

ДІЯ ФІЗИЧНИХ ФАКТОРІВ НА БІОЛОГІЧНІ ОБ'ЄКТИ

УДК: 58.037+537.86.771

ИЗМЕНЕНИЯ ГРАВИТРОПИЧЕСКОЙ РЕАКЦИИ, ВЫЗВАННЫЕ ПОСТОЯННЫМ МАГНИТНЫМ ПОЛЕМ

Н.И. Богатина¹, Н.В. Шейкина², Е.Л. Кордюм³¹Физико-технический институт низких температур, Национальная Академия Наук Украины, пр. Ленина, 47, 61100, Харьков, Украина²Харьковский национальный университет, пл.Свободы, 4, 61077, Харьков, Украина³Институт ботаники НАНУ, ул.Терещенковская, 2, 01004, Киев, Украина

Поступила в редакцию 21 сентября 2006г.

Исследовалась гравитропическая реакция 2-дневных корней кресс-салата в постоянном магнитном поле. Контрольные корни были помещены в постоянное магнитное поле с величиной магнитной индукции 20 нТл (использовалось остаточное постоянное магнитное поле пермаллового экрана). Экспериментальные образцы были помещены в постоянное магнитное поле, созданное искусственно в пермалловом магнитном экране. Постоянное магнитное поле изменялось от 20 нТл до 100 мкТл. Был обнаружен порог, начиная с которого возникает гравитропическая реакция. Он равен приблизительно 2-4 мкТл.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: кресс-салат, гравитропическая реакция, постоянное магнитное поле, порог.

Ранее нами в работе [1] был обнаружен порог для ростовой реакции пшеницы в очень слабом постоянном магнитном поле, созданном искусственно в замкнутом объеме пермаллового экрана (под ростовой реакцией подразумевается длина корней и coleoptилей пшеницы и гороха, на которую они выросли за определенное время). В настоящей работе исследовалась гравитропическая реакция в слабом постоянном магнитном поле (под гравитропической реакцией подразумевается свойство корней растений расти вдоль вектора гравитации, а coleoptилей - в противоположном направлении). Главной целью работы было установить, существует ли порог для гравитропической реакции (ГТР) в постоянном магнитном поле и определить его значение.

Для гравитропической реакции эксперимент является более точным, чем для ростовой реакции, так как его продолжительность всего лишь около 1 ч, тогда как продолжительность проращивания в очень слабом магнитном поле около 2 – 3 суток. Продолжительность эксперимента является критическим фактором, как было показано в [2], так как $1/f$ -шумы могут влиять на полученные результаты из-за длительности эксперимента.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Растения являются очень удобным объектом исследования, так как они могут проходить все фазы развития в течение нескольких дней. Кроме того, изучаемые растения достаточно малы (их объем порядка 10 см³ и меньше), что очень важно для исследования в изолированном объеме магнитного поля, созданного искусственно

Объектом исследования являлись корни кресс-салата. Семена кресс-салата предварительно проращивались в течении двух дней. Кресс-салат был выбран для исследования ГТР, так как он имеет один центральный очень тонкий аксиальный и симметричный корень. Кроме того, его ГТР проявляется в очень короткое время после гравистимуляции (после 30 мин при температуре 24 °С). Гравистимуляция – это расположение предварительно выросшего двухдневного ровного без изгибов корня параллельно поверхности земли, т.е. перпендикулярно вектору гравитации. Камера помещалась в трехслойный пермалловый экран. (Рис.1). Искусственное постоянное магнитное поле в экране создавалось с помощью соленоида. Постоянная компонента магнитного поля могла изменяться в широком диапазоне магнитных индукций (от 0.02 мкТл до 200 мкТл). В этом диапазоне измеренная амплитуда спектральной плотности белого магнитного шума, созданная искусственным постоянным магнитным полем, зависит от величины магнитной индукции B магнитного поля, созданного искусственно (она возрастает с увеличением значения магнитного поля) (таб. 1, 2). При $B = 0.02$ мкТл она не превышала $A = 5 \cdot 10^{-10}$ Тл/Гц^{0.5} для ночных измерений (днем данная величина увеличивалась в 2 – 5 раз). Измерения магнитного шума и анализ обеспечивалось феррозондовым магнитометром или СКВИД магнетометром (с использованием спектроанализатора Philips в обоих случаях). Для получения такой же спектральной плотности белого шума в рабочих рабочем объеме для магнитного поля порядка земного мы использовали сверхпроводящий магнитный экран с теплым рабочим объемом. Такой экран дает уровень

Изменения гравитропической реакции ...

Величина шума порядка 10^{-10} Тл/Гц^{0.5} для магнитного поля величиной 10 – 20 мкТл. Для магнитного поля 100 мкТл уровень белого шума был около $5 \cdot 10^{-10}$ Тл/Гц^{0.5}. Конструкция установки была описана подробно в [5].

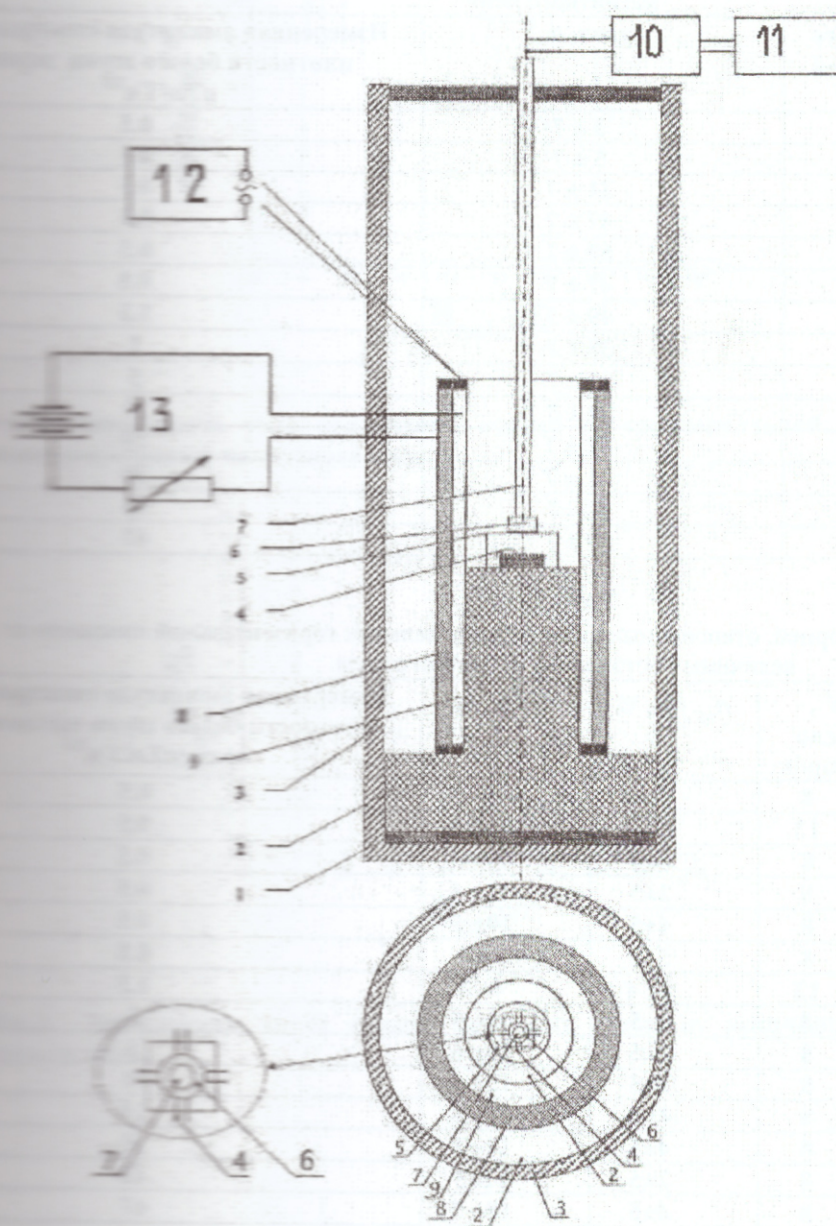


Рис.1. Схема экспериментальной установки с пермалloyевым экраном в продольной, центральной части (вид), и вид сверху (дно). Демпфирующая резина (1) поддерживает подставку из пенопласта (2). Пермалloyевый экран (3) окружает образец (4), который помещен во влажную камеру из немагнитного материала, а затем в обмотки соленоидов (8, 9). Магнитное поле измеряется и контролируется чувствительными элементами (датчиками магнитного поля (Ферритокнд или СКВИД))(6) внутри штока (7). Соленоиды (8, 9) генерируют постоянное магнитное поле (8) и переменное поле (9). И постоянное и переменное поля ориентированы параллельно центральной оси. Показана центральная часть вида сверху показывая ориентацию четырех пар корней (4). 10 – электронная часть измерителя, 11 – анализатор спектра, 12 – генератор низких частот, 13 – система питания соленоида постоянным током.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Полученные результаты показаны в таб.1 – 2 и на рис. 2 – 4.

Здесь α – угол отклонения корня от горизонтальной плоскости; n – число корней; n_{up} – число корней, растущих вверх, n_1 – число корней, растущих параллельно горизонтальной плоскости.

ТАБЛИЦА 1.

Зависимость угла отклонения корня от горизонтальной плоскости от величины постоянного магнитного поля

| B_{DC} , мкТл | n , общее число корней | угол, α , ° | Измеренная амплитуда спектральной плотности белого шума экране, нТл/Гц ^{0.5} |
|-----------------|--------------------------|--------------------|---|
| 0.02 | 92 | 3 ± 7 | 0.5 |
| 0.05 | 140 | 5 ± 7 | 0.5 |
| 1.07 | 72 | 21 ± 7 | 0.5 |
| 2.15 | 100 | 47 ± 7 | 0.5 |
| 4.3 | 102 | 57 ± 7 | 0.5 |
| 8.6 | 73 | 47 ± 7 | 0.8 |
| 17.2 | 132 | 49 ± 5 | 1.3 |
| 25 | 81 | 38 ± 7 | 2 |
| 40 | 76 | 21 ± 7 | 5 |
| 60 | 91 | 32 ± 7 | 11 |
| 80 | 93 | 32 ± 7 | 19 |
| 100 | 98 | 21 ± 7 | 30 |
| 120 | 92 | 32 ± 7 | 48 |
| 150 | 98 | 29 ± 7 | 67 |

ТАБЛИЦА 2.

Зависимость числа корней, отклоненных вверх, и параллельных горизонтальной плоскости от величины постоянного магнитного поля.

| B_{DC} , мкТл | n , общее число корней | N , число выборки | n_{up}/n , % | $n_{ }/n$, % | Измеренная амплитуда спектральной плотности белого шума магнитного поля, нТл/Гц ^{0.5} |
|-----------------|--------------------------|---------------------|----------------|----------------|--|
| 0.02 | 92 | 8 | 19±5 | 43± 5 | 0.5 |
| 0.05 | 140 | 12 | 12±4 | 33± 4 | 0.5 |
| 1.07 | 72 | 8 | 8±5 | 10± 5 | 0.5 |
| 2.15 | 100 | 8 | 2±5 | 12± 4 | 0.5 |
| 4.3 | 72 | 8 | 4±5 | 10± 5 | 0.5 |
| 8.6 | 73 | 8 | 5±5 | 8± 4 | 0.8 |
| 17.2 | 132 | 12 | 2± 4 | 4± 4 | 1.3 |
| 25.0 | 81 | 8 | 3±5 | 10± 5 | 2 |
| 40 | 76 | 8 | 3±5 | 19± 6 | 5 |
| 60 | 91 | 8 | 4±5 | 13± 5 | 11 |
| 80 | 93 | 8 | 4± 5 | 11± 5 | 19 |
| 100 | 98 | 8 | 4±5 | 14± 5 | 30 |
| 120 | 92 | 8 | 2±5 | 11±5 | 43 |
| 150 | 98 | 8 | 4±5 | 18± 5 | 67 |

Изменения гравитропической реакции ...

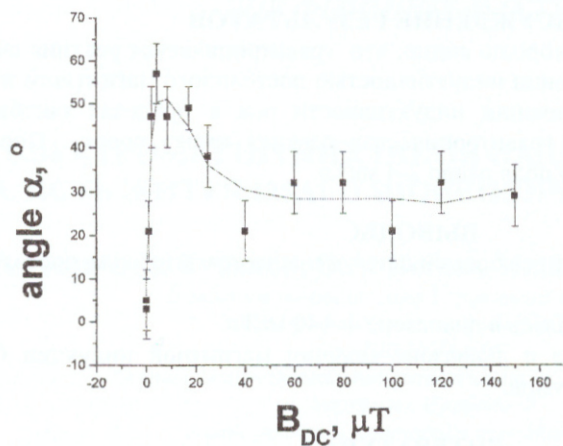


Рис.2. Зависимость угла отклонения корней от горизонтальной плоскости от величины индукции постоянного магнитного поля.

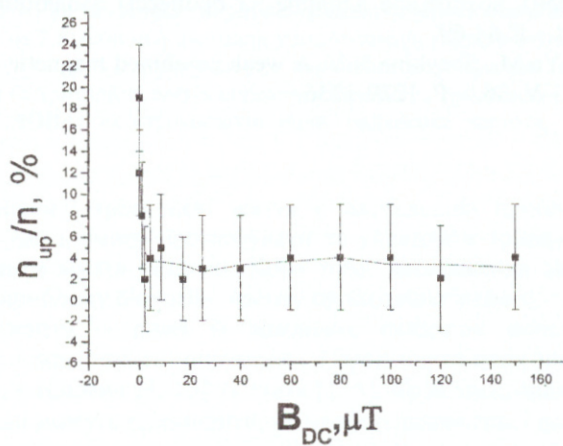


Рис.3. Зависимость числа корней, растущих вверх, от величины индукции постоянного магнитного поля.

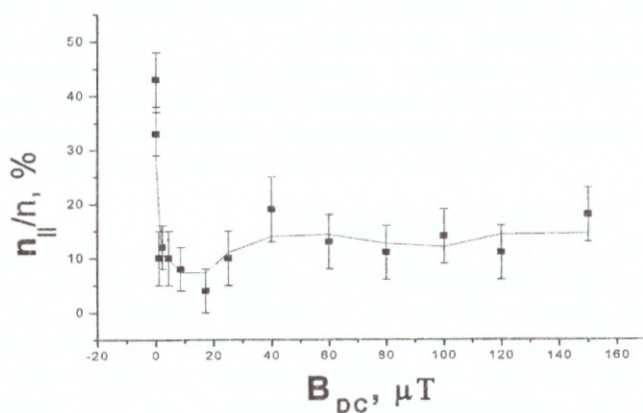


Рис.4. Зависимость числа корней, растущих параллельно горизонтальной плоскости, от величины индукции постоянного магнитного поля.

ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

Из приведенных выше рисунков хорошо видно, что гравитропическая реакция очень резко, более чем в 10 раз увеличивается при достижении индуктивностью постоянного магнитного поля значения 2-4 мкТл., причем при дальнейшем увеличении индуктивности она в пределах ошибки эксперимента остается постоянной. Таким образом, гравитропическая реакция имеет порог. Пороговое значение индуктивности постоянного магнитного поля равно 2-4 мкТл.

ВЫВОДЫ

1. Было доказано, что гравитропическая реакция сильно уменьшается в низком постоянном магнитном поле (меньше, чем 2 - 4 мкТл).
2. Максимальное значение ГТР наблюдалась в диапазоне 4 – 40 мкТл.
3. Незначительное уменьшение эффекта в диапазоне величин магнитной индукции больше 40 мкТл возможно связано с увеличением шумов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богатина Н.И., Веркин Б.И., Кулабухов В.М. и др. Определение порога чувствительности проростков и корней пшеницы к величине магнитного поля // Физиология растений. – 1979. – Т. 26. - №3. - С.620-625.
2. Богатина Н.И., Литвин В.М., Травкин М.П. Зависимость реакции биологических объектов на магнитные поля от их шумов (полей), возможное влияние на процессы эволюции // Электронная обработка материалов. - 1987. - №4. - С.64-69.
3. Kordyum E.L., Bogatina N.I., Kalinina Ya.M., Sheykina N.V. A weak combined magnetic field changes root gravitation // J. Adv. Sp. Res. – 2005. – V. 36. - P. 1229-1236.