

# Эффект дальней связи между прорастающими семенами, возникающий при их контакте в период набухания

С. Н. Маслоброд

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

С учетом прежних приводятся новые данные по эффекту дальней связи между двумя прорастающими семенами, возникающему в результате совместного набухания этих семян встык зародышами в течение 24 ч. При стрессовом воздействии низкой или высокой температурой, концентрированным раствором NaCl,  $\gamma$ -радиацией на одно из семян разделенной пары у второго семени, удаленного от первого на расстояние до нескольких километров, наблюдаются изменения морфологических, физиологических и генетических признаков. Это инверсия биоизомерии (левизны-правизны) проростков, ускорение прорастания семян, а также роста проростков и вегетирующих растений, увеличение числа хромосомных нарушений в первичных корешках проростков. При кратковременном воздействии гамма-облучения части семян системы (порядка 100 шт.) изменяется генетическое состояние не только облученных, но и необлученных экземпляров этой системы. При этом в клетках корешков проростков, выросших из необлученных семян, существенно увеличивается число хромосомных нарушений по сравнению с контролем. Обсуждаемый эффект пропорционально зависит от дозы облучения. Описываются также электромагнитный и неэлектромагнитный механизмы эффекта дальней связи. Кроме того, ставится вопрос о квантовой сцепленности семян системы, возникающей в период их совместного набухания.

УДК 633.11+633.15+581.142: 58.036:58.04:577.338

Настоящая публикация является обобщением наших прежних данных [1–4] по эффекту дальней связи (ЭДС) между прорастающими семенами, составляющими одну систему, с привлечением новых. Основные результаты были получены на простой системе – из двух семян кукурузы, соприкасающихся зародышами. Система возникает при совместном набухании семян в почве в период от нескольких до 24 часов. После этого при удалении одного семени пары и стрессовом воздействии (температурном, химическом или радиационном) на него второе семя, по-видимому, воспринимает некий, идущий от первого семени сигнал, благодаря чему его состояние и выросшего из него проростка существенно изменяется.

Ранее нами было показано, что из семян такой пары в норме (в отсутствие стресса), как правило, вырастают преимущественно зеркально-симметричные проростки: из одного семени – левый (*L*) проросток, из другого – правый (*D*) [5, 6]. У *L*-проростка первый лист заворачивается против часовой стрелки, у *D*-проростка – по часовой стрелке (рис. 1) [5–7]. Таких зеркально-симметричных пар (ЗСП), то есть с *LD*-проростками, получается значительно больше, чем пар с одинаковым типом биоизомерии проростков, то есть с *LL*- и *DD*-проростками [1–4]. Мы полагаем, что эти пары становятся системами. У их проростков ускоряется и синхронизируется рост [5, 8, 9].

Эффект ЗСП был получен у семян разных видов растений [6]. Он зависит от генотипа и физиологического состояния семян и обусловлен электромагнитным взаимодействием прорастающих семян [5, 8–10]. Между семенами пары возникает общее электромагнитное поле, которое становится основной матрицей для формирования ЗСП [5, 8, 10].

После удаления одного из семян пары, которое затем подвергается стрессовому воздействию, было обнаружено существенное снижение числа ЗСП проростков. Было высказано предположение, что нормальное семя пары воспринимает сигнал от семени, на которое действовал стресс, и изменяет знак своей биоизомерии [1, 2, 4]. Поскольку ЭДС между прорастающими семенами (проявляющийся в данном случае в изменении морфологии проростков) может наблюдаться на значительном удалении опытного семени (семени-индуктора) от семени-приемника (в наших опытах это расстояние доходило до 7 км), напрашивается вывод, что ЭДС имеет неэлектромагнитную природу.

Можно ли однозначно продемонстрировать наличие сигнала, идущего от одного семени пары к другому? На этот вопрос мы попытались ответить в последующих опытах, где функция сигнала идентифицировалась по дополнительным критериям – изменению физиологического и генетического состояния семени-приемника.

Оказалось, что при стрессе у семени-приемника в подавляющем большинстве случаев существенно ускоряются всхожесть и скорость прорастания по сравнению с семенем другой нормальной пары [2, 4]. Но еще более поразительным фактом было то, что при  $\gamma$ -облучении одного из семян пары

существенно увеличивается число хромосомных нарушений (ЧХН) в клетках первичных корешков проростка, выросшего не только из облученного семени, но и из второго необлученного экземпляра этой пары [2, 4].

Осознавая неординарность полученных данных и предваряя в какой-то мере ответы на вопросы коллег, мы провели дополнительные опыты, а также более тщательно проанализировали прежние данные для усиления доказательной базы и прояснения отдельных аспектов ЭДС и его механизма.

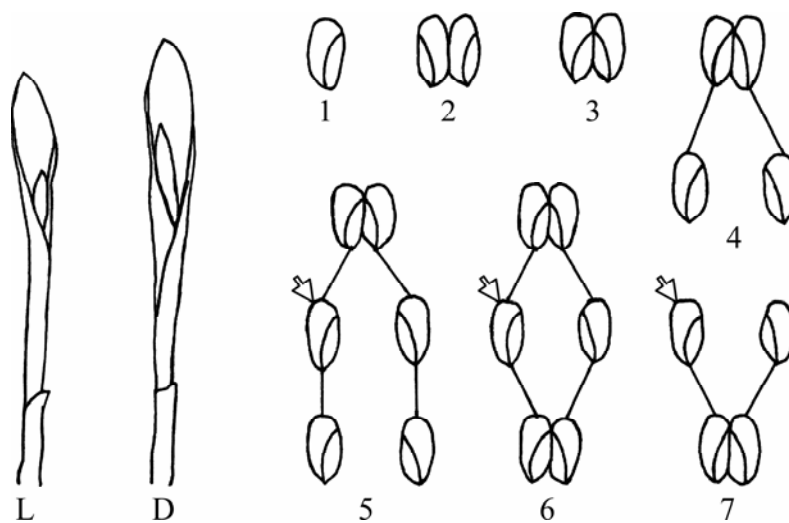
На примере системы, состоящей из пары семян, показаны критерии оценки ЭДС, поскольку здесь эти критерии изучались более полно. В то же время для обсуждения природы наблюдаемого эффекта стало необходимым привлечь и новые данные по ЭДС, полученные на системе с большим числом семян (60–100 шт.). Такие системы изучались нами ранее [11].

## ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ МЕТОДИКИ

### 1. Опыты с оценкой ЭДС в системе из двух семян

На рис. 1 показаны: общий вид *L*- и *D*-проростков кукурузы (по [7]) и схема составления пар семян кукурузы в разных вариантах опытов по изучению ЭДС между прорастающими семенами. Здесь одиночное семя (1) и пара семян, соприкасающихся эндоспермами (2), служили контролем при оценке эффекта зеркальной симметризации проростков, выросших из пары семян, соприкасающихся зародышами (3). В свою очередь пара семян, соприкасающихся зародышами (3, 4), была контролем для пары, где одно из семян подвергали стрессу (5, 6, 7).

Контрольные и опытные семена набухали и прорастали в почве в растильнях при температуре 20–25°C. Их укладывали в почву в вертикальном положении (вниз острым кончиком, откуда вырастал корешок) на одинаковую глубину (0,5 см от поверхности почвы) для того, чтобы по числу появившихся всходов можно было более точно судить об энергии прорастания семян и относительной скорости роста проростков. Число учетных пар семян каждого варианта – не менее 100 шт.



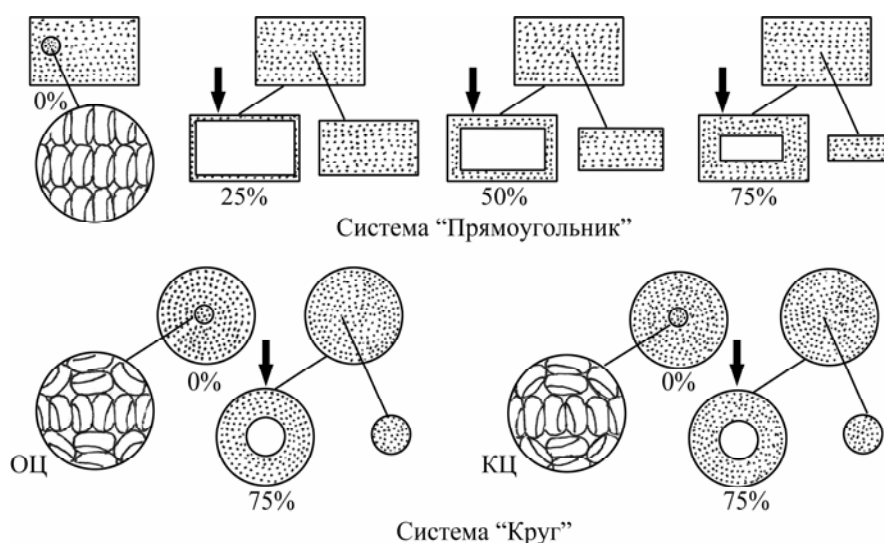
**Рис. 1.** Схема проведения экспериментов по дальнейшей связи между прорастающими семенами кукурузы, объединенными в пару. *L* – левый проросток (первый лист заворачивается против часовой стрелки); *D* – правый проросток (первый лист заворачивается по часовой стрелке); 1 – одиночное семя; 2 – пара семян, соприкасающихся эндоспермами; 3 – пара семян, соприкасающихся зародышами; 4 – пара семян, соприкасающихся зародышами, с последующим разделительным прорастанием; 5, 6 – пара семян, соприкасающихся зародышами, с последующим разделением семян, подачей стресса на первое семя и с дальнейшим соответственно разделительным и совместным прорастанием семян; 7 – подача стресса на сухое семя с последующим объединением с другим семенем и прорастанием семян в паре.

После совместного набухания семян (в течение в основном 24 ч) аккуратно (пинцетом) отсоединяли от пары первое семя, на которое затем в зависимости от условий опыта подавали либо не подавали стресс. Изъятые семена пересаживали в другую растильню и оставляли до появления первого листа проростка. Оставшиеся в растильне вторые семена нормальных пар служили адекватным контролем для оставшихся в другой растильне вторых семян пар, у которых первые семена подвергались стрессу.

Число и типы хромосомных нарушений в меристемальных (растущих) клетках первичных корешков проростков определяли по [12]. Тип и характер подачи стресса на семена будут оговорены ниже применительно к задаче конкретного эксперимента.

## 2. Опыты с оценкой ЭДС в системе с большим числом семян

Объекты исследования – группы прорастающих семян (60–100 семян) кукурузы (гибрид Дебют) и пшеницы (сорт Молдавская 5). Семена укладывались в почве вегетационного сосуда вплотную друг к другу в ряды. Первое семя соприкасалось зародышем с эндоспермом второго семени, второе – с эндоспермом третьего семени и т.д. К ряду параллельно достраивалось еще несколько таких же рядов (так располагаются семена в початке кукурузы). Получалась система в форме прямоугольника. Такой тип расположения семян в группе использовали для семян кукурузы и пшеницы (рис. 2, система «Прямоугольник»). Другой тип расположения семян в группе, который использовался только для семян пшеницы, – круг. Семена в нем также контактировали по схеме «зародыш-эндосперм», но ориентировались в одном случае зародышами к центру круга, в другом – от центра круга (рис. 2, система «Круг»). После 24-часового набухания часть семян опытных систем обрабатывали  $\gamma$ -радиацией (они становились семенами-индукторами ЭДС), оставшаяся часть считалась семенами-приемниками ЭДС. Для варианта «Прямоугольник» последними были семена, взятые из центра прямоугольника, а семенами-индукторами – оставшиеся по периметру прямоугольника. Для варианта «Круг» семенами-приемники брались из центра круга, семенами-индукторы – по окружности круга.



**Рис. 2.** Схема экспериментов по дальнейшей связи между прорастающими семенами пшеницы в системах с большим числом соприкасающихся семян. 0, 25, 50, 75 – число семян (в %), изъятых по периметру системы набухающих семян и подвергнутых  $\gamma$ -радиации 200 Гр; кружки с увеличением – типы ориентации семян и их контактов друг с другом (каждое семя в системе соприкасается с эндоспермом второго семени); ОЦ, КЦ – семена в системе «Круг» ориентированы зародышами соответственно от центра круга и к его центру. Стрелками показано воздействие  $\gamma$ -радиации на семена.

В опыте с кукурузой семена-индукторы (75% семян от общего числа в системе) в системе «Прямоугольник» подвергались  $\gamma$ -облучению дозами 0 (контроль), 100, 150, 250, 400 и 700 Гр. В опыте с пшеницей для  $\gamma$ -облучения брали разное количество семян-индукторов в системе «Прямоугольник» – 0 (контроль), 25, 50 и 75% семян от общего числа в системе, но использовали только дозу 400 Гр; в системе «Круг» семена-индукторы (75% семян от общего числа в системе) облучались дозой 400 Гр. После облучения семян-индукторов семена-приемники прорастивались до появления у проростков первичных корешков, затем в клетках этих корешков определяли число и типы хромосомных нарушений (ЧХН и ТХН) по [12], которые сравнивали с контролем.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

### 1. Критерии оценки эффекта дальнейшей связи

#### 1.1. Морфологический критерий

##### 1.1.1. Снижение числа зеркально-симметричных проростков, выросших из пары семян

В табл. 1 приводятся обобщенные данные по изменению числа зеркально-симметричных проростков (ЗСП) гибридов кукурузы, когда одно из семян каждой опытной пары подвергается температурному, химическому или радиационному стрессу. Как видно, все типы стрессов индуцируют существенное уменьшение числа ЗСП в опыте по сравнению с контролем. Поскольку, по нашим данным

[6], эффект ЗСП, кроме семян кукурузы, присущ семенам пшеницы, тритикале, подсолнечника и сои, следует ожидать наличия ЭДС и у прорастающих семян других видов растений.

**Таблица 1.** Число зеркально-симметричных пар проростков кукурузы при воздействии на семена химического и физического факторов

№ опыта	Тип воздействия на второе семя опытной пары	Марка гибрида	Вариант	ЗСП, %
1	+3°C (в течение 5 ч в холодной комнате)	М240	Контроль	54,4±2,8
			Опыт	38,5±1,7***
2	+3°C (в течение 5 ч в холодной комнате)	М215	Контроль	59,5±3,0
			Опыт	49,0±2,0*
3	+3°C (в течение 5 ч в холодной комнате)	Дебют	Контроль	63,8±3,4
			Опыт	43,7±2,2***
4	+45°C (горячая вода в течение 2 ч)	Дебют	Контроль	60,6±3,0
			Опыт	46,8±2,3**
5	1 М NaCl (в течение 5 ч)	Дебют	Контроль	64,0±3,2
			Опыт	54,0±2,7*
6	γ-лучи (доза 250 Гр)	Дебют	Контроль	63,8±3,1
			Опыт	26,1±1,3***

Примечание. Контроль – семена нормальных пар, опыт – семена опытных пар, в которых стрессовому воздействию подвергались первые семена пар; \*, \*\*, \*\*\* – различия существенны по сравнению с контролем соответственно при  $p < 0,05$ ;  $0,01$ ;  $0,001$ .

В другом опыте использовались чистые и смешанные пары, составленные из семян разных гибридов кукурузы (М425 и М450). ЭДС был обнаружен по критерию снижения числа ЗСП при воздействии γ-радиации на вторые семена опытных пар (табл. 2). Оказалось, что в опыте число ЗСП в чистых парах существенно снижается по сравнению с контролем. Это свидетельствует о наличии ЭДС, который проявился на уровне проростков. В смешанных парах ЭДС получен только в варианте, где воздействие осуществлялось на семена гибрида М425, причем ЭДС проявился не в снижении числа ЗСП, а в повышении. Таким образом, ЭДС зависит от «генетической чистоты» пары.

В этом опыте дополнительно получены новые интересные факты: 1) число ЗСП в норме повышается при раздельном проращивании предварительно набухших семян; 2) ЭДС не снимается при присоединении облученного семени ко второму, необлученному семени пары.

**Таблица 2.** Число зеркально-симметричных проростков, выросших из чистых и смешанных пар семян гибридов кукурузы М425 и М450 (в %), при действии на вторые семена пар γ-радиации (250 Гр)

Чистые пары				Смешанные пары			
H <sub>1</sub> H <sub>1</sub>	52,0±2,7	H <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	54,0±2,3	H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	49,4±2,5	H <sub>1</sub> H <sub>2</sub>	49,4±2,5
H <sub>1</sub> -H <sub>1</sub>	60,5±3,1	H <sub>2</sub> -H <sub>2</sub>	56,7±2,8	H <sub>1</sub> -H <sub>2</sub>	54,7±2,7	H <sub>1</sub> -H <sub>2</sub>	54,7±2,7
H <sub>1</sub> H <sub>1</sub> γ	40,6±1,8**	H <sub>2</sub> H <sub>2</sub> γ	46,7±2,1*	H <sub>1</sub> H <sub>2</sub> γ	51,3±1,9	H <sub>2</sub> H <sub>1</sub> γ	67,3±3,1**
H <sub>1</sub> -H <sub>1</sub> γ	36,7±1,7***	H <sub>2</sub> -H <sub>2</sub> γ	46,2±1,8**	H <sub>1</sub> -H <sub>2</sub> γ	45,2±2,2	H <sub>2</sub> -H <sub>1</sub> γ	58,4±2,9

Примечание. Чистые пары: H<sub>1</sub>H<sub>1</sub> и H<sub>2</sub>H<sub>2</sub> – пары семян соответственно гибридов М425 и М450, в которых семена каждой из них совместно набухали в течение 24 ч и далее совместно прорастали; H<sub>1</sub>-H<sub>1</sub>; H<sub>2</sub>-H<sub>2</sub> – пары семян соответственно гибридов М425 и М450, в которых семена каждой из них совместно набухали в течение 24 ч, а затем прорастали раздельно. Смешанные пары: каждая пара состояла из семян разных гибридов, где семена каждой из них набухали совместно, а затем совместно прорастали без разъединения либо семена прорастали раздельно, аналогично вариантам чистых пар.

Факт повышения числа ЗСП в норме при раздельном проращивании предварительно набухших семян был подтвержден в других опытах. Так, в шести опытах с гибридом кукурузы Дебют число ЗСП проростков в парах, не разъединенных и разъединенных через 24 ч совместного набухания семян, оказалось соответственно, в %: 1) 50,0 и 62,7; 2) 48,8 и 58,5; 3) 53,0 и 60,6; 4) 61,1 и 64,9; 5) 60,6 и 63,8; 6) 52,6 и 63,8. В опыте с гибридом кукурузы М215 – 56,6 и 64,6.

Причина такого поведения пар может заключаться в следующем: 1) максимальный эффект зеркальной симметризации формируется в основном в течение 24 ч, в дальнейшем его может тормозить фактор онтогенеза электромагнитного поля проростка [13]; 2) акт механического разъединения семян пары является стресс-фактором, который индуцирует усиление эффекта симметризации. Вместе с тем механическое разделение присутствует и в опытных парах, где на семя подается конкретный стресс, и при этом симметризация проростков ухудшается. Получается, что методически и с точ-

ки зрения результативности опыта следует использовать в качестве контроля как раз пару с разделенными семенами.

### 1.1.2. Увеличение числа *D*-проростков

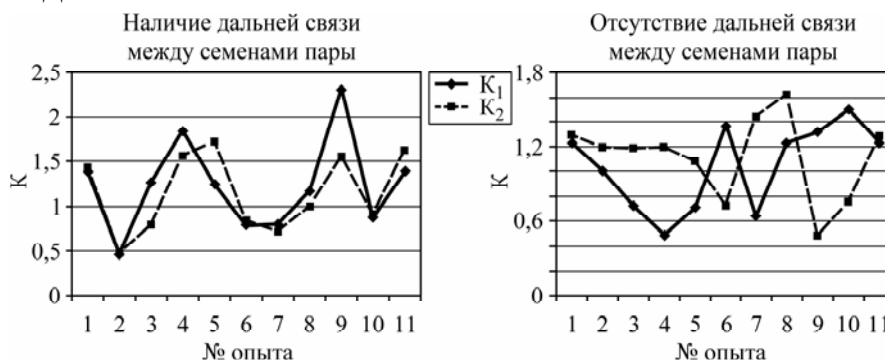
При ЭДС существенно уменьшается число ЗСП. Уже отмечалось, что при стрессе у проростков, выросших из семян, приемников сигнала, знак биоизомерии (левизны-правизны), по-видимому, изменяется на противоположный (вместо *LD*- и *DL*-проростков пар появляются в основном *LL*- и *DD*-проростки). Но между *L*- и *D*-биоизомерами, как правило, отсутствует паритет [7]. Так, у злаковых культур (кукурузы, пшеницы, тритикале) доминирует по жизнеспособности *D*-форма [7]. Сказывается ли это на ЭДС, в частности на повышении всхожести семян, приемников сигнала?

Было проведено сравнение числа *D*-проростков в опыте и контроле. Для этого вычисляли коэффициент правизны – отношение числа *D*-проростков опыта, выросших из семян-приемников (в %), к числу проростков из семян контрольных пар (в %). Те и другие семена мы оставляли в исходных растильнях. Ту же процедуру проделали и для *D*-проростков из семян, подвергнутых стрессу, и вторых семян контрольных пар. Те и другие семена спустя 24 ч изымались из пар и проращивались в других растильнях.

Результаты более 20 экспериментов были разбиты на две группы: I – с ЭДС, II – без ЭДС. Оказалось, что коэффициент правизны для первых и вторых семян пар I и II групп в большинстве случаев был больше единицы, то есть преобладали *D*-проростки. Количественно степень правизны в I группе для первых и вторых семян пар была примерно одинакова, во II группе – разная (рис. 3). Из этого следует, что ЭДС (присущий I группе) сопровождается усилением по сравнению с контролем правизны проростков опытной партии из семян как подвергнутых стрессу, так и воспринявших сигнал, вызванный стрессом.

Логично, что ЭДС сопровождается повышением всхожести и энергии прорастания семян-приемников, так как из них чаще вырастают *D*-проростки. Создается впечатление, что при стрессе биоизомерия изменяется в сторону правизны у проростков из обеих семян пары. Но из-за отсутствия паритета между *L*- и *D*-биоизомерами потенциальные *L*-формы при стрессе, по-видимому, скорее могут превратиться в *D*-формы, чем *D*-формы – в *L*-формы.

Отсюда следует, что наличие ЭДС можно надежно выявлять путем сравнения числа *D*-проростков из вторых семян опытных пар (стресс действует на первые семена пар) с числом *D*-проростков из вторых семян контрольных пар. Если такое сравнение окажется в пользу семян опытных пар, то ЭДС имеет место.



**Рис. 3.** Степень проявления правизны проростков из семян опытной пары по сравнению с контролем.  $K_1$  – коэффициент правизны, равный отношению числа *D*-проростков из нормальных (не подвергнутых стрессу) семян опытной пары (в %) к числу *D*-проростков из семян контрольной пары, которые не пересаживались в другую растильню после разъединения семян пары (в %).  $K_2$  – коэффициент правизны, равный отношению числа *D*-проростков из подвергнутых стрессу семян опытной пары к числу *D*-проростков из семян контрольной пары, которые пересаживались в другую растильню после разъединения семян пары.

## 1.2. Физиологический критерий

### 1.2.1. Увеличение числа всходов

С целью повышения чистоты опыта семена кукурузы брали с одного и того же початка (уменьшали исходную разнокачественность объекта). Всходы в виде верхушек coleoptилей начинали появляться из почвы уже на 4-й день после посева семян в растильню. Всходы характеризуют как энергию прорастания семян, так и скорость роста проростков.

С целью индукции в первых семенах опытных пар сильной ответной реакции на стресс, чтобы ее смогли надежно воспринять вторые семена опытных пар, использовали стресс, действующий

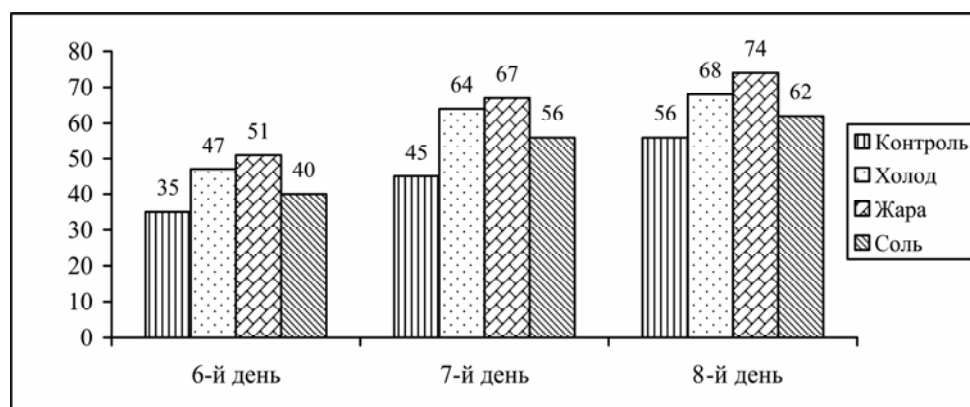
на семя губительно. Семена помещали в морозильник холодильника (вариант «Холод»), опускали в кипящую воду («Жара») или в концентрированный раствор NaCl («Соль»).

Было обнаружено, что на 6–8-й день число всходов в опытных вариантах значительно превышает контроль. Наибольшие различия получены при высокотемпературном стрессе, возможно, по причине быстрой гибели семян (рис. 4). Можно также отметить, что превышение опытных вариантов над контрольным более выражено на 7-й день прорастивания семян («холод» – превышение по дням соответственно 1,34; 1,42 и 1,21; «Жара» – 1,46; 1,49 и 1,32; «Соль» – 1,14; 1,24 и 1,11).

Таким образом, ЭДС по параметру «Всходы» оценивается достаточно результативно и оперативно и зависит от типа стресса, его интенсивности и возраста объекта. Качественно аналогичные результаты получены при повторении этого опыта.

### 1.2.2. Увеличение высоты ростков

Высота ростков или длина надземной части проростков с учетом их возраста является и показателем скорости роста. В нашем опыте измеряли как число всходов, так и высоту ростков при действии температурного стресса на первые семена опытных пар (100°C – семена опускали в кипящую воду, +4°C – семена выдерживали в холодной комнате в течение 24 ч). Как и в прежнем опыте, использовали семена с одного и того же початка кукурузы, однако сами початки были одного гибрида (Дебют), но разных поколений – I и II. Гибрид I поколения характеризуется более высокой жизнеспособностью по сравнению с гибридом II поколения. Таким образом, ставилась задача проверить влияние на ЭДС «силы» генотипа объекта.



**Рис. 4.** Число всходов кукурузы (гибрид Дебют), появившихся из вторых семян пар после температурного и химического воздействия на первые семена этих пар. Контроль – семена нормальных пар, оставшиеся после изъятия одного семени из каждой пары; холод, жара, соль – вторые семена каждой опытной пары, первые семена которой подвергались воздействию соответственно низкой (-4°C) и высокой (+100°C) температуры и солевого раствора (4М NaCl); 6, 7, 8-й день – возраст проростков (дни после посева семян в растильню).

**Таблица 3.** Число всходов и длины ростков кукурузы, появившихся из вторых семян пар после температурного воздействия на первые семена этих пар

Тип пары семян	Варианты	Тип стресса на второе семя пары				
		100°C		Длина ростка на 6-й день, мм	+4°C	
		ЧВ, % на 5-й день	ЧВ, % на 6-й день		ЧВ на 4-й день, %	Длина ростка на 6-й день, мм
F <sub>1</sub> F <sub>1</sub>	Контроль	10	74	55,4 ± 1,4	20	9,9 ± 0,8
	Опыт	40***	99***	67,8 ± 1,0***	24*	14,1 ± 0,6***
F <sub>2</sub> F <sub>2</sub>	Контроль	4	56	51,2 ± 2,6	21	5,5 ± 0,4
	Опыт	16***	88***	57,4 ± 2,5	13*	6,5 ± 0,5
F <sub>2</sub> F <sub>1</sub>	Контроль	24	85	61,4 ± 2,6	16	10,7 ± 0,4
	Опыт	23	84	62,1 ± 2,7	16	10,3 ± 0,6
F <sub>1</sub> F <sub>2</sub>	Контроль	6	59	49,1 ± 2,0	12	7,8 ± 0,4
	Опыт	5	71**	54,2 ± 2,0*	9*	6,3 ± 0,4**

Примечание. F<sub>1</sub>F<sub>1</sub>; F<sub>2</sub>F<sub>2</sub> – чистые пары, состоящие из семян гибрида Дебют соответственно I и II поколений; F<sub>2</sub>F<sub>1</sub>; F<sub>1</sub>F<sub>2</sub> – смешанные пары, состоящие из семян гибрида Дебют разных поколений; ЧВ – число всходов; 100°C – кипящая вода; +4°C – холодная комната; контроль – семена нормальных пар, оставшиеся после изъятия одного семени из каждой пары; опыт – семена опытной пары, не подвергнутые действию стресса; \*, \*\*, \*\*\* – различия существенны по сравнению с контролем соответственно при p < 0,05; 0,01; 0,001.

Как видно из табл. 3, при стрессе 100°C по числу всходов на 5-й и 6-й дни проращивания семян опытные варианты чистых пар (из семян одного гибрида), а также вариант смешанной пары, где воздействию подвергалось семя гибрида I поколения ( $F_1$ ), существенно превышают контроль.

Этому соответствуют по высоте проростков варианты чистой пары  $F_1F_1$  и смешанной пары  $F_1F_2$ . В целом параметр числа всходов оказался более информативным, чем высота проростков.

Наличие ЭДС в смешанных парах, где воздействию подвергались семена  $F_1$ , следует, по видимому, объяснить как раз тем, что гибрид I поколения является гетерозисным, то есть обладает повышенной жизнеспособностью, и его семена генерируют более сильный сигнал на действие стресса по сравнению с семенами гибрида II поколения.

При воздействии на семена низкой температуры ЭДС также получен на чистых ( $F_1F_1$  и  $F_2F_2$ ) и смешанных парах ( $F_1F_2$ ). Но в этих парах ЭДС проявился не в стимуляции физиологии объекта, а в ее ингибировании.

### 1.2.3. Увеличение высоты вегетирующих растений в полевых условиях

В этом опыте пары семян, соприкасавшихся зародышами, набухали в течение 24 ч, затем на первые семена воздействовали  $\gamma$ -радиацией. Семена контрольных и опытных пар высаживали на полевом участке Института генетики и физиологии растений АН Молдовы. Спустя 40 дней после посева измеряли высоту растений. Из табл. 4 видно, что у выросших из облученных семян существенно снизилась высота по сравнению с контролем и особенно по сравнению с выросшими из необлученных семян опытных пар. Но самое главное, растения из необлученных семян опытных пар по высоте существенно превышали контрольные растения, то есть ЭДС, заданный еще на уровне набухающих семян, способен проявляться не только на уровне проростков, но и пролонгированно – в онтогенезе растений, выросших из семян – приемников ЭДС. Следует отметить, что при прямом  $\gamma$ -облучении семян (400 Гр) резко снизился не только рост растений, но и их выживаемость (она составила порядка 50%).

**Таблица 4.** Высота растений кукурузы (гибрид М450) 40-дневного возраста, выросших в полевых условиях из семян контрольных и опытных пар, в которых одно из семян подвергалось предпосевному  $\gamma$ -облучению после набухания в течение 24 ч, см

№ п/п	Наименование варианта	Доза $\gamma$ -облучения первых семян опытных пар, Гр	
		200	400
1	Семена контрольных пар	70,0 ± 2,13	58,7 ± 2,65
2	Облученные семена опытных пар	53,2 ± 1,20	33,3 ± 4,90
3	Необлученные семена опытных пар	80,9 ± 1,44	76,8 ± 2,30

Примечание. Критерий Стьюдента между вариантами при дозе 200 Гр:  $t_{1,2} = 4,25$ ;  $t_{1,3} = 6,89$ ;  $t_{2,3} = 19,89$ ; при дозе 400 Гр –  $t_{1,2} = 5,06$ ;  $t_{1,3} = 4,56$ ;  $t_{2,3} = 8,04$ .

### 1.3. Генетический критерий

#### 1.3.1. Увеличение числа хромосомных нарушений и числа одиночных мостов хромосом

Изменение состояния хромосом в клетках корешков проростков как проявление ЭДС изучали, используя такой фактор воздействия на живой объект, который однозначно влияет на целостность хромосом, –  $\gamma$ -радиацию. Объектами служили гибрид кукурузы Дебют и его родительские формы – линии МК01 и 19-3-3. У гибрида – гетерозиготный генотип (включает гены двух родителей), у линий – гомозиготный генотип (индивидуальный, генетически чистый).

При  $\gamma$ -облучении набухших одиночных семян, а также первых семян опытных пар обнаружено высокое число хромосомных нарушений (ЧХН) в клетках корешков проростков, что логично (табл. 5). Вместе с тем в варианте «необлученные семена опытных пар» у гибрида и материнской линии ЧХН также существенно превышало контроль (ЧХН в варианте «необлученные одиночные семена»).

Таким образом, было доказано, что  $\gamma$ -радиация вызывает ЭДС у проростков, а на степень его проявления влияет уровень гетерогенности объекта.

Другой параметр генетической оценки ЭДС-типы хромосомных нарушений также позволяет уверенно судить о наличии ЭДС по увеличению в хромосомах прежде всего числа одиночных мостов (ОМ). Особенно наглядно это проявляется у объектов, подвергнутых прямому воздействию  $\gamma$ -радиации. При этом число ОМ больше у проростков из семян пары по сравнению с проростками из

одиночных семян. Число ОМ в контроле и опыте (необлученные одиночные семена и необлученные семена опытных пар) у гибрида было соответственно 2 и 38.

**Таблица 5.** Число хромосомных нарушений и типы хромосомных нарушений в меристемальных клетках первичных корешков проростков (в %) при действии на семена кукурузы  $\gamma$ -облучения (500 Гр)

Генотип	Варианты	Число хромосомных нарушений	Типы хромосомных нарушений			
			ОМ	ДМ	ОХ	ДТ
Гибрид Дебют	Одиночные семена: необлученные	1,8 ± 0,5	2	2	2	–
	Облученные	20,9 ± 1,7***	84	12	9	6
	Семена опытных пар: необлученные	7,6 ± 2,4***	38	4	2	–
	Облученные	28,6 ± 2,2***	100	–	19	1
Отцовская линия МК01	Одиночные семена: необлученные	1,6 ± 0,5	5	–	–	=
	Облученные	13,4 ± 1,7***	33	9	12	3
	Семена опытных пар: необлученные	2,0 ± 0,5	6	–	–	–
	Облученные	13,3 ± 1,7***	40	5	–	5
Материнская линия 19-3-3	Одиночные семена: необлученные	1,6 ± 0,5	–	2	3	–
	Облученные	15,4 ± 2,2***	20	10	10	–
	Семена опытных пар: необлученные	2,8 ± 0,5*	–	–	10	–
	Облученные	16,1 ± 2,0***	50	–	–	–

Примечание. ОМ – одиночные мосты; ДМ – двойные мосты; ОХ – отставание хромосом; ДТ – другие типы нарушений; \*,\*\*\* – различия существенны по сравнению с вариантом «необлученные одиночные семена» соответственно при  $p < 0,05$ ; 0,001.

### 1.3.2. Увеличение числа хромосомных нарушений при повышении дозы $\gamma$ -облучения

В качестве объектов использовали семена двух видов растений – кукурузы (гибрид Дебют) и тритикале (сорт Игнен-93). При этом сравнивали степень проявления ЭДС по двум параметрам – морфологическому и генетическому (число ЗСП и число хромосомных нарушений).

В табл. 6 показано, что  $\gamma$ -облучение одного из семян пары вызывает существенное увеличение ЧХН в первичных корешках проростка, выросшего из второго необлученного семени этой пары, по сравнению с контролем (одиночные проросшие семена или семена нормальной пары).

Эффект хромосомных нарушений у проростка из семени-приемника начинает проявляться после воздействия на семя-индуктор дозой 200 Гр, а эффект изменения биоизомерии у опытных пар – с самого начала опыта, то есть с дозы 100 Гр. Следовательно, морфологический параметр оценки ЭДС по биоизомерии опытных проростков оказался более чувствительным по сравнению с генетическим – число хромосомных нарушений.

Следует отметить увеличение ЭДС с ростом  $\gamma$ -дозы, что подтверждается двумя опытами (табл. 6).

Дистантная передача генетических изменений от одного семени системы к другому была обнаружена не только у кукурузы, но и у тритикале. В связи с этим можно предположить, что ЭДС присущ всем видам растительных объектов.

**Таблица 6.** Число зеркально-симметричных пар проростков и число хромосомных нарушений в первичных корешках проростков при воздействии на семена различных доз  $\gamma$ -радиации, %

№ п/п	Вариант	Кукуруза						Тритикале
		100 Гр		200 Гр		250 Гр		250 Гр
		ЧЗСП	ЧХН	ЧЗСП	ЧХН	ЧЗСП	ЧХН	ЧХН
1	Контроль	51,4±2,5	2,3±0,52	54,2±2,7	0,9±0,06	55,7±2,8	0,5±0,01	7,3±1,6
	Опыт	43,9±2,0	2,6±0,60	35,1±1,8	3,2±0,92*	21,1±1,4	4,6±0,83***	18,3±2,3***
2	Контроль				6,5±1,10		1,6±0,55	
	Опыт				11,3±1,19**		8,4±1,84***	

Примечание. Кукуруза – гибрид Дебют; тритикале – сорт Игнен-93; ЧЗСП – число зеркально-симметричных пар проростков; ЧХН – число хромосомных нарушений;  $\gamma$ -радиацию подавали на второе семя каждой опытной пары; при подсчете ЧХН в контроле использовали проростки из первых семян нормальных пар, в опыте – из первых семян опытных пар. \*, \*\*, \*\*\* – различия существенны по сравнению с контролем соответственно при  $p < 0,05$ ; 0,01; 0,001.

Увеличение ЧХН с ростом  $\gamma$ -дозы получено и в системах с большим числом семян. Как видно из табл. 1, в системах типа «Прямоугольник» ЧХН опытных вариантов существенно превышает ЧХН



контроля, что свидетельствует о наличии ЭДС. Существенные различия наблюдаются при всех дозах, включая начальную (100 Гр), которая в случае системы из двух семян (табл. б) не дала различий. По нашим прежним данным, два набухавших семени, соприкасавшихся по типам «эндосперм-эндосперм» и «эндосперм-зародыш» длительное время (до появления проростков), не создают систему, в то время как система с большим числом набухавших семян при упомянутых типах контакта между семенами возникает уже через несколько часов [11].

Этот опыт наглядно показывает, что на ЭДС влияет как «доза системы» (число ее компонентов), так и «доза фактора» (доза  $\gamma$ -облучения).

**Таблица 7.** Число хромосомных нарушений в клетках корешков проростков кукурузы (гибрид Дебют), выросших из не подвергнутых  $\gamma$ -облучению семян опытных систем типа «Прямоугольник», %

Варианты	Доза $\gamma$ -облучения семян, Гр				
	100	150	250	400	700
Контроль	1,1	1,9	1,9	1,1	1,1
Опыт	3,2*	7,9***	7,7***	4,4***	5,1***

Примечание. В системе из 100 семян облучаются 75 семян по периметру системы. Контроль – необлученные семена контрольной системы. Опыт – необлученные 25 семян в центре системы. \*, \*\*\* – различия существенны по сравнению с контролем соответственно при  $p < 0,05$ ;  $0,001$ .

### 1.3.3. Увеличение числа хромосомных нарушений при увеличении числа семян системы, подвергнутых $\gamma$ -облучению

В опыте с пшеницей проверялось влияние на ЭДС числа подвергнутых стрессу компонентов системы и ориентации в ней этих компонентов (табл. 8). При увеличении числа облученных семян в системе «Прямоугольник» ЧХН возрастает и, следовательно, усиливается ЭДС.

### 1.4. «Ориентационный» критерий

В системе «Круг» ЧХН и ЭДС зависят от характера ориентации семян зародышем по отношению к центру круга. Существенные различия получены только при ориентации семян зародышами к центру круга (табл. 8). Анализ дистантного влияния радиации на семена, составляющие системы «Прямоугольник» и «Круг», по другому генетическому параметру – типам хромосомных нарушений вновь, как и в случае с системой их двух семян (табл. 5), показал увеличение прежде всего числа одиночных мостов хромосом и, кроме того, числа отстававший хромосом. В варианте наибольшего ЧХН появилось редкое нарушение – тройной мост.

**Таблица 8.** Число и типы хромосомных нарушений в клетках первичных корешков проростков пшеницы (сорт Молдавская 5) из нормальных семян опытных систем после  $\gamma$ -облучения остальных семян этих систем с разной архитектурикой, %

Архитектоника системы	Тип ориентации семян в системе (см. рис. 2)	ЧОС	ЧХН	Типы хромосомных нарушений			
				ОМ	ДМ	ТМ	ОХ
«Прямоугольник»	Контакты между семенами по типу «зародыш-эндосперм»	0	1,5 ± 0,34	3	3	-	1
		25	1,6 ± 0,62	2	2	-	-
		50	2,9 ± 0,63*	5	2	-	2
		75	4,0 ± 0,42***	9	3	1	8
«Круг»	– к центру зародышами:	0	1,6 ± 0,45	2	3	-	1
	к центру	75	3,7 ± 0,47***	9	3	-	5
	от центра	75	2,4 ± 0,49	4	3	-	2

Примечание. ЧОС – число облученных семян по периметру системы; ЧХН – число хромосомных нарушений; ОМ – одиночные мосты; ДМ – двойные мосты; ТМ – тройные мосты, ОХ - отставание хромосом; \*, \*\*\* – различия существенны по сравнению с контролем соответственно при  $p < 0,05$ ;  $0,001$ .

Таким образом, с помощью генетического критерия – числа и типов хромосомных нарушений в клетках корешков проростков – подтверждено наличие эффекта дальней связи между прорастающими семенами, сформировавшими систему в период совместного набухания.

Эффект присущ системам с разным числом семян. Он усиливается с увеличением: 1) числа семян, входящих в систему; 2) числа семян системы, подвергаемым стрессовому воздействию ( $\gamma$ -облучению); 3) дозы воздействия фактора ( $\gamma$ -облучения) на семена. Эффект зависит от архитекто-

ники системы («Прямоугольник», «Круг») и от характера ориентации семян в системе (зародышевой стороной от центра или к центру системы «Круг»).

## ОБСУЖДЕНИЕ

### *1. Адресно-целевое действие эффекта дальней связи*

Адресное действие ЭДС следует уже из того, что существенные различия между опытом и контролем получены в многовариантном эксперименте, где присутствуют опытные и контрольные пары с разъединенными семенами. Сигнал от семени, испытавшего стресс, точно «садится» на свой приемник – второе семя этой же пары, а не на свободное семя контрольной.

Целевое действие ЭДС наглядно проявляется в опыте с  $\gamma$ -облучением одного из семян пары. Семя, приемник сигнала, показывает реакцию, характерную именно для  $\gamma$ -фактора: нарушение целостности хромосом. Следовательно, сигнал, идущий от облученного семени к необлученному, содержит целевую информацию. В будущем целесообразно проверить, какие последствия для фенотипа и генотипа приемника имеют вызванные этим сигналом хромосомные нарушения. Если морфогенетические изменения приемника и индуктора сигнала окажутся сходными, то о целевом действии ЭДС можно будет говорить с еще большей определенностью.

### *2. О механизмах возникновения ЗСП и ЭДС*

Ранее было показано, что эффект зеркальной симметризации проростков, выросших из пары соприкасавшихся зародышами семян, то есть эффект появления в паре преимущественно зеркально-симметричных проростков (ЗСП) – с разным знаком биоизомерии (*L*- и *D*-проростки), определяется в основном электромагнитным взаимодействием семян пары [5, 6]. Он характеризуется близкодействием (у семян пары, удаленных друг от друга на расстояние более 20 мм, ЗСП не возникает). Другими словами, механизм формирования и поддержания высокого уровня ЗСП имеет электромагнитную природу.

При этом в системе двух прораставших семян увеличиваются энергия прорастания и всхожесть семян, ускоряется и синхронизируется рост проростков, что может иметь и селекционную значимость [9]. Наряду с отмеченными физиологическими параметрами число ЗСП является показателем существования самой системы, ее надежности и устойчивости («памяти»). Поскольку ЭДС представляется как функция системы, то следует вывод, что одним из условий возникновения ЭДС является наличие большого числа ЗСП.

Проводились опыты с вариантами разных уровней одновременного действия механизмов ЗСП и ЭДС. Так, была предпринята попытка резко снизить действие механизма ЗСП и проверить, сохранится ли после этого ЭДС. Семена предварительно замачивали по отдельности в течение 24 ч, после одни подвергали обработке дозой 250 Гр, а другие семена оставались без воздействия. Затем из их семян создавали опытные пары (одно семя пары облученное, другое – нормальное) и контрольные (оба семени пары нормальные). Использовали семена двух гибридов кукурузы – М425 и М450, из которых создавали чистые и смешанные пары.

Обнаружено, что в чистых контрольных и опытных парах гибрида М425 отсутствует большое количество как ЗСП, так и ЭДС (табл. 9). В то же время в таких же парах гибрида М450 наблюдаются оба эффекта (число ЗСП выше 50%, а его существенное снижение при действии стресса свидетельствует о наличии ЭДС [1–4]). Можно предположить, что после 24-часового раздельного набухания семени гибрида М450 еще способны с помощью механизма электромагнитного взаимодействия создавать системы при объединении в пары и на этой основе дополнительно обеспечивать функционирование механизма дальней связи.

Оказалось, что ЗСП и ЭДС отсутствуют и в смешанных контрольных и опытных парах (табл. 9). Здесь, по-видимому, системы семян не смогли возникнуть по причине не только позднего срока создания систем, когда биоизомерия проростков уже предопределилась, но и за счет несовпадения частот электромагнитных полей семян разных генотипов.

Но возникает ли ЭДС на самом раннем этапе формирования системы семян? Оказалось, что система двух совместно набухающих семян может возникнуть уже через 6 ч, так как после этого наблюдается характерное преобладание числа ЗСП. Так, исходное число ЗСП у гибрида Дебют через 6, 12 и 24 ч совместного набухания семян было соответственно, %: 60,2; 61,6 и 63,6. В то же время при действии низкотемпературного стресса (+3°C в течение 5 ч) на одно из семян пары после этих экспозиций число ЗСП стало: 57,7; 61,3 и 43,2. Последняя цифра существенно ниже двух предыдущих, что

свидетельствует о наличии ЭДС. Следовательно, для надежной регистрации ЭДС с помощью генетического параметра проростков система должна иметь определенный «уровень силы».

В других опытах создавались условия, когда два механизма (образование системы из двух набухающих семян и возникновение ЭДС между проростками этой системы) начинали работать одновременно [14]. Для этого сухие семена кукурузы обрабатывали  $\gamma$ -радиацией, а затем присоединяли к нормальным семенам, создавая опытные пары. После прорастания анализировали число ЗСП проростков кукурузы (гибрид М291, доза 250 Гр).

В опытных парах это число было существенно ниже, чем в контрольных (опыт и контроль соответственно, % – 50,0 и 38,2–46,5 [14]). Таким образом, при одновременном включении двух механизмов – ближней и дальней связи – работа первого механизма не препятствовала работе второго, более того, происходило усиление ЭДС.

Аналогичный результат наблюдался в таком же опыте, но в нем при оценке ЭДС учитывали ЧХН. После присоединения сухих семян кукурузы (гибрид Дебют), обработанных  $\gamma$ -дозой (500 Гр), к сухим необлученным семенам (рис. 1, позиция 7 – создание пар « $\gamma$ -обработанное семя + нормальное семя») у проростков из этих семян были получены следующие значения ЧХН, %: одиночные прорастающие семена (контроль) –  $1,8 \pm 0,5$ ; облученные семена пар –  $24,6 \pm 2,8$ ; семена, получившие сигнал от облученных семян пар, –  $17,6 \pm 2,4$ .

Согласно структурно-метаболической гипотезе [15],  $\gamma$ -лучи действуют на живой объект вначале резко, – ломая структуру его генетических молекул, затем пролонгированно – через метаболизм объекта, отравляя объект антимаболитами, синтезированными под влиянием радиации. Без сомнения, второй этап в нашем случае сказывается на состоянии семени-приемника через передачу метаболических «ядов» по электрохимическому каналу связи между семенами.

Принципиально аналогичные выводы можно сделать по данным исследователей, изучающих «эффект свидетеля» (клеточную реакцию, при которой после локального радиационного воздействия происходит передача сигнала от облученных клеток организма к необлученным [16]).

В то же время не стоит сильно преувеличивать вклад в ЭДС электрохимического канала связи при присоединении семян-индукторов к нормальным семенам до образования между ними систем. Так, согласно [14] в таких парах получены одинаковые результаты по вариантам «Экран» (пластинка из оргстекла между семенами пары) и «без экрана». В варианте «Экран» был отключен по крайней мере водно-ионный канал связи между семенами пары, и семена системы (пары) взаимодействовали между собой с помощью собственных электромагнитных полей.

Изучали влияние на ЭДС удаленности семян-индукторов от семян-приемников по вариантам: 1) нулевая удаленность – семена, обработанные стресс-фактором, присоединялись попарно точно к тем же нормальным семенам, с которыми они ранее совместно набухали в течение 24 ч; 2) удаленность семян-индукторов от семян-приемников в аналогичных системах была до 7 км. В первом случае ЭДС был более сильным. Так, при действии 1М NaCl пары с присоединением опытного семени к нормальному, с разъединением опытного семени от нормального и контрольные пары (без стресса) имели число ЗСП соответственно, %: 29,1; 46,0 и 63,8. У этих же пар ЧХН при действии  $\gamma$ -радиации с дозой 200 Гр было, %:  $3,6 \pm 0,79$ ;  $3,2 \pm 0,92$  и  $0,9 \pm 0,1$  [2]. По-видимому, в присоединенных парах благодаря общему электромагнитному полю системы повышается адресность ЭДС (ЭДС «не распыляется»).

**Таблица 9.** Число зеркально-симметричных проростков в чистых и смешанных парах семян гибридов кукурузы М425 (1) и М450 (2) в норме и при действии  $\gamma$ -облучения на первые семена пар (опыт с отдельным набуханием семян и последующим объединением их в пары), %

Чистые пары				Смешанные пары			
Контрольные		Опытные		Контрольные		Опытные	
$H_1+H_1$	$50,8 \pm 2,0$	$H_1\gamma+H_1$	$45,6 \pm 2,7$	$H_1+H_2$	$44,6 \pm 2,4$	$H_2\gamma+H_1$	$48,5 \pm 2,4$
$H_2+H_2$	$52,1 \pm 2,6$	$H_2\gamma+H_2$	$38,9 \pm 1,9$	$H_2+H_1$	$44,6 \pm 2,4$	$H_1\gamma+H_2$	$48,6 \pm 2,5$

Для системы, состоящей из большого числа семян, критерием ее существования уже не может быть повышенное число ЗСП. Критериями становятся параметры синхронизации роста проростков и их биоэлектрические потенциалы [8, 11]. Эти параметры одновременно есть мера и функция электромагнитного взаимодействия семян в системе. Поэтому наблюдаемый в нашем опыте ЭДС в системе с большим числом семян базируется на мощном электромагнитном поле этой системы, которая в силу указанной причины формируется значительно раньше, чем система из небольшого числа семян [11].

В системах «Прямоугольник» и «Круг» семена – источники элементарных электромагнитных полей – соединены как последовательно (усиливается общее электрическое напряжение поля системы), так и параллельно (усиливается общий электрический ток системы) (рис. 2). Отсутствие ЭДС в системе «Круг» с ориентацией семян зародышевой стороной от центра круга можно, по-видимому, объяснить особой конфигурацией электромагнитного поля «Круга», при которой в центре круга оно значительно ниже или даже отсутствует.

Каков же механизм ЭДС? Определенно можно сказать, что он иной по сравнению с электромагнитным механизмом. Так как на ЭДС не влияет расстояние, на которое удалены друг от друга семена системы после их совместного набухания (без учета нулевого расстояния, тут дополнительно функционирует электромагнитное поле пары или группы). На ЭДС не влияет и электромагнитное экранирование семян-приемников. Поэтому и напрашивается вывод, что механизм ЭДС имеет неэлектромагнитную природу.

В литературе сообщается о возможности существования физических полей неэлектромагнитной природы, которые, в частности, называют хрональными [17, 18]. С помощью такого поля Земля принимает сигналы от Солнца и от других звезд. Причем сигнал передается мгновенно, во всяком случае со скоростью, превышающей скорость света [17, 18]. Это может произойти при том условии, что взаимодействующие объекты составляют одну систему. Такое предположение менее очевидно по сравнению с предположением о сохранении между семенами «памяти» о системе, созданной в период их совместного набухания.

### *3. О возможной квантовой сцепленности процессов в семенах группы*

Возьмем на себя смелость рассмотреть вопрос о механизме ЭДС с позиции квантовой сцепленности (entanglement на русский язык переводится также, как «запутанность», «перепутанность»), так как между семенами системы после их разделения сохраняется нелокальная связь. Это пока предположение, но не лишенное определенной логики.

Автор отдает себе отчет в том, что оно легко может быть оспорено и даже вызвать откровенное неприятие. Но тут больше «виновата» сама квантовая физика. Ведь даже главный её создатель Нильс Бор, по словам Д.Уиллера, считал, что, «если квантовая физика не приводит вас в замешательство, значит, вы её не поняли по-настоящему» [19]. И уж совсем обескураживающе воспринимаются слова другого гения, создателя не менее грандиозной теории относительности, Альберта Эйнштейна: «если квантовая механика права, то мир сошел с ума» [19]; нелокальную связь он называл то «мистической», то «телепатической», то «кошмарным дальнедействием», то «действием призраков на расстоянии» [19–22]. Квантовую физику он до конца жизни так и не принял, хотя, воспользовавшись одним из ее положений, создал теорию, за которую получил Нобелевскую премию.

«Законы квантовой физики причудливы и не находят опоры в наших интуитивных представлениях, почерпнутых из обыденной практики. Мы живем в странном «квантовом мире», не поддающемся интерпретации на основе очевидного здравого смысла» [21]. Между тем квантовая механика, которая заслуженно считается самой успешной физической теорией [23], уже демонстрирует свои успехи в доказательстве нелокальной связи не только между объектами микромира, но и макромира. Один из ярких представителей такого научного направления – профессор Владко Ведрал создал себе имя в науке разработкой новых способов квантования сцепленности и приложения их к макроскопическим физическим системам [24].

В своей статье с символическим названием «Жизнь в квантовом мире», опубликованной в Scientific American [22] и переведенной на русский язык журналом «В мире науки», он говорит: «До прошлого десятилетия не было экспериментальных подтверждений того, что квантовые эффекты сохраняются и в макросистемах. Сегодня же наблюдения таких эффектов превратились в рутину, поскольку они оказались гораздо более широко распространены, чем это можно было ожидать. Например, они могут работать в клетках нашего тела».

Там же он заявляет: «Квантовая механика описывает не только поведение мельчайших частиц. Ее законы действуют в телах всех размеров: в птицах, растениях и, возможно, даже в человеке». Он приводит примеры обнаружения квантовой перепутанности молекул в обычном растворе, в процессах фотосинтеза у растений, благодаря чему обеспечивается его высокая эффективность [25]. В последнем случае перепутывание охватывает молекулы, состоящие примерно из 100 тысяч атомов.

Ведрал задает вопрос, имеющий непосредственное отношение к нашей теме: «Существуют ли в природе примеры, когда перепутывание действует в объектах больших размеров и сохраняется долго?» И отвечает: «Пока мы этого не знаем, но поиски ответа стимулируют развитие нового направления – квантовой биологии». В научной литературе приводятся примеры квантовой сцепленности процессов у живых объектов не выше организменного уровня [19–22].

В данной ситуации каковы могут быть шансы как-то привязать к квантовой нелокальности обнаруженный нами ЭДС между растительными организмами, составляющими систему (фитоценоз)? Тут может быть только чистая спекуляция до тех пор, пока физики не попытаются проверить наличие перепутанности физиологических процессов одновременно в двух и более разобщенных организмах, ранее находившихся в одной «связке», и лишь после этого вынести свой окончательный вердикт.

Рассмотрим вопрос по следующим пунктам.

1. Рискнем провести отдаленную аналогию между двумя перепутанными частицами микромира и двумя набухшими семенами нашей пары. В паре перепутанных частиц (фотонов) одна частица имеет спин левого вращения, другая – правого [26], а в паре семян одно семя дает проросток левого вращения, другое – проросток правого вращения (но поскольку знак биоизомерии проростков уже детерминирован в семенах спустя всего несколько часов совместного набухания в паре, то одно из семян этой пары в данный период, в принципе, можно считать «левым», а другое – «правым»). Частицы и семена сохраняют свойства системы и после их разделения. Любое внешнее воздействие на одну из компонент системы мгновенно отражается на состоянии второй компоненты: у частицы изменяется знак спина, а у семени – знак биоизомерии проростка.

2. Усиление ЭДС (его адресности) при присоединении семени-индуктора к семени-приемника по сравнению с вариантом их неприсоединения можно объяснить тем, что в этом случае с помощью электромагнитного поля системы снижается утечка в окружающую среду информации о состоянии перепутанности семян (слишком большая утечка информации может превратить систему в классическую) [22]. Напомним, что в [25] электромагнитному полю растения отводится роль стабилизатора перепутанности в процессах фотосинтеза, а в растворах в качестве стабилизатора выступает магнитное поле [19].

В литературе имеются данные о сверхбыстрой передаче биоэлектрических потенциалов действия в растениях [27]. Это не согласуется с общепринятой теорией и практикой электрофизиологии растений, и поэтому данные воспринимаются «традиционщиками» с недоверием [28].

Но почему в этом случае не попытаться объяснить «аномалии» не ошибками экспериментаторов, а вкладом квантовой перепутанности в процессы проведения электрического возбуждения? Ведь всякий физический канал в конечном счете является квантовым, и классическая пропускная способность канала может быть увеличена путем дополнительной сцепленности между входом и выходом [20].

Не об этом ли могут свидетельствовать и наши опыты по формированию единой электрически возбужденной системы на уровне листа растения, целого растительного организма и сообщества организмов при периодической локальной подаче фактора (света) на объект (в наших опытах биоэлектрические потенциалы на разных участках растения изменялись синхронно) [11]?

3. В системе с большим числом семян ЭДС лучше выражен по сравнению с системой с малым числом семян. Из квантовой физики известно, что между тремя и более частицами существует гораздо более сильное нелокальное взаимодействие, чем между двумя частицами [16].

4. ЭДС, который дистантно проявляется в индукции стимуляции прорастания семян-приемников, особенно заметен при подаче на семена-приемники губительно действующего стресса [2]. Нет ли здесь некой аналогии с квантовой телепортацией (при которой объект дезинтегрируется в одном месте и возникает в другом) [26]? Обычно дистантное действие такого стресса на компоненты системы с электромагнитным механизмом связи приводит к гибели этих компонентов.

5. В обсуждаемом вопросе использование нами термина «сигнал» не совсем корректно, это – не сигнал в классическом понимании передачи информации. Теория квантовой информатики предсказывает возможность нетривиального способа передачи квантовой информации, при которой носитель состояния физически не передается, а пересылается лишь некоторая классическая информация (так называемая телепортация квантового состояния) [20].

В заключение еще раз процитируем Ведрала: «Оказывается, различие между квантовым и классическим мирами не имеет фундаментального характера. Это всего лишь вопрос искусства эксперимента. Следствия того, что макроскопические объекты, подобные нам с вами, существуют в квантовом мире, настолько поразительны, что мы, физики, пока находимся в перепутанном состоянии замешательства и удивления» [22]. А ведь еще Аристотель говорил, что наука начинается с удивления.

## ВЫВОДЫ

1. Обнаружен эффект дальней связи между прорастающими семенами в системе из двух и более семян, возникающий при контакте семян в период набухания. Особенность системы из двух се-

мян состоит в том, что она формируется при контакте семян зародышами (на примере семян кукурузы).

2. Наличие эффекта объясняется формированием системы взаимосвязанных биообъектов (семян), которая обладает «онтогенетической памятью» (продленным влиянием на состояние каждого биообъекта системы).

3. Эффект возникает при физико-химическом стрессовом воздействии на одно из семян пары или на часть семян группы семян после их совместного набухания. Он выражается в том, что состояние семян опытной системы, на которые не действовал стресс, существенно изменяется по сравнению с состоянием прорастающих семян контрольной системы.

4. Предложены морфологический, физиологический и генетический критерии оценки эффекта и показана степень их информативности (информативность усиливается в направлении физиология – морфология – генетика).

5. Согласно морфологическому критерию эффект можно оценить по следующим параметрам:

а) снижение зеркальной симметризации проростков, выросших из семян опытных пар (в контроле из пары семян вырастают преимущественно разные по биоизомерии проростки – левый и правый; в опыте из пары семян вырастают проростки, преимущественно одинаковые по биоизомерии – левый и левый либо правый и правый). Эффект лучше выражен в генетически чистых парах семян (семян одного и того же генотипа) по сравнению со смешанными парами семян (семян разных генотипов).

б) Увеличение числа правых проростков, выросших из тех семян каждой опытной пары, на которые не действовал стресс (он действовал на вторые семена каждой пары), по сравнению с числом правых проростков из семян контрольных пар.

6. Согласно физиологическому критерию эффект можно оценить по увеличению числа всходов, высоты проростков и высоты вегетирующих растений, выросших из не подвергаемых действию стресса семян опытных систем по сравнению с контролем.

7. Согласно генетическому критерию эффект можно оценить по увеличению числа хромосомных нарушений и увеличению числа одиночных мостов хромосом в клетках первичных корешков проростков, выросших из не подвергаемых действию  $\gamma$ -облучения семян опытных систем (пар и групп) по сравнению с контролем. Число хромосомных нарушений увеличивается с ростом  $\gamma$ -дозы и с увеличением числа семян опытной группы, подвергаемых  $\gamma$ -облучению.

8. На эффект не влияют электромагнитное экранирование семян и расстояние, на которое удалены друг от друга семена опытной системы после их совместного набухания.

9. Высказано предположение, что механизм эффекта дальней связи имеет неэлектромагнитную природу, а сам эффект может быть объяснен явлением квантовой сцепленности (перепутанности) между биологическими макрообъектами (растительными организмами), точнее, перепутанности физиологических процессов одновременно в двух и более разобщенных организмах, благодаря чему между ними существует нелокальная связь.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Maslobrod S., Ganea A., Corlateanu L. “Memory” of the System of Two Swelling Seeds of Maize and Distant Transmission of Structural Bioisomerism from one Seedling to other Determined by this “Memory” under Stress Conditions. *Maize Genetic Cooperation Newsletter*. 2004, **78**, 11–12.
2. Маслоброд С.Н., Каранфил В.Г., Грати М.И. К дальнейшему экспериментальному обоснованию дальней связи между двумя прорастающими семенами, возникающей в результате совместного набухания этих семян. *Матер. XV Межд. симп. «Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье»*. Симферополь. 2006. С. 662–667.
3. Маслоброд С.Н. Реакция генотипа на проявление эффекта дальней связи в системе прорастающих семян кукурузы. *Mat. Conferinței Naționale cu participarea internațională «Probleme actuale ale Geneticii, Fiziologiei și Ameliorării Plantelor»*. Chișinău, 2008. С. 391–397.
4. Маслоброд С.Н. Нелокальная связь между компонентами системы растительных объектов. *Материалы VIII Межд. Крымской конф. «Космос и биосфера»*, Судак, Крым, Украина, 28 сентября–3 октября 2009 г., Киев, 2009. С.154–156.
5. Маслоброд С.Н., Шабала С.Н., Третьяков Н.Н. Эффект зеркальной симметризации ценотической пары проростков и электромагнитное взаимодействие прорастающих семян. *Доклады АН России*. 2004, **334**(3), 396–398.
6. Маслоброд С.Н., Шабала С.Н., Буюкли П.И., Корлэтяну Л.Б., Пирожок Е.Ф., Русановская Е.Г. Оценка взаимодействия растений в группе по зеркальной симметризации пары проростков. *Известия АН Молдовы. Серия биологических и химических наук*. 1994, (6), 14–18.
7. Сулима Ю.Г. *Биосимметрические и биоритмические процессы и признаки у сельскохозяйственных растений*. Кишинёв: Штиинца, 1970.

8. Шабала С.Н., Маслоброд С.Н. Электромагнитное взаимодействие в системе прорастающих семян. *Электронная обработка материалов*. 1993, (6), 51–53.
9. Маслоброд С.Н., Ганя А.И., Корлэтяну Л.Б. Использование зеркальной структурной симметризации и синхронизации роста парных проростков гибридов кукурузы для оценки некоторых хозяйственно ценных признаков генотипов. *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2002, (6), 5–8.
10. Маслоброд С.Н., Грати М.И., Романова И.М. Дальняя связь между группами прорастающих семян, составляющими одну систему. *Мат. XVI Межд. симп. «Нетрадиционное растениеводство. Эниология. Экология и здоровье»*. Симферополь. 2007. С. 646–648.
11. Маслоброд С.Н. Пространственно-временная организация поверхностных биоэлектрических потенциалов растительного организма. Электрофизиологическая ритмическая активность. *Электронная обработка материалов*. 2000, (1), 65–72.
12. Паушева З.П. *Практикум по цитологии растений*. М., 1974.
13. Маслоброд С.Н. Динамика зеркальной симметризации пар разновозрастных проростков кукурузы, индуцированная электромагнитным взаимодействием по горизонтали семян и проростков. *Электронная обработка материалов*. 2000, (2), 51–54.
14. Maslobrod S.N., Ganea A.I., Corlateanu L.B., Romanova I.M., Lysikov V.N. The Influence of Preplant-ray Treatment of Maize Hybrids on Bioisomery of the Germs, Grown from Pairs of Adjoining Seeds. *Electromagnetic Mechanism. Maize Genetics Cooperation, Newsletter*. 2002, 76, 17–18.
15. Кузин А.М. *Структурно-метаболическая гипотеза в радиобиологии*. М.: Наука, 1970. 221 с.
16. Воробьева Н.Е., Колесникова Н.С. Исследование радиационного «эффекта свидетеля» на модели адаптивного ответа в совместной культуре лимфоцитов людей разного пола. *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2007, **47**(6), 615–649.
17. Лаврентьев М.М., Еганова И.А., Луцет М.К., Фоминых С.Ф. О дистанционном воздействии звезд на резистор. *Доклады АН СССР*. 1990, **314**(2), 352–355.
18. Лаврентьев М.М., Гусев В.А., Еганова И.А., Луцет М.К., Фоминых С.Ф. О регистрации истинного положения Солнца. *Доклады АН СССР*. 1990, **315**(2), 368–371.
19. Hordan D. Quantum Philosophy. *Scientific American*. 1992, (7), 94–104.
20. Holevo A.S. Quantum Informaties. *Scientific American*. 2008, (7), 68–75.
21. Schimony A. The Reality of the Quantum World. *Scientific American*. 1988, (1), 46–53.
22. Vedral V. Living in a Quantum World. *Scientific American*. 2011, (6), 38–43.
23. Kleppner D., Jackiw R. One Hundred Years of Quantum Physics. 2000, **289**(5481), 893.
24. Vedral V. *Decoding Reality: The Universe as Quantum Information*. Oxford. 2010.
25. Sarovar M., Ishizaki A., Fleming G.R., Whaley K.B. Quantum Entanglement in Photosynthetic Light Harvesting Complexes. *Nature Physics*. 2010, (6), 462–467.
26. Bennet D., Brassard G. et. al. Teleporting an Unknown Quantum State Via Dual Classical and Einstein-Podolsky-Rosen Channels. *Phys. Rev. Lett*. 1993, **70**, 1895–1899.
27. Mishra N.S., Mallick B.N., Sopory S.K. Electrical Signal from Root to Shoot in Sorghum Bicolor: Induction of Leaf Opening and Evidence for Fast Extracellular Propagation. *Plant. Sci*. 2001, **160**, 237–245.
28. Пятыгин С.С. Существуют ли различные скоростные типы потенциалов действия у высших растений? *Биофизика*. 2008, **53**(1), 107–112.

Поступила 15.02.12

### Summary

The paper offers certain new data, developing the earlier information, on the effect of the remote contact between two sprouting seeds of maize resulting from a 24-hour simultaneous swelling of these seeds, embryo-butted. Under stressful conditions, such as low or high temperature, concentrated NaCl solution,  $\gamma$ -radiation, created for one of the separated seeds and removed from the other one at a distance of several kilometers, the second seed (unstressed and removed) exhibits certain changes in its morphological, physiological and genetic characteristics. They are: inversion, bioisomerism (leftness vs. rightness) of sprouts, acceleration of germination and of the growth of sprouts and vegetating plants, increase of the number of chromosomal abberations in the primary roots of sprouts. A short action of  $\gamma$ -radiation on some seeds from the system (about 100 pieces) leads to changes of the genetic conditions not only of the irradiated seeds but also of the non- irradiated ones. In the meanwhile, in the cells of the sprouts roots grown from non-irradiated seeds, the number of chromosomal abberations significantly increases in comparison with the control. The discussed effect proportionally depends on the irradiation dose; its electromagnetic and non-electromagnetic mechanisms are considered. The question is raised of a quantum entanglement of the seeds, that arises during their simultaneous swelling.