

УДК 537.86:52.7+58.027

ВЛИЯНИЕ ПЕРЕМЕННОГО МАГНИТНОГО ПОЛЯ НА ГРАВИТРОПИЧЕСКУЮ РЕАКЦИЮ РАСТЕНИЙ ПРИ ЭКРАНИРОВАНИИ ПОСТОЯННОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ МАГНИТНОГО ПОЛЯ. РОЛЬ ЧАСТОТ ШУМАНА

Богатина Н.И.¹, Шейкина Н.В.²

¹*Физико-технический институт низких температур им. Б.И. Веркина НАН Украины,
Харьков, Украина*

²*Национальный фармацевтический университет, Харьков, Украина
E-mail: n_bogatina@rambler.ru*

Была изучена зависимость гравитропической реакции корней кресс-салата от амплитуды переменного магнитного поля для различных частот при отсутствии постоянного магнитного поля. Показано, что она имеет пороговый характер. Порог находится при значениях магнитной индукции 1-2 мкТл. Зависимость гравитропической реакции не зависит от частоты и для частот Шумана она такая же, как и для других частот.

Ключевые слова: переменное магнитное поле, порог воздействия, гравитропическая реакция, частоты Шумана, экранирование.

ВВЕДЕНИЕ

Для проверки нашей гипотезы влияния постоянного и комбинированного магнитного поля на биологические объекты, подробно изложенной в работе [1], было проведено исследование влияния переменного магнитного поля различных частот и амплитуд на биологические объекты при условии экранирования постоянной составляющей магнитного поля.

Кроме того, исследовалось влияние переменного магнитного поля при экранировании постоянной составляющей, на частотах Шумана.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Как уже нами отмечалось неоднократно, необходимо получить хорошо воспроизводимые магнитные условия. Подробно метод получения таких условий был описан нами в целом ряде работ [2-6]. В большинстве этих работ использовали многослойные пермаллоевые экраны, а постоянное или комбинированное магнитное поле создавали внутри них с помощью коаксиальных соленоидов. Несмотря на хорошее уменьшение постоянной составляющей магнитного поля Земли (до 1000 раз), было показано, что создание искусственного магнитного поля внутри пермаллоевых экранов неминуемо ведет к увеличению магнитных шумов, связанных с протеканием тока по соленоидам. Снизить существенно уровень магнитных шумов возможно лишь,

используя сверхпроводящий магнитный экран с теплым рабочим объемом (рис.1). В этом экране можно замораживать магнитное поле от 5 нТл до 43 нТл. Амплитуда спектральной плотности магнитного шума такого экрана приведена на рис.2. Как хорошо видно из рис.2, для свинцового цельного сверхпроводящего экрана удается снизить магнитный шум на частоте 50 Гц до уровня $0.2 \text{ нТл/Гц}^{0.5}$ и ниже (приблизительно в 100 раз по сравнению с пермаллоевым экраном). Область $1/f$ шума при этом смещается до 0.01 Гц по сравнению с 0.5 Гц для пермаллового экрана.

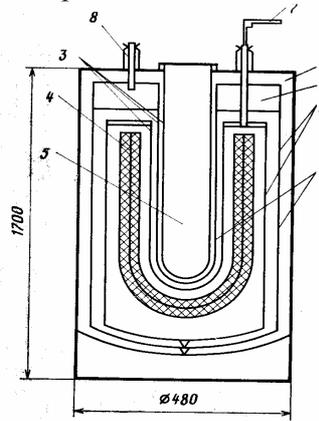


Рис.1. 1 – объем для жидкого гелия, 2 – внешний гелиевый криостат, 3 – изолирующий криостат, 4 – сверхпроводящий магнитный экран, 5 – теплый рабочий объем, 6 – верхний фланец, 7 – трубка для заливки жидкого гелия, 8 – трубка для заливки жидкого азота, 9 – азотные экраны изолирующего (3) и внешнего гелиевого криостатов.

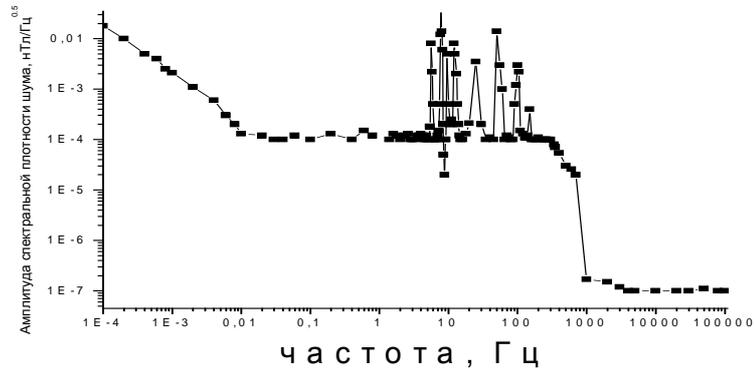


Рис.2. Зависимость спектральной плотности магнитного шума внутри теплового объема сверхпроводящего экрана (применялся свинцовый экран) от частоты. Измерения проведены с помощью СКВИД – градиентометра. Кривая соответствует остаточному магнитному полю 5 нТл при его максимальном выталкивании.

Из рисунков хорошо видно, что в спектре присутствуют частоты колебания здания (5.6 и 9.5 Гц), так и шумановские частоты (7.8 Гц, 12.5 Гц и 23 Гц), а также частоты 50, 100 и 150 Гц.

Двухдневные проросшие семена помещали в остаточное замороженное магнитное поле, переменную составляющую создавали с помощью соленоида, помещенного внутрь сверхпроводящего экрана. Семена проращивали так, что корни были прямыми, без изгибов [1–6].

Располагали корешки параллельно Земле, т.е. перпендикулярно силе гравитации и направлению переменного магнитного поля. Корешки помещали во влажную термостабилизированную камеру (влажность 100%, изменение температуры не более $0,2^\circ$ за сутки).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Полученные результаты для двух частот представлены на рис. 3 – 7.

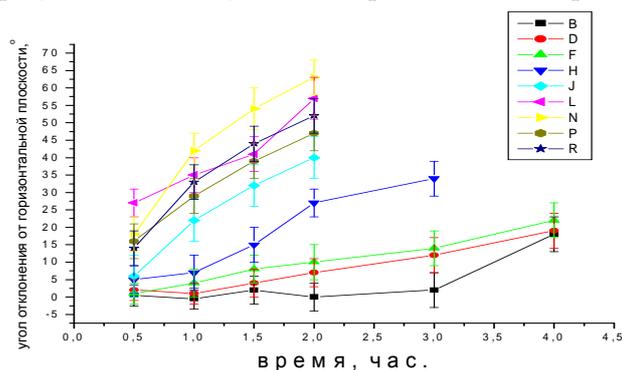


Рис.3. Временные зависимости угла отклонения от горизонтальной плоскости при частоте переменной составляющей $f=20$ Гц для различных амплитуд переменной составляющей магнитного поля: кривая В – амплитуда переменной составляющей магнитного поля $V_{AC}=0$; D – $V_{AC}=350$ нТл; F – $V_{AC}=600$ нТл; H – $V_{AC}=1.35$ мкТл; J – $V_{AC}=2$ мкТл; L – $V_{AC}=4$ мкТл; N – $V_{AC}=10$ мкТл; P – $V_{AC}=14$ мкТл; R – $V_{AC}=18.5$ мкТл.

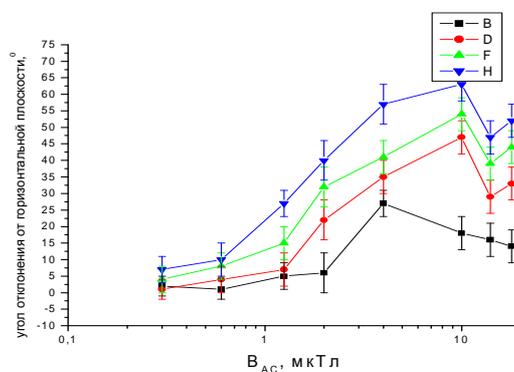


Рис.4. Зависимости угла отклонения от горизонтальной плоскости при частоте переменной составляющей $f=20$ Гц от амплитуды переменной составляющей магнитного поля.

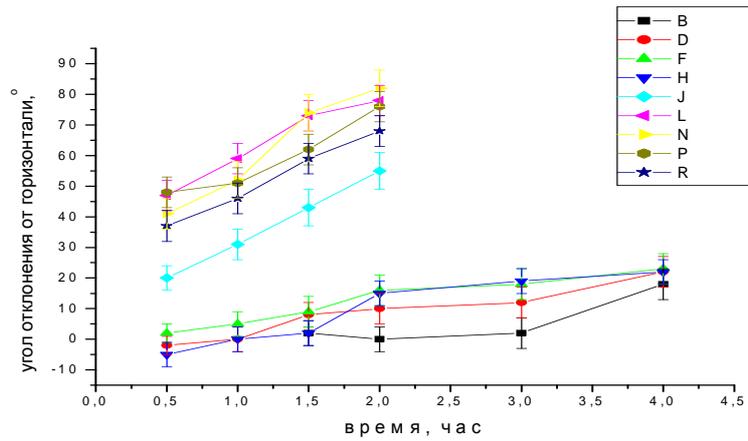


Рис.5. Временные зависимости угла отклонения от горизонтальной плоскости при частоте переменной составляющей $f=7.8$ Гц для различных амплитуд переменной магнитного поля: кривая В – амплитуда переменной составляющей магнитного поля $V_{AC}=0$; D – $V_{AC}=350$ нТл; F – $V_{AC}=600$ нТл; H – $V_{AC}=1.35$ мкТл; J – $V_{AC}=2$ мкТл; L – $V_{AC}=4$ мкТл; N – $V_{AC}=10$ мкТл; P – $V_{AC}=14$ мкТл; R – $V_{AC}=18.5$ мкТл.

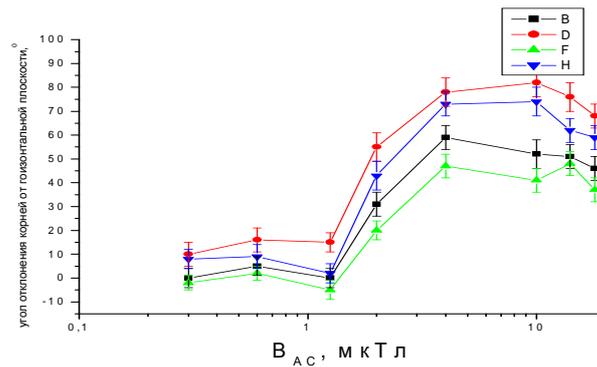


Рис.6. Зависимости угла отклонения от горизонтальной плоскости при частоте переменной составляющей $f=7.8$ Гц от амплитуды переменной составляющей магнитного поля. Кривая В соответствует времени 0.5 часа, D – 1 часу, F – 1.5 часам, H – 2 часам.



0.5 час.

1 час.

1.5 час.

$B_{AC} = 8.65 \text{ мкТл}, f = 6.85 \text{ Гц}$



0.5 час

1 час.

1.5 час

$B_{AC} = 40 \text{ мкТл}, f = 30 \text{ Гц}$

Рис.7. Фотографии корней кресс-салата через 0.5, 1 и 1.5 часа в переменном магнитном поле, параллельном силе гравитации при двух значениях амплитуд и частот переменного магнитного поля: $B_{AC} = 8.65 \text{ мкТл}, f = 6.85 \text{ Гц}$ и $B_{AC} = 40 \text{ мкТл}, f = 30 \text{ Гц}$.



Рис. 8. Фотографии корней кресс-салата через 1 и 2 часа в остаточном магнитном поле $B_{DC} = 5 \text{ нТл}$ и $B_{AC} = 0$.

Полученные результаты можно объяснить следующим образом. Часть времени корни проводят в магнитном поле ниже порога [7]. Если амплитуда переменной составляющей магнитного поля выше пороговой, а частоты достаточно большие, так что на время наблюдения приходится много периодов, то картина не должна

отличаться от картины влияния постоянного магнитного поля. Амплитуды по величине также не должны значительно отличаться от пороговых амплитуд в постоянном магнитном поле. Это и наблюдается в эксперименте. Биологический эффект носит пороговый характер по амплитуде, и величина порога порядка 2 мкТл (такая же, как и в постоянном магнитном поле). Здесь следует отметить, что эффект на частоте Шумана 7.8 Гц ничем не отличается от эффекта на других частотах. Эксперимент на частотах Шумана проводили в 2 вариантах. В первом варианте измерения проводились для хорошо известных значений частот 7.8, 14, 20, 26 и 33 Гц. Во втором варианте биологический эффект (гравитропическая реакция) была измерена на частотах Шумана, которые были измерены непосредственно перед измерением биологического эффекта с помощью СКВИД – магнетометра. Настройка на частоту Шумана производилась каждые полчаса во время фиксации гравитропической реакции (с помощью фото). Обычно изменение частоты Шумана не превышает 0.3 Гц/час, что составляет, меняет менее .4%.

Было показано, что независимо от частоты и ее совпадения с частотой Шумана биологический эффект остается таким же. Гравитропическая реакция в переменном магнитном поле с амплитудой менее 1.5 – 2 мкТл существенно ослабляется. При амплитудах 4 мкТл и выше гравитропическая реакция не отличается от реакции в Земном магнитном поле. (Уровень магнитного шума был в 10000 раз меньше, чем в Земных условиях). Порог воздействия увеличивается для частот ниже 0.002 Гц.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Основной вывод заключается в том, что в условиях резкого падения величины магнитного поля Земли, можно с успехом заменить его переменным магнитным полем. Это приведет к адаптации растений к новым условиям. Магнитный шум также может заменить постоянное магнитное поле. Это очень важно в периоды, когда магнитное поле Земли меняет свой знак, проходя через 0.

Список литературы

1. Богатина Н.И. Влияние ориентации корней кресс-салата и кукурузы относительно комбинированного магнитного поля на изменение их гравитропической реакции. Эксперимент и новая гипотеза, механизм адаптации //Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, Е.Л. Кордюм //«Вчені записки Таврійського національного університету імені В. І. Вернадського» - Серія «Біологія, хімія» - 2012 - Т.25, №2. - С. 16-31.
2. Шейкина Н.В. Влияние комбинированного магнитного поля на гравитропическую реакцию растений и спектр электромагнитного излучения, генерируемого ими в процессе роста // Н.В. Шейкина, Н.И. Богатина, Е. Л. Кордюм // Радиофизика и электроника. – 2005. – Т.10, №2. – С.331 – 335.
3. Bogatina N.I. A weak combined magnetic field changes root gravitropism // N.I. Bogatina, E.L Kordyum, Ya. M.Kalinina, N.V Sheykina // Advances in Space Research (a COSPAR information). – 2005. –V. 36, №7. – P. 1229 – 1236.
4. Kordyum E. Cyclotron-based effects on plant gravitropism // E. Kordyum, N. Bogatina, M. Sobol .et al. // Journal of Advances in Space Reseach, - 2007. - V 39, №7. - P. 1210 – 1218.
5. Кордюм Е.Л. Біологічна дія комбінованого магнітного поля на гравітропічну реакцію кореня *Lepidium Sativum* L.// Е.Л.Кордюм, Н.И. Богатина, М.А. Соболев и др. // Укр.ботан. журн. – 2008. – Т. 65, №1. – С. 141 – 157.

6. Богатина Н.И. Активация действия сверхнизких доз биологически активных соединений комбинированным магнитным полем // Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина// Фізика живого. – 2010. – Т.18, №2.- С. 56-62.
7. Богатина Н.И. Изменения гравитропической реакции, вызванные постоянным магнитным полем. / Н.И. Богатина, Н.В. Шейкина, Е.Л. Кордюм //Біофізичний вісник.- 2006. - №17(1). – С. 78 – 82.

Богатина Н.І. Вплив змінного магнітного поля на гравітропічну реакцію рослин за умов екранування постійної складової магнітного поля. Роль частот Шумана. // Н.І. Богатина, Н.В. Шейкіна // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2013. – Т. 26 (65), № 3. – С. 27-34.

Було вивчано залежність гравітропічної реакції коренів крес-салату від амплітуди змінного магнітного поля за умов відсутності постійного магнітного поля. Доведено, що вона має поріг. Поріг знаходиться при значенні магнітної індукції, яке дорівнює 1-2 мкТл. Гравітропічна реакція ні залежить від частоти та для частот Шумана вона така сама, як і для інших частот.

Ключові слова: змінне магнітне поле, поріг дії, гравітропічна реакція, частоти Шумана, екранування.

EFFECT OF ALTERNATIVE MAGNETIC FIELD ON PLANTS GRAVITROPIC REACTION UNDER THE CONDITIONS OF ABSENCE OF STATIC COMPONENTS OF MAGNETIC FIELD. THE SHUMAN'S FREQUENCIES ROLE

Bogatina N.I.¹, Sheykina N.V.²

¹Institute for Low Temperature Physics & Engineering of National Academy of Science of Ukraine, Kharkov, Ukraine

²National University of Pharmacy, Kharkov, Ukraine

E-mail: n_bogatina@rambler.ru

To check our hypothesis of the influence of static and combined magnetic fields on the biological objects the investigation of alternative magnetic field of different frequencies and amplitudes on the biological objects was fulfilled under the conditions of absence of static magnetic field components. All measurements were treated in superconductive magnetic shield with warm volume. The magnetic field from 5 nT up to 43 nT may be frozen in the shield. The magnetic noise may be decreased for the leaden bulk shield until the level $0.2 \text{ nT/Hz}^{0.5}$ at the frequency 50 Hz and less (approximately by 100 times less than in μ -metal shield). The region of $1/f$ noise is displaced to 0.01 Hz compared with 0.5 Hz in μ -metal shield. 2-days germinated seeds were located in the remained frozen magnetic field. The alternative component was created by means of solenoid, located in the shield. The seeds were germinated so that the roots were straight without curves. The roots were located parallel to the Earth and so perpendicular to gravitation force and alternative magnetic field direction. The roots were located in the damp (with 100% humidity) chamber with constant temperature (changes were less than $0,2^\circ$ during a day). The dependences of angles of cress roots divergence from the horizontal place on time at wide region of amplitudes of alternative magnetic field (from some nT until 50 μ T) and wide diapason of frequencies (from parts of Hz until 50 Hz) were studied in details. It was found that the gravitropic reaction has the threshold at the

curve of dependence of roots divergence angle on amplitude. At amplitudes less than 1.3 μT the gravitropic reaction of cress roots was decreased essentially. But at the amplitudes more than 4 μT the gravitropic reaction didn't differ from the reaction in static magnetic field with the same induction. The magnetic field (it didn't depend whether it was alternative or static) from some amplitude began to influence on the reaction studied. The influence consisted in the essential increase of gravitropic reaction (see fig.)

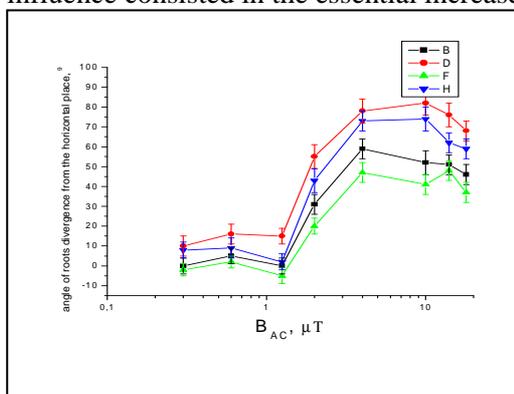


Fig. Dependence of angle of root divergence from the horizontal place at the frequency of alternative component of magnetic field $f=6.85$ Hz on the amplitude of the alternative component of magnetic field. Curve F corresponds to time 0.5 hour, B - 1 hour, H - 1.5 hours, D - 2 hours.

The explaining of the effect follows from two hypotheses: taking in to account of membrane electric field; Ca ions flow by narrow directed stream.

The roots in the alternative magnetic field are located the part of time in zero magnetic fields and so it leads to decreasing of gravitropic reaction. In magnetic field that has the amplitude more than of definite magnitude the ion bunch widens and captures more channels. So the gravitropic reaction has to accelerate until the definite limit. The limit is determined by ions free length.

At Shuman frequencies the measurements were fulfilled in two variants. At first variant the measurements of gravitropic reaction were fulfilled at the well known magnitudes of Shuman's frequencies 7.8, 14, 20, 26 и 33 Hz. At second variant the biological effect (gravitropic reaction) was measured at the Shuman's frequencies that had been measured just before the biological effect measurements by means of SQUID magnetometer. The tuning for the measured Shuman frequency was fulfilled every half an hour during the gravitropic reaction fixation (by means of photo). The Shuman's frequency change didn't exceed usually 0.3 Hz/hour that was less than 4%. It was shown that independently of the frequency and its coinciding with the Shuman's one the biological effect was the same. The gravitropic reaction at the amplitudes less than 1.5 - 2 μT was slowed essentially. From the amplitude 4 μT and more the gravitropic reaction didn't distinguish from the gravitropic reaction in the magnetic field of the Earth. (The magnetic noise level was by 10000 times less than under the Earth conditions). The main conclusion was that under the conditions of the Earth's magnetic field decreasing it may be substituted by the alternative magnetic field. Magnetic noise might substitute the static magnetic field too.

Keywords: alternative magnetic field, the threshold of action, gravitropic reaction, Shuman's frequencies, shielding.

Поступила в редакцию 21.08.2013 г.