

ВЛИЯНИЕ ИСКУССТВЕННЫХ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ НА РОСТОВЫЕ И ОБМЕННЫЕ ПРОЦЕССЫ У КОЛУМБОВОЙ ТРАВЫ

Р.А. Колчанов

*Белгородский
государственный
университет
Россия, 308015, г.Белгород,
ул. Победы, 85*

e-mail: kolchanov@bsu.edu.ru

Представлены данные по изучению влияния МП на прорастание семян травы Колумба, их ориентации в магнитном поле, цитоморфологические изменения, происходящие под влиянием МП, обменные процессы и фотосинтез.

Магнитное поле, тропизмы, колумбова трава, клиностаг, митоз, интерфаза, абберрация, хемилуминесценция.

Введение

Исследования влияния магнитного поля на растительные объекты были начаты еще в XIX веке в связи с попыткой установить электрическую природу ротационного движения цитоплазмы [1, 2]. Однако лишь Эварту [3] удалось получить положительный результат, заключающийся в том, что в клетках некоторых растений (хара, нителла, валлиснерия, элодея), помещенных в магнитное поле искусственного магнита (перпендикулярно направлению силовых линий поля) наблюдалось изменение ротационного движения цитоплазмы.

В 1928 году профессор Томского университета П.В. Савостин [4] опубликовал работу, в которой это явление стало предметом дальнейшего изучения. Анализируя негативные результаты опытов своих предшественников, автор пришел к выводу, что они являются следствием недостатков самой методики исследований.

Используя в качестве объекта исследования валлиснерию и элодею, а источника магнитного поля – электромагнит, дающий напряженность 10000 и 5000 гаусс, автор получил большой статистический материал, дающий возможность сделать соответствующие выводы.

Прежде всего, П.В. Савостин обнаружил изменение ротационного движения цитоплазмы при включении магнитного поля. В большей части опытов (до 79% случаев) происходило замедление движения. По мнению П.В. Савостиной, изменение движения цитоплазмы зависит от того, как расположена клетка (ее длинная ось) по отношению к направлению силовых линий магнитного поля – параллельно или перпендикулярно. Кроме того, магнитное поле может вызывать стимулирующее влияние на обменные процессы в клетке, а, следовательно, и усиление ротации цитоплазмы. В каждом конкретном случае может преобладать какой-либо из факторов, однако, усиление движения может быть лишь в том случае, если клетка расположена перпендикулярно полю, т.е. когда МП не вызывает смещения цитоплазмы, а, следовательно, и торможения.

По П.В. Савостину, МП оказывает физиологическое действие на растение, и это действие может быть объяснено физическим его влиянием на скорость химических процессов, а также на органоиды клеток, обладающих парамагнетизмом.

В дальнейшем П.В. Савостин [5] обнаружил ростовую реакцию растений на магнитное поле. Анализируя некоторые проявляющиеся при этом закономерности, он пришел к выводу, что чувствительность растений к магнитному полю, видимо, связана с внутренними периодическими процессами, поскольку обнаруживается, что растения лучше реагируют на МП в определенное время суток, а именно с 12.00 до 14.00 часов. Пытаясь выяснить внутреннюю причину этого явления, П.В. Савостин высказал мысль о том, что это связано с митотическим циклом: клетки лучше воспринимают магнитное воздействие в состоянии митоза.

К настоящему времени накопился довольно большой экспериментальный материал, который свидетельствует о периодической чувствительности растений к магнитному полю; трудно отрицать, что это связано с митотическим циклом, периодичность которого



экспериментально установлена Sweeney [6]. Возможно, и сама периодичность митоза зависит от суточных изменений ГМП.

По мнению П.В. Савостина [7], МП играет большую роль в онтогенезе растений, как векторный фактор, определяющий в конечном итоге полярность растений.

Цели и задачи: 1) изучение влияния магнитного поля на прорастание семян травы Колумба и рост растений; 2) ориентированный рост растений в магнитном поле с резким градиентом напряженности; 3) цитоморфологические изменения у растений травы Колумба под влиянием магнитного поля; 4) влияние магнитного поля на обменные процессы у растений; 5) влияние магнитного поля на процесс фотосинтеза.

Методики и результаты исследований

1) Изучение влияния магнитного поля на прорастание семян травы Колумба и рост растений.

Используемая нами методика для изучения влияния слабого постоянного магнитного поля на прорастание семян колумбовой травы состоит в следующем. Было отобрано 500 здоровых жизнеспособных семян исследуемой культуры. Семена проращивались при естественной ориентации в гравитационном поле Земли в чашках Петри на фильтровальной бумаге, подпитываемой водопроводной водой. Использовали пять образцов (по 100 семян в каждой чаше Петри), из которых четыре подвергались воздействию магнитного поля, а один являлся контрольным. В качестве источников слабого магнитного поля применялись кольца постоянных магнитов, равные между собой по силе воздействия. Ежедневно проводился контроль за прорастанием семян. Через 5-7 дней определялся процент проросших семян, длина корешков и побегов проростков. Определение роста проводилось измерительной миллиметровой линейкой через каждые сутки от начала всходов до окончания наблюдений. Результаты измерений заносились в таблицу.

Ход и результаты опыта по энергии прорастания и всхожести семян колумбовой травы показаны в табл. 1.

Таблица 1

Итоговый средний показатель энергии прорастания и всхожести семян (%) в условиях слабого искусственного магнитного поля

Варианты	Доля проросших семян (%) по дням						
	1	2	3	4	5	6	7
Контрольные семена	Посев семян	Набухание семян	2.25	5.75	11.25	12.00	12.25
Опытные семена			5.10	13.25	18.40	24.25	24.80

Из данных табл. 1 следует, что у семян, находящихся под влиянием слабого магнитного поля, увеличивается процент всхожести семян почти вдвое, а энергия прорастания особенно заметна на 3-7 сутки, по сравнению с контрольными семенами.

Действие магнитного поля сказывается также на стебле - и корнеобразующей способности проростков (табл. 2).

Таблица 2

Средняя длина главного корня и стебля проростков на 7-й день опыта (мм) в условиях слабого искусственного магнитного поля

Варианты	Длина корня, мм	Длина стебля, мм
Контрольные семена	42.25	48.50
Опытные семена	47.44	58.75

Из этих данных следует, что на седьмой день средняя длина побегов между контрольными и опытными семенами различалась на 10,25 мм, а корней – на 5,19 мм с увеличением в сторону опытных. Из этого мы делаем вывод о стимулирующем влиянии слабого магнитного поля на рост корней и побегов. В дальнейшем наблюдалось явление отставания в росте главных корней у опытных растений в связи с образованием боковых корешков.

2) Ориентированный рост растений в магнитном поле с резким градиентом напряженности.



Для выявления ориентированного роста колумбовой травы в магнитном поле большого напряжения был использован небольшой постоянный магнит с полюсными наконечниками треугольного сечения, создающими тем самым большой градиент напряженности. Напряженность в самой узкой части межполюсного пространства составляла 4800 Э. Чтобы исключить влияние гравитации на направление роста корня магнит вращался вокруг своей оси с небольшой угловой скоростью. В стерильных условиях на питательной среде в стеклянных камерах выращивались проростки колумбовой травы. Через 36-60 часов камера устанавливалась между полюсами магнита таким образом, чтобы направление длинной оси проростка совпало с направлением щели межполюсного пространства в самой узкой части, после чего включался магнитный клиностат. Было проведено 20 опытов и во всех случаях проростки обнаруживали искривление роста в сторону меньшей напряженности. Далее были проведены цитологические исследования с целью обнаружения перемещения крахмальных зерен, которые, как выяснилось, оказывались в области вогнутой части проростка. Таким образом, крахмальные зерна, как и сами проростки, перемещались в сторону наименьшей напряженности МП. Это дает основание говорить о том, что в клетках содержится подвижный материал, который распределяется под действием магнитного поля. Это и вызывает ростовую реакцию растений на действие магнитного поля с большим градиентом напряженности.

3) Цитоморфологические изменения у растений травы Колумба под влиянием магнитного поля.

Наряду с изучением влияния магнитного поля на ростовые процессы у колумбовой травы было обращено внимание на влияние этого фактора на клеточное деление и цитоморфологические структуры, связанные с процессом роста растений.

Даже поля значительно меньших напряженностей оказывают влияние на клеточное деление. Магнитное поле в 20-60 Э оказывает некоторое тормозящее влияние на процесс клеточного деления, причем продолжительность одного цикла деления задерживается в ПМП в среднем на 3-4 часа. Полученные экспериментальные данные, на наш взгляд, свидетельствуют о том, что магнитное поле изученных напряженностей оказывает влияние главным образом на подготовительный период митоза (интерфазу).

В специально поставленном эксперименте использовались поля следующего порядка: 100, 500, 1000, 2500, 7000 и 10000 Э. Семена колумбовой травы замачивались в дистиллированной воде, где через сутки набухали. В последующие 3-4 дня семена проращивали; затем корешки фиксировали и проводили цитогенетический анализ, в котором учитывалось количество просчитанных анафаз с фрагментами, с мостиками, количество фрагментов и мостиков. На основе статистического анализа числа клеток с хромосомными аберрациями при различных напряженностях магнитного поля, был сделан вывод о существовании четких изменений цитогенетического эффекта облучения под влиянием магнитного поля. Эффект зависит от напряженности МП и эта зависимость носит сложный, нелинейный характер.

4) Влияние магнитного поля на обменные процессы у растений.

Ростовые реакции растений на магнитное поле свидетельствуют, естественно, о том, что это поле вызывает соответствующие изменения обменных процессов.

Влияние на поглощение кислорода.

При изучении влияния однородного МП небольшой направленности (58-62 Э) было обнаружено, что эти поля подавляют поглощение кислорода прорастающими семенами колумбовой травы, одновременно стимулируя рост проростков. При одинаковом количестве израсходованного сухого вещества зерновки содержание сухого вещества проростка на единицу длины снижалось по сравнению с контролем. Отмечалось также увеличение содержания РНК в опытных проростках по сравнению с контрольными. Установлено снижение поглощения кислорода на 15-20% по сравнению с контрольными, что свидетельствует о том, что целые растения обладают более высокой чувствительностью к МП.

Изменение энергетического обмена.

Усиление темпов роста в слабом МП сопровождается усилением хемилюминесценции, а ослабление роста в полях высокой напряженности – снижением ее уровня. Магнитное поле, таким образом, приводит к нарушению течения биологического окисления и изменениям активности клеточных антиоксидантов в фосфолипидной матрице липопротеиновых мембран, что и проявляется в изменении характера сверхслабой хемилюминесценции.



Физиологические различия.

Были выявлены физиологические и биохимические отличия в реакциях растений на действие ПМП различных напряженностей. Было обнаружено усиление поглощения воды проростками колумбовой травы при 30-минутной экспозиции в магнитном поле ($H=230$ эрстед). Более продолжительное (60 мин) воздействие не оказывало описываемого эффекта. Аналогичным образом проявлялась и другая реакция – экзосмос электролитов, – который повышался при 30-минутной экспозиции и не изменялся при 60-минутной. Липазная активность также изменялась при 30-минутной экспозиции. При воздействии МП ($H=1000-2000$ эрстед) на набухающие семена в течение 60 минут и последующем проращивании в течение 3-х суток в темноте происходит снижение ди- и трикарбоновых кислот и, наиболее сильно, лимонной кислоты. Аналогичные результаты получены при замачивании семян в течение 24 часов (перед проращиванием) в воде, обработанной МП ($H=1575$ эрстед) в течение 5, 10, 15 и 20 минут. Предпосевная обработка семян МП напряженностью 450, 1000 и 2000 эрстед изменяет общее содержание воды в проростках, хотя соотношение свободной и связанной воды в проростках колебалось. Наибольший эффект оказало ПМП напряженностью 450 Э, которое при 24 и 96-ти часовой обработке снижало на 19% содержание свободной воды в корнях и увеличивало содержание связанной воды в 2 раза. В колеоптилях также наблюдалась тенденция к увеличению количества свободной воды и увеличению связанной. МП тех же напряженностей (450, 1000 и 2000 эрстед) вызывает достоверное снижение интенсивности дыхания корней через 24 и 96 часов, причем МП напряженностью 1000 эрстед вызывает максимальный эффект. Следует отметить различную реакцию гипокотили и корней; та же реакция у гипокотили наблюдалась и при более длительном воздействии.

В опытах с семенами ПМП напряженностью 12000 Э вызывало подавление поперечного деления клеток верхушечной меристемы и усиление активности деления клеток перидермы и прокамбия, что приводит к увеличению толщины корня и торможению роста в длину.

Биохимические различия.

Стимулирование роста проростков после двухсуточного прорастания в ПМП ($H=2800$ Э) сопровождается повышением содержания нуклеотидного фосфора и нуклеиновых кислот. Одновременно отмечается повышение содержания белкового азота. Вместе с тем замечено, что на третьи сутки проявляется угнетающее действие магнитного поля, в частности торможение роста корневой системы.

5) Влияние магнитного поля на процесс фотосинтеза.

Под влиянием магнитного поля происходит изменение процесса фотосинтеза.

Опыты, проведенные на проростках колумбовой травы при использовании высоких напряженностей МП ($H=2400, 8000$ Э) показали, что при 10-минутной экспозиции происходит снижение интенсивности фотосинтеза, причем торможение этого процесса увеличивается с возрастанием напряженности МП. После воздействия МП проростки помещали в меченую углекислоту ($C^{14}O_2$), затем фиксировали этанолом. С помощью бумажной хроматографии и автордиографии определялись низкомолекулярная и высокомолекулярная фракции.

Опыт показал, что кратковременное (1-5 минут) воздействие в темноте ПМП не вызывает достоверных изменений в распределении углерода по фракциям. В то же время ПМП на свету обнаруживает достоверную разницу при экспозиции 1-5 минут (табл. 3).

Таблица 3

Зависимость распределения C^{14} в продуктах фотосинтеза от времени воздействия ПМП (1000 Э)

Соединения	Контроль	Опыт. Время воздействия		
		1 мин.	2 мин.	3 мин.
Аминокислоты	16.7±1.0	16.2±3.6	16.0±3.0	14.0±1.1
Сахара	74.9±3.3	78.0±4.5	74.0±1.9	72.5±3.4
Органические кислоты	8.6±0.7	5.8±0.9	10.0±1.0	13.4±1.3

Полученные данные свидетельствуют о том, что с увеличением времени воздействия ПМП уменьшается количество меченого C^{14} в сахарозе, аланине, аргенине и высоко-



комолекулярных соединениях; увеличивается – в органических кислотах, в основном, в яблочной кислоте.

Причиной указанных изменений, на наш взгляд, является разобщение фосфорилирования под влиянием конформационных изменений макромолекул протоплазмы, вызываемых внешним МП, в результате чего происходит уменьшение количества АТФ в хлоропластах и изменение распределения С14 в продуктах фотосинтеза.

Выводы

1. Слабое МП оказывает стимулирующее действие на всхожесть семян (процент всхожести семян увеличивается почти вдвое); и на стебле- и корнеобразующую способность проростков (в среднем стебель длиннее на 10 мм, корень – на 5,25 мм по сравнению с контролем).

2. Сильное МП вызывает ориентированный рост растений в сторону более слабого напряжения (тропизмы), что объясняется перемещением крахмальных зерен из нижележащих клеток в сторону изгиба.

3. Сильное МП вызывает цитоморфологические изменения у растений, выражающиеся в задержке клеточного деления (в среднем на 3-4 часа) и в хромосомных aberrациях в отдельных клетках.

4. Сильное МП оказывает влияние на обменные процессы у растений: снижает поглощение кислорода на 15-20% по сравнению с контрольными; приводит к нарушению течения биологического окисления и изменениям активности клеточных антиоксидантов в фосфолипидной матрице липопротеиновых мембран, что и проявляется в изменении характера сверхслабой хемилюминесценции; производит снижение ди- и трикарбоновых кислот и, наиболее сильно, лимонной кислоты; снижает на 19% содержание свободной воды в корнях и увеличивает содержание связанной воды в 2 раза; подавляет поперечное деление клеток верхушечной меристемы и усиливает активность деления клеток перицикла и прокамбия, что приводит к увеличению толщины корня и торможению роста в длину.

5. Сильное МП снижает интенсивность фотосинтеза, причем торможение этого процесса увеличивается с возрастанием напряженности.

Список литературы

1. Becquerell. Comptes rendus hebdom des sceances de l'acad. des sceances. – 1837. – Vol. 5. – P. 784.
2. Dutrochet. Le magnetisme peutce exorcer de l influence sur la circulation du chara. Jrn. Acad. Sci. – 1846. - Vol. 22, № 15. – p. 619-622.
3. Ewart J. On the physics and physiology of protoplasmic streaming in plants. Oxford, 1903 (Цит.: по Савостин П.В., 1928).
4. Савостин П.В. Исследование поведения ротирующей растительной плазмы в постоянном магнитном поле // Изв. Томского госун-та. – Томск, 1928. – Т. 79, вып. 4. – С. 207.
5. Савостин П.В. Магнито-физиологические эффекты у растений // Тр. Московского Дома ученых. – М., 1937, вып. 1. – С. 111-119.
6. Sweeney В.М. Rhythmic phenomena in plants // Acad. Press. – London-New York, 1969. – № 5. – P. 112-116.
7. Савостин П.В. Нугационные изгибы, рост, дыхание корней в постоянном магнитном поле // Изв. Томского госун-та. – Томск, 1978. – Т. 79, вып. 4. – С. 261-270.

INFLUENCE OF ARTIFICIAL MAGNETIC FIELDS ON GROWTH AND METABOLISM PROCESSES OF KOLUMBUS GRASS

R.A. Kolchanov

Belgorod State University
Pobedy Str., 85, Belgorod,
308015, Russia

e-mail: kolchanov@bsu.edu.ru

Data on studying of influence of magnetic field on germination of seeds of Columbus grass, their orientation in a MF, the cytomorphological changes occurring under the influence of MF, metabolism processes and photosynthesis are presented.

Key words: Magnetic field, tropisms, Columbus grass, clinostate, mitosis, interphase, aberration, chemoluminescence.