

ВЛИЯНИЕ МИЛЛИМЕТРОВОГО ИЗЛУЧЕНИЯ НА ЖИЗНЕСПОСОБНОСТЬ РАСТЕНИЙ. 3. ИЗМЕНЕНИЕ МЕТАБОЛИЗМА СЕМЯН ПРИ ОПОСРЕДОВАННОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ФАКТОРА

С.Н. Маслоброд, Л.Б. Корлэтяну, А.И. Ганя, С.А. Бурцева*

*Институт генетики и физиологии растений АН Молдовы,
ул. Пэдурий, 20, г. Кишинев, MD-2002, Республика Молдова,
maslobrod37@mail.ru*

**Институт микробиологии и биотехнологии АН Молдовы,
ул. Академией, 1, г. Кишинев, MD-2028, Республика Молдова*

В предыдущих работах [1, 2] было показано, что сухие и замоченные семена реагируют на миллиметровое излучение (ММИ) практически сходным образом. Вместе с тем эффект стимуляции метаболизма у облучённых замоченных семян выражен более чётко, чем у облучённых сухих семян. Разные результаты, по-видимому, можно объяснить тем, что в сухих семенах содержится только связанная вода, а в замоченных дополнительно – свободная, поглощённая семенами вода, которая прежде всего становится первичным рецептором ММИ.

Для развития этой точки зрения, известной в отношении объектов животного происхождения [3], было решено проверить, как действует на семена непосредственно вода, обработанная ММИ. Такая вода выступает в качестве самостоятельного фактора воздействия на семена, но несёт в себе признаки как чистого ММИ (генератора поля), так и субстрата, комплементарного воде семян. Таким путём возникает возможность получить более чёткие данные о воде как о приёмнике, индукторе и переносчике информации о ММИ в семенах. В этой связи заслуживает внимание исследование эффекта «памяти» воды, подвергнутой воздействию ММИ [3, 4], если её оценивать по физиологическим параметрам семян [5]. Интересный аспект опосредованного действия ММИ на семена открывают эксперименты, где ММИ подаётся сначала на микроорганизмы [6]. Из них выделяются экзометаболиты. Далее готовятся растворы экзометаболитов, которыми уже действуют на семена [6, 7]. Строго говоря, штамм микроорганизма, выросший на агаре, уже есть сложно организованный водный раствор, и здесь ММИ также воздействует вначале на воду.

1. Воздействие через воду

1.1. Сравнение эффектов от воздействия на воду, сухие и замоченные семена

Сравнивалась всхожесть семян томата при действии ММИ на дистиллированную воду (ДВ), сухие семена и семена, набухающие в ДВ в течение трех часов. Всхожесть семян существенно повысилась по сравнению с контролем (рис. 1).

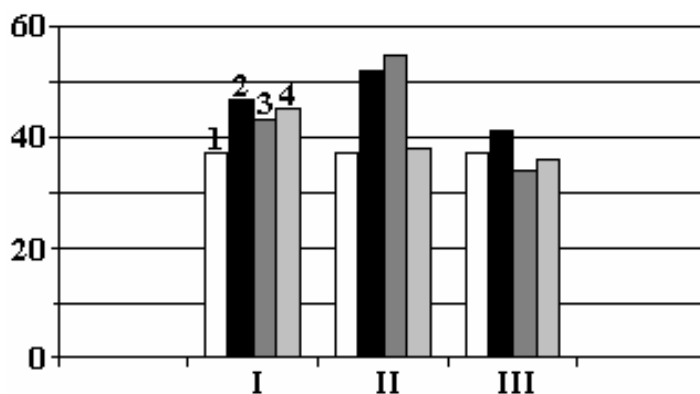


Рис. 1. Всхожесть семян (%) томата (сорт Муромский) на 6-й день проращивания в зависимости от способа подачи ММИ на семена (прямой и через воду). I – вода, II – сухие семена, III – семена, замоченные в течение 3 ч; 2, 4 и 10 мин – экспозиции воздействия ММИ

Стимуляционными оказались экспозиции облучения воды 2, 4 и 10 мин и семян – 2 и 4 мин. Эффект стимуляции при облучении воды был не менее значимым, чем при облучении семян.

В другом опыте применялись одни и те же экспозиции – 8 и 30 мин: 1) при действии ММИ на семена и дистиллированную воду и 2) при замачивании семян в облучённой воде. Облучённая вода как бы имитировала ММИ как фактор воздействия на семена. Использовались сухие и набухшие семена в течение 12 ч. Таким образом, учитывали период самого активного поглощения семенами воды и период, когда это поглощение уже отсутствовало. В качестве критерия оценки влияния фактора на объект служили энергия прорастания семян (на второй день замачивания) и знак биоизомерии проростков (левизна-правизна) [1].

Как видно из табл. 1, при прямой подаче ММИ на сухие семена биоэффект по энергии прорастания семян и числу правых (D) проростков отсутствует. Это несколько неожиданно, так как в других опытах на этих экспозициях наблюдалась стимуляция. Тем более показательно влияние облучённой воды на параметры объекта. Замачивание сухих семян в облучённой воде привело к повышению энергии прорастания на двух экспозициях.

В случае с набухшими семенами повышение энергии прорастания и числа D проростков обнаружено как при прямой подаче ММИ на семена (экспозиция – 30 мин), так и при опосредованной, через воду (экспозиции – 8 и 30 мин).

Таким образом: 1) опосредованное, через воду, действие ММИ на семена более эффективно, чем прямое; 2) набухшие семена более отзывчивы на прямое и опосредованное действие ММИ, чем сухие семена. Полученные данные, на наш взгляд, свидетельствуют о ведущей роли воды в индукции с помощью ММИ физиологических и морфологических изменений у объектов. Как известно, под влиянием ММИ дистиллированная вода становится электропроводящей и менее вязкой [4]. Поэтому она быстрее проникает в сухие семена, создавая непрерывность водной среды вне и внутри последних. А в случае с набухшими семенами ММИ сразу действует на воду, находящуюся в них. Вода – генератор слабого поля с набором неких частот, в том числе и в КВЧ диапазоне [4, 8, 9]. Слабое поле облучённой воды более комплементарно слабому полю воды семян, чем ММИ. Поэтому поле облучённой воды действует на семена эффективнее, чем ММИ.

Таблица 1. Энергия прорастания семян и число правых (D) проростков пшеницы (сорт НЗ35) при действии на семена ММИ (прямое действие) и воды, обработанной ММИ (опосредованное действие), %

Тип действия ММИ на семена	Экспозиции	Сухие семена		Набухшие семена	
		Энергия прорастания	Число правых проростков	Энергия прорастания	Число правых проростков
Прямой	8	33,3 ± 2,08	46,8 ± 4,62	64,0 ± 4,08	40,1 ± 1,18
	30	36,0 ± 6,11	43,0 ± 3,09	76,8 ± 4,06*	45,9 ± 1,41**
Опосредованный через воду	8	53,3 ± 6,74*	39,8 ± 5,71	72,7 ± 7,68	52,6 ± 0,28***
	30	62,0 ± 1,15***	49,2 ± 8,90	76,0 ± 2,00*	51,1 ± 2,81***
Контроль		32,0 ± 2,31	50,2 ± 2,29	56,0 ± 6,11	36,9 ± 1,89

* ** *** – различия по сравнению с контролем существенны соответственно при $p < 0,1$; $0,01$; $0,001$.

1.2. «Память» воды на воздействие ММИ

1.2.1. Влияние низкой температуры на продолжительность «памяти»

Семена томата замачивались в дистиллированной воде, облученной ММИ. Облученную воду предварительно выдерживали в течение 0, 3, 6 и 24 ч при температурах +25°С и +5°С. Облучение проводили с экспозицией 2 мин, которая является стимуляционной для семян томата. При +25°С «память» воды с эффектом стимуляции всхожести семян сохранилась до 3 ч выдержки, при +5°С «память» сохранилась по всем срокам выдержки с постепенным убыванием (табл.2). Эффект может быть связан с индукцией с помощью ММИ структурных изменений в воде [4].

Всхожесть семян томата (сорт Санта Мария) на 6-й день проращивания при воздействии на семена облученной ММИ дистиллированной воды с разными сроками выдержки и при разной температуре хранения воды.

Таблица 2

Сроки выдержки, ч	+25° С	+5° С
Контроль	27	17
0	42*	-
3	33*	37*
6	19	26*
24	26	23*

* – различия существенны.

1.2.2. Влияние типа воды на продолжительность «памяти» воды при воздействии ММИ при низкотемпературном хранении воды

В варианте облучения водопроводной воды обнаружен неожиданный эффект постепенного повышения ее «памяти» в процессе длительного хранения. Всхожесть семян существенно возрастает при воздействии на них облученной воды 3-суточного хранения, а при использовании облученной дистиллированной воды эффект «памяти» отсутствует (табл. 3). По-видимому, при длительном низкотемпературном хранении водопроводной воды происходит внутреннее дооблучение опытной партии воды, при этом стабильные структурные изменения воды, индуцированные ММИ, выходят на новый информационный уровень [4].

Таким образом, вода, обработанная ММИ, стимулирует всхожесть семян (на примере томата); эта вода приобретает «память» о воздействии ММИ, продолжительность «памяти» повышается при низкотемпературном хранении семян; при длительном низкотемпературном хранении воды «память» на воздействие ММИ у водопроводной воды более продолжительна, чем у дистиллированной.

Таблица 3. Всхожесть семян томата (сорт Нота) на 7-й день проращивания при воздействии на семена ВВ и ДВ, облученной ММИ и хранящейся в течение 24, 48 и 72 ч при +5 °С

Сроки хранения воды, ч	Водопроводная вода		Дистиллированная вода	
	Опыт	Контроль	Опыт	Контроль
24	74,0 ± 3,6	70,7 ± 1,4	74,7 ± 2,9	71,3 ± 3,7
48	82,7 ± 3,5	76,0 ± 2,3*	76,0 ± 3,1	75,3 ± 2,7
72	81,3 ± 0,7	68,7 ± 2,4***	74,0 ± 5,3	76,0 ± 0,7

2. Воздействие через экзометаболиты стрептомицетов, обработанных ММИ

Физиологическую активность культуральной жидкости (КЖ) микроорганизмов, обработанных ММИ, оценивали по всхожести семян, замачиваемых в этой жидкости. Использовали два штамма стрептомицетов – коллекционный *Streptomyces canosus* CNMN-71 и выделенный из почвы Молдовы *Streptomyces massasporeus* CNMN-36. Они отличаются от других штаммов коллекции способностью синтезировать ряд биологически активных веществ, в том числе и веществ с фитогормональной активностью [7]. После облучения культуру переносили в колбы с жидкой питательной средой. Культивирование проводили на вибростолу в течение 5 суток. Затем биомассу отделяли от КЖ центрифугированием. Семена замачивали в течение 24 ч в КЖ с концентрацией 1:100, которая считается стимуляционной для семян [6, 7].

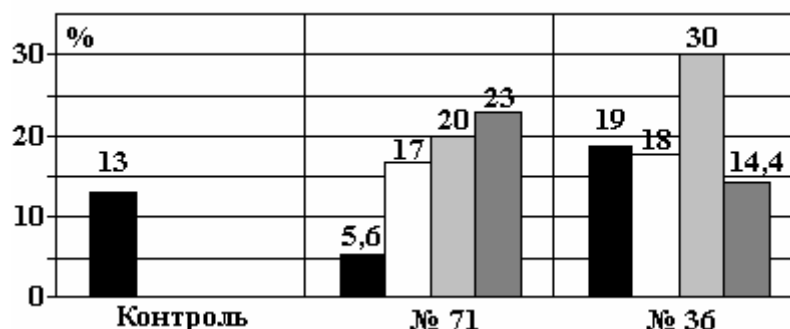


Рис. 2. Всхожесть семян табака (сорт Барлей) при воздействии на семена экзометаболитами стрептомицетов, обработанных ММИ. № 36 и 71 – штаммы стрептомицетов; столбики в опыте – соответственно экспозиции воздействия ММИ 0, 1, 3, 5 мин

2.1. Влияние экспозиций облучения

При замачивании семян табака в растворе экзометаболитов стрептомицетов без обработки ММИ всхожесть семян по сравнению с контролем (замачивание в дистиллированной воде) оказалась ниже у штамма № 71 и выше у штамма № 36. Обработка стрептомицетов ММИ привела к тому, что раствор их экзометаболитов оказал стимуляционное действие на всхожесть семян табака по всем вариантам обработки (рис. 2). Лучшие результаты получены при экспозиции 5 мин для формы № 71 (23%) и экспозиции 3 мин для формы № 36 (30%).

Таким образом, обработка стрептомицетов ММИ приводит к существенному повышению физиологической активности их экзометаболитов, оцениваемой по всхожести семян.

2.2. Влияние плотности мощности облучения

Экспериментально показано существенное увеличение по сравнению с контролем биомассы штамма S.c.CNMN-71 в вариантах плотности мощности (МП) 6,22 мВт/см² и уменьшение ее количества в варианте ПМ 10,4 мВт/см² (рис. 3). Как видно из рисунка, наблюдается нелинейный характер кривой «биомасса - плотность мощности».

В последующем были использованы растворы экзометаболитов (ЭМ) стрептомицета, обработанных ММИ с ПМ 4,7 и 10,4 мВт/см² для проверки физиологической активности ЭМ стрептомицетов по тесту прорастания семян гаплоидной формы кукурузы 245 x rf. Получено существенное по сравнению с контролем увеличение длины coleoptилей 5-дневных проростков и существенное увеличение длины основного корня в варианте ПМ 10,4 мВт/см² (табл. 4). По числу боковых корней, а также по сухому весу coleoptилей и корней различий не обнаружено. Вместе с тем обращает на себя внимание, что стимуляционный вариант облучения микроорганизмов (по выходу биомассы) оказался стимуляционным и для семян, замачиваемых в растворах ЭМ стрептомицетов этого же варианта.

Можно предположить, что обработка стрептомицетов ММИ с ПМ 10,4 мВт/см² способствует увеличению синтеза этим штаммом веществ с фитогормональной активностью (ауксины, гиббереллины и др.), а также протеиногенных и незаменимых аминокислот, что было установлено нами ранее в стимуляционном варианте обработки этого же штамма гамма- и УФ-лучами [7].

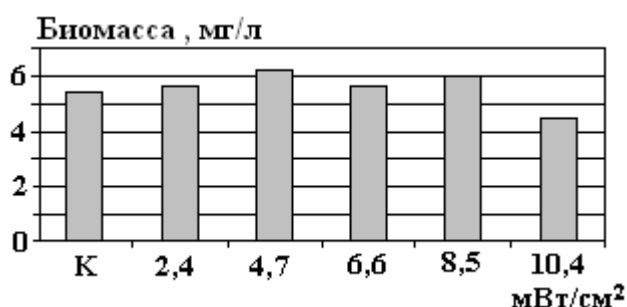


Рис. 3. Биомасса штамма стрептомицетов после обработки ММИ с различной плотностью мощности

Таблица 4. Физиологические параметры проростков гаплоидов кукурузы после обработки семян экзометаболитами (ЭМ) стрептомицета (*Streptomyces canosus* CNMN-71), подвергнутого воздействию ММИ различной плотности мощности

№ варианта	Наименование варианта	Длина, мм		Число боковых корней	Сухой вес, мг	
		coleoptилей	основного корня		coleoptилей	корневой системы
1	H ₂ O (контр.)	16,0	56,3	2,09	433,0	538,0
2	ЭМ (контр.)	15,9	61,6	2,34	406,0	523,0
3	4,7 мВт/см ²	21,8*	59,2	1,96	400,0	521,0
4	10,4 мВт/см ²	17,8	59,2*	2,31	431,0	539,0

* – различия существенны.

В последующем была проведена проверка – сохраняют ли свою биологическую эффективность эти экзометаболиты после длительного хранения (6 месяцев при +5°C). Критерий оценки – изменение под их влиянием длины coleoptилей и корешков у проростков кукурузы (гибрид Де-

бют). Предварительно экзометаболиты оставляли в нативном состоянии (вариант 1) и пастеризовали (вариант 2). Обнаружено, что после длительного хранения в варианте 1 сохраняется нелинейный характер кривой «рост проростка – плотность мощности облучения стрептомицета», что было свойственно исходному состоянию экзометаболитов (до хранения). Стимуляция по длине колеоптиля наблюдалась при 8,5 мВт/см² и четкое ингибирование длины корешка – при 4,7 и 10,4 мВт/см². В то же время в варианте 2 (пастеризованные экзометаболиты) нелинейность дозовой кривой отсутствовала, причем наблюдалось ингибирование, усиливающееся с ростом плотности мощности облучения стрептомицета (рис. 4).

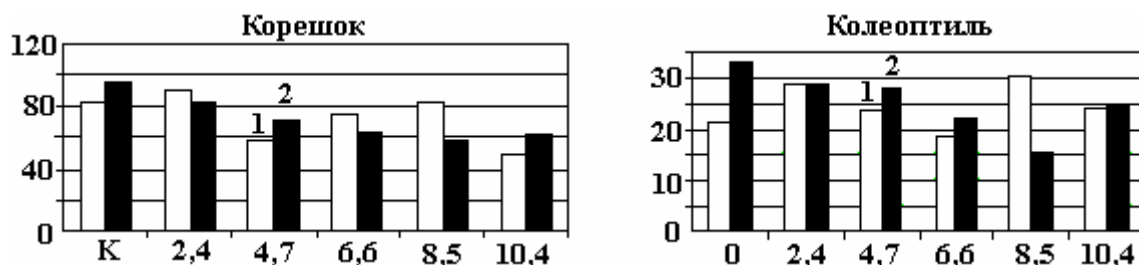


Рис. 4. Длина колеоптилей и корешков 4-дневных проростков кукурузы (гибрид Дебют) при опосредованном воздействии ММИ на семена через экзометаболиты стрептомицета. Семена замачивались в растворе экзометаболита стрептомицета в течение 24 ч. Предварительно стрептомицет обрабатывали ММИ 5,6 мм в течение 5 мин плотностями мощности 0 (контроль): 2,4; 4,7; 6,6; 8,5 и 10,4 мВт/см². 1, 2 – экзометаболиты, соответственно нативные и пастеризованные

Выводы

1. Опосредованное, через воду, действие ММИ на семена пшеницы более эффективно, чем прямое действие.
2. Набухшие семена пшеницы более отзывчивы на прямое и опосредованное действие ММИ, чем сухие семена.
3. Вода, облученная ММИ, стимулирует всхожесть семян томата. Эффекты сопоставимы с результатами влияния ММИ на сухие и замоченные семена.
4. Вода способна приобретать «память» о воздействии ММИ (оцениваемой по всхожести семян томата, которые замачиваются в этой воде). Продолжительность «памяти» повышается при низкотемпературном хранении семян. При длительном низкотемпературном хранении воды «память» на воздействие ММИ у водопроводной воды более продолжительна, чем у дистиллированной.
5. При воздействии ММИ на микроорганизмы рода стрептомицетов *Streptomyces canosus* CNMN (№ 71 и 36) получено изменение физиологической активности растворов их экзометаболитов (оцениваемой по всхожести семян, замачиваемых в этом растворе). Эффект зависит от экспозиции и плотности мощности воздействия. Так, всхожесть семян табака, замачиваемых в растворе экзометаболитов штамма № 71, увеличилась в 1,8 раза при 5-минутной экспозиции, штамма № 36 – в 2,3 раза при 3-минутной экспозиции. При обработке штамма № 71 ММИ с различными плотностями мощности при экспозиции 5 мин получена стимуляция в вариантах 4,7 и 8,5 мВт/см² как роста биомассы штамма, так и всхожести семян кукурузы, замачиваемых в растворе экзометаболитов этого штамма.

ЛИТЕРАТУРА

1. Маслоброд С.Н., Корлэтяну Л.Б., Ганя А.И. Влияние миллиметрового излучения на жизнеспособность растений. 1. Изменение метаболизма семян при воздействии фактора на сухие семена. *Электронная обработка материалов*. 2010, **46**(5), 93–105.
2. Маслоброд С.Н., Корлэтяну Л.Б., Ганя А.И. Влияние миллиметрового излучения на жизнеспособность растений. 2. Изменение метаболизма семян при воздействии фактора на замоченные семена. *Электронная обработка материалов*. 2010, **46**(6), 88–90.
3. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н., Котровская Т.И. Необычные свойства воды в слабых электромагнитных полях. *Биомедицинские технологии и радиоэлектроника*. 2003, (1), 37–41.
4. Зенин С.В. Развитие информационных представлений о структурном состоянии воды. *ЭКВА-ТЭК-2006. Сборник докладов конгресса*. М., 2006, Ч. 2, 1052–1054.

5. Маслоброд С.Н., Корлэтяну Л.Б., Ганя А.И., Гайдей Н.А. Память воды на воздействие миллиметрового излучения по критерию всхожести семян. *ЭКВАТЭК-2006. Сборник докладов конгресса*. М., 2006. Ч. 2, 1049–1050.
6. Маслоброд С.Н., Бурцева С.А. Каранфил В.Г. и др. Сравнительная оценка влияния поля мысли, низкоинтенсивного электромагнитного поля и химических биогенных регуляторов на первичные процессы метаболизма растений. *Матер. Первой Международной научно-практич. конференции «Нетрадиционные методы в медицине, биологии и растениеводстве. Эниология. Экология и здоровье»*. Кишинёв, 2005, 313–322.
7. Бурцева С.А., Апостолюк Н.В. Рябчук Н.С., Растимешина И.О. *Fiziologie si biochimie vegetale*, Chisinau, 201, 114–117.
8. Савельев С.В., Кузнецов И.В. Линия дальнедействующей межклеточной связи интерфейса межклеточного информационного взаимодействия. *Миллиметровые волны в биологии и медицине*. 2005, 3(39), 36–41.
9. Слесарев В.И., Шабров А.В. Дистанционное взаимодействие водосодержащих систем. *ЭКВАТЭК-2006. Сборник докладов конгресса*. М., 2006, Ч.2. 1030.

Поступила 16.06.10

Summary

At direct and mediated influence of millimetric radiation with wavelength of 5,6 mm, density of stream of capacity of 6–10 mwt/sm² and several minutes' expositions on seeds of tomato, tobacco, wheat and maize we observed a stimulation of sprouting energy and seeds germinating power and an increase in number of right sprouts. The mediated influence is more effective than the direct one. The mediated influence consisted in the following: we processed with millimetric radiation 1) water in which afterwards seeds were presoaked, 2) microorganisms from which were exuded exometabolites in order to soak seeds in their solutions. It was found out the effect of water "memory" for an influence. This effect is better expressed with tap water in comparison with distilled one and is better maintained at low temperature than at room. It has been drawn the conclusion about the fact that water is the receiver, inductor and carrier of information and about the influence of a physical factor.
