработки аппаратом «ТОР» на продуктивность растений сортов бобов овощных в условиях Заполярья
Table 5. The effect of treatment with the «TOR» apparatus on the productivity of *Vicia faba* L. varieties in the Arctic

Сорт	№ варианта	Число бобов		Масса бобов		Семенная продуктивность		Масса 1000 семян	
		шт./раст.	БЭ, %	г/раст.	БЭ, %	г/раст.	БЭ, %	г	БЭ, %
Русские черные	1	6,6		34,3		3,4		346,3	
	2	5,6	-15	31,6	-8	3,4	0	346,3	0
	3	7,4	12	42,9	25	3,8	12	347,8	0
Велена	1	5,8		41,9		4,1		372,9	
	2	7,1	22	50,7	21	4,9	19	373,3	0
	3	7,1	23	59,8	43	5,5	35	391,5	5
НСР ₀₅		1,2		3,6		0,3		10,4	

*Варианты: 1 - контроль без обработки; 2 - обработка воздушно-сухих семян до посева; 3 - обработка в поле после посева
*БЭ - Биологическая эффективность



Рис. 6. Бобы бобов овощных в технической стадии спелости, г. Нарьян-Мар

Fig. 6. Beans of *Vicia faba* L. in the technical stage of ripeness, Naryan-Mar



А. сорт Велена
A. cv. Velena

Б. сорт Русские черные
B. cv. Russkie chernye

С. сорт Велена
C. cv. Velena

Д. сорт Русские черные
cv. Russkie chernye

Рис. 7. Семена бобов овощных, выращенных в условиях Заполярья (А, Б) и Московской области (С, Д)

Fig. 7. Seeds of vegetable beans grown in the Arctic (A, B) and Moscow region (C, D)

роля, в зависимости от обработки. При этом отмечено увеличение посевных единиц с растения на 35-40%. У сорта Русские черные значимые положительные эффекты были получены только при обработке ЭМИ «ТОР» после посева, где влияние на элементы продуктивности выражено прибавкой на 7-25% в зависимости от признака. А обработка до посева семян этого сорта привела к нейтральному действию на выход семян с растения.

Выращенная продукция бобов овощных благодаря отсутствию фитопатогенов в условиях Заполярья имела высокие товарные качества (рис. 6).

Обработка ЭМИ «ТОР» не повлияла на массу 1000 семян бобов овощных, выращенных в условиях Заполярья. Исключение составил только вариант с обработкой посевов сорта Велена, где отмечена положительная разница в 5% относительно контро-

ля. В условиях Подмосквья 1000 семян бобов овощных сорта Велена при обработке аппаратом «ТОР» в среднем имели массу 693 г. Это в два раза выше массы 1000 семян, полученных в условиях Заполярья. Полученный семенной материал из Нарьян-Мара характеризовался отсутствием симптомов поражения семенной инфекцией, в отличие от выращенного в Московской области – п. ВНИИС-СОК (рис. 7).

Однако, интересно отметить, что эффективность обработки посевов ЭМИ «ТОР» бобов овощных сорта Велена по признаку семенная продуктивность в сложившихся в этом году неблагоприятных условиях Подмосквья (майское похолодание и летняя засуха) и напряженная фитопатологическая обстановка составила 35%.



С коллегами Нарьян-Марской сельскохозяйственной опытной станции ФИЦКИА УрО РАН, института агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН и АО «Концерн ГРАНИТ»

Заключение

Почвенно-климатические условия г. Нарьян-Мар в низовьях реки Печора позволяют возделывать холодостойкие культуры с коротким вегетационным периодом (середина июня – середина сентября). Испытанные сорта овощных культур селекции ФГБНУ ФНЦО в условиях короткого лета и полярного дня на фоне повышенного магнетизма смогли полностью реализовать свой продуктивный потенциал. Качество овощной продукции и полученных семян овощных бобовых культур в Заполярье в этом году оказалось выше, чем в Подмоскowie за счет более низкой фито-

патогенной нагрузки. Анализ данных свидетельствует о перспективности применения ЭМИ «ТОР» для праймирования посевов семян овощных культур и необходимости проведения целенаправленных исследований использования этой технологии. Благодаря применению аппарата «ТОР» отмечается ускорение созревания, повышается урожайность и качество продукции, что особенно актуально в условиях короткого вегетационного периода. Полученные результаты можно экстраполировать на другие регионы Арктики, примыкающие к Северному морскому пути.

Литература

1. Краткое историческое описание приходов и церквей Архангельской епархии. Архангельск. 1895;(2);306-307.
2. Дюжилов С.А. Полярное земледелие: постановка проблемы и ее решение в 1920-е годы на Кольском Севере. *Труды Кольского научного центра РАН*. 2016;3(37):71-78. <https://www.elibrary.ru/xcsotn>
3. Журавский А.В. Избранные работы по вопросам сельскохозяйственного освоения Печорского Севера. Сыктывкар. 2007. 107 с. ISBN 978-5-89606-342-1. <https://www.elibrary.ru/qkzqv>
4. Прянишников Д.Н. Поднятие земледелия Севера, как средство облегчить кризис продовольствия и транспорта. Изд. 2-е М., «Агрикультура». 1922. 24 с
5. Вавилов Н.И. Проблема северного земледелия. Материалы Ленинградской чрезвычайной сессии Академии наук СССР. 25-30 XI 1931 г. Ленинград, издательство Академии наук. <http://www.book-ist.ru/vavilov/vavilov.html>
6. Сазонова Л.В. Деятельность ВНИИ Растениеводства имени Н.И. Вавилова по продвижению земледелия на Крайний север России. Тезисы докладов. Северное земледелие. Овощные культуры. Научный семинар в рамках 100-летия северного земледелия, посвященный 90-летию со дня рождения Л.В. Сазоновой. 2023;(1):41-44.
7. Романенко Т.М., Филиппова Г.И. Флагман сельскохозяйственной науки на территории Ненецкого округа. Глобальные проблемы Арктики и Антарктики: Сборник научных материалов Всероссийской конференции с международным участием, посвященной 90-летию со дня рождения акад. Николая Павловича Лавёрова, Архангельск. 2020. С. 1117-1122. <https://www.elibrary.ru/mzrvs>
8. Кругликов В.М. Сортоиспытание овощных культур и картофеля. Научный отчет Нарьян-Марской зональной станции за 1940 год. Нарьян-Мар. 1940. С. 27-31.
9. Агроправила по выращиванию картофеля, овощных и кормовых культур в Ненецком национальном округе. Нарьян-Мар. 1968. 77 с.
10. Романенко Т.М., Вылко Ю.П., Лайшев К.А., Глебова Е.А., Мясникова М.Н. Эколого-фенологические особенности лета поджогового овода северных оленей на территории Ненецкого автономного округа. *Иппология и ветеринария*. 2019;3(33):130-137. <https://www.elibrary.ru/qzuzkt>
11. <https://finobzor.ru/131374-v-arktike-sozdajut-bank-zdorovyh-sortov-kartofelja-rossijskoj-selekcii.html>. Дата обращения: 22.10.2024.
12. <https://vniissok.ru/2024/06/28/ispytanie-novyh-tehnologij-i-sortov-ovoshnyh-kultur-selekcii-fgbnu-fnco-za-severnym-polyarnym-krugom>. Дата обращения 23.11.2024.
13. Kataria S., Jain M. Magnetopriming alleviates adverse effects of abiotic stresses in plants. In *Plant Tolerance to Environmental Stress*. CRC Press. 2019. P. 427-442. <https://doi.org/10.1201/9780203705315-26>
14. Waqas M., Korres N.E., Khan M.D., Nizami A.S., Deeba F., Ali I., Hussain H. Advances in the concept and methods of seed priming. Priming and pretreatment of seeds and seedlings: Implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants. 2019. P. 11-41. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2
15. Argerich C.A., Bradford K.J., Tarquis A.M. The effects of priming and

- ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*. 1989;40(5):593-598.
<https://doi.org/10.1093/jxb/40.5.593>
16. Fabrissin I., Sano N., Seo M., North H.M. Ageing beautifully: can the benefits of seed priming be separated from a reduced lifespan trade-off?. *Journal of Experimental Botany*. 2021;72(7):2312-2333.
<https://doi.org/10.1093/jxb/erab004>
17. Кутис Т.Л., Кутис С.Д. Электромагнитные технологии в растениеводстве. Часть 1. Электромагнитная обработка семян и посадочного материала. 2017. 52 с.
18. Shine M.B., Guruprasad K.N., Anand A. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(6):474-484.
<https://doi.org/10.1002/bem.20656>
19. Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2012;(57):67-73.
<https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.05.008>
20. Xia X., Padula G., Kubisz L., Hołubowicz R. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on seed quality of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020;48(3),1458-1464. <https://doi.org/10.15835/nbha48311918>
21. Sari M.E., Demir I., Yildirim K.C., Memis N. Magnetopriming enhances germination and seedling growth parameters of onion and lettuce seeds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2023;7(3):468-475.
<https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.3.1>
22. Martinez E., Carbonell M.V., Amaya J.M. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electro- and Magnetobiology*. 2000;19(3):271-277.
<https://doi.org/10.1081/JBC-100102118>
23. Martinez E., Carbonell M.V., Florez M., Amaya J.M., Maqueda R. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *Int Agrophys*. 2009;(23):45-49.
24. Dhawi F. Why are magnetic fields used to enhance a plant's growth and productivity? *Annual Research & Review in Biology*. 2014. P. 886-896. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/5983>
25. Baghel L., Kataria S., Guruprasad K.N. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*. 2016;37(7):455-470.
<https://doi.org/10.1002/bem.21988>
26. Kadioğlu N., Ermis S., Oktem G., Demir I. Magnetopriming enhanced seed germination in six vegetable species: tomato, pepper, onion, cauliflower, cabbage and carrot. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2023;28(3):557-567.
<https://doi.org/10.37908/mkutbd.1284048>
27. Rodenko N.A., Blednykh O.V., Glushchenkov V.A., Degteva Y.V. Change in the growth parameters of soft wheat *Triticum aestivum* (L.) after pretreatment of seeds with a pulsed magnetic field. *BIO Web of Conferences*. 2024;139:01002.
<https://doi.org/10.1051/bioconf/202413901002>
28. Hołubowicz R., Kubisz L., Gauza M., Yilin T., Hojan-Jeziarska D. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on the germination of seeds and selected useful characters of onion (*Allium cepa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2014;42(1):168-172. <https://doi.org/10.15835/nbha4219131>
29. De Micco V., Paradiso R., Aronne G., De Pascale S., Quarto M., Arena C. Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *The Scientific World Journal*. 2014;(10):428141.
<https://doi.org/10.1155/2014/428141>
30. Бучаченко А.Л. Магнитно-зависимые молекулярные и химические процессы в биохимии, генетике и медицине. *Успехи химии*. 2014;83(1):1-12. <https://www.elibrary.ru/rrshmx>
31. Кутис С.Д., Кутис Т.Л., Гак Е.З. Электромагнитная установка для предпосевной обработки семян. *Механизация и автоматизация технологических процессов в агропромышленном комплексе*. 1989;(2):35-36.
32. Зайнуллин В.Г., Пожирицкая А.Н., Турлакова А.М. и др. Влияние предпосадочной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями на продуктивность и качество урожая сортов картофеля. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2024;25(5):794-804.
<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804>
- <https://www.elibrary.ru/diaqdo>
33. Патент РФ «Способ подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов и вирусов электромагнитным излучением» №2766002 от 07 февраля 2022 года [Электронный ресурс]. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2766002C1_20220207.pdf. Дата обращения: 22.03.2023.
34. Методические указания по селекции и первичному семеноводству овощных бобовых культур. М.: ВНИИССОК. 1985. 60 с.
35. Белик В.Ф., Рубин В.Ф., Лукьяненко Д.Е. Методика полевого опыта в овощеводстве и бахчеводстве. М.: НИИОХ. 1979. 210 с.
36. Широкий унифицированный классификатор СЭВ и международный классификатор СЭВ рода *Pisum* L. Л., 1981. 47 с.
37. Широкий Унифицированный Классификатор СЭВ и Международный Классификатор СЭВ рода *Faba* Mill. Л. 1981. 28 с.
38. <https://atago-russia.com/primeneniye/opredeleniye-saharistosti-fruktov>. Дата обращения: 20.10.2024.
39. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат. 1985. 351 с.

• References

1. A brief historical description of the parishes and churches of the Archangel Diocese. *Arkhangelsk*. 1895;(2):306-307. (In Russ.)
2. Dyuzhilov S.A. Polar agriculture: recognizing of the problem and its solution in the Kola North in the 1920S. *Transactions of the Kola Science Centre of RAS*. 2016;3(37):71-78. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/xcsotn>
3. Zhuravsky A.V. Selected works on the agricultural development of the Pechora North. *Syktvykar*. 2007. 107 p. ISBN 978-5-89606-342-1. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/qkzqvv>
4. Pryanishnikov D.N. Raising agriculture in the North as a means to alleviate the crisis of food and transport. *Ed. 2nd M., «Agriculture»*. 1922. 24 p. (In Russ.)
5. Vavilov N.I. The problem of northern agriculture. Materials of the Leningrad Extraordinary session of the Academy of Sciences of the USSR. 25-30 XI 1931 *Leningrad, publishing house of the Academy of Sciences*. (In Russ.) <http://www.book-ist.ru/vavilov/vavilov.html>
6. Sazonova L.V. Activities of the N.I. Vavilov Institute of Plant Breeding for the extension of agriculture to the Far North of Russia. Abstracts of the reports. Northern agriculture. Vegetable crops. *A scientific seminar within the framework of the 100th anniversary of northern agriculture, dedicated to the 90th anniversary of the birth of L.V. Sazonova*. 2023;(1):41-44. (In Russ.)
7. Romanenko T.M., Filippova G.I. The flagship of agricultural science in the Nenets District. Global problems of the Arctic and Antarctic: A collection of scientific materials of the All-Russian Conference with international participation dedicated to the 90th anniversary of the birth of the Academy of Sciences. Nikolay Pavlovich Laverov, *Arkhangelsk*, 2020. P. 1117-1122. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/mzzzrvs>
8. Kruglikov V.M. Variety testing vegetable crops and potatoes. *Scientific report of the Naryan-Mar zonal station for 1940*. *Naryan-Mar*. 1940. P. 27-31. (In Russ.)
9. Is an agricultural director for the cultivation of potatoes, vegetables and forage crops in the Nenets National District. *Naryan-Mar*. 1968. 77 p. (In Russ.)
10. Romanenko T., Vylko Yu., Laishev K., Glebov E., Myasnikova M. Ecological and phenological characteristics of summer hypodermic gadfly reindeer on the territory of Nenets Autonomous Okrug. *Hippology and veterinary medicine*. 2019;3(33):130-137. (In Russ.)
<https://www.elibrary.ru/qzuzkt>
11. <https://finobzor.ru/131374-v-arktike-sozdajut-bank-zdorovyh-sortov-kartofelja-rossijskoj-selekcii.html>. Date of access: 22.10.2024.
12. <https://vniissok.ru/2024/06/28/ispytanie-novyh-tehnologij-i-sortov-ovoshnyh-kultur-selekcii-fgbnu-fnco-za-severnym-polyarnym-krugom>. Date of access: 23.11.2024.
13. Kataria S., Jain M. Magnetopriming alleviates adverse effects of abiotic stresses in plants. In *Plant Tolerance to Environmental Stress*. CRC Press. 2019. P. 427-442. <https://doi.org/10.1201/9780203705315-26>
14. Waqas M., Korres N.E., Khan M.D., Nizami A.S., Deeba F., Ali I., Hussain H. Advances in the concept and methods of seed priming. Priming and pretreatment of seeds and seedlings: Implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants. 2019. P. 11-41. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_2

15. Argerich C.A., Bradford K.J., Tarquis A.M. The effects of priming and ageing on resistance to deterioration of tomato seeds. *Journal of Experimental Botany*. 1989;40(5):593-598. <https://doi.org/10.1093/jxb/40.5.593>
16. Fabrissin I., Sano N., Seo M., North H.M. Ageing beautifully: can the benefits of seed priming be separated from a reduced lifespan trade-off?. *Journal of Experimental Botany*. 2021;72(7):2312-2333. <https://doi.org/10.1093/jxb/erab004>
17. Kutis T.L., Kutis S.D. Electromagnetic technologies in crop production. Part 1. *Electromagnetic treatment of seeds and planting material*. 2017. 52 p. (In Russ.)
18. Shine M.B., Guruprasad K.N., Anand A. Enhancement of germination, growth, and photosynthesis in soybean by pre-treatment of seeds with magnetic field. *Bioelectromagnetics*. 2011;32(6):474-484. <https://doi.org/10.1002/bem.20656>
19. Bhardwaj J., Anand A., Nagarajan S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Physiology and Biochemistry*. 2012;(57):67-73. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2012.05.008>
20. Xia X., Padula G., Kubisz L., Hołubowicz R. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on seed quality of radish (*Raphanus sativus* L.) seeds. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2020;48(3):1458-1464. <https://doi.org/10.15835/nbha48311918>
21. Sari M.E., Demir I., Yildirim K.C., Memis N. Magnetopriming enhances germination and seedling growth parameters of onion and lettuce seeds. *International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences*. 2023;7(3):468-475. <https://doi.org/10.31015/ijaefs.2023.3.1>
22. Martinez E., Carbonell M.V., Amaya J.M. A static magnetic field of 125 mT stimulates the initial growth stages of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Electro- and Magnetobiology*. 2000;19(3):271-277. <https://doi.org/10.1081/JBC-100102118>
23. Martinez E., Carbonell M.V., Florez M., Amaya J.M., Maqueda R. Germination of tomato seeds (*Lycopersicon esculentum* L.) under magnetic field. *Int Agrophys*. 2009;(23):45-49.
24. Dhawi F. Why are magnetic fields used to enhance a plant's growth and productivity? *Annual Research & Review in Biology*. 2014. P. 886-896. <https://doi.org/10.9734/ARRB/2014/5983>
25. Baghel L., Kataria S., Guruprasad K.N. Static magnetic field treatment of seeds improves carbon and nitrogen metabolism under salinity stress in soybean. *Bioelectromagnetics*. 2016;37(7):455-470. <https://doi.org/10.1002/bem.21988>
26. Kadioğlu N., Ermis S., Oktem G., Demir I. Magnetopriming enhanced seed germination in six vegetable species: tomato, pepper, onion, cauliflower, cabbage and carrot. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*. 2023;28(3):557-567. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1284048>
27. Rodenko N.A., Blednykh O.V., Glushchenkov V.A., Degteva Y.V. Change in the growth parameters of soft wheat *Triticum aestivum* (L.) after pretreatment of seeds with a pulsed magnetic field. *BIO Web of Conferences*. 2024;139:01002. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202413901002>
28. Hołubowicz R., Kubisz L., Gauza M., Yilin T., Hojan-Jezińska D. Effect of low frequency magnetic field (LFMF) on the germination of seeds and selected useful characters of onion (*Allium cepa* L.). *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2014;42(1):168-172. <https://doi.org/10.15835/nbha4219131>
29. De Micco V., Paradiso R., Aronne G., De Pascale S., Quarto M., Arena C. Leaf anatomy and photochemical behaviour of *Solanum lycopersicum* L. plants from seeds irradiated with low-LET ionising radiation. *The Scientific World Journal*. 2014;(10):428141. <https://doi.org/10.1155/2014/428141>
30. Buchachenko A.L. Magnetically dependent molecular and chemical processes in biochemistry, genetics and medicine. *Russian Chemical Reviews*. 2014;83(1):1-12. (In Russ.) <https://www.elibrary.ru/rrshmx>
31. Kutis S.D., Kutis T.L., Gak E.Z. Electromagnetic installation for pre-sowing seed treatment. *Mechanization and automation of technological processes in the agro-industrial complex*. 1989;(2):35-36. (In Russ.)
32. Zainullin V.G., Pozhirickaya A.N., Turlakova A.M., Partala A.V., Ovchinnikov O.V., Bondarchuk E.V., Turkanov I.F., Galkina E.A., Gryaznov V.G. The effect of pre-planting treatment with weak non-ionizing pulse fields on the productivity and quality of potato cultivars. *Agricultural science Euro-North-East*. 2024;25(5):794-804. (In Russ.) <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2024.25.5.794-804> <https://www.elibrary.ru/diaqdo>
33. Russian Federation Patent «Method for suppressing the vital activity of pathogenic microorganisms and viruses using electromagnetic radiation» № 2766002 dated February 7, 2022 [Electronic resource]. URL: https://patents.s3.yandex.net/RU2766002C1_20220207.pdf. Date of access: 22.03.2023.
34. Guidelines for selection and primary seed production of vegetable legumes. M.: VNISSOK; ed. E.V. Mamaev. 1985. 60 p. (In Russ.)
35. Belik V.F., Rubin V.F., Lukyanenko D.E. The method of field experiment in vegetable growing and melon growing. M.: NIIOH. 1979. 210 p. (In Russ.)
36. Wide unified CMEA classifier and international CMEA classifier of cultivated species of the genus *Pisum* L. *VIR*. 1981. 47 p. (In Russ.)
37. Wide unified CMEA classifier and international CMEA classifier of cultivated species of the genus *Faba* Mill. *VIR*. 1981. 28 p. (In Russ.)
38. <https://atago-russia.com/primeneniye/opredeleniye-saharistosti-fruktoy>. Date of access: 20.10.2024.
39. Dospikhov, B.A. Field experiment technique. M.: Agropromizdat. 1985. 351 p. (In Russ.)

Об авторах:

Ирина Михайловна Кайгородова – кандидат с.-х. наук, старший научный сотрудник лаборатории селекции и семеноводства овощных бобовых культур, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, SPIN-код: 5250-2641, автор для переписки, kaigorodova-i@mail.ru

Елена Георгиевна Козарь – кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаб. молекулярно-иммунологических исследований, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-код: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Владимир Анатольевич Ушаков – кандидат с.-х. наук, зав. лабораторией селекции и семеноводства овощных бобовых культур, <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>, SPIN-код: 2133-3040; goroh@vniissok.ru

Татьяна Михайловна Романенко – кандидат биол. наук, зам. директора центра по научно-организационной работе в НАО – директор филиала, <https://orcid.org/0000-0003-0034-7453>, SPIN-код: 4471-3253, nmshos@yandex.ru

Анастасия Борисовна Филиппова – техник Института агробиотехнологий им. А.В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, <https://orcid.org/0000-0001-9725-3394>, SPIN-код: 3860-2174, nastfilipp83@yandex.ru

Михаил Сергеевич Анисимов – магистр технической физики, научный специалист АО «Концерн ГРАНИТ», SPIN-код: 1076-0282, efrit.has21@gmail.com

Екатерина Анатольевна Галкина – начальник лаборатории электробиологических и химических исследований АО «Концерн ГРАНИТ», <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577>, SPIN-код: 4693-8189, galkina.e@granit-concern.ru

Ирина Викторовна Кузьмина – кандидат биологических наук, старший научный сотрудник лаборатории фармакологии кровообращения, <https://orcid.org/0000-0001-6399-6886>, SPIN-код: 5257-9460, Irina.kislova1606198@yandex.ru

About the Authors:

Irina M. Kaigorodova – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417>, SPIN-code: 5250-2641, Correspondence Author, kaigorodova-i@mail.ru

Elena G. Kozar – Cand. Sci. (Agriculture), Leading Researcher of the Laboratory of Molecular Immunological Research, <https://orcid.org/0000-0002-1319-5631>, SPIN-code: 1148-5177, kozar_eg@mail.ru

Vladimir A. Ushakov – Cand. Sci. (Agriculture), Senior Researcher, <https://orcid.org/0000-0001-8901-1424>, SPIN-code: 2133-3040; goroh@vniissok.ru

Tatyana M. Romanenko – Cand. Sci. (Biology), Deputy Director of the Center for Research Management in the NAO – Branch Director, <https://orcid.org/0000-0003-0034-7453>, SPIN-code: 4471-3253, nmshos@yandex.ru

Anastasiya B. Filippova – technician of the A.V. Zhuravsky Institute of Agro-Biotechnologies of Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, <https://orcid.org/0000-0001-9725-3394>, SPIN code: 3860-2174, nastfilipp83@yandex.ru

Mikhail S. Anisimov – Master of Technical Physics, Research Specialist at JSC Concern GRANIT, SPIN code: 1076-0282, efrit.has21@gmail.com

Ekaterina A. Galkina – Head of the Laboratory of Electrobiophysical and Chemical Research of JSC Concern GRANIT, <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577>, SPIN-код: 4693-8189, galkina.e@granit-concern.ru

Irina V. Kuzmina – Cand. Sci. (Biology), Senior Scientific Associate, Laboratory of Circulatory Pharmacology; <https://orcid.org/0000-0001-6399-6886>, SPIN code: 5257-9460; Irina.kislova1606198@yandex.ru