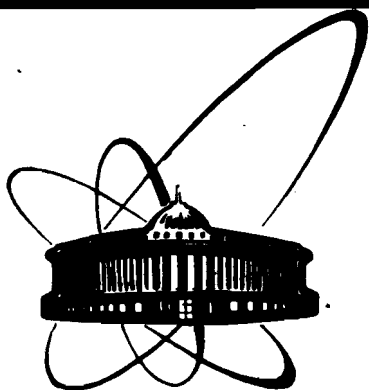


89-245



**СООБЩЕНИЯ
ОБЪЕДИНЕННОГО
ИНСТИТУТА
ЯДЕРНЫХ
ИССЛЕДОВАНИЙ
ДУБНА**

С 563

P19-89-245

П.Совински, Л.В.Быкова, М.Щепанковска

**ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ МАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
НА ПРОНИЦАЕМОСТЬ КЛЕТОЧНЫХ МЕМБРАН
И СТЕПЕНЬ ХОЛОДОЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ
В ПРОРОСТКАХ КУКУРУЗЫ**

Постоянные магнитные поля

1989

ВВЕДЕНИЕ

Кукуруза, как и многие другие растения, происходящие из зоны тропиков и субтропиков, является чувствительной к низким положительным температурам. Одной из причин этого феномена является нарушение функций клеточных мембран в условиях холода^{1,2}, т.е. ниже $\sim 9^{\circ}\text{C}$ ^{1,4}.

По мнению некоторых авторов, клеточные мембраны являются чувствительными к физическому фактору другого рода — магнитному полю^{1,1}.

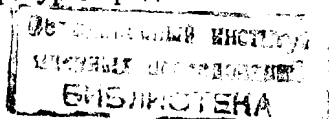
Мы считаем, что целесообразно попытаться изменить некоторые свойства клеточных мембран кукурузы: уменьшить их повреждение в холоде и понизить холодочувствительность растений этого вида, воздействуя на проростки кукурузы магнитным полем. Как мы уже ранее сообщали^{1,6}, воздействие импульсных магнитных полей не вызывало изменений свойств клеточных мембран. Поэтому в этой работе мы исследовали влияние постоянных магнитных полей с разными временными характеристиками.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ И МЕТОДИКА

В качестве объекта исследования использовали три различающихся по уровню холодочувствительности гибрида кукурузы: F7 x F2 (холодоустойчивый), F7 x CO151 (холодотолерантный) и S72 x CO129 (холодочувствительный). Воздействию постоянного магнитного поля подвергали пятидневные проростки кукурузы, находившиеся в чашках Петри.

Исследовалось влияние постоянного магнитного поля напряженностью 100 Э, время экспозиций 1, 10, 100, 1000 и 10000 с. Для проростков кукурузы гибрида F7 x CO151 изучалось также воздействие постоянного магнитного поля при экспозициях 250, 500, 750, 1250, 1500 и 2500 с, а для проростков гибрида S72 x CO125 — при экспозициях 2500, 5000, 7500 и 12500 с. Установка и условия омагничивания были описаны ранее^{1,6}.

Сразу после омагничивания половина растений опытной и контрольной групп была перенесена на холод ($1,5 \pm 0,5$) $^{\circ}\text{C}$. Воздействие низкой положительной температуры продолжалось в течение 48 ч. Все это время



растения в остальных чашках Петри (опыт — контроль) находились в условиях проращивания (26°C).

Для оценки изменения проницаемости клеточных мембран был применен кондуктометрический тест^{1,5,6}. Полученные данные отражают количество внутриклеточных электролитов, выходящих через клеточные мембраны в раствор, относительно полного содержания электролитов в изучаемой ткани, и выражаются в относительных единицах.

Для статистической оценки результатов использовали дисперсионный анализ. За уровень значимости принимали $p = 0,05$. Так как полученные данные выражались в процентах, статистической оценке подвергались величины, трансформированные по Блисссу:

$$y = \arcsin \sqrt{BЭ},$$

где y — величина после трансформации Блисса, измеряемая в градусах Блисса (°Б), ВЭ — относительный выход внутриклеточных электролитов (%). Для определения величины повреждения проростков при охлаждении рассчитывали коэффициент повреждения по формуле:

$$П = \frac{ВЭ_c - ВЭ_k}{ВЭ_k} \times 100\%,$$

где ВЭ_с — относительный выход внутриклеточных электролитов из поврежденной холодом ткани, ВЭ_к — относительный выход внутриклеточных электролитов из контрольной ткани.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные, приведенные в табл.1 и 2 (гибрид F7 x F2), табл. 3 и 4 (гибрид F72 x CO125) и 5 и 6 (гибрид S72 x CO125), были получены в два этапа. На первом этапе мы использовали постоянное магнитное поле с экспозициями 1, 10, 100, 1000 и 10000 с. У растений всех трех исследованных гибридов, не подвергавшихся охлаждению, мы не обнаружили признаков воздействия постоянным магнитным полем на проницаемость клеточных мембран. У холодоустойчивого сорта F7 x F2 (коэффициент повреждения в холоде равняется 31-44%%, табл. 1, 2) постоянные магнитные поля не вызывали изменений в повреждениях при охлаждении. Одновременно у сортов, более чувствительных к холоду, т.е. у F7 x CO151 (K = 44-69%%, табл. 3, 4) и S72 x CO125 (K = 55-87%%, табл.5, 6), обнаружено уменьшение повреждаемости при охлаждении после воздействия постоянных магнитных полей с экспозицией 1000 с для сорта F7 x CO151 и 10000 с для сорта S72 x CO125.

Таблица 1

Относительный выход внутриклеточных электролитов и коэффициент повреждений холодом у проростков гибрида F7 x F2 для разной продолжительности воздействия постоянным магнитным полем

Время, с	1	10	100	1000	10000
Режим					
КК (%)	16,9	16,8	15,6	14,6	14,3
КМ (%)	17,1	16,7	15,8	15,1	14,3
ХК (%)	22,6	23,1	20,5	20,5	20,6
ХМ (%)	22,6	23,7	20,6	20,2	19,9
ПК (%%)	34	38	31	40	44
ПМ (%%)	34	41	32	38	39

Обозначения: К — температура $26 \pm 0,5^\circ\text{C}$; Х — температура $1,5 \pm 0,3^\circ\text{C}$; М — постоянное магнитное поле напряженностью 100 Э; ПК — коэффициент повреждения при охлаждении для проростков, не подвергавшихся воздействию постоянным магнитным полем; ПМ — коэффициент повреждения при охлаждении для проростков, подвергавшихся воздействию постоянным магнитным полем.

Таблица 2

Относительный выход внутриклеточных электролитов (выраженный в градусах Блисса) и другие статистические характеристики, касающиеся исследования влияния холода и постоянного магнитного поля на проростки кукурузы гибрида F7 x F2

Время, с	1	10	100	1000	10000
Количество опытов	12	12	12	9	9
Режим					
КК (°Б)	24,3	24,2	23,2	22,5	22,2
КМ (°Б)	24,4	24,1	23,4	22,9	22,2
КК-КМ	-0,1	0,1	-0,2	-0,4	0,0
Д	1,1 н.д.	1,2 н.д.	0,8 н.д.	1,1 н.д.	0,7 н.д.
ХК (°Б)	28,4	28,7	26,9	26,9	27,0
ХМ (°Б)	28,4	29,1	26,8	26,7	26,5
ХК-ХМ	0,0	-0,4	0,1	0,2	0,5
Д	1,1 н.д.	1,2 н.д.	0,8 н.д.	1,1 н.д.	0,7 н.д.

Обозначения: Д — 1/2 доверительного интервала по тесту Дунцана для $p = 0,05$; н.д. — различия, статистически не достоверные; д — различия, статистически достоверные.

Таблица 3

Относительный выход внутриклеточных электролитов и коэффициент повреждений холодом у проростков гибрида F7 x CO151 для разных временных характеристик воздействия постоянного магнитного поля

Время,с	1	10	100	250	500	750	1000	1250	1500	2500	10000
Режим											
КК (%)	16,9	18,1	16,9	16,9	16,0	16,4	16,8	16,4	16,4	16,0	16,5
КМ (%)	17,3	18,5	18,0	16,7	16,7	16,3	17,5	16,0	16,3	16,3	18,0
ХХ (%)	28,6	28,1	26,2	25,5	25,5	25,1	26,7	25,1	25,1	25,5	23,8
ХМ (%)	27,8	30,5	25,6	23,2	23,2	22,5	23,8	22,2	23,6	24,5	23,5
ПК (%)	69	55	55	59	59	53	59	53	53	59	44
ПЬ (%)	65	69	52	45	45	37	42	35	44	53	42

Обозначения те же, что в таблице 1.

Таблица 4

Относительная утечка внутриклеточных электролитов (выраженная в градусах Блисса) и другие статистические характеристики, касающиеся исследования влияния холода и постоянного магнитного поля на проростки кукурузы гибрида F7 x CO125

Время,с	1	10	100	250	500	750	1000	1250	1500	2500	10000
Количество опытов	8	11	15	9	9	9	23	9	9	9	6
Режим											
КК (°Б)	24,4	25,2	24,4	24,3	23,6	23,9	24,1	23,9	23,9	23,6	24,6
КМ (°Б)	24,4	25,5	25,1	24,1	24,1	23,8	24,7	23,6	23,8	23,8	25,4
КК-КМ	0,0	0,3	-0,7	0,2	-0,5	0,1	-0,6	0,3	0,1	-0,2	-0,8
Д	2,2	2,0	1,7	1,4	1,4	1,1	1,2	1,1	1,0	1,5	2,0
	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
ХК (°Б)	32,3	32,0	31,0	31,4	30,3	30,1	31,1	30,1	30,1	30,4	28,8
ХМ (°Б)	31,7	33,5	30,4	30,0	28,9	28,3	29,2	28,2	29,0	29,7	28,9
ХК-ХМ	0,6	-1,5	0,6	1,4	1,5	1,8	1,9	1,9	1,1	-0,7	-0,1
Д	2,2	2,0	1,7	1,4	1,4	1,1	1,2	1,1	1,0	1,5	2,0
	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	д.	д.	д.	д.	д.	н.д.	н.д.

Обозначения те же, что в таблице 2.

Таблица 5

Относительная утечка внутриклеточных электролитов и коэффициент повреждений холодом у проростков гибрида S72 x CO125 для разных временных характеристик воздействия постоянного магнитного поля

Время,с	1	10	100	1000	2500	5000	7500	10000	12500
Режим									
КК (%)	12,4	12,3	12,2	12,8	13,1	13,1	13,2	12,8	13,2
КМ (%)	12,5	12,2	12,5	12,9	13,8	13,7	13,3	12,7	12,9
ХХ (%)	23,2	22,6	18,9	20,3	20,8	20,8	20,7	20,8	20,7
ХМ (%)	23,2	22,6	20,2	20,2	21,0	20,3	18,9	18,3	17,5
ПК (%)	87	84	55	61	59	59	57	63	57
ПМ (%)	87	84	66	58	60	55	43	43	33

Обозначения те же, что в таблице 1.

Таблица 6

Относительная утечка внутриклеточных электролитов (выраженная в градусах Блисса) и другие статистические характеристики, касающиеся исследования влияния холода и постоянного магнитного поля на проростки кукурузы гибрида S72 x CO125

Время,с	1	10	100	1000	2500	5000	7500	10000	12500
Количество опытов	8	8	7	14	6	6	6	15	6
Режим									
КК (°Б)	20,6	20,5	20,4	21,0	21,2	21,2	21,3	21,0	21,3
КМ (°Б)	20,7	20,4	20,7	21,0	21,8	21,7	21,4	20,9	21,0
КК-КМ	-0,1	0,1	-0,3	0,0	-0,6	-0,5	-0,1	0,1	0,3
Д	1,5	1,7	1,5	0,8	1,8	1,3	1,1	0,9	1,5
	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.
ХХ (°Б)	28,8	28,4	25,8	26,8	27,1	27,1	27,1	27,2	27,1
ХМ (°Б)	28,8	28,4	26,7	26,7	27,3	26,8	25,7	25,3	24,7
ХК-ХМ	0,0	0,0	-0,9	0,1	-0,2	0,3	1,4	1,9	2,4
Д	1,5	1,7	1,5	0,8	1,8	1,3	1,1	0,9	1,5
	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	н.д.	д.	д.	д.

Обозначения те же, что в таблице 2.

Вторым этапом работы было более точное определение временной характеристики постоянного магнитного поля, уменьшающего холодоповреждения у проростков кукурузы.

В качестве экспериментального материала использовались только проростки гибридов F7 x CO151 и S72 x CO125. Применялись постоянные магнитные поля с экспозициями 250, 500, 750, 1250, 1500 с для сорта F7 x CO151, и 1250, 1500, 1750, 12500 с для сорта S72 x CO125. Повторно изучено влияние постоянного магнитного поля с экспозицией 100 и 1000 с для сорта F7 x CO151, а также 1000 и 10000 с для сорта S72 x CO125.

Постоянные магнитные поля, использованные на втором этапе исследований, воздействуя на растения, не подвергающиеся влиянию холода, не вызвали у них изменений в проницаемости клеточных мембран. Одновременно удалось показать, что постоянное магнитное поле уменьшает повреждаемость при охлаждении в ранее использовавшихся

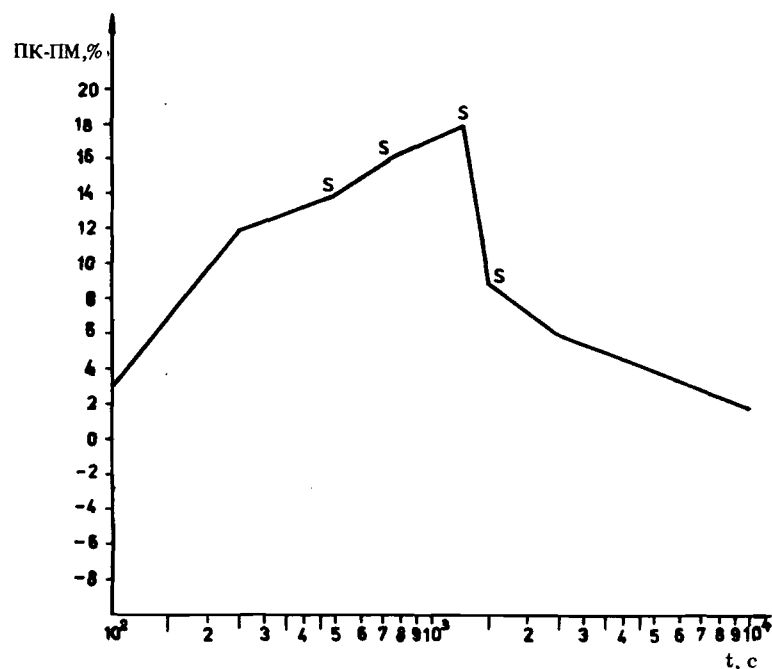


Рис.1. Эффект воздействия постоянного магнитного поля напряженностью 100 Э с различными временными характеристиками на выявление холодоповреждений при температуре 1,5°С у проростков кукурузы гибрида F7 x CO151. ПК-ПМ – разница между коэффициентами повреждений у проростков неомагнитных (ПК) и омагнитных (ПМ). S – разница статистически достоверная.

режимах, а также более точно определить временную характеристику постоянного магнитного поля, воздействующего на клеточные мембраны.

Итак, у сорта F7 x CO151 статистически достоверное уменьшение повреждаемости при охлаждении появлялось при воздействии на проростки кукурузы постоянного магнитного поля с экспозициями от 500 до 1500 с. Нами была также обнаружена тенденция к уменьшению повреждаемости при охлаждении этого сорта кукурузы при воздействии постоянным магнитным полем с экспозициями 250 и 2500 с.

Для сорта S72 x CO125 определено уменьшение повреждаемости при охлаждении при воздействии постоянного магнитного поля с экспозициями свыше 5000 с. Нам не удалось определить у этого гибрида верхней границы периода воздействия постоянным магнитным полем, при котором выявляется уменьшение повреждаемости при охлаждении, так как омагничивание в течение длительного времени (свыше 3 ч) вызывает повышение температуры в чашках Петри, что может отражаться на результатах.

Эффективность воздействия постоянным магнитным полем, проявляющаяся в уменьшении коэффициента повреждений клеточных мембран, показана на рис.1 (для гибрида F7 x CO151) и рис.2 (для гибрида S72 x CO125). На рисунках изображены только те варианты опытов,

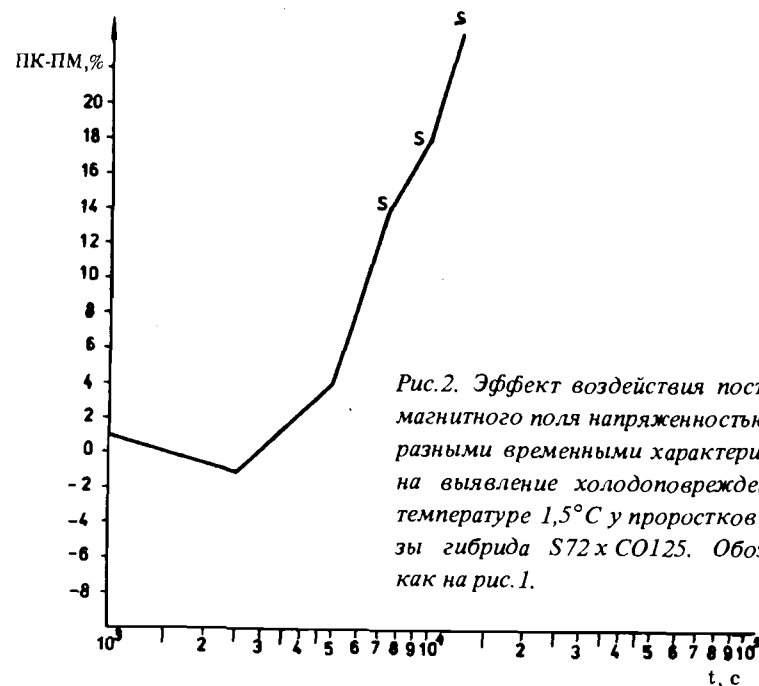


Рис.2. Эффект воздействия постоянного магнитного поля напряженностью 100 Э с различными временными характеристиками на выявление холодоповреждений при температуре 1,5°С у проростков кукурузы гибрида S72 x CO125. Обозначения как на рис.1.

при которых замечено влияние постоянного магнитного поля, т.е. 100-10000 с для сорта F7 x CO151 и 1000-100000 с для сорта S72 x CO125.

У гибрида F7 x CO151 максимальная эффективность постоянного магнитного поля получена при экспозиции около 1000 с и достигает 18%. У гибрида S72 x CO125 максимальный эффект равен 24% и обнаружен при экспозиции 12500 с.

Надо отметить, что у гибридов F7 x CO151 и S72 x CO125 магнитное поле вызывает уменьшение коэффициента повреждаемости при охлаждении, приближая степень холодоустойчивости этих гибридов к степени холодоустойчивости гибрида F7 x F2, т.е. примерно до 40%.

ВЫВОДЫ

1. Постоянные магнитные поля, воздействующие на проростки кукурузы с экспозицией от 1 до 12500 с, не вызывают изменения проницаемости клеточных мембран, если растения не подвергали влиянию холода (+1,5°C).

2. У самого устойчивого к холоду гибрида F7 x F2 постоянные магнитные поля не вызывают изменения величины коэффициента при охлаждении.

3. Эффект воздействия постоянным магнитным полем обнаружен на более холодочувствительных гибридах, таких как F7 x CO151 и S72 x CO125. Для гибрида F7 x CO151 эффект уменьшения коэффициента повреждаемости выявлен при экспозиции от 250 до 2500 с, а для гибрида S72 x CO125 — при экспозиции свыше 5000 с.

4. Максимальное уменьшение величины коэффициента повреждаемости у гибридов F7 x CO125 и S72 x CO125 повышается степень их холодоустойчивости до уровня гибрида F7 x F2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аристархов В.М. и др. — В сб.: Реакция биологических систем на магнитное поле. М.: Наука, 1978, с. 6.
2. Lyons M.J. et al. — Low temperature stress on crop plants. New York: Acad.Press, 1979, p.1.
3. Новицки Ю.И. — В сб.: Реакция биологических систем на магнитное поле. М.: Наука, 1978, с.117.
4. Pike C.S., Berry J.A. — Plant Physiol., 1980, 66, p. 238.
5. Rikin A. et al. — Plant & Cell Physiol., 1979, 20, p.1537.
6. Совински П. и др. — Сообщение ОИЯИ P19-88-131, Дубна, 1988.

Рукопись поступила в издательский отдел
10 апреля 1989 года.

Совински П., Быкова Л.В., Щепанковска М.

P19-89-245

Изучение действия магнитных полей на проницаемость клеточных мембран и степень холодочувствительности в проростках кукурузы. Постоянные магнитные поля

Изучен эффект действия холода (1-2°C, 48 ч) и постоянных магнитных полей (напряженностью 100 Э с экспозицией от 1 до 12500 с) на проростки кукурузы трех гибридов, различающиеся по уровню холодоустойчивости: F7 x F2 (холодоустойчивый), F7 x CO151 (холодотолерантный) и S72 x CO125 (холодоустойчивый). У растений, не подвергавшихся влиянию холода, не замечено эффекта действия постоянного магнитного поля, но у проростков, которые подвергались охлаждению, постоянное магнитное поле вызвало уменьшение повреждений, за исключением гибрида F7 x F2. Для сорта F7 x CO151 постоянное магнитное поле с экспозицией 500 — 1500 с оказалось эффективным, а для поля с экспозицией 1, 10, 100, 2500 и 10000 с эффекта не обнаружено. У сорта S72 x CO125 при воздействии постоянных магнитных полей с экспозицией 1 — 5000 с эффекта не обнаружено, но свыше 5000 с замечено уменьшение холодоповреждений.

Работа выполнена в Лаборатории ядерных проблем ОИЯИ.

Сообщение Объединенного института ядерных исследований. Дубна 1989

Перевод авторов

Sovinaki P., Bykova L.V., Shchepankowska M.

P19-89-245

The Study of Magnetic Fields on Permeability of Cell Membranes and Chilling Stress in Etiolated Maize Seedlings. Constant Magnetic Fields

The effect of both, chilling-treatment (1-2°C, 48 h) and constant magnetic fields (intensity of 100 Oe, periods of treatment differed between 1 — 12500 s) were studied in seedlings of three maize hybrids with different chilling-sensitivity: F7 x F2 (chilling-resistant), F7 x CO151 (chilling-tolerant) and S72 x CO125 (chilling-sensitive). There was no effect of magnetic fields on membrane permeability in plants not treated with low temperature. In chilling-treated seedlings, however, there was found the decrease of chilling-injuries, except of F7 x F2 variety. In F7 x CO151, magnetic fields were effective, when treatment was conducted for 500 — 1500 s and ineffective for 1 — 250 s and above 1500 s. In S72 x CO125 variety, treatments 1 — 5000 s were not effective but above 5000 s resulted in decrease of chilling-injuries.

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

Communication of the Joint Institute for Nuclear Research. Dubna 1989