

УДК 576.526

**ВЛИЯНИЕ ВРАЩАЮЩИХСЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА СПИН-КОНФОРМАЦИЮ СИГНАЛЬНЫХ МОЛЕКУЛ И НА МИКРОБНО-РАСТИТЕЛЬНЫЕ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ С УЧАСТИЕМ ЭТИХ МОЛЕКУЛ**

**Н.И. Воробьев<sup>1</sup>, Я.В. Пухальский<sup>1</sup>, О.В. Свиридова<sup>1</sup>, В.Н. Пищик<sup>2</sup>,  
А.А. Белимов<sup>1</sup>, С.Ю. Толмачев<sup>3</sup>**

*<sup>1</sup>Всероссийский НИИ сельскохозяйственной микробиологии, Санкт-Петербург, Пушкин, Россия,  
Nik.IvanVorobyov@yandex.ru*

*<sup>2</sup>Агрофизический НИИ, Санкт-Петербург, Россия*

*<sup>3</sup>Научная школа «Эктор», Москва, Россия*

В данной работе представлены результаты экспериментального исследования. В опытах исследовалось воздействие вращающихся магнитных полей на сигналинг в микробно-растительной системе, образованной бактериями *Sphingomonas* sp. K1B и растением гороха *Pisum sativum* L., сорт К-1037. В этой системе бактерии подавляют развитие

корней растений. Было обнаружено, что под воздействием вращающихся магнитных полей изменилась вторичная структура бактериальных сигналов. В результате, передача сигналов от бактерий к растительным рецепторам была заблокирована из-за несовпадения пространственной конформации молекулярных реагентов. Поэтому блокировка магнитными полями передачи сигналов в микробно-растительных системах может понизить уровень бактериальных заболеваний растений. Использование вращающихся магнитных полей может значительно снизить затраты на использование химических средств защиты против фитопатогенов растений.

**Ключевые слова:** пространственная ориентация магнитных спинов атомов в органических молекулах, управляющий сигнал и пространственная конфигурация сигнальных молекул.

Особая форма управления физиологическими процессами в растениях связана с сигнальными функциями фитогармонов. Фитогармоны бактерий *Sphingomonas* sp. K1B по сигнальной схеме воздействуют на синтез этилена в растениях и приводит к замедлению роста корневой системы [Belimov, 2014]. Передача управляющего сигнала от сигнальных молекул к растительным рецепторам зависит от совпадения вторичных структур (конформаций) реагентов по схеме «ключ-замок». Вместе тем, вторичная структура сигнальных молекул чувствительна к воздействию внешних электромагнитных полей, так как такие поля могут возбуждать атомы, изменять spin-ориентацию атомов и менять молекулярные связи в молекулах. Поэтому внешние вращающиеся магнитные поля можно использовать как внешний физический фактор, изменяющий конформацию сигнальных молекул и блокирующий передачу сигналов в растительные рецепторы [Воробьев, 2015].

Цель исследования – экспериментальное обнаружение эффекта блокировки передачи управляющей информации от сигнальных молекул бактерий *Sphingomonas* sp. K1B к рецепторам растений гороха *Pisum sativum* L., сорт К-1037 с помощью вращающихся магнитных полей специальной пространственной конфигурации.

Растения гороха выращивались на гидропонике. Химический состав стерилизованного питательного раствора (мл/л):  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \times 4\text{H}_2\text{O}$  (100mM) – 0.6;  $\text{K}_2\text{HPO}_4 \times 3\text{H}_2\text{O}$  (600mM) – 0.6;  $\text{MgSO}_4 \times 7\text{H}_2\text{O}$  (400mM) – 0.6;  $\text{CaCl}_2 \times 2\text{H}_2\text{O}$  (100mM) – 0.6;  $\text{KCl}$  (400mM) – 0.6;  $\text{KNO}_3$  (1M) – 0.6;  $\text{FeC}_4\text{H}_4\text{O}_6 \times 2.5\text{H}_2\text{O}$  (2mM) – 6.0; микроэлементы. В первом варианте опыта растения выращивались без воздействия биологического и физического факторов. Во втором варианте опыта в питательный раствор были интродуцированы бактерии. В третьем варианте опыта растения гороха вместе с сосудами помещались (на одну минуту в сутки) во вращающееся магнитное поле электромагнитного гене-

ратора [Тарасенко, 2004]. В четвертом варианте опыта на растения одновременно действуют бактерии и вращающееся магнитное поле.

По истечении двух недель были измерены массы корней растений, развившие нормальные полноценные побеги (см. табл., рис.).

Таблица. Массы корней растений гороха в конце опыта (мг)

№ варианта опыта	Экземпляры нормально развитых растений гороха									Среднее	Станд. ошибка*
	1	2	3	4	5	6	7	8	9		
1. без FB и FM	70	70	130	140	140	140	150	150	–	124	4
2. FB	30	40	40	40	40	50	60	80	–	48	4
3. FM	120	130	140	150	150	150	150	200	–	149	4
4. FB+FM	80	100	110	130	130	140	140	150	180	129	3

\*Стандартная ошибка средней массы корней растений гороха вычислены с помощью программы DianaS.xlsm [Воробьев, 2014]

Сходство масс корней гороха в вариантах №1 и №4 и существенное различие в массах корней в вариантах №2 и №4 указывают на то, что вращающееся магнитное поле способно нейтрализовать ингибирующее действие бактерий на развитие корней. Возможно, под действием магнитного поля происходит изменение вторичной структуры сигнальных молекул, генерируемых бактериями, и вследствие этого перестают совпадать пространственные структуры сигнальных молекул и растительных рецепторов. По этой причине передача управляющих сигналов в растения не происходит.

Блокировка магнитными полями сигнальных каналов в микробно-растительных системах может быть использована в агротехнологиях выращивания сельскохозяйственных культур различного генезиса с целью снижения агрессивности почвенных фитопатогенов и снижения уровня бактериальных заболеваний растений.

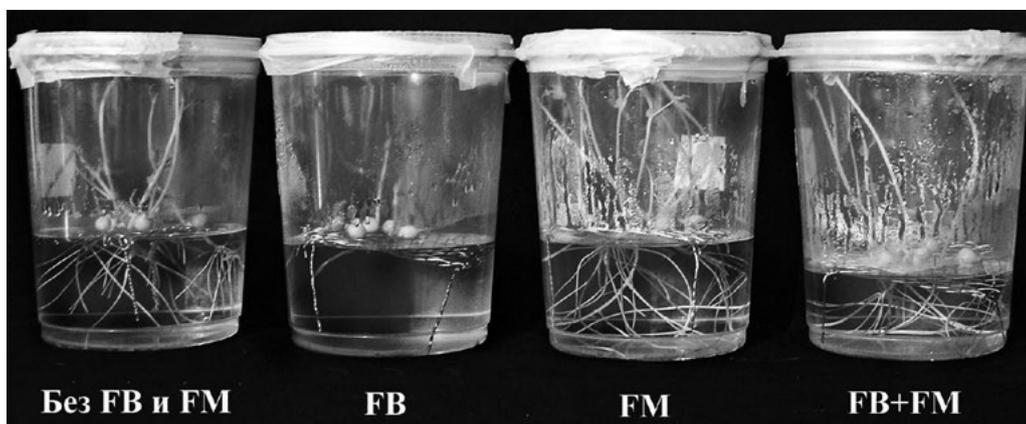


Рисунок. Развитие корней и побегов растений гороха в 4-х вариантах опыта. Без FB и FM – контрольный вариант опыта, в котором растения развивались без воздействия биологического (FB) и физического (FM) факторов. FB – в питательном растворе присутствуют бактерии *Sphingomonas* sp. K1B. FM – на растение воздействует только вращающееся магнитное поле. FB+FM – на растения действуют одновременно биологический и физический факторы

**Библиографический список (References)**

- Belimov A.A., Dodd I.C., Safronova V.I., Dumova V.A., Shaposhnikov A.I., Ladatko A.G., Davies W.J. Abscisic acid metabolizing rhizobacteria decrease ABA concentrations in planta and alter plant growth // *Plant Physiology and Biochemistry*, 2014, V.74, p. 84–91.
- Воробьев Н.И., Пухальский Я.В., Свиридова О.В., Пищик В.Н., Белимов А.А., Толмачев С.Ю. Блокирование слабыми торсионными магнитными полями канала передачи сигналов в биосистеме растений гороха и бактерий *Sphingomonas* sp. K1B // Тр. VII международного конгресса «Слабые и сверхслабые поля и излучения в биологии и медицине». 07–11.09.2015. СПб.: Изд-во Политехн. ун-та. 2015. Т.7. С. 256. ISBN 5-86456-007-3
- Воробьев Н.И., Проворов Н.А., Пищик В.Н., Свиридова О.В. Программа двухфакторного дисперсионного анализа биологических данных // Свидетельство о государственной регистрации программы для ЭВМ N 2014661477 от 30.10.2014. Интернет ресурс: <http://www1.fips.ru/wps/portal/Registers/>.
- Тарасенко В.Я., Толмачев С.Ю. 2004. Устройство для обработки воды или водных растворов «Акватор» // Патент на изобретение РФ N 2297392 от 28.12.2004. Интернет ресурс: <http://bd.patent.su/2297000-2297999/pat/servlet/servlet5dd-2.html>.
- Plant Protection News, 2016, 3(89), p. 39–41

**IMPACT OF THE ROTATING MAGNETIC FIELDS ON THE SPIN-CONFORMATION OF SIGNALING MOLECULES AND ON THE PLANT-MICROBIAL INTERACTIONS WITH INVOLVING THESE MOLECULES**

N.I. Vorobyov<sup>1</sup>, Y.V. Pukhalsky<sup>1</sup>, O.V. Sviridova<sup>1</sup>, V.N. Pishchik<sup>2</sup>, A.A. Belimov<sup>1</sup>, S.Y. Tolmachev<sup>3</sup>

<sup>1</sup>*All-Russia Institute for Agricultural Microbiology, Nik.IvanVorobyov@yandex.ru*

<sup>2</sup>*Agrophysical Research Institute*

<sup>3</sup>*Scientific School “Ecotor”*

This paper presents the results of an experimental study. The experiments investigated the effect of the rotating magnetic fields on the signaling in plant-microbe system formed by the bacteria *Sphingomonas* sp. K1B and plant pea *Pisum sativum* L. K-1037. In this system bacteria inhibit the development of the plant's roots. It has been found that the secondary structure of the bacterial signal has changed under the influence of the rotating magnetic field. As a result, the transmission of signals from bacteria to plant receptors has been blocked due to different spatial conformation of molecular reagents. Therefore lock by the magnetic signaling fields in plant-microbe systems can reduce the level of bacterial plant diseases. Using of the rotating magnetic fields can significantly reduce the cost of the protection chemicals against plant's pathogens.