

ПРОРАЩИВАНИЕ СЕМЯН В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

А. В. КЛОЧКОВ, О. С. КЛОЧКОВА, О. Б. СОЛОМКО

*УО «Белорусская государственная сельскохозяйственная академия»,
г. Горки, Республика Беларусь, 213407, e-mail: olena_k@ tut.by**(Поступила в редакцию 13.07.2020)*

Особенное значение в современных условиях имеют инновационные сельскохозяйственные технологии, которые могут в комплексе решить задачи увеличения объемов продукции требуемого качества при минимуме затрат. Одним из таких направлений является применение оригинальных способов магнитных воздействий на растения. В статье приведен анализ литературных источников по исследуемой теме, краткий обзор запатентованных различных технических решений по обеспечению воздействия магнитных полей на прорастание семян и развитие растений. Проведенный анализ источников литературы позволил спланировать и провести экспериментальные исследования с целью практического определения возможности стимулирующего воздействия на семена сельскохозяйственных культур и определить основные требования к параметрам и методу применения магнитного поля.

Проведены исследования с проращиванием семян зерновых, зернобобовых, масличных и других растений в лабораторных условиях с использованием чашек Петри, снабженных постоянными ферритовыми магнитами. Полученные данные показывают наличие положительного стимулирующего эффекта при размещении магнитов на верхней крышке чашки Петри и создании магнитной индукции в центральной части чашек в пределах 8–10 мТл. Положительный эффект проявляется уже в первый день проращивания с увеличением количества проросших семян. Энергия прорастания находится по вариантам опытов в близких пределах, и можно заключить, что дополнительное действие магнитного поля не способно «пробудить» невсхожие семена, неспособные к развитию. Обобщенным итоговым показателем является наращивание биомассы за время наблюдений с убедительным визуальным эффектом, что проявлялось на всех видах семян. Увеличение получаемой на 5-й день проращивания биомассы составляет в среднем 19–22 %. При двустороннем размещении магнитов при магнитной индукции 13–18 мТл и различной комбинации полюсов отмечено отрицательное действие на показатели всхожести семян пшеницы.

Ключевые слова: *магнетизм, магнитная индукция, проращивание семян, предпосевная стимуляция.*

Of particular importance in modern conditions are innovative agricultural technologies, which can, in combination, solve the problem of increasing the volume of products of the required quality at a minimum cost. One of these areas is the use of original methods of magnetic effects on plants. The article provides an analysis of literary sources on the topic under study, a brief overview of various patented technical solutions to ensure the effect of magnetic fields on seed germination and plant development. The analysis of literature sources made it possible to plan and conduct experimental studies with the aim of practical determination of the possibility of a stimulating effect on agricultural seeds and to determine the basic requirements for the parameters and method of applying the magnetic field.

Research has been carried out with the germination of seeds of cereals, legumes, oilseeds and other plants in laboratory conditions using Petri dishes equipped with permanent ferrite magnets. The data obtained show the presence of a positive stimulating effect when placing magnets on the top lid of a Petri dish and creating a magnetic induction in the central part of the dishes in the range of 8–10 mT. The positive effect appears already on the first day of germination with an increase in the number of germinated seeds. According to the variants of experiments, the energy of germination is within close limits, and it can be concluded that the additional action of the magnetic field is not capable of "awakening" non-viable seeds that are incapable of development. The generalized bottom line is the biomass build-up over the observation period with a convincing visual effect, which manifested itself in all types of seeds. The increase in biomass received on the 5th day of germination is 19–22 % on average. With two-sided placement of magnets with a magnetic induction of 13–18 mT and various combinations of poles, a negative effect on the germination rates of wheat seeds was noted.

Key words: *magnetism, magnetic induction, seed germination, pre-sowing stimulation.*

Введение

Одним из приемов повышения урожайности выращиваемых культур является повышение всхожести посевного материала с помощью воздействия на него физических факторов. Магнетизм является универсальным явлением окружающего нас мира, определяющим как жизненные условия, так и саму жизнь на планете Земля. Накопленные в биологической науке данные убедительно свидетельствуют в пользу применения в технологиях земледелия магнитного поля, контролирующего биологические процессы.

Идея предпосевной обработки семян физическими факторами с целью стимуляции их развития и повышения урожайности имеет солидную историю. Этой проблеме посвящены работы А. В. Сиротинной [1–3], М. Ф. Трифионовой [4–6], И. Ф. Бородина [7–8] и др. Известно более сорока физических методов воздействия на семена с целью их стимуляции, приводящих к повышению всхожести и энергии прорастания, усилению фотосинтетической активности, повышению деятельности ферментов и окислительно-восстановительных процессов в обмене веществ растений [9, 11, 17]. Это приводит к усилению роста и развития растений, к изменению их биохимического состава, часто к улучшению качества продукции, ускорению созревания на два-три дня и увеличению урожайности на 15–30 %.

Особенно заметно влияние искусственного магнитного поля на прорастание семян [6, 11, 12, 13, 18]. Установлено, что когда семена оказываются между двумя полюсами искусственного магнита, корешки проростков отчетливо отклоняются в сторону меньшей напряженности поля магнита, как бы уходят от его действия. Прорастают же быстрее те семена, корешки зародышей которых повернуты к южному полюсу магнита. Больше того, полежав между двумя полюсами магнита, семя само становится маленьким магнитом. Если такое намагниченное семечко подвесить на тонкой шелковой нитке, чтобы оно свободно могло вращаться, то зернышко превращается в стрелку компаса: точно устанавливается по направлению север-юг. Сухие семена пшеницы после их предварительного намагничивания прорастают более интенсивно, чем обычные. Магнитное поле в два раза ускоряет прорастание семян овса, ячменя, льна, ржи и кукурузы. Если зеленые помидоры поместить между полюсами магнита, они созреют быстрее контрольных. Особенно те, которые лежат поближе к южному полюсу магнита. В магнитном поле у растений усиливается дыхание листьев, быстрее растут стебли и корни. Когда напряжение магнитного поля увеличивают в четыре раза по сравнению с земным, семена злаков дают более крупные всходы, все клетки которых увеличены в размерах.

Силовые линии магнитного поля направлены с северного полюса N к южному S. При такой направленности магнитного поля семена большинства растений прорастают быстрее. Но слишком сильное магнитное поле может, наоборот, отрицательно влиять на растения, нарушая их развитие. Это очень хорошо заметно в районах залежей железной руды – в областях магнитных аномалий, где напряжение магнитного поля в десятки раз превосходит обычное. Там угнетены не только растения, но животные и люди чувствуют себя «не в своей тарелке». Слабое магнитное поле (до 1 мТл=10 Гс) многими исследователями [9–24] считается оптимальным для роста растений. Мощное магнитное поле (от 50 мТл=500 Гс и выше) при непосредственном воздействии на растения подавляет их рост.

Известны и запатентованы различные технические решения по обеспечению воздействия магнитных полей на прорастание семян и развитие растений. Описаны различные способы стимуляции проращивания, в том числе физические (с помощью нагревания и охлаждения), химические (с помощью химреагентов), физико-химические (с помощью обработки в электрических и магнитных полях и др.)

Запатентован способ стимуляции проращивания семян, который включает их замачивание в течение 3-х часов в католите электрохимически активированного водного раствора 0,5 г/л KCl с pH 11,6, ОВП – 900 мВ (RU 2553238). Способ позволяет упростить и ускорить технологию проращивания семян сельскохозяйственных культур. Недостатки способа – долгая подготовка раствора для проращивания семян. Наиболее приемлемыми способами являются такие, которые не требуют приготовления специальных растворов.

Известен способ (RU 2492625), который включает замачивание семян сельскохозяйственных культур в омагниченной водопроводной воде с последующим проращиванием. При этом семена замачивают в воде, обработанной в поле магнитной мешалки типа ММ, в емкости из неэлектропроводного материала, например стакане из стекла с магнитным стержнем, при толщине слоя 40 мм. Магнитное поле создается вращающимися постоянными магнитами при скорости вращения 500–600 об/мин в течение 3,5–4-х часов с получением воды с pH 8,3–8,4, ОВП 150–160 мВ, из исходной воды с pH 7,7–8,2, ОВП от 200 до 215 мВ и общей минерализацией 200–350 мг/л. Параметры магнитной обработки – магнитная напряженность 1,0–1,3 кА/м, магнитная индукция 1,2–1,7 мТл, удельная энергия 800–900 Дж/л. Способ позволяет повысить эффективность обработки семян. Недостатки способа – необходимость продолжительных манипуляций с водой.

Известен способ предпосевной обработки семян (RU 2652185), включающий воздействие на семена электромагнитным излучением и магнитным полем. При этом воздействие осуществляют последовательно электромагнитным излучением на частоте линии спектра поглощения кислорода 129 ГГц в течение 30 минут и затем переменным магнитным полем с индукцией 25 мТл с частотой 2 Гц в течение от одного часа. Способ обеспечивает увеличение эффективности стимуляции всхожести семян. Недостатки способа – двухэтапность, необходимость контролировать время обработки, значительные затраты электроэнергии. Более удобными способами являются одноэтапные, не обязывающие выдерживать точные временные интервалы.

В патенте РФ № 2704850 (<https://findpatent.ru/patent/270/2704850.html>) предлагается следующий способ воздействия магнитного поля на семена. Подготавливают подложку из нейтральных материалов, на которую помещают гигроскопический нецеллюлозный материал с водой, на поверхность которого насыпают порошок из минерала шунгита. Поверх шунгита помещают предварительно стерилизованные семена, которые подвергают воздействию постоянного магнитного поля с магнитной индукцией 30 мТл при непрерывном освещении люминесцентными светильниками. Дополнительно подготавливают подложки, которые устанавливают на разных уровнях относительно создающих по-

стоянное магнитное поле полюсов магнитов. Способ позволяет уменьшить сроки прорастания семян и увеличить процент выхода пригодных к посадке проростков.

Проведенный анализ позволяет спланировать и провести экспериментальные исследования с целью практического определения возможности стимулирующего воздействия на семена сельскохозяйственных культур и определить основные требования к параметрам и методу применения магнитного поля.

Основная часть

При проведении исследований использовались чашки Петри (диаметр 95 мм, высота 25 мм), на двух из которых липкой лентой крепились постоянные магниты. Третья чашка с соответствующими семенами служила контролем без действия магнитного поля (рис. 1). Кольцевые ферритовые магниты с размерами 60 x 25 x 9 мм обеспечивали распространение магнитной индукции в зоне расположения семян с известными показателями, замеренными магнитометром ИМП-1. Замеры проводились в специализированной лаборатории Белорусско-Российского университета (г. Могилев). Прибор ИМП-1 предназначен для измерения трех компонент и модуля индукции постоянных магнитных полей, а также переменных магнитных полей промышленного диапазона частот (рис. 2).

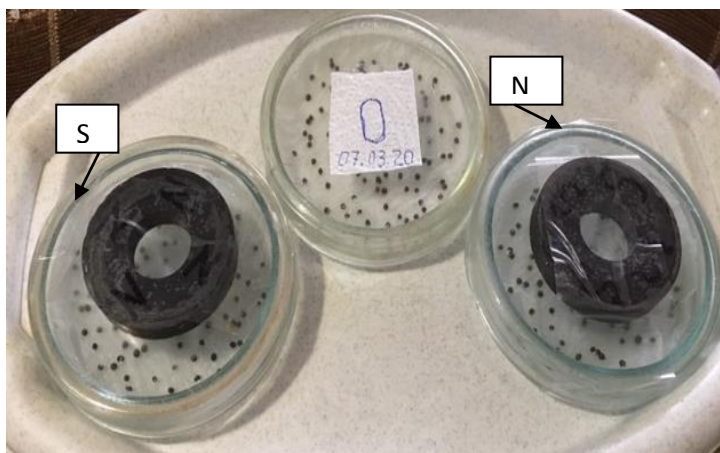


Рис. 1. Исследуемые семена рапса в чашках Петри



Рис. 2. Измерение магнитной индукции используемых магнитов с координатным устройством

Работа прибора основана на измерении компонент магнитной индукции тремя взаимно ортогональными датчиками Холла (постоянные поля) или тремя аналогично ориентированными многovitковыми катушками (переменные поля). По измеренным компонентам вычисляется модуль магнитной индукции, отображаемый вместе с ними на индикаторе прибора. Полученные результаты показывают, что отмечается определенная изменчивость магнитной индукции по ширине чашки (рис. 3).

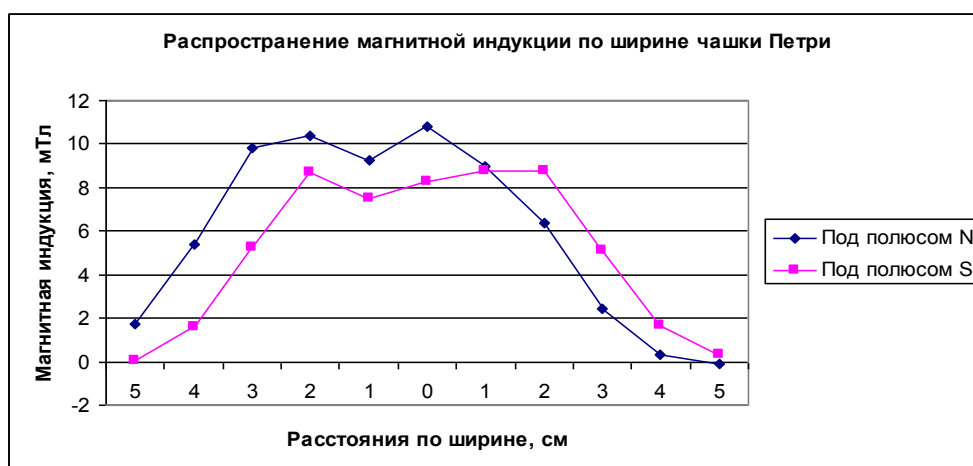


Рис. 3. Распространение магнитной индукции от исследуемого магнита по ширине чашки Петри

Для исследований использовались семена зерновых, зернобобовых, масличных и других растений из коллекционного питомника кафедры растениеводства БГСХА. Для проращивания отбиралось по 100 семян, а для крупносемянных культур (люпин и др.) – по 50 штук. Исследования проводились по стандартной методике с определением установленных показателей (табл. 1).

Таблица 1. Результаты воздействия магнитного поля при лабораторном проращивании семян различных культур

Ориентация полюса магнита по отношению к семенам	Число проросших семян за первый день, штук	Энергия прорастания семян (процент проросших семян на 3-й день проращивания), %	Биомасса на 5-й день проращивания, г	Относительное изменение биомассы, %
Пшеница яровая, сорт Славянка *				
Контроль	23	97	10,27	100,0
S	37	99	12,22	119,0
N	54	99	16,12	157,0
Рапс яровой, сорт Олимп *				
Контроль	13	99	3,07	100,0
S	35	98	3,08	100,3
N	45	96	3,23	105,2
Лен-долгунец, сорт Ива *				
Контроль	5	48	1,21	100
S	5	54	1,75	144,6
N	9	63	1,86	153,7
Лен-долгунец, сорт Ива (урожай 2017 г.)				
Контроль	5	25	1,43	100,0
S	7	33	1,58	110,5
N	13	39	1,62	113,3
Ячмень яровой, сорт Добры *				
Контроль	6	95	10,60	100
S	9	97	13,15	124,1
N	23	98	13,50	127,4
Тритикале озимая, сорт Модерато *				
Контроль	6	99	12,00	100,0
S	11	98	12,24	102,0
N	19	100	13,25	110,4
Люпин желтый, сорт Владко * (50 шт. семян)				
Контроль	11	72	25,78	100,0
S	16	84	28,45	110,3
N	14	86	26,30	102,0
Гречиха, сорт Купава (урожай 2018 г.)				
Контроль	13	82	8,90	100,0
S	23	88	10,16	114,2
N	18	85	9,42	105,8
Томат, сорт Ирма *				
Контроль	13	71	1,83	100,0
S	17	82	2,82	154,1
N	23	85	2,45	133,9
Просо, сорт Вольное *				
Контроль	5	96	2,44	100,0
S	11	96	2,79	114,3
N	16	98	3,13	128,3

* – для анализа были использованы семена урожая 2019 г.

Полученные результаты убедительно доказывают наличие положительного стимулирующего воздействия магнитного поля на прорастание всех видов исследуемых семян. Положительный эффект проявляется уже в первый день проращивания с увеличением количества проросших семян. Энергия прорастания находится по вариантам опытов в близких пределах, и можно заключить, что дополнительное действие магнитного поля не способно «пробудить» невсхожие семена, неспособные к развитию. Обобщенным итоговим показателем является наращивание биомассы за время наблюдений с убедительным визуальным эффектом, что проявлялось на всех видах семян (рис. 4).



Рис. 4. Вид чашек с семенами пшеницы на 4-й день проращивания без действия магнитного поля (O), под южным (S) и северным (N) полюсами

В итоге на 5-й день взвешивали всю накопленную биомассу на точных лабораторных весах Scout-Pro с возможной погрешностью до 0,01 г. Полученные результаты показывают, что при действии магнитного поля с ориентацией S в сторону семян увеличение биомассы составляет в среднем 119,3 %, а под полюсом N – 122,0 %. По видам исследованных семян имеются различия (рис. 5).

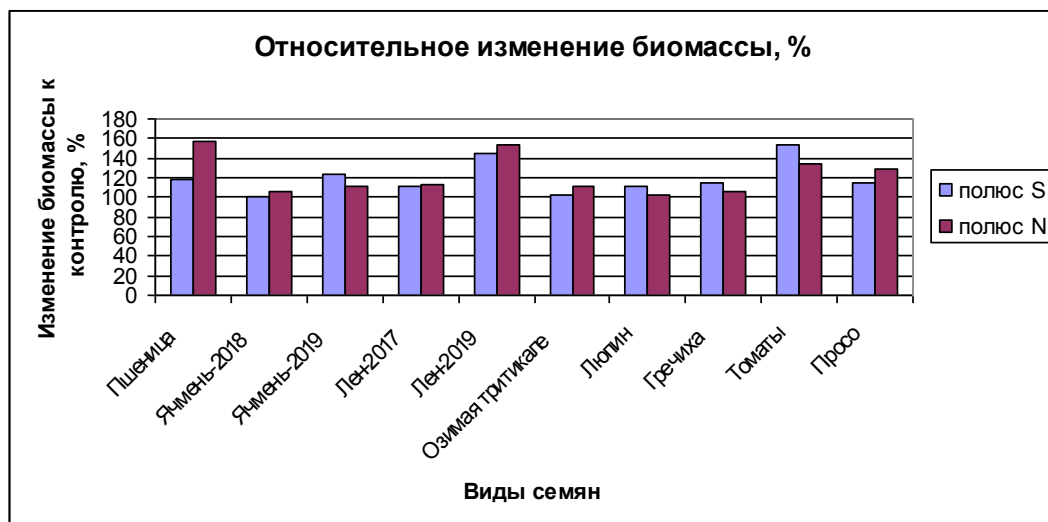


Рис. 5. Относительное изменение биомассы на 5-й день проращивания семян различных растений

Положительное действие полюса N проявилось на семенах пшеницы, льна (2019 г.), озимой тритикале и проса. Больше стимулирующее действие полюса S отмечено у томатов, гречихи, люпина и ячменя (2019 г.). Результаты по льну (2017 г.) и ячменю (2018 г.) по действию полюсов магнитов различались незначительно.

Дополнительно были проведены исследования по проращиванию наиболее «индикаторных» семян пшеницы, когда чашки Петри размещались между различными вариантами полюсов магнитов. С учетом высоты чашки Петри в 25 мм индукция магнитного поля в промежутке между полюсами N-N составляла 18,2 мТл, а при ориентации S-S – 12,7 мТл. Результаты оказались весьма показательными, а магнитное поле привело к снижению результатов проращивания (табл. 2).

Таблица 2. Результаты проращивания семян яровой пшеницы при размещении чашек Петри между магнитами с различной ориентацией полюсов

Показатели	Размерность показателей	Верхний магнит				
		0	N	S	N	S
Число проросших семян за первый день	штук	24	7	14	12	14
Энергия прорастания (на 3-й день проращивания)	%	95	98	97	96	98
Биомасса на 5-й день проращивания	г	12,1	9,61	10,47	11,02	9,67
Относительное изменение биомассы	%	100,0	79,4	86,5	91,1	79,9
		0	N	S	S	N
		Нижний магнит				

В итоге во всех вариантах отмечено снижение показателя полученной биомассы на 8,9–20,6 % от контрольного проращивания без действия магнитного поля (вариант 0).

Заключение

Воздействие искусственного магнитного поля оказывает влияние на проращивание семян различных сельскохозяйственных растений. Результаты исследований с проращиванием семян в чашках Петри, снабженных постоянными ферритовыми магнитами, показали благоприятное воздействие постоянного магнитного поля на прорастание семян различных сельскохозяйственных культур. Отмечается наличие положительного стимулирующего эффекта при размещении магнитов на верхней крышке чашки Петри и создании магнитной индукции в центральной части чашек в пределах 8–10 мТл. Итоговое увеличение получаемой на 5-й день проращивания биомассы составляет в среднем 19–22 %. При двустороннем размещении магнитов при магнитной индукции 13–18 мТл и различной комбинации полюсов отмечено отрицательное действие на показатели всхожести семян пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Сиротина, Л. В., Сиротин, А. А., Травкин, М. П. Фосфорный обмен в прорастающих семенах проса при действии магнитного поля / Материалы 3-го Всесо-юз. симпоз. – Калининград, 1971.

2. Сиротина, Л. В., Сиротин, А. А., Трифонова, М. Ф. Изменение метаболизма семян проса под влиянием магнитного поля / Сб. науч. работ Саратовск. СХИ. – Саратов, 1978. – Вып. 122.
3. Сиротина, Л. В., Сиротин, А. А., Трифонова, М. Ф. Продуктивность и структура урожая проса при предпосевном воздействии магнитным полем / Совершенствование технологии возделывания зерновых культур; науч. тр. УСХА. – Киев, 1983.
4. Трифонова, М. Ф. Влияние предпосевной обработки семян слабым постоянным током на поглощение микроэлементов растениями ячменя // Физиология растений. – Т. 17. – 1970. – № 1.
5. Трифонова, М. Ф. Рост и урожай ячменя при предпосевном воздействии постоянным током // Вопросы биологии. – Хабаровск, 1974.
6. Трифонова, М. Ф. Продуктивность полевых культур при действии физических факторов: дис. на соиск. уч. степ. докт. с.-х. наук. – Краснодар, 1995.
7. Бородин, И. Ф. Применение СВЧ-энергии в сельском хозяйстве / Применение низкоэнергетических физических факторов в биологии и сельском хозяйстве: тез. докл. всесоюзной науч. конф. – Киров, 1989. – С. 7–8.
8. Бородин, И. Ф. Нанотехнологии в сельском хозяйстве // Механизация и электрификация в сельском хозяйстве. 2005. – № 10. – С. 2–5.
9. Нормов, Д. А. Электроозонирование в сельском хозяйстве: монография / Д. А. Нормов, Д. А. Овсянников. – Краснодар, 2008. – 311 с.
10. Сидорцов, И. Г. Установка для предпосевной обработки семян // Техника в сельском хозяйстве. – 2007. – № 3. – С. 6162.
11. Сидорцов, И. Г. Повышение эффективности воздействия постоянного магнитного поля на семена зерновых культур при их предпосевной обработке: автореф. дис. канд. техн. наук / И.Г. Сидорцов. – зерноград, 2008. – 19 с.
12. Новицкий, Ю. И. Магнитные поля в жизни растений. Проблемы космической биологии / Ю. И. Новицкий // М.: Наука. – 1973. – Т. 18. – С. 164–178.
13. Новицкий, Ю. И. К вопросу об ориентации корней в геомагнитном поле / Ю. И. Новицкий, М. П. Травкин / Материалы научно-методической конференции. Химия. Ботаника. Зоология. – 1970. – С. 73–76.
14. Новицкий, Ю. И. Реакция растений на магнитные поля / Ю. И. Новицкий – М.: Наука, 1978. – С. 119–130.
15. Чуваев, П. П. О влиянии ориентации семян по странам света на скорость их прорастания и характер роста проростков / П. П. Чуваев // Физиология растений. – 1967. – Т. 14, вып. 3. – С. 540–543.
16. Травкин, М. П. Влияние магнитных полей на природные популяции / М. П. Травкин // Реакции биологических систем на магнитные поля. – 1978. – С. 178–198.
17. Новицкий, Ю. И. Параметрические и физиологические аспекты действия постоянного магнитного поля на растения: дис. ... доктора биол. наук / Ю. И. Новицкий. – М., 1985. – 339 с.
18. Дубров, А. П. Геомагнитное поле и жизнь / Дубров А. П. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 176 с.
19. Чуваев, П. П. Влияние слабых и сверхслабых магнитных полей на семена и проростки высших растений / П. П. Чуваев, А. И. Арнаутова, Н. А. Крюков // Тезисы докладов II зонального симпозиума по бионике. – 1967. – С. 104–106.
20. Травкин, М. П. Влияние слабого однородного магнитного поля на расходование сухого вещества при прорастании семян ржи Онохойсуая / М. П. Травкин, Ю. И. Новицкий // Материалы III Всесоюзного симпозиума «Влияние магнитных полей на биологические объекты». – 1975. – С. 187–188.
21. Романи, Г. Аппаратура для исследования биомагнитных полей (Обзор) / Г. Романи, С. Уильямсон, Л. Кауфман // Приборы для научных исследований. – 1982. – № 12. – С. 3–46.
22. Богатина, Н. И. Влияние магнитного поля на скорость роста проростков пшеницы Мироновская–808 / Н. И. Богатина, В. М. Литвин, М. П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1983. – № 2. – С. 80–83.
23. Богатина, Н. И. Возможные механизмы действия магнитного, гравитационного и электрического полей на биологические объекты, аналогии в их действии / Н. И. Богатина, В. М. Литвин, М. П. Травкин // Электронная обработка материалов. – 1986 — № 1. – С. 64–70.
24. Богатина, Н. И. О собственном электромагнитном поле зерновок пшеницы / Н. И. Богатина, В. М. Литвин, М. П. Травкин // Биофизика. – 1989. – Т. 34, № 2. – С. 336–338.