

Отсроченный эффект оценивали по проценту и характеру аномалий развития, срокам гибели, синхронности развития. В ходе эмбриогенеза отмечено интенсивное развитие СР-процессов перед переломными моментами: обособление в пространстве зародышевых листков и их детерминация на клеточном уровне; активация транскрипции (стадия бластулы) при взаимодействии зачатков в индукционных системах; обособление и детерминация зачатков органов (глазной зачаток и его части); переход в новую экологическую нишу перед вылуплением из оболочек, перестройка гомеостатических систем организма; переход к активным процессам терминальной дифференцировки органов на уровне клеток – трансляция матрицы, активный синтез белка и формирование специализированных структур; подготовка к метаморфозу – смена экологической ниши, изменения гомеостаза организма в целом.

Обнаружено, что механизмы чувствительности эмбриональных объектов универсальны при действии факторов различной природы (рентгеновского и лазерного облучения, химический воздействий, измененных гравитационных условий). Результаты обсуждены с позиций принятых в биофизике представлений об окислительном стрессе и его адаптационном значении. СР-процессы играют информационную роль в системе окислительно-восстановительном гомеостаза клетки. Эта прооксидантно-антиоксидантная система включает механизмы управления клеточным метаболизмом через физико-химические изменения мембран, состояние которых (пластичность, жидкость) зависит от уровня СР-окисления липидов (ПОЛ) и накопления перекисей. Активация ПОЛ ведет к изменению проницаемости мембран и функциональной активности ассоциированных с ними ферментов. Адаптационной реакцией мембран является изменение состава липидов, что снижает скорость ПОЛ и возвращает ее к стационарному уровню. Таким образом, изменения концентрации СР связаны с функциональным состоянием клеток. Сенсорную роль в системе играют парамагнитные молекулы, супероксидный радикал и оксид азота. СР-реакции очень чувствительны к различным внешним воздействиям на клетку.

Ранее нами показано, что высокий уровень свободнорадикальных реакций в норме на ключевых (критических) стадиях развития – это естественный эпигенетический процесс, инициирующий экспрессию генов, необходимую для дифференцировки. Однако такое состояние конституционального «окислительного стресса» определяет и повышенную чувствительность к повреждающим внешним воздействиям. Реакции эмбриональных объектов на малые дозы химических и радиационных воздействий развиваются по мембранному механизму. Первичным ответом является развитие цепных СР-реакций, ПОЛ, образование токсичных продуктов. Характерный клеточный ответ – нарушение восприятия информационных межклеточных сигналов, инициирующих экспрессию генов, цитодифференцировку и морфогенез. Клеточные популяции в течение долгого срока сохраняют метаболические аномалии. Дочерние клетки в растущей популяции наследуют повышенный уровень СР-окисления и токсичные продукты ПОЛ, которые могут атаковать ДНК или нарушать процессы транскрипции через измененное состояние хроматина. Отсроченный эффект – тератогенез (характерные стадийспецифичные уродства) и гибель эмбрионов. Экологическими последствиями являются: рост показателей изменчивости в популяциях, повышенная чувствительность к изменениям факторов среды, сохраняющаяся в потомстве; снижение численности популяций гидробионтов и нарушение экологического равновесия.

Таким образом, системный ответ эмбрионального организма существенно усилен по сравнению с первичным процессом, благодаря нарушению внутренних организующих информационных связей. При этом согласно модели «радикальной пары» эндогенные свободные радикалы являются необходимыми усилителями слабых внешних воздействий.

#### **PECULIARITIES OF PHYSICOCHEMICAL RESPONSE EXHIBITED BY EMBRYONIC BIOSYSTEMS UNDER WEAK ELECTROMAGNETIC OR CHEMICAL ATTACKS**

**Melekhova O.P.**

Biological Department, Lomonosov Moscow State University  
Moscow 119234 ul.Leninskie Gory, 1, 12; e-mail: [muffs2013@gmail.com](mailto:muffs2013@gmail.com)



#### **РОЛЬ ФОСФОЛИПИДОВ ЯДЕРНОЙ МЕМБРАНЫ В ФОРМИРОВАНИИ ОТВЕТА НА ММ-ВОЛНЫ**

**Минасбекян Л.А.**

Ереванский государственный университет, факультет биологии, каф. биофизики,  
Армения, 0025, Ереван, ул.А.Манукяна,1. E-mail: [minlia@ysu.am](mailto:minlia@ysu.am)

В последние десятилетия изучение радиочастот низкой интенсивности приобрело первостепенное значение из-за широкого внедрения в сферу деятельности человека новых типов коммуникаций, диагностических (МРТ, КТ и др) и терапевтических медицинских аппаратов, а также бытовой техники, излучающих мм-волны в диапазоне 1-300 ГГц. Известно, что воздействие мм-волн в первую очередь активирует кальциевые каналы плазматической мембраны [1]. В результате усиления потока (Ca<sup>2+</sup>)-i в клетке синтезируются такие молекулы как оксид азота (NO), супероксид, пероксинитрит, образование свободных

радикалов и др., в результате чего формируется окислительный стресс. Ранее нами было показано на растениях и грибах, что в результате воздействия мм-волн активируются ферменты антиоксидантной системы [2-4].

Нами исследовано воздействие низкоинтенсивных мм-волн в диапазоне 45-53 ГГц на электроподвижность интактных ядер в градиенте постоянного электрического поля и содержание фосфолипидов в ядерной мембране и растворимой ядерной фракции. Интактные ядра клеток, обладают электрокинетическим ( $\xi$ -) потенциалом в межфазном двойном слое на поверхности ядерной мембраны, состоящей из нейтральных и анионных фосфолипидов.  $\xi$ -потенциал оказывает большое влияние на различные свойства систем доставки нано-лекарств. Отрицательный заряд анионных фосфолипидов ядерной мембраны, распределенных по поверхности ядра, играет важную роль в формировании электрокинетического потенциала, регуляции процессов ядерной мембраны, проницаемости, а также в процессах взаимодействия ядер с внешними воздействиями.

В исследовании показано уменьшение содержания анионных фосфолипидов в составе ядерной мембраны и растворимой ядерной фракции под действием мм-волны, что в результате привело к повышению электрокинетического потенциала (ЭКП) интактных ядер в градиенте электрического поля (рис.1).

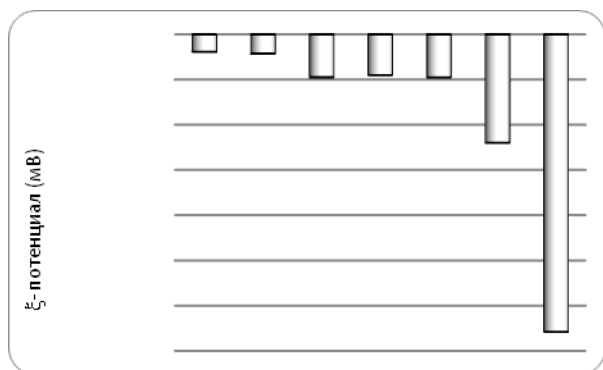


Рис.1. Изменения ЭКП ядер проростков пшеницы в зависимости от частоты ЭМИ *in vivo*.

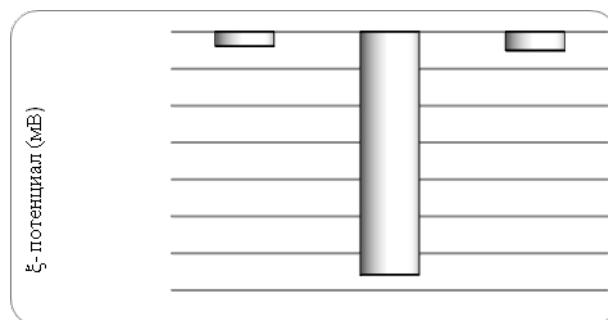


Рис.2. Изменения ЭКП под воздействием мм-волн *in vivo* и *in vitro*.

Сравнительное исследование ЭКП между обработанными ядрами *in vivo* и *in vitro* выявило большие различия (рис.2). Выявлено, что под воздействием мм-волн ЭКП интактных ядер *in vivo* привело к резкому увеличению абсолютной величины ЭКП по сравнению с ядрами, обработанными в растворе (вариант *in vitro*). Обсуждается возможность такой модуляции путем изменения разности потенциалов между внешней и внутренней поверхностями ядер, образованных из-за разницы в содержании между анионными фосфолипидами ядерной оболочки и матрицы, что приводит к изменениям поверхностных зарядов ядерной мембраны и, следовательно, образованию более компактного внешнего межфазного двойного слоя.

## THE ROLE OF PHOSPHOLIPIDS OF NUCLEAR MEMBRANE IN FORMATION OF REPLAY ON MM-WAVES

Minasbekyan L.A.

Yerevan State University, Faculty of Biology, Dep.of Biophysics, Armenia, 0025, Yerevan, str. Alex Manougian, 1,  
E-mail: [minlia@ysu.am](mailto:minlia@ysu.am)

Have been investigated electromobility of nuclei of wheat seedlings treated with mm-waves in gradient of state electrical field. Estimated changes in phospholipid content of nuclear membrane and soluble nuclear fraction under impact of mm-waves. Here discussed contribution of phospholipids content of nuclear subfraction in formation of replay on impact of mm-waves.

### Литература

1. Pall ML Electromagnetic fields act similarly in plants as in animals: probable activation of calcium channels via their voltage sensor. *Current Chemical Biology*, 2016, 10, DOI: 102174/2212796810666160419160433.
2. Авагян И.А., Неркарарян А.В., Минасбекян Л.А., Нанагюлян С.Г. Воздействие мм-волн на рост и метаболическую активность культуры гриба *Pleurotus ostreatus*. *Микология и фитопатология*, 2011, 45(6):541-547.
3. Vardevanyan PO, Nerkararyan AV, Shahinyan MA Influence of low intensity coherent electromagnetic millimeter waves on growth and peroxidase total activity of wheat germs. *Journal of Experimental Biology and Agricultural Sciences*, 2013, 1:39-44.
4. Avagyan IA Modification of growth conditions by mm-waves of wood-decaying mushroom's cultures. *Biol J of Armenia*, 2016, 68(1):64-69. ISSN 0366-5119 <http://biology.asj-oa.am/11261/>