

Газохроматографический анализ сельскохозяйственных почв и семян, обработанных слабыми неионизирующими нетепловыми электромагнитными полями

С. Ю. Хаширова*, А. С. Шабает*, Е. В. Бондарчук**, И. Ф. Турканов**, В. Г. Грязнов**, Е. А. Галкина**, И. М. Кайгородова**,***, В. Г. Зайнуллин****

* Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Кабардино-Балкарская Республика

** АО «Концерн ГРАНИТ»,

г. Москва

*** Федеральный научный центр овощеводства,

Московская область

**** Институт агробиотехнологий ФИЦ Коми НЦ УрО РАН, г. Сыктывкар

new-kompozit@mail.ru

Аннотация

Влияние слабых неионизирующих нетепловых электромагнитных полей (ЭМП) на биологические процессы в почвах и семенах было выявлено методом газовой хроматографии. Установлены суточные ритмы выделения углекислого газа и поглощения кислорода в герметичных образцах семян и почв в зависимости от влажности и времени обработки. Метод хроматографии является перспективным методом выявления ЭМП-стимуляции почвенных микроорганизмов и оптимизации ЭМП-праймирования семенных культур.

Ключевые слова:

биоактивация семян, биостимуляция почвы, электромагнитное поле, ЭМП, Гц, хроматография, потребление кислорода, выделение углекислого газа, выделение водорода, дистанционная ЭМП-обработка

Влияние обработки сельскохозяйственных культур известно давно [1–3]. Эти исследования подтвердили эффективность ЭМП для улучшения качества растений, увеличения урожая и его сохранности. В настоящее время слабые ЭМП привлекают внимание многих лабораторий, тесно связанных с новыми технологиями в сельском хозяйстве [4–16].

Авторы настоящего исследования применили дистанционный метод неинвазивной электромагнитной терапии «ТОР» (аппарат «ТОР», сертифицированный Росздравнадзором для лечения больных SarsCov-2 от 29 сентября 2021 г. (№ 2021/15459), успешно показал себя во время пандемии COVID-19 2021–2023 гг. [17]) в сельскохозяйственных целях [12–16]. Эти публикации подтвердили положитель-

Gas chromatographic analysis of agricultural soils and seeds treated with weak non-ionizing non-thermal electromagnetic fields (EMFs)

S. Yu. Khashirova*, A. S. Shabaev*, E. V. Bondarchuk**, I. F. Turkanov**, V. G. Gryaznov**, E. A. Galkina**, I. M. Kaigorodova**,***, V. G. Zainullin****

* Kabardino-Balkarian State University named after Kh.M. Berbekov, Kabardino-Balkarian Republic

** JSC Concern GRANIT,

Moscow

*** Federal Scientific Vegetable Center,

Moscow Region

**** Institute of Agrobiotechnology named after A.V. Zhuravsky Komi Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Syktvykar

new-kompozit@mail.ru

Abstract

The effect of weak non-ionizing non-thermal electromagnetic fields (EMFs) on the biological processes in soils and seeds was accessed by the method of gas chromatography. We identified daily rhythms of carbon dioxide emission and oxygen absorption in sealed samples of seeds and soils depending on the humidity and time of treatment. The method of chromatography is a promising method for identifying EMF stimulation of soil microorganisms and optimizing EMF priming of seed crops.

Keywords:

seed bioactivation, soil biostimulation, electromagnetic field, EMF, Hz, chromatography, oxygen consumption, carbon dioxide emission, hydrogen emission, remote EMF treatment

ный опыт стимулирования роста растений методом ЭМП, что уже наблюдалось в последние три десятилетия разными группами исследователей [1–11].

Однако есть мало публикаций, касающихся обработки ЭМП сельскохозяйственных почв. Более того, авторам данного исследования не удалось найти надежных исследований по газохроматографическим измерениям концентраций CO₂, NO_x и т. д. для изучения семян и почв, обработанных ЭМП.

Стоит отметить, что газовая и жидкостная хроматография является признанным методом точных измерений в физике, химии и иных технических исследованиях [19]. В настоящей работе демонстрируются перспективы использования междисциплинарных методов для применения слабых ЭМП в технологиях сельского хозяйства.

Материалы и методы

Обработку семян и почвы проводили аппаратом «ТОР»™ (АО «Концерн ГРАНИТ» [17]). Время воздействия составило 10 мин. Выбраны: частота импульсов ЭМП – 58 Гц, мощность излучателя – 9 Вт, расстояние между излучателем установки «ТОР» и образцами – 5 м.

Обработанные и необработанные (контрольные) образцы упаковывали в контейнеры с мембраной объемом 20 мл, обеспечивая герметичность и готовность проб к газовой хроматографии.

Анализ основных газообразных продуктов метаболизма сухих семян и почвенной микробиоты проводили на хроматографе ЦВЕТ-800 с детектором теплопроводности по методике, описанной в [19]. Типичная хроматограмма представлена на рис. 1.

Были отобраны образцы почвы и семян следующих культур: 1 – горох «Немчиновский 50»; 2 – пшеница «Сократ»; 3 – пшеница «Злата»; 4 – яровой ячмень «Владимир»; 5 – подсолнечник «Кречет»; 6 – почвенный материал из Ненецкого автономного округа Российской Федерации, г. Нарьян-Мар; 7 – почва Московской области, г. Одинцово.

Почвы г. Нарьян-Мара: почва супесчаная, окультуренная, слабокислой реакции, не отличается высокими показателями плодородия. Агрохимические характеристики: $pH_{\text{водн}}$ 6,6–6,8; pH солевой 5,8–6,0; $C_{\text{орг}}$ 1,40–1,45 %; $N_{\text{орг}}$ 0,6–0,7 %, P_2O_5 – 0,18–0,21 %.

Почвы Московской области (ВНИИССОК, г. Одинцово): почвы опытно-производственной базы ФГБНУ ФНЦО дерново-подзолистые среднесуглинистые. По содержанию гумуса в пахотном слое почвы относятся к слабогумусным, с низкой обогащенностью гумуса азотом и невысоким содержанием лабильного органического вещества. В составе гумуса преобладают фульвокислоты, тип гумуса – гуматнофульватный. По комплексу физико-химических свойств и составу поглощающего комплекса почвы характеризуются реакцией среды от близкой к нейтральной до нейтральной и не требуют первоочередного известкования. Гидролитическая кислотность очень низкая,

сумма поглощенных оснований повышенная. Содержание подвижных форм азота, определяемого по Корнфилду, очень низкое. Подвижный фосфор в изучаемых почвах характеризуется очень высокой обеспеченностью по Кирсанову (более 250 мг/кг почвы). Содержание обменного калия характеризуется обеспеченностью от средней до повышенной.

Пробы взяты в осеннее время (сентябрь 2024 г.), после вегетации овощи/картофель (Нарьян-Мар), сидераты (викоовсяная смесь) (Московская область, ВНИИССОК). Обработка грунтов Аппаратом «ТОР» проводилась 16 января 2024 г., влажность грунтов при обработке: 9 %.

Вес семян и почвы во всех емкостях составил 5 г. Упакованные образцы хранились в герметичных емкостях с мембраной при комнатной температуре в течение семи суток, после чего отбирались и анализировались пробы газовой фазы.

Результаты и их обсуждение

Результаты представлены в табл. 1.

Как следует из табл. 1, имеются заметные различия между количеством кислорода и углекислого газа в контрольных и ЭМП-обработанных образцах. Во всех контрольных образцах уровень кислорода практически не изменился и соответствует его примерному содержанию в атмосфере. Однако в ЭМП-обработанных образцах заметно потребление кислорода с одновременным увеличением содержания CO_2 . Таким образом, слабое неонизирующее нетепловое ЭМП активировало биологические процессы как в семенах, так и в почве. Это особенно заметно для образцов 1, 2, 5 и 6.

На примере образцов «1-обработанный» и «1-контроль» решалась следующая задача: проследить за изменением состава газовой фазы в контейнерах с семенами гороха со временем. Для этого в контейнеры сначала вносили воду (1 мл ежедневно), затем по мере снижения содержания кислорода вместе с водой вводили воздух (от 2 до 4 мл, каждые восьмью сутки).

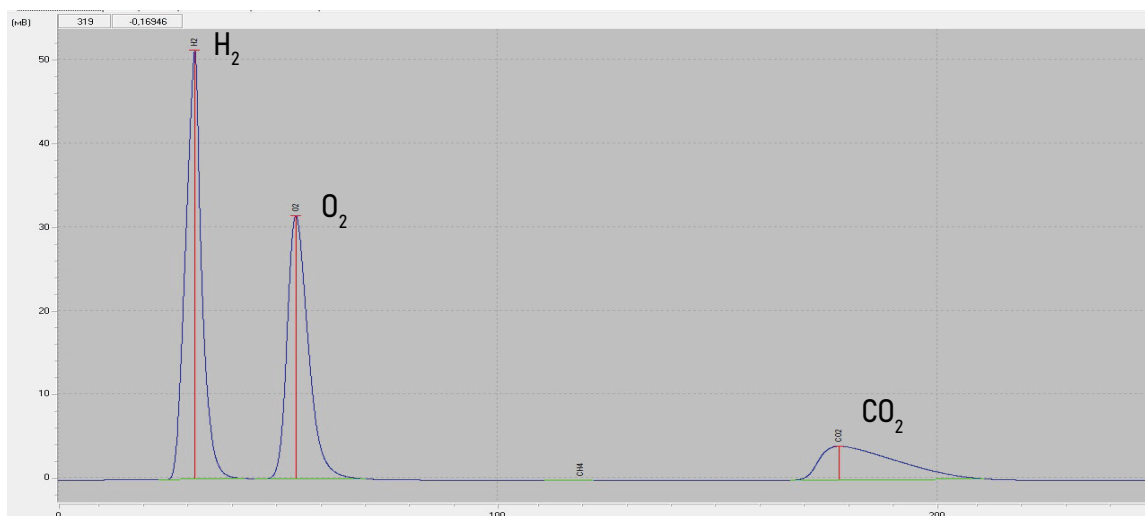


Рисунок 1. Хроматограмма газообразных продуктов метаболизма семян. Центральный пик соответствует кислороду O_2 , левый – водороду H_2 , правый – углекислому газу CO_2 .

Figure 1. Chromatogram of seed metabolism gaseous products. The central peak corresponds to oxygen O_2 , the left peak corresponds to hydrogen H_2 , the right peak corresponds to carbon dioxide gas CO_2 .

Результаты газовой хроматографии образцов сухих семян и почв, обработанных аппаратом «ТОР» в течение 10 мин. с расстояния 5 м, проведенной через семь суток с момента обработки

Таблица 1

Gas chromatography results of samples of dry seeds and soils treated with the TOR apparatus for 10 minutes from a distance of 5 m measured in seven days after treatment

Table 1

Образец	Опыт, мкл		Контроль (необработанный), мкл	
	O ₂	CO ₂	O ₂	CO ₂
1. Горох «Немчиновский 50»	1332	0,7	1407	0,44
2. Пшеница «Сократ»	1461	1,58	1498	1,05
3. Пшеница «Злата»	1531	0,95	1501	0,8
4. Яровой ячмень «Владимир»	1494	0,52	1423	0,63
5. Подсолнечник «Кречет»	1470	2,08	1449	1,67
6. Грунт «Нарьян Мар»	1384	32,6	1428	1,41
7. Грунт «Одинцово»	1294	8,34	1423	7,66

Было установлено, что содержание кислорода при всех сроках воздействия для ЭМП-обработанного образца заметно ниже, чем у контрольного образца (рис. 2). Следует отметить, что кривые для обоих образцов идентичны. Очевидно, что процессы прорастания семян следуют одному и тому же механизму, заметная разница заключается только в скорости процессов.

В связи с уменьшением количества кислорода практически до нуля для предотвращения гибели семян на восьмые сутки процесса в контейнеры кроме воды был добавлен воздух (резкое увеличение кислорода на графике). Из рис. 2 следует, что ЭМП-обработанный образец оказался более активным.

Ход кривых образования углекислого газа подтверждает положительное влияние ЭМП-воздействия на метаболизм семян (рис. 3).

Снижение содержания CO₂ после восьми суток также связано с введением воздуха в контейнеры. Появление водорода, достигающего максимума к 8-10 суткам (рис. 4), очевидно, связано с расходом собственных запасов АТФ клетками семян.

Здесь стоит отметить, что общее количество молекулярного водорода составляет около 30 % от общей газовой фазы (объемные проценты).

Возникает естественный вопрос: являются ли указанные выше эффекты биостимуляции универсальными или связаны со спецификой дистанционного воздействия импульсными ЭМП со сверхширокополосными спектрами [20]? Биостимулирующие эффекты дистанционной ЭМП-обработки были надежно обнаружены на расстояниях до 900 м [12]. Для ответа на поставленный вопрос авторы сконструировали плоский конденсатор (две металлические параллельные пластины 100x100 мм на расстоянии 60 мм, аналогичные использованным в работе [21]),

в котором обрабатывали почвы и семена в течение 10 мин прямыми импульсами с частотой 58 Гц и с той же скважностью импульсов, что и в статье [21]. Результаты ЭМП-обработки семян и почв конденсатором не были столь выражены и «оркестрированы», как под воздействием аппарата «ТОР» (табл. 1), но тем не менее влияние ЭМП было ощутимо уже через 48 ч после обработки (табл. 2).

Из табл. 2 отчетливо видно, что микробиота почвы менее чувствительна к ЭМП конденсатора, чем семена, и в целом более чувствительна к ЭМП Аппарата «ТОР». Для лучшей воспроизводимости результатов методом газовой хроматографии необходимо учитывать внутрисуточные и циркадные ритмы метаболизма биостимулированных семян [15] и микробиоты почвы.

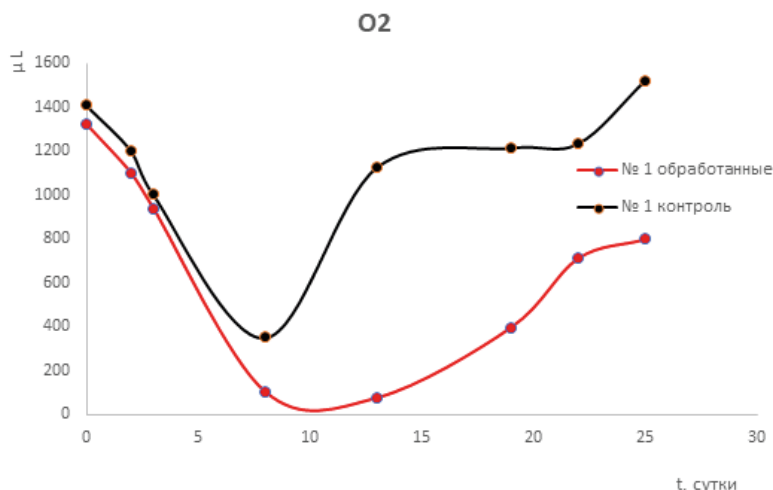


Рисунок 2. Кинетические графики изменения содержания кислорода.
Figure 2. Kinetic plots of oxygen content change.

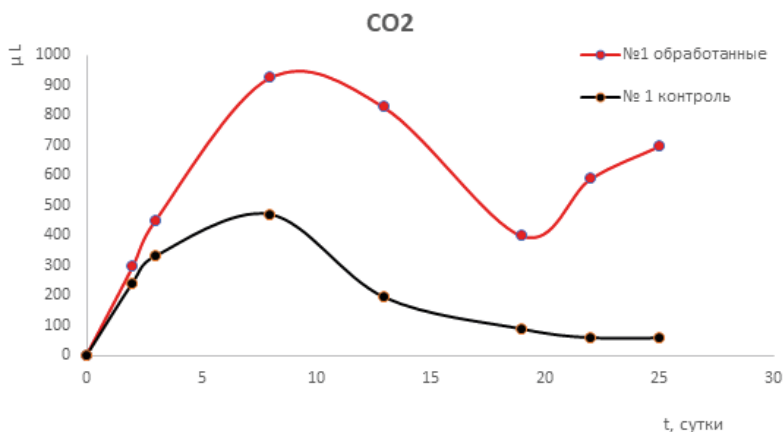


Рисунок 3. Кинетические графики образования углекислого газа.
Figure 3. Kinetic plots of carbon dioxide formation.

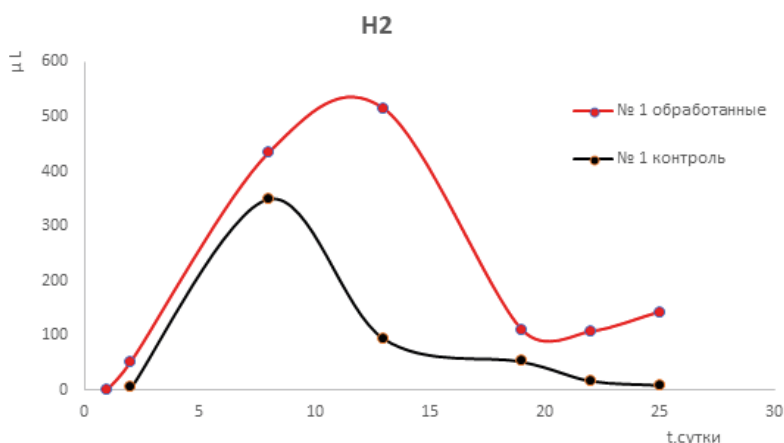


Рисунок 4. Кинетические графики образования водорода.
Figure 4. Kinetic plots of hydrogen formation.

Результаты газовой хроматографии сухих семян и почв, обработанных конденсатором, через двое суток после 10-минутной экспозиции

Таблица 2

Gas chromatography results of condenser-treated dry seeds and soils measured in two days after a 10-minute exposure

Table 2

Образец	Опыт, мкл			Контроль (необработанный), мкл		
	H ₂	O ₂	CO ₂	H ₂	O ₂	CO ₂
1. Горох «Немчиновский 50»	0,02	1491	1,36	0,01	1576	2,11
2. Пшеница «Сократ»	0,01	1571	1,39	0,01	1558	0,97
3. Грунт «Нарьян Мар»	0,02	1340	121,2	0,02	1254	115,8
4. Грунт «Одинцово»	0,02	1311	31,3	0,016	1278	27,8

Выводы

1. Разработан междисциплинарный метод изучения влияния слабого неионизирующего нетеплового электромагнитного поля (ЭМП) на семена и почвы с помощью метода газовой хроматографии.

2. Установлено влияние ЭМП на биостимуляцию семян и почв путем обнаружения заметных количеств эманаций водорода, углекислого газа и потребляемого кислорода в герметичных образцах ЭМП-обработанных семян и почв.

3. Технология «ТОР» имеет потенциал для непосредственной биоактивации как засеянных, так и находящихся под паром сельскохозяйственных угодий больших площадей.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Кутис, С. Д. Электромагнитная установка для предпосевной обработки семян / С. Д. Кутис, Т. Л. Кутис, Э. З. Гак // Механизация и автоматизация технологических процессов в АПК. – 1989. – 2. – С. 35–36.
2. Бецкий, О. В. Миллиметровые волны и живые системы / О. В. Бецкий, В. В. Кислов, Н. Н. Лебедева. – М.: Science Press, 2004. – 272 с.
3. Bhardwaj, J. Anand, A. Nagarajan, S. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds. *Plant Phys. Biochem.* (2012) 57, pp. 67–73.

4. Bilalis, D. J., Katsenios, N., Efthimiadou, A. Karkanis, A. Pulsed electromagnetic field: an organic compatible method to promote plant growth and yield in two corn types. *Electromagn. Biol. Med.* (2012),31(4) pp.333–343.

5. Ксенз, Н. В. Влияние предпосевной обработки семян градиентными магнитными полями и электроактивированной водой на их стартовые характеристики, развитие растений и урожайность зерновых культур / Н. В. Ксенз, В. Б. Хронюк, А. С. Ерешко [и др.] // Донской аграрный научный вестник. – 2019. – 3. – С. 47.

6. Mildažienė, V. Aleknavičiūtė, V. Žūkienė, R. Paužaitė, G. Naučienė, Z. Filatova, I. Lyushkevich, V. Haimi, P. Tamošiūnė, I. Baniulis, D. Treatment of Common Sunflower (*Helianthus annuus* L.) Seeds with Radio-frequency Electromagnetic Field and Cold Plasma Induces Changes in Seed Phytohormone Balance, Seedling Development and Leaf Protein Expression. *Sci. Rep.* (2019), 9, (1) 6437.

7. Пушкина, Н. В. Особенности накопления жирных кислот и оксипиринов в проростках кукурузы (*Zea mays* L.) под воздействием сверхвысокочастотного электромагнитного поля / Н. В. Пушкина // Химия растительного сырья. – 2020. – 2. – С. 93–99.

8. Kovra, Y., Stankevych, G. Borta, A. (2022). The effect of the electromagnetic field of extremely low frequencies on the quality of wheat grain. *Food Science & Technology* (2022), 16(1).

9. Dziwulska-Hunek, A. Niemczynowicz, A. Kycia, A.P. Szymanek, M. Kornarzyński, K. Stadnik, J. R.A. Matwijczuk, Stimulation of soy seeds using environmentally friendly magnetic and electric fields. *Sci. Rep.* (2023) 13, 18085.

10. Radil, R. Carnecka, L. Judakova, Z. Pobocikova, I. Bajtos, M. Janouse, L. Exploring Non-Thermal Mechanisms of Biological Reactions to Extremely Low-Frequency Magnetic Field Exposure. *Appl.Sci* (2024) 14, 9409.

11. Đukić, V., Miladinov, Z., Dozet, G., Cvijanović, M., Tatić, M., Miladinović, J. & Balešević-Tubić, S. V. Pulsed electromagnetic field – a cultivation practice used to increase soybean seed germination and yield. *Zemdirbyste-Agriculture.* (2017) 104(4) pp.345–352

12. Бондарчук, Е. В. Слабые импульсные электромагнитные поля повышают урожайность и иммунитет картофеля / Е. В. Бондарчук, О. В. Овчинников, И. Ф. Турканов [и др.] // Картофель и овощи. – 2023. – 4. – С. 35–40.

13. Зайнуллин, В. Г. Влияние предпосевной обработки слабыми неионизирующими импульсными полями на урожайность и качество урожая сортов картофеля / В. Г. Зайнуллин, А. Н. Пожирицкая, А. М. Турлакова

- [и др.] // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2024. – 25 (5). – С. 794–804.
14. Кайгородова, И. М. Влияние дистанционной электромагнитной обработки посевов Аппартом «ТОР» на урожайность *Pisum Sativum* L. / И. М. Кайгородова, Э. Г. Козар, В. А. Ушаков [и др.] // *Научные труды IX Международного конгресса «Низкие и сверхнизкие поля и излучения в биологии и медицине»*. – 2024. – С. 1–3.
 15. Турканов, И. Ф. Влияние дистанционной обработки слабыми нетепловыми импульсными электромагнитными полями на рост и урожайность зерновых культур / И. Ф. Турканов, Е. А. Галкина, В. Г. Зайнуллин [и др.] // *Вестник Оренбургского аграрного университета*. – 2024. – 110 (6). – С. 158–164.
 16. Кайгородова, И. М. Испытание новой технологии «ТОР» на сортах овощных бобовых культур селекции ФГБНУ ФСВЦ Заполярья / И. М. Кайгородова, Е. Г. Козар, В. А. Ушаков [и др.] // *Овощи России*. – 2025. – 1. – С. 70–81.
 17. Фатенков, О. В. Эффективность аппарата неинвазивной электромагнитной терапии «Тор» для дистанционного лечения больных с COVID-19: результаты II фазы клинических исследований / О. В. Фатенков, И. Л. Давыдкин, А. В. Яшков [и др.]. – 2024. – 4, (4). – С. 25–34.
 18. Березкин, В. Г. Химические методы в газовой хроматографии / В. Г. Березкин. – Elsevier, 2000. – 312 с.
 19. Шаббаев, А. С. Новый метод исследования термодеструкции полисульфона *Polymer Science* / А. С. Шаббаев, А. А. Жанситов, З. И. Курданова [и др.] // *Серия Б*. – 2017. – Т. 59, № 2. – С. 216–224.
 20. Устройство для подавления жизнедеятельности патогенных микроорганизмов и вирусов электромагнитным излучением / Патент RU2765973 от 07.02.2202.
 21. Bunkin N. F., Bolotskova P. N., Bondarchuk E. V., Gryaznov V. G., Kozlov V. A., Okuneva M. A., Ovchinnikov O. V., Smoliiy O. P., Turkanov I. F., Galkina S. A., Dmitriev A. S., Seliverstov A. F. Stochastic ultra-low-frequency fluctuations in luminescence intensity from the surface of a polymer membrane swelling in water-salt solutions. *Polymers* (2022), 14(4), 688.
- ## References
1. Kutis, S. D. Elektromagnitnaya ustanovka dlya predposevnoj obrabotki semyan [Electromagnetic installation for pre-sowing seed treatment] / S. D. Kutis, T. L. Kutis, E. Z. Gak // *Mekhanizatsiya i avtomatizatsiya tekhnologicheskikh processov v APK* [Mechanisation and Automation of Technological Processes in Agro-Industrial Complex]. – 1989. – № 2. – P. 35–36.
 2. Betsky, O. V. Millimetrovye volny i zhivye sistemy [Millimetre waves and living systems] / O. V. Betsky, V. V. Kislov, N. N. Lebedeva // *Science Press*. – 2004. – 272 p.
 3. Bhardwaj, J. Biochemical and biophysical changes associated with magnetopriming in germinating cucumber seeds / J. Bhardwaj, A. Anand, S. Nagarajan // *Plant Phys. Biochem.* – 2012. – 57. – P. 67–73.
 4. Bilalis, D. J. Pulsed electromagnetic field: an organic compatible method to promote plant growth and yield in two corn types / D. J. Bilalis, N. Katsenios, A. Efthimiadou [et al.] // *Electromagn. Biol. Med.* – 2012. – № 31 (4). – P. 333–343.
 5. Ksenz, N. V. Vliyanie predposevnoj obrabotki semyan gradientnymi magnitnymi polyami i elektroaktivirovanoi vodoj na ih startovye harakteristiki, razvitie rastenij i urozhajnost zernovykh kultur [Effect of pre-sowing treatment of seeds with gradient magnetic fields and electroactivated water on their starting characteristics, plant development and grain yield] / N. V. Ksenz, V. B. Khronyuk, A. S. Ereshko [et al.] // *Don Agrarian Scientific Bulletin*. – 2019. – № 3. – P. 47.
 6. Mildažienė, V. Treatment of common sunflower (*Helianthus annuus* L.) seeds with radio-frequency electromagnetic field and cold plasma induces changes in seed phytohormone balance / V. Mildažienė, V. Aleknavičiūtė, R. Žūkienė [et al.] // *Seedling Development and Leaf Protein Expression*. – *Sci. Rep.* – 2019. – № 9 (1). – P. 6437.
 7. Pushkina, N. V. Osobennosti nakopleniya zhirnykh kislot i oksilipinov v prorostkah kukuruzy L. pod vozdeystviem sverhvysochastotnogo elektromagnitnogo polya [Accumulation features of fatty acids and oxylipins in maize seedlings under the influence of ultra-high frequency electromagnetic field] / N. V. Pushkina // *Chemistry of Plant Raw Materials*. – 2020. – № 2. – P. 93–99.
 8. Kovra, Y. The effect of the electromagnetic field of extremely low frequencies on the quality of wheat grain / Y. Kovra, G. Stankevych, A. Borta // *Food Science & Technology*. – 2022. – № 16 (1).
 9. Dziwulska-Hunek, A. Stimulation of soy seeds using environmentally friendly magnetic and electric fields / A. Dziwulska-Hunek, A. Niemczynowicz, R. A. Kycia [et al.] // *Sci. Rep.* – 2023. – № 13. – 18085.
 10. Radil, R. Exploring non-thermal mechanisms of biological reactions to extremely low-frequency magnetic field exposure / R. Radil, L. Carnecka, Z. Judakova // *Appl. Sci.* – 2024. – № 14. – P. 9409.
 11. Đukić, V. Pulsed electromagnetic field - a cultivation practice used to increase soybean seed germination and yield. *Zemdirbyste-Agriculture* / V. Đukić, Z. Miladinov, G. Dozet, M. Cvijanović, M. Tatić, J. Miladinović, S. V. Balešević Tubić. – 2017. – 104(4). – P. 345–352.
 12. Bondarchuk, E. V. Slabye impul'snye elektromagnitnye polya povyshayut urozhajnost' i immunitet kartofelya [Weak pulsed electromagnetic fields increase potato yield and immunity] / E. V. Bondarchuk, O. V. Ovchinnikov, I. F. Turkanov [et al.] // *Potato and Vegetables*. – 2023. – 4. – P. 35–40.
 13. Zainullin, V. G. Vliyanie predposevnoj obrabotki slabymi neioniziruyushchimi impul'snymi polyami na urozhajnost' i kachestvo urozhaya sortov kartofelya [Effect of pre-sowing treatment with weak non-ionising pulsed fields on yield and quality of potato varieties] / V. G. Zainullin, A. N. Pozhiritskaya, A. M. Turlakova [et al.] // *Agricultural Science Euro-North-East*. – 2024. – 25 (5). – P. 794–804.
 14. Kaigorodova, I. M. Vliyanie distancionnoj elektromagnitnoj obrabotki posevov Appartom «TOR» na urozhajnost'

- Pisum Sativum* L. [Effect of remote electromagnetic treatment of crops by Appart 'TOR' on the yield of *Pisum Sativum* L.] / I. M. Kaigorodova, E. G. Kozar, V. A. Ushakov [et al.] // Scientific Proceedings of the IX International Congress 'Low and ultra-low fields and radiation in biology and medicine' - 2024. - P. 1-3.
15. Turkanov, I. F. Vliyanie distancionnoj obrabotki slabymi neteplovymi impul'snymi elektromagnitnymi polyami na rost i urozhajnost' zernovyh kul'tur [Influence of remote processing by weak non-thermal pulsed electromagnetic fields on growth and yield of grain crops] / I. F. Turkanov, E. A. Galkina, V. G. Zainullin [et al.] // Bulletin of Orenburg Agrarian University. - 2024. - 110 (6). - P. 158-164.
 16. Kaigorodova, I. M. Ispytanie novoj tekhnologii «TOR» na sortah ovoshchnyh bobovyh kul'tur selekcii FGBNU FSVC Zapolyar'ya [Testing of the new technology 'TOR' on varieties of vegetable leguminous crops of selection of FSBSI Federal Service of Military-Technical Cooperation in the Arctic Circle] / I. M. Kaigorodova, E. G. Kozar, V. A. Ushakov [et al.] // Vegetables of Russia. - 2025 (1). - P. 70-81.
 17. Fatenkov, O. V. Effektivnost' apparata neinvazivnoj elektromagnitnoj terapii «Tor» dlya distancionnogo lecheniya bol'nyh s COVID-19: rezul'taty II fazy klinicheskikh issledovaniy [Effectiveness of the device of non-invasive electromagnetic therapy 'Tor' for remote treatment of patients with COVID-19: results of phase II clinical trials] / O. V. Fatenkov, I. L. Davydkin, A. V. Yashkov [et al.] // Bull. Med. Inst. Continued edu. - 2024. - 4 (4). - P. 25-34.
 18. Berezkin, V. G. Himicheskie metody v gazovoj hromatografii [Chemical methods in gas chromatography] / V. G. Berezkin. - Elsevier, 2000. - 312 p.
 19. Shabaev, A. S. Novyj metod issledovaniya termodestrukcii polisul'fona Polymer Science [A new method to study the thermal degradation of polysulfone Polymer Science] / A. S. Shabaev, A. A. Zhansitov, Z. I. Kurdanova [et al.] // Series B. - 2017. - T. 59, № 2. - P. 216-224.
 20. Ustrojstvo dlya podavleniya zhiznedeyatel'nosti patogenykh mikroorganizmov i virusov elektromagnitnym izlucheniem [Device for suppressing the vital activity of pathogenic microorganisms and viruses by electromagnetic radiation] / Patent RU2765973 from 07.02.2022.
 21. Bunkin, N. F. Stochastic ultra-low-frequency fluctuations in luminescence intensity from the surface of a polymer membrane swelling in water-salt solutions / N. F. Bunkin, P. N. Bolotskova, E. V. Bondarchuk [et al.] // Polymers. - 2022. - 14(4). - 688.

Благодарность (госзадание)

Работа частично выполнена в рамках темы государственного задания «Повышение ресурсного потенциала сортов картофеля собственной селекции путем обработки семенного материала слабыми импульсными электромагнитными полями (ФУУУ-2024-0015)» (регистрационный номер 1024031100067-7-4.1.1).

Acknowledgments (state task)

The work was partially carried out within the framework of the state assignment topic "Increasing the resource potential of potato varieties of our own selection by treating seed material with weak pulsed electromagnetic fields (FUUU-2024-0015)" (reg. number 1024031100067-7-4.1.1).

Информация об авторах:

Хаширова Светлана Юрьевна – проректор по Науке КБГУ, профессор, доктор химических наук, <https://orcid.org/0000-0002-7219-1252>, (Российская Федерация, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173; e-mail: new-kompozit@mail.ru).

Шабает Альберт Семенович – кандидат химических наук, старший научный сотрудник Центра прогрессивных материалов и аддитивных технологий КБГУ, <https://orcid.org/0000-0002-4188-8881> (Российская Федерация, г. Нальчик, ул. Чернышевского, д. 173; e-mail: albertshabaev53@mail.ru).

Кайгородова Ирина Михайловна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник Федерального научного центра овощеводства, <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417> (Российская Федерация, Московская обл.; e-mail: kaigorodova-i@mail.ru).

Бондарчук Елена Владимировна – вице-президент Научного центра ОАО «Концерн ГРАНИТ» (119019, Российская Федерация, г. Москва, б-р Гоголевский, д. 31, стр. 2; e-mail: info@granit-concern.ru).

Турканов Игорь Федорович – руководитель Научного центра ОАО «Концерн ГРАНИТ» (119019, Российская Федерация, г. Москва, б-р Гоголевский, д. 31, стр. 2; e-mail: info@granit-concern.ru).

Галкина Екатерина Анатольевна – начальник лаборатории электробиофизических и химических исследований Научного центра ОАО «Концерн ГРАНИТ», ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3824-2577> (119019, Российская Федерация, г. Москва, б-р Гоголевский, д. 31, стр. 2; e-mail: info@granit-concern.ru).

Грязнов Валерий Георгиевич – кандидат технических наук, заместитель руководителя Научного центра ОАО «Концерн ГРАНИТ», ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5751-6815> (119019, Российская Федерация, г. Москва, б-р Гоголевский, д. 31, стр. 2; e-mail: info@granit-concern.ru).

Зайнуллин Владимир Габдуллович – главный научный сотрудник, доктор биологических наук Института агrobiотехнологий им. А. В. Журавского Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, <https://orcid.org/0000-0002-9378-1170> (Российская Федерация, Республика Коми, г. Сыктывкар, ул. Ручейная, д. 27; e-mail: zainullin.v.g@yandex.ru).

About the authors:

Khashirova S. Yu. – Professor, Doctor of Sciences (Chemistry), Vice-Rector for Science of the Kabardino-Balkarian State University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7219-1252> (173 Chernyshevskogo str., Nalchik; e-mail new-kompozit@mail.ru).

Shabaev A. S. – Candidate of Sciences (Chemistry), Senior Researcher, Center for Advanced Materials and Additive Technologies of the Kabardino-Balkarian State University; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4188-8881> (173 Chernyshevskogo str., Nalchik; e-mail albertshabaev53@mail.ru).

Kaigorodova I. M. – Candidate of Sciences (Agriculture), Senior Researcher, Federal Publicly Funded Institution of Science «Federal Scientific Center for Vegetable Growing»; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5048-8417> (Moscow region, Russian Federation; e-mail kaigorodova-i@mail.ru).

Bondarchuk E. V. – Vice-President of the OAO Concern Granite Scientific Centre (31 Gogolevsky blvd., bld. 2 Moscow, Russian Federation, 119019; e-mail: info@granit-concern.ru).

Turkanov I. F. – Head of the OAO Concern Granite Scientific Centre (31 Gogolevsky blvd., bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119019; e-mail: info@granit-concern.ru).

Galkina E. A. – Head of the electro-biophysical and chemical research laboratory at the OAO Concern Granite Science Centre; ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5751-6815> (31 Gogolevsky blvd., bld. 2, Moscow, Russian Federation, 119019; e-mail: info@granit-concern.ru).

Gryaznov V. G. – Candidate of Sciences (Tech.), Deputy Head of the Science Centre, OAO Concern Granite; ORCID 0000-0001-57516815 (Moscow, Russian Federation, 119019; e-mail: info@granit-concern.ru).

Zainullin V. G. – Doctor of Sciences (Biology), Leading Researcher at the A. V. Zhuravskiy Institute of Agrobiotechnologies, Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9378-1170>; (27 Rucheynaya str., Syktyvkar, Komi Republic, Russian Federation; e-mail: zainullin.v.g@yandex.ru).

Для цитирования:

Хаширова, С. Ю. Газохроматографический анализ сельскохозяйственных почв и семян, обработанных слабыми неионизирующими нетепловыми электромагнитными полями / С. Ю. Хаширова, А. С. Шабеев, Е. В. Бодарчук [и др.] // Известия Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук. Серия «Сельскохозяйственные науки». – 2025. – № 1 (77). – С. 120–126.

For citation:

Khashirova, S. Yu. Gas chromatographic analysis of agricultural soils and seeds treated with weak non-ionizing non-thermal electromagnetic fields (EMFs) / S. Yu. Khashirova, A. S. Shabaev, E. V. Bondarchuk [et al.] // Proceedings of the Komi Science Centre of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Series "Agricultural Sciences". – 2025. – № 1 (77). – P. 120–126.

Дата поступления статьи: 20.02.2025

Прошла рецензирование: 25.02.2025

Принято решение о публикации: 22.02.2025

Received: 20.02.2025

Reviewed: 25.02.2025

Accepted: 22.02.2025