

УДК 57.621.383; 61. 621.383

**М.В. Ременникова<sup>1</sup>, О.В. Бурдышева<sup>1</sup>,  
Е.С. Шолгин<sup>1</sup>, А.О. Арапова<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Пермский научно-исследовательский институт сельского хозяйства –  
филиал ПФИЦ УрО РАН, Пермь, Российская Федерация

<sup>2</sup>Пермский государственный национальный исследовательский университет,  
Пермь, Российская Федерация

## **ВЛИЯНИЕ УПОРЯДОЧЕННОГО ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ, ГЕНЕРИРУЕМОГО ГОЛОГРАФИЧЕСКОЙ СХЕМОЙ ДЕНИСЮКА, НА КУЛЬТУРУ ЭКСПЛАНТЫ ЭХЕВЕРИИ *IN VITRO***

Сделана попытка повторить опыты по передаче морфогенетической информации от материнского организма к каллусной ткани, полученной из этого организма, путем воздействия упорядоченного электромагнитного поля. Упорядоченность поля создана при помощи установки для записи голограммы по схеме Денисюка. В качестве источника излучения использовался He-Ne-лазер с линейно поляризованным излучением с длиной волны 632,8 нм, мощностью менее 1 мВт. Экспланты для воздействия помещали на место фоточувствительной пластинки для записи голограммы. Визуальные наблюдения в течение месяца показали различия в развитии тканей между облученными и необлученными эксплантами. Получены положительные результаты по увеличению интенсивности каллусообразования и стимуляции органогенеза в группе облученных эксплантов эхеверии по сравнению с контрольной группой на 60 %.

**Ключевые слова:** эхеверия, *in vitro* культура, каллус, органогенез, голографическая схема Денисюка, морфогенетическая информация, митогенетическое излучение.

**M.V. Remennikova<sup>1</sup>, O.V. Burdyshova<sup>1</sup>, E.S. Sholgin<sup>1</sup>, A.O. Arapova<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Perm Scientific Research Institute of Agriculture, Branch of the Ural Branch  
of the Russian Academy of Sciences, Perm, Russian Federation

<sup>2</sup>Perm State National Research University, Perm, Russian Federation

## **EFFECT OF AN ORDERED ELECTROMAGNETIC FIELD GENERATED BY A DENISYUK HOLOGRAPHIC CIRCUIT ON IN VITRO CULTURE OF ECHEVERIA EXPLANTS**

In this work, an attempt was made to repeat experiments on the transfer of morphogenetic information from the mother organism to callus tissue obtained from this organism by exposure to an ordered electromagnetic field. The orderliness of the field was created using a hologram recording setup according to the Denisyuk scheme. A He-Ne laser with linearly polarized radiation with a wavelength of 632.8 nm and a power of less than 1 mW was used as a radiation source. The exposure explants were placed in place of a photosensitive plate for hologram recording. Visual observations at one month showed differences in tissue development between irradiated and non-irradiated explants. Positive results were obtained on the increase of callus formation intensity and stimulation of organogenesis in the group of irradiated explants of echeveria compared to the control group by 60 %.

**Keywords:** echeveria, *in vitro* culture, callus, organogenesis, Denisyuk holographic scheme, morphogenetic information, mitogenetic radiation.

### **Введение**

Все живые организмы существуют в непрерывно изменяющейся внешней среде, которая воздействует на них множеством раздражителей различной природы: химической, электрической, механической, полями различной природы. Все живое на нашей планете не только научилось отвечать на внешние сигналы перераспределением метаболитов в клетке, но и активно использовать физические поля для самоорганизации [1]. Молекулярные основы функционирования живых организмов, ответные реакции на механические воздействия хорошо изучены. Активно исследуется влияние природных полей (магнитное, гравитационное, электромагнитное и др.). Однако недостаточное внимание уделяется исследованию влияния низкоинтенсивного когерентного излучения и его участия в самоорганизации живой материи.

Еще в начале прошлого века встал вопрос о том, что не все взаимодействия в биологических системах можно объяснить в рамках молекулярного обмена, механических контактов и химических реакций в результате поглощения электромагнитной энергии внешней среды. Наиболее сложным до сих пор является описание процесса формирования целостного организма из клетки, несущей информацию в виде ДНК,

в процессе онтогенеза. Ряд ученых работали над поиском и описанием иного механизма взаимодействия на клеточном уровне, но основоположником считается А.Г. Гурвич, создавший теорию биологического поля. Клетка сама является источником электромагнитного излучения в ультрафиолетовой области спектра очень низкой интенсивности (митогенетическое излучение). Кроме оптического диапазона есть работы, подтверждающие наличие митогенетического излучения в КВЧ и СВЧ радиодиапазоне длин волн. Митогенетическое излучение выполняет роль коммуникационного канала между клетками для оперативного управления. Этот канал передачи данных имеет скорость значительно выше, чем механический (акустический), химический, электрический [2].

Исходя из внутренних энергетических возможностей, клетка может генерировать только слабое излучение, интенсивность которого на много порядков ниже окружающего фона. Нет оснований полагать, что внешнее и внутреннее излучения трансформируются в химические сигналы разными рецепторными цепями. Поэтому чтобы выполнять роль информационного канала, слабое внутриклеточное излучение должно обладать отличительным свойством – достаточной степенью когерентности. Есть все основания предполагать, что именно статистически упорядоченное излучение имеет более высокий коэффициент передачи, усиления и приема в биологических системах. Это подтверждается эффективностью воздействия низкоинтенсивного лазерного излучения на живые организмы по сравнению с некогерентными источниками излучения, что выражается лазерной стимуляции функциональной активности организма на фоне естественной освещенности на несколько порядков выше по интенсивности, чем лазерное излучение [3].

Когерентное митогенетическое излучение участвует во внутриклеточной регуляции и осуществляет межклеточную коммуникацию, однако остается открытым вопрос, влияет ли он на дифференцировку клеток при онтогенезе. Возвращаясь к вопросу формообразования живых организмов и генетическому аппарату клетки, была выдвинута В.П. Казначеевым, П.П. Горячевым, А.А. Васильевым, А.А. Березиным в 1990 г. гипотеза солитонно-голографического генома, устанавливающую связь между геном и признаком. Согласно ей, хромосомы выполняют роль голографической решетки, а восстановление голограммы митогенетическим излучением клеток является основой формообразования [4].

Для подтверждения этой гипотезы двумя независимыми научными группами были проведены эксперименты. Первая группа исследователей во главе с А.В. Будаговским (ФГБОУ ВО Мичуринский ГАУ, ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина») в 1995–1997 гг. проводила исследования на каллусной ткани плодовых растений (клонарно размноженных соматических тканях вишни сорта Харитоновская). В первой схеме эксперимента в первом варианте каллусы не подвергали каким-либо воздействия, во втором – их кратковременно облучали низкоинтенсивным когерентным светом гелий-неонового лазера ( $\lambda=632,8$  нм;  $L_k > 0,2$  м). В третьем – каллусы культивировали вместе с индукторами – побегами этого же сорта, полученными в культуре меристем. Четвертый вариант соответствовал третьему, но дополнительно культуру облучали на лазерной установке по схеме записи объемной голограммы Денисюка. Схему эксперимента модифицировали: каллусы и побег располагали в одном общем сосуде с общей питательной средой, варианты были разделены непрозрачными перегородками, и многократно повторили опыт для двух схем эксперимента. Для первой схемы эксперимента в первых трех вариантах опыта органогенез не наблюдали, в четвертом в 2 % случаев происходило образование дифференцированных тканей, органов. Для второй схемы опыта количество регенератов в контроле составило  $3,6 \pm 2$  %, в вариантах с лазерным облучением как и индуктором, так и без него –  $8,3 \pm 5,6$  %, а в случае голограммы –  $26,1 \pm 9,2$  %. Результаты свидетельствуют о том, что совместно с биохимической может существовать и голографическая форма индукции морфогенеза [1].

Вторая группа исследователей во главе с Р.К. Салаевым (Сибирский институт физиологии и биохимии растений СО РАН) в 2001 г. повторяла опыт А.В. Будаговского. В качестве объекта воздействия была выбрана культура тканей пшеницы, полученная из учетных зрелых зерновок пшеницы сорта «Скала». Зародыши с половинкой эндосперма помещали на питательную среду. Определяли число морфогенных зон и динамику корнеобразования в трех вариантах опыта: контроль, обычное лазерное облучение, модулированное облучение. В варианте с модулированным излучением ризогенез достигал 93 %, с обычным лазерным излучением – 80 %, в контроле – 70 %. В начале опыта число морфогенных зон в образцах, облученных модулированным излучением, – 90 %, лазерным – 50 %, контроль – 40 %, затем этот показатель выравнивается, что, возможно, связано с интенсивным корнеобразованием [5].

В настоящей работе проведена попытка повторить опыты с голографической индукцией онтогенеза.

### Материалы и методы

Эксперимент был выполнен по схеме записи голограммы Денисюка. В качестве источника излучения использовался лазер He-Ne с линейно поляризованным излучением с длиной волны 632,8 нм, мощностью менее 1 мВт фирмы Lehr – und Didaktiksysteme LD Didactic GmbH. На место записываемого объекта помещалась пробирка с эксплантом, а на место объекта записи голограммы располагалось материнское растение (рис. 1). Время экспозиции составило 1 минуту.

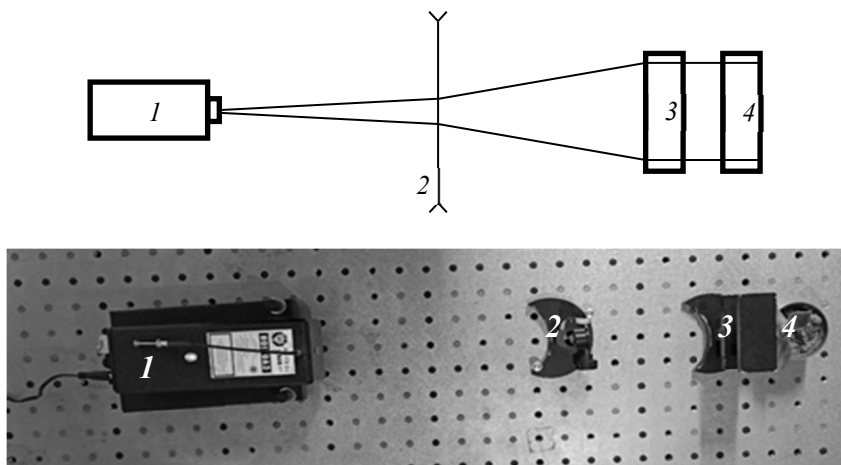


Рис. 1. Голографическая схема Денисюка: 1 – источник излучения; 2 – рассеивающая линза; 3 – записываемый объект; 4 – объект записи голограммы

Эксплантами для введения в культуру *in vitro* выбраны части листовых пластинок эхеверий размером 0,5–1 см<sup>2</sup> (рис. 2). Стерилизацию материала проводили в 3 общепринятых этапа [6]. Престерилизация включала в себя обработку нейтральным детергентом в течение 20 минут и промывку проточной водой в течение 10 минут. В качестве стерилизующих агентов использовались 20%-ный раствор хлорамина-Б с экспозицией 30 минут и 70%-ный раствор этанола с экспозицией в 1 минуту. Постстерилизация включала промывку в трех сменах стерилизованной дистиллированной водой по 5 минут в каждой. Экспланты высаживались на твердую питательную среду Мурасиге и Скуга (MS) с содержанием сахарозы 30 г/л, агары 7 г/л и витаминов: пиридоксин

2,5 мг/л, тиамин 5 мг/л и никотиновая кислота 2 мг/л. В качестве регуляторов роста использовались 6-БАП 2 мг/л, НУК 2,5 мг/л и кинетин 2,5 мг/л. Стерилизация питательной среды в пробирках проводилась в автоклаве Sanyo MLS-3780 при температуре 120 °С под давлением 1 атм. в течение 15 минут. Все этапы введения в культуру *in vitro* проводились в стерильных условиях в ламинар-боксе.



Рис. 2. Объект воздействия: 1 – материнское растение эхеверия; 2 – эксплант на питательной среде в пробирке

Всего при эксперименте использовалось 12 пробирок с эксплантатами. Облучение проводили на 49-й день с момента введения в культуру. Пробирки были разделены на 2 подгруппы – облученные и необлученные части листьев.

### Результаты и их обсуждение

Результаты эксперимента представлены в таблице.

На 7-й день роста у облученной группы наблюдаются значительное каллусообразование и индукция органогенеза по сравнению с контрольной группой. Приблизительно 70 % образцов показали признаки образования каллуса, в то время как в контрольной группе не было замечено образования.

На 30-й день роста у облученной группы примерно 70 % образцов продемонстрировали органогенез, в то время как в контрольной группе только началось образование каллуса у около 30 % образцов, и органогенез не превышал 20 %.

### Контроль и сравнение процессов, происходящих с культурой ткани после облучения

Подгруппы	Дни контроля посадки		
	7-й день	18-й день	30-й день
Облученные экспланты	Каллусообразование более чем в 60 % пробирок. Органогенез более чем в 16 % пробирок.	Каллусообразование более чем в 60 %. Органогенез более чем в 60 %. Образование микророзеток более чем в 30 % пробирок.	Каллусообразование более чем в 60 % пробирок. Органогенез более чем в 60 % пробирок. Образование микророзеток более чем в 30 % пробирок.
Необлученные экспланты	—	Каллусообразование более чем в 30 % пробирок. Органогенез более чем в 16 % пробирок.	Каллусообразование в 30% пробирок. Органогенез более чем в 30 % пробирок.

Облучённые эксплантаты демонстрировали значительное усиление каллусообразования по сравнению с контрольной группой. Стоит отметить, что во время эксперимента направление развития каллусной ткани было одинаковым: образование очагов калусса, органогенез в виде микророзеток.

Результаты эксперимента подтверждают положительное влияние упорядоченного электромагнитного поля на калусообразование, а также стимуляцию органогенеза.

### Заключение

Результаты данного исследования подтверждают выводы, сделанные в статьях коллег, которые говорят о том, что упорядоченное электромагнитное поле оказывает положительное воздействие на каллусообразование и органогенез. Однако чтобы более точно установить эффект облучения на каллусную ткань, планируется провести эксперимент с увеличенным количеством образцов.

В дальнейшем уточнение данных, полученных в ходе исследования, может помочь установить точную природу воздействия упорядоченного электромагнитного поля на процессы каллусообразования и органогенеза, что может быть полезным в сельском хозяйстве и фармакологии, например, для повышения урожайности растений или создания новых методов разведения культурных растений.

### **Список литературы**

1. Будаговский А.В. Дистанционное межклеточное взаимодействие. – М.: Изд-во НПЛЦ «Техника», 2004. – 104 с.
2. Будаговский А.В., Евсева Р.П. Экспериментальная модель дистанционной передачи морфогенетической информации в системе двух растительных тканей с разной потенцией к дифференцировке // Механизмы действия сверхмалых доз: тез. докл. II Междунар. симп. – М., 1995. – С. 124–125.
3. Москвин С.В. Эффективность лазерной терапии. – М.: Изд-во НПЛЦ «Техника», 2003. – 256 с.
4. Будаговский А.В., Евсева Р.П., Муратова С.А. Применение голограммы дифференцированного органа для индукции морфогенеза в культуре каллусных тканей плодовых растений // Биология растений *in vitro*, биотехнология и сохранение генофонда: тез. докл. междунар. конф. – М., 1997. – С. 79.
5. Влияние пространственной структуры электромагнитного поля на эффективность лазерной биостимуляции / Р.К. Саляев, Л.В. Дударева, С.В. Ланкевич, В.М. Сумцова, Ю.Н. Выговский, А.Н. Малов, А.В. Неупокоева, О.О. Тимина, В.С. Фещенко // Медицинская физика: материалы I Евразийского конгресса. – 2001. – № 11. – С. 34.
6. Катаева Н.В., Бутенко Р.Г. Клональное микроразмножение растений. – М.: Наука, 1983. – 97 с.

### **References**

1. Budagovskii A.V. Distantcionnoe mezhkletechnoe vzaimodeistvie. Moscow: NPLTs "Tekhnika", 2004, 104 p.
6. Budagovskii A.V., Evseeva R.P. Eksperimental'naiia model' distantcionnoi peredachi morfogeneticheskoi informatsii v sisteme dvukh rastitel'nykh tkanei s raznoi potentsiei k differentsirovke [Experimental model of remote transmission of morphogenetic information in a system of two plant tissues with different potential for differentiation]. Proceedings of II International Symposium "Mechanisms of Action in Excess of Low Doses". – 1995. – pp. 124-125.
7. Moskvin S.V. Effektivnost' lazernoi terapii. Moscow: NPLTs "Tekhnika", 2003, 256 p.



8. Budagovskii A.V., Evseeva R.P., Muratova S.A. Primenenie hologrammy differentsirovannogo organa dlia induktsii morfogeneza v kul'ture kallusnykh tkanei plodovykh rastenii [Application of a hologram of a differentiated organ to induce morphogenesis in the culture of callus tissues of fruit plants]. Proceedings of International Conference "Plant Biology in Vitro, Biotechnology and Gene Pool Conservation", 1997, p. 79.

9. Saliaev R.K. et al. Vliianie prostranstvennoi struktury elektromagnitnogo polia na effektivnost' lazernoi biostimulatsii [Influence of the spatial structure of the electromagnetic field on the effectiveness of laser biostimulation]. Proceedings of I Eurasian Congress "Medical Physics", 2001, no. 11, p. 34.

10. Kataeva N.V., Butenko R.G. Klonal'noe mikrorazmnozhenie rastenii. Moscow: Nauka, 1983, 97 p.

#### **Сведения об авторах**

##### **БУРДЫШЕВА О.В.**

e-mail: *burdyshevaolga@gmail.com*

Младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь.

##### **ШОЛГИН Е.С.**

e-mail: *Faler01@yandex.ru*

Младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь.

##### **РЕМЕННИКОВА М.В.**

e-mail: *RemennikovaMV@pnppk.ru*

Младший научный сотрудник лаборатории агробиофотоники Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, г. Пермь.

#### **About the authors**

##### **O.V. BURDYSHEVA**

e-mail: *burdyshevaolga@gmail.com*

Junior researcher at the Laboratory of Agrobiophotonics, Perm Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm.

##### **E.S. SHOLGIN**

e-mail: *faler01@yandex.ru*

Junior researcher at the Laboratory of Agrobiophotonics, Perm Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm.

##### **M.V. REMENNIKOVA**

e-mail: *remennikovaMV@pnppk.ru*

Junior researcher at the Laboratory of Agrobiophotonics, Perm Federal Research Center, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Perm.

**АРАПОВА А.О.**

e-mail: *klekovkina.07@yandex.ru*

**A.O. ARAPOVA**

e-mail: *klekovkina.07@yandex.ru*

Студентка 1-го курса магистратуры  
Федерального государственного авто-  
номного образовательного учреждения  
высшего образования «Пермский госу-  
дарственный национальный исследова-  
тельский университет».

1st year master's student at the Federal State  
Autonomous Educational Institution of  
Higher Education "Perm State National Re-  
search University"

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания, номер государственной регистрации темы 122031100058-3.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Вклад авторов.** Все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

**Получена:** 07.10.2023

**Одобрена:** 10.10.2023

**Принята к публикации:** 12.10.2023

**Financing.** The work was carried out within the framework of a state assignment, state registration number of the topic 122031100058-3.

**Conflict of Interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Author Contributions.** All authors have made an equivalent contribution to the publication.

**Received:** 07/10/2023

**Approved:** 10/10/2023

**Accepted for publication:** 12/10/2023

Просьба ссылаться на эту статью в русскоязычных источниках следующим образом: Влияние упорядоченного электромагнитного поля, генерируемого голографической схемой Денисюка, на культуру экспланты эхеверии *in vitro* / М.В. Ременникова, О.В. Бурдышева, Е.С. Шолгин, А.О. Арапова // Прикладная фотоника. – 2023. – Т. 10, № 7. – С. 81–90.

Please cite this article in English as: Remennikova M.V., Burdyshova O.V., Sholgin E.S., Arapova A.O. Effect of an ordered electromagnetic field generated by a Denisyuk holographic circuit on in vitro culture of Echeveria explants // Applied photonics, 2023, no. 7, pp. 81-90.