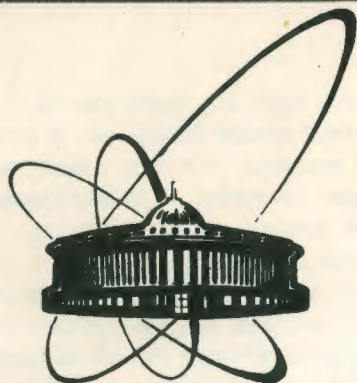


90-333



**ОБЪЕДИНЕННЫЙ
ИНСТИТУТ
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

Г-577

P19-90-333

Р.Д.Говорун, В.И.Данилов, В.М. Фомичева*,
Н.А.Белявская*, С.Ю.Будяшова

**ВЛИЯНИЕ ЭКРАНИРОВАНИЯ
ГЕОМАГНИТНОГО ПОЛЯ
НА НЕКОТОРЫЕ СТРУКТУРНО-ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ
ПОКАЗАТЕЛИ У ВЫСШИХ РАСТЕНИЙ.**

Всхожесть семян и рост проростков

Направлено в журнал "Доклады АН УССР"

* Институт ботаники имени Н.Г.Холодного АН УССР,
Киев

1990

Исследование действия магнитных полей (МП) на биологические объекты в последний период привлекает внимание многих специалистов в биологии, медицине, сельском хозяйстве^{/1-7/} в связи с расширением применения МП в различных сферах деятельности и накоплением данных, свидетельствующих о влиянии МП на биологические объекты. Особое место в общем цикле работ по магнитобиологии занимают исследования, позволяющие предполагать, что геомагнитное поле (ГМП) и его флуктуации не безразличны для жизнедеятельности организмов и могут оказывать влияние на ход биологических процессов^{/8-9/}. Полученные рядом авторов экспериментальные данные^{/10-12/} также указывают на то, что ослабление ГМП влияет на жизнедеятельность организмов (микроорганизмы, животные, растения), вызывая изменение ряда физиологических, биохимических и других показателей. Ранее нами было отмечено^{/12/}, что ослабление ГМП в 10^2 раз влияло на ранние фазы развития растений и сказывалось в некотором торможении роста проростков, нарушении кинетики клеточного цикла, уменьшении числа пролиферирующих клеток, а также влияло на динамику синтеза некоторых белков. В связи с этим представляет несомненный интерес изучение влияния значительного ослабления ГМП или "магнитного вакуума" (МВ) на ранние фазы развития растений.

Нами проведены феноменологические наблюдения за ростом проростков разных растений в условиях естественного ГМП и при его экранировании по постоянной составляющей (снижение его напряженности примерно в 10^5 - 10^6 раз).

Исследованы пролиферативная активность меристематических клеток, динамика содержания РНК и белков в клетках ряда растений на ранних этапах их онтогенеза, а также проведены электронномикроскопические наблюдения клеток и их оргanelл. В данном сообщении изложены результаты первых этапов работы.

Материал и методы

Экранирование ГМП обеспечивалось установкой "Магнитный экран", сконструированной в Объединенном институте ядерных исследований (Дубна Московской области). Конструкция и физические характеристики установки подробно описаны в^{/13/}. На рис. 1 виден слева "магнитный экран" со снятым блоком торцовых крышек, изготовленный из восьми коаксиально собранных пермаллоевых цилиндров, смонтированных в дюралевом кожухе. Рабочая камера представляет собой цилиндрическую полость длиной 40 см и диаметром 12 см. Справа видно устройство ана-

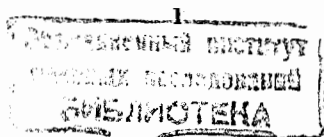




Рис. 1. Общий вид установки "Магнитный экран". Слева - устройство, обеспечивающее экранирование ГМП ("магнитный вакуум"). Видны восемь коаксиально собранных цилиндров из пермаллоя. Справа - устройство, обеспечивающее аналогичные условия прорастания семян в ГМП. В рабочих камерах - подставки для чашек Петри с семенами. Сбоку от устройств видны торцовые крышки, закрывающие рабочие камеры.

логичных размеров, в котором рабочая камера создается цилиндром из пенопласта, что не влияет на естественные флуктуации ГМП. В торцовых крышках обоих цилиндров имеется отверстие для термометров. С помощью этих установок обеспечиваются идентичные условия для прорастания семян и роста проростков за исключением геомагнитной обстановки. Оба устройства по своей длине ориентированы перпендикулярно направлению на магнитный север.

С целью подбора культур для проведения намеченных исследований были поставлены предварительные эксперименты, в которых использовали семена озимой пшеницы (Полесская 70), озимой ржи (Полесская-тетра), овса (Астор-элита), ячменя (Дружба), кукурузы гибридной (Коллективная 210), гороха (Черниговский и Рамонский 77), чечевицы (Днепровская), фасоли (Белозерная), льна (Киевский), кресс-салата, хлопчатника. Семена (I репродукции) были получены в Институте земледелия Ю ВАСХНИЛ (г. Киев). Феноменологические наблюдения показали, что некоторые культуры не очень удобны для проведения таких исследований из-за крупных размеров их семян (фасоль, кукуруза, хлопчатник), длительного периода прорастания и особенностей их корневой системы, затруднявших общую оценку скорости роста проростков из-за наличия нескольких корней (злаковые культуры). Для основной серии экспери-

ментов были использованы горох, чечевица и лен. Выбор этих культур обеспечивал возможность постановки опытов на большом числе семян с длительным сроком наблюдения. Семена растений в чашках Петри замачивали водопроводной водой и сразу же помещали на подставки в рабочие камеры установок. Исследовали всхожесть, энергию прорастания и рост проростков в темноте при температурах 15,5-16°C и 20-25°C в течение 4-6 суток. Пониженные температуры создавали протоком холодной воды от ультратермостата через змеевики, расположенные по периферии рабочих камер установок. На каждую точку брали по 50-100 семян. Эксперименты были проведены в весенне-летний период 1985-1988 гг.

Во время проведения опытов мы не имели данных об окружающей геомагнитной обстановке. Впоследствии, по прошествии нескольких месяцев, сведения о величинах горизонтальной (B_H) и вертикальной (B_Z) компонент ГМП, полученных при замерах на специализированных научных станциях, были предоставлены Международным центром данных МГК АН СССР (МИЦ). При анализе полученных результатов мы использовали показатели ГМП, соответствующие географическим координатам 55°28' северной широты и 37°19' восточной долготы (г. Москва), что наиболее близко к месту проведения экспериментов (г. Дубна Московской области).

При этом исходили из предположения, что для нормального функционирования растений в течение вегетационного периода необходим не только определенный уровень, например, температур, влажности и т.д., но также и определенное количество электромагнитной энергии ($w^{ЭМ}$), которое в естественных условиях определяется вариациями ГМП. Возможность взаимодействия МП с живыми клетками обусловлена, в частности, тем, что внутри их объемов имеются "несвязанные" или "свободные" заряды, роль которых могут выполнять, помимо электронов и протонов, различного рода ионы. Воздействие ГМП на биологические объекты может основываться на появлении внутри объема живых клеток наведенного вихревого электрического поля и соответствующих токов, обусловленных изменением магнитного потока во времени. В общих чертах механизм такого воздействия рассмотрен нами ранее^{1/4/}. Если считать, что все семена одного вида растений по геометрическим размерам и удельной проводимости в среднем одинаковые, то электромагнитная энергия ($w^{ЭМ}$), переданная биологическим объектам, будет пропорциональна квадрату скорости изменения индукции (B) ГМП и времени его воздействия, т.е.

$$W^{ЭМ} \sim \sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial B}{\partial t} \right)_i^2 \Delta t, \quad (1)$$

где $B = \sqrt{B_H^2 + B_Z^2}$; B_H и B_Z - горизонтальная и вертикальная компоненты ГМП, взятые среднесуточными; Δt - интервал времени,

соответствующий одним суткам; n - число суток, на протяжении которых велось наблюдение за динамикой развития исследуемых растений.

На наш взгляд, при таком воздействии на биологические объекты ГМП может существенно влиять на процессы, происходящие в мембранах клеток, обеспечивающих протекание таких процессов жизнедеятельности, как генерация биоэлектрических потенциалов, трансформация энергии и ее передача, дыхание и фотосинтез, неравномерное распределение вещества между клетками и средой, избирательное поглощение веществ, транспорт и накопление ценных химических соединений в клетках и т.п.

Проведенные наблюдения за прорастанием семян гороха, чечевицы и льна и ростом их проростков выявили определенные индивидуальные различия в реакции этих культур на условия "магнитного вакуума" и неоднозначность отклика при оценке по разным тестам. Как доминирующая реакция была отмечена задержка прорастания семян в МВ, что наблюдалось в 16 опытах из 24 ((66,7 ± 7,9)% случаев, $P < 0,01$). При этом реакция семян чечевицы была однозначной во всех 8 опытах. Задержка прорастания льна отмечена в 5 опытах из 8 (в остальных достоверных отличий не было). Для семян гороха показано в разных опытах, наряду с задержкой прорастания, и отсутствие изменений, и даже некоторая стимуляция.

Вместе с тем не наблюдалось существенных различий по общей всхожести семян этих культур в условиях ГМП и МВ. Только в единичных опытах (чечевица и лен) при пониженных температурах отмечали снижение всхожести семян в условиях МВ.

Влияние МВ в наибольшей степени сказывалось на росте проростков. На рис. 2 в верхнем ряду приведена динамика роста проростков льна, чечевицы и гороха в естественных условиях ГМП (кривые 1) и при его экранировании (кривые 2). В средней части рисунка показана геомагнитная обстановка и ее динамика в период проведения соответствующих опытов: даны горизонтальная (B_H) и вертикальная (B_Z) составляющие ГМП и рассчитанный по их среднесуточным данным модуль вектора индукции ГМП ($B = \sqrt{B_H^2 + B_Z^2}$). В нижней части рисунка приведена полученная в соответствии с соотношением (1) величина электромагнитной энергии в каждом отдельном опыте. Рисунки взяты таким образом, чтобы показать реакцию разных видов растений в опытах, проведенных в разные годы в течение периода исследования (1985-1988 гг.), с разной выраженностью флуктуаций ГМП.

Полученные данные свидетельствуют о том, что: 1) в условиях глубокого экранирования ГМП (в 10^5 - 10^6 раз) у семян льна, чечевицы и гороха сохранялась способность к их прорастанию и развитию проростков; 2) Уровень температур в интервале 16-22°C существенно не влиял на рост проростков, что видно, например, из сравнения рис. 2а и 2б.

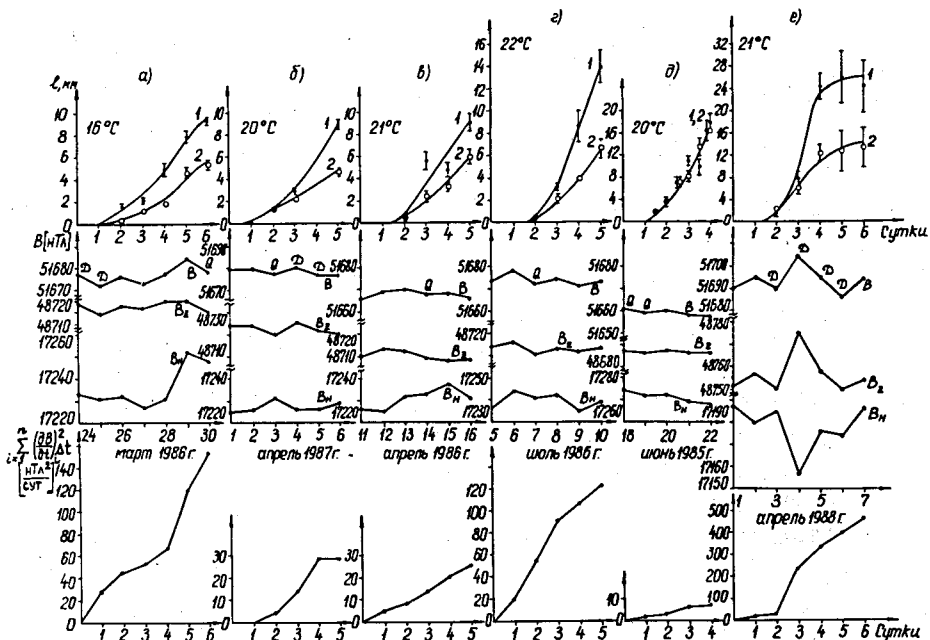


Рис. 2. Динамика роста проростков (вверху) льна (а,б), чечевицы (в,г) и гороха (д,е) в естественных условиях ГМП (1) и при его экранировании (2). Средняя часть - напряженность ГМП: B_H - горизонтальная и B_Z - вертикальная компоненты ГМП, B - индукция ГМП, D - "возмущенные" и Q - "спокойные" дни. Внизу - количество электромагнитной энергии в соответствующих экспериментах, оцениваемое как пропорциональное $\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial B}{\partial t}\right)_i^2 \Delta t$.

3) Влияние МВ в основном проявлялось в торможении роста проростков (кривые 2) по сравнению с естественными условиями ГМП (кривые 1).
4) Несомненна роль флуктуаций ГМП, о чем качественно можно судить не только по изменениям компонент B_H и B_Z ГМП, но и по характеристике "магнитовозмущенных" и "магнитоспокойных" дней, обозначенных на кривых соответствующими индексами "D" и "Q", согласно определений МЦД.

Заслуживают внимания такие факты: при неспокойной магнитной обстановке в первые сутки после замачивания семян льна (день D) имеет место их более быстрый "старт" в условиях ГМП по сравнению с МВ даже при пониженных температурах (рис. 2а), чем в день Q (рис. 2б).

С этой же точки зрения интересен опыт (рис. 2е), который, как оказалось впоследствии, был проведен в "магнитовозмущенные" дни (дни D). Характерной особенностью этого опыта является наибольший рост проростков в условиях ГМП, что соответствует и максимальному количеству $w^{ЭМ}$. Для "магнитоспокойных" дней (дни Q), когда флуктуации ГМП незначительны, достоверных отличий в росте проростков в МВ и в условиях ГМП не обнаружено (например, рис. 2д). Эти случаи характеризуются соответствующими малыми величинами $w^{ЭМ}$.

Таблица
Реакция растений на экранирование ГМП (по росту проростков)

Дата опыта	$\sum_{i=1}^n \left(\frac{\partial B}{\partial t}\right)_i^2 \Delta t$	Горох	Чечевица	Лен
13-16.VI-1985 г.	2,6	-		
18-21.VI-1985 г.	7,1	-		
29.VI-3.VII-85 г.	8,9	-		
13-16.VII-1986 г.	13,0		-	
4-9.IV-1986 г.	13,4		+	+
1-4.IV-1987 г.	14,1	+		
19-23.V-1985 г.	24,3	✓		
11-16.IV-1986 г.	24,9		+	
11-17.IV-1986 г.	28,5			+
1-6.IV-1987 г.	28,6		+	+
13-18.VII-1986 г.	43,9			+
20-23.III-1986 г.	59,3	+	+	+
24-29.III-1986 г.	117,5	+		
5-10.VII-1986 г.	122,9		+	
5-11.VII-1986 г.	134,9			+
24-30.III-1986 г.	153,5		+	+
1-7.IV-1988 г.	463,5	+		
1-8.IV-1988 г.	465,0		+	-

+ Торможение роста проростков в МВ

- Отсутствие достоверных отличий

✓ Стимуляция роста проростков в МВ

В таблице сведены экспериментальные данные по реакции растений на экранирование ГМП. Эти данные расположены последовательно друг за другом по мере возрастания $w^{ЭМ}$ вне зависимости от даты проведения опытов. Видно, что:

1) доминирующей реакцией на экранирование ГМП является торможение роста проростков гороха, чечевицы и льна. Эта реакция отмечена в (79,2±7,4)% случаев (19 опытов из 24, $P < 0,001$). При этом реакция проростков льна и чечевицы была практически однозначной. Торможение роста проростков гороха отмечено в 50% опытов, в трех опытах не обнаружено достоверных отличий, в одном - наблюдали небольшую стимуляцию их роста.

2) Отсутствие достоверных отличий в росте проростков наблюдалось в опытах, которым соответствуют очень низкие величины $w^{ЭМ}$, что может свидетельствовать о наличии минимального значения электромагнитной энергии $w^{ЭМ}$, при превышении которого возможно ускорение роста растений. В качестве предварительного его значения можно принять, что с точностью до константы $w_{мин}^{ЭМ} \sim 13-14 \text{ нТл}^2/\text{сут.}$. Для гороха его значение находится между 8,9 и 14,1 нТл²/сут. Можно предполагать, что для льна и чечевицы оно находится в сходных пределах, во всяком случае оно должно быть меньше 13,4 нТл²/сут. При превышении этих величин во всех опытах, за исключением единичных, наблюдался более быстрый рост проростков в ГМП по сравнению с теми, которые находились в условиях "магнитного вакуума".

В поиске путей, по которым реализуется влияние МП на рост растений, исследованы пролиферация клеток корневой меристемы, синтез РНК и белков в них, проведены электронномикроскопические наблюдения клеток. Полученные результаты будут изложены отдельно.

Литература

1. Biological effects of magnetic fields. Vol. 2. Plenum Press, New-York, 1962.
2. Влияние магнитных полей на биологические объекты. "Наука", М., 1978.
3. Влияние естественных и слабых искусственных магнитных полей на биологические объекты. Материалы 2 Всесоюзного симпозиума (18-20 сентября 1973). Изд-во Белгородского пед. ин-та, Белгород, 1973.
4. Материалы 3 Всесоюзного симпозиума. Влияние магнитных полей на биологические объекты (17-19 июня 1975). Изд-во Калининградского гос. ун-та, Калининград, 1975.
5. Применение магнитных полей в медицине, биологии и сельском хозяйстве. Межвузовский тематический сборник. Изд-во Саратовского ун-та, Саратов, 1978.

6. Реакции биологических систем на магнитные поля. "Наука", М., 1978.
7. Проблемы космической медицины. Том 37. Магнитное поле и жизнедеятельность организмов. (Авторы: Нахильницкая Э.Н., Климовская Л.Д., Смирнов Н.Т., Стржижовский А.Д.). М., "Наука", 1978.
8. Пресман А.С. "Электромагнитные поля и живая природа." "Наука", М., 1968.
9. Дубров А.П. Геомагнитное поле и жизнь (краткий очерк по магнито-биологии). Гидрометиздат, Л., 1974.
10. Becker R.O. The biological effects of magnetic fields.- A survey. Med. Electron. and Biol. Engng., 1963, vol. 1, p. 293.
11. Greene A.E., Halpern M.H., Response of tissue culture cells to low magnetic fields. Aerospace Med., 1966, vol.37, №2, p. 3-251.
12. Растительная клетка при изменении геофизических факторов. (Авторы: Сытник К.М., Кордюк Е.Л., Недуха Е.М., Сидоренко П.Г., Фомичева В.М.). "Наукова думка", Киев: 1984.
13. Давидков Д.С. и др. Магнитный экран для биологических экспериментов. ОИЯИ Р13-81-586, Дубна, 1981.
14. Govoroon R.D., Danilov V.I., Fomicheva V.M. Physico-Chemical and Biological Aspects of weak magnetic field effects on plants. IAF/IAA-87-560, 38-th congress of the Int. Astronautical Federation, october 10-17, 1987, Brighton, United Kingdom, 1987.

Рукопись поступила в издательский отдел
14 мая 1990 года.

Говорун Р.Д. и др. P19-90-333
Влияние экранирования геомагнитного поля на некоторые структурно-функциональные показатели у высших растений. Всхожесть семян и рост проростков

Исследовано прорастание семян гороха, чечевицы и льна и рост проростков /весенне-летний период 1985-1988 гг./ в условиях геомагнитного поля /ГМП/ и при его экранировании в $10^5 \pm 10^6$ раз с помощью сконструированной в ОИЯИ установки "Магнитный экран". Показано, что в условиях "магнитного вакуума" /МВ/ сохранялась способность к прорастанию семян и росту проростков. Доминирующей реакцией на условия "магнитного вакуума" явилась задержка прорастания семян /~67% опытов/ и торможение роста проростков /~79% опытов/. Отмечена связь флуктуаций ГМП с ростом проростков. Экспериментально показано, что более быстрый рост проростков в условиях ГМП связан с превышением минимального уровня поглощенной электромагнитной энергии W_{EM} , которая с точностью до константы составляет величину $\leq 13 \pm 14 \left[\frac{nT^2}{сут} \right]$.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Препринт Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1990

Перевод авторов

Govorun R.D. et al. P19-90-333
The Influence of the Geomagnetic Field Screening on Some Structure-Functional Effects of Higher Plants. Seeds Sprouting and Sprouts Growth

Seeds sprouting of pea, lentil and flax and growth of their sprouts have been investigated (spring-summer periods of 1985-1988) under conditions of the geomagnetic field and its screening in 10^5-10^6 times using the installation "Magnetic Screen" designed in JINR. It has been shown that seeds sprouting and sprouts growth have been remained under "magnetic vacuum" (MV) conditions. Dominating effects of MV have been the delay of seeds sprouting (~67% of experiments) and inhibition of sprouts growth (~79% of experiments). The connection between the geomagnetic fluctuations and sprouts growth has been noted. It has been shown experimentally that more rapid growth of sprouts under the conditions of the geomagnetic field occurs when the level of absorbed electromagnetic energy W_{EM} exceeds of minimal value which equals (determined up to additive constant) $\leq 13 - 14 \left[\frac{nT^2}{day} \right]$.

The investigation has been performed at the Laboratory of Nuclear Problems, JINR.

Preprint of the Joint Institute for Nuclear Research, Dubna 1990