



Биолог. журн. Армении, 1 (69), 2017

ИЗМЕНЕНИЕ НЕКОТОРЫХ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ, ОБЛУЧЕННЫХ ЭМИ КВЧ- ДИАПАЗОНА

Ж. Г. МУХАЕЛЯН

*Ереванский госуниверситет, кафедра биофизики
zhanna.muxaelyan@gmail.com*

Изучено воздействие электромагнитного излучения крайне высокой частоты (ЭМИ КВЧ) на некоторые морфометрические показатели (прирост корня и побега, сырой вес корня и побега, ширина и длина листовой пластинки, площадь листа) проростков пшеницы, подвергнутых многократному (20 мин ежедневно в течение 5 дней) облучению. Выявлено, что ЭМИ с частотой 41,8 ГГц и 51,8 ГГц оказывает стимулирующее действие на изучаемые параметры, величина изменения которых зависит от частоты ЭМИ и продолжительности экспозиции.

Облучение ЭМИ КВЧ – проростки пшеницы – морфометрические показатели

Ուսումնասիրվել է ծայրահեղ բարձր հաճախականությամբ էլեկտրամագնիսական ճառագայթահարման (ԾԲՀ ԷՄՃ) ազդեցությունը ցորենի ծիլերի աճի որոշ մորֆոմետրիկ ցուցանիշների՝ ծիլի, արմատների կշռի և երկարության, տերևի երկարության և լայնության, տերևի մակերեսի վրա: Ցորենի ծիլերը ենթարկվել են ճառագայթահարման 5 օրերի ընթացքում, օրական 20 րոպ. տևողությամբ: Ստացված տվյալները ցույց են տալիս, որ 41.8 ԳՀց և 51.8 ԳՀց հաճախականություններով ԷՄՃ խթանող ազդեցություն է ունենում հետազոտվող ցուցանիշների վրա, որոնց փոփոխության մեծությունը կախված է ԾԲՀ ԷՄՃ հաճախականությունից և ճառագայթահարման տևողությունից:

ԾԲՀ ԷՄՃ ճառագայթահարում – ցորենի ծիլեր – մորֆոմետրիկ ցուցանիշներ

The effect of electromagnetic irradiation with extremely high frequencies (EMI EHF) on some morphometrical parameters (leaf and roots fresh weight and length, leaf width and area) has been investigated. It has been shown that wheat seedlings treatment with EMI (for 5 days, each 20 min.) of 41,8 GHz and 51,8 GHz frequencies have significantly increased mentioned parameters. It has been also shown that the change value of seedlings sprout and roots parameters depends on EMI frequency used and exposure duration.

EMI EHF irradiation – wheat seedlings – morphometrical parameters

Электромагнитное излучение (ЭМИ) крайне высокочастотного (КВЧ) (30-300 ГГц) или миллиметрового (ММ) диапазона является постоянным физическим фактором окружающей среды, оказывающим все более возрастающее воздействие на живую материю, в связи с увеличением числа искусственных источников КВЧ-диапазона, используемых в последние десятилетия в коммуникационных технологиях и в быту [5,10]. Показано, что ЭМИ КВЧ способно оказывать воздействие на биологические объекты различного уровня сложности: от отдельных клеточных

компонентов, изолированных клеток и микроорганизмов до целых организмов растений и животных [2,8,14,18,21]. Следует отметить, что влияние ЭМИ на живые системы регистрируется как при резонансных для воды частотах [10], так и нерезонансных [6,11,19,22].

Первичное звено воздействия КВЧ-излучения и механизмы его влияния на биологические системы не до конца выяснены. Считается, что воздействие КВЧ ЭМИ на биосистемы носит информационно-резонансный характер. По-видимому, первичной мишенью ЭМИ является водный компонент клетки [6,13].

Предполагается, что внешний физический фактор имитирует и корректирует вырабатываемые организмом сигналы управления жизнедеятельностью посредством изменений структуры воды, вследствие чего индуцируются структурно-функциональные изменения клеточных мембран. В результате такого взаимодействия создается физико-химическая основа для изменения метаболизма, связанного с переносом протонов и электронов в клеточных мембранах, что служит основанием формирования последовательных, неспецифических реакций клетки и организма в целом [6].

В настоящее время сформировалось мнение, что целенаправленное воздействие КВЧ-излучения на растительный организм позволит управлять многими процессами жизнедеятельности, влиять на параметры роста и развития растений и повысить урожайность злаков и других сельскохозяйственных культур [4,11,23].

В работах, посвященных изучению действия ЭМИ ММ-диапазона на цианобактерии и микроводоросли, показан рост биомассы и увеличение синтеза АТФ [9,15].

Немногочисленны работы по изучению КВЧ-излучения на высшие растения [4,10,18,21]. Так, существует ряд работ, посвященных исследованию влияния предпосевной обработки КВЧ ЭМИ семян злаковых, где отмечен стимулирующий эффект применяемого внешнего физического поля на ростовые процессы, всхожесть семян и число зерен в колосе [10,16,19]. Вместе с тем показано, что в зависимости от параметров частоты, мощности и продолжительности облучения, КВЧ-излучение может оказывать как стимулирующее, так и угнетающее воздействие на различные физиологические процессы, параметры роста и развития растительного организма [3,11,17].

С этой точки зрения важным и актуальным являются исследования воздействия ЭМИ КВЧ на показатели роста и развития высших растений, в частности *Triticum aestivum* L., повышение урожайности которой всегда является актуальной сельскохозяйственной задачей.

Цель работы изучение влияния КВЧ ЭМИ на некоторые морфометрические показатели: длину и сырой вес побега и корня, площадь листовой пластинки проростков пшеницы, подвергнутых многократному облучению.

Материал и методика. Объектом исследования служила озимая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сорта "Безостая". Семена пшеницы тщательно перебирали, обрабатывали 0.03 %-ным раствором перманганата калия ($KMnO_4$) в течение 1-2 мин и промывали дистиллированной водой. Промытые семена смачивали в воде и оставляли для набухания при комнатной температуре на 1-2 часа. Затем их раскладывали по 40 штук на влажную фильтровальную бумагу в чашках Петри и проращивали в термостате при 26-28⁰С от 3 до 10 дней.

Проростки пшеницы были облучены КВЧ ЭМИ с частотой 41.8 ГГц и 51.8 ГГц. Облучали проростки со второго дня прорастания в течение 5-и дней ежедневно продолжительностью 20 мин. Суммарная продолжительность облучения составляла 100 мин.

Контролем служили необлученные проростки пшеницы. Воздействие ЭМИ на проростки оценивали после каждой экспозиции по изменению длины и сырого веса побега и корней, ширины и длины листовой пластинки, площади листа. Площадь листовой пластинки рассчитывали по формуле $S=0,66.l.d$, где l- длина листа, d- ширина листа [1].

Повторность в пределах одного варианта опыта составляла 15 проростков.

В качестве источника ЭМИ использовали генератор ЭМИ Г4-141, с областью рабочих частот 37.5-53.5 ГГц. Плотность потока мощности составляла 0.6 мВт/см². Облучение проводили через рупор антенны (размер 36x 45мм) на расстоянии 20 см от объекта до основания рупора [19].

В работе представлены среднеарифметические значения показателей и их стандартные ошибки ($M \pm m$). Достоверность различий полученных данных оценивали с помощью критерия Стьюдента-Фишера [12].

Результаты и обсуждение. На рис. 1 приведена динамика изменения сырого веса листа контрольных и облученных ЭМИ КВЧ с различной частотой проростков в течение 7 дней роста.

Как видно из рис. 1, А при облучении проростков ЭМИ с частотой 41,8 ГГц и 51,8 ГГц, исследуемый параметр увеличивается по сравнению с контролем, причем величина изменения зависит от продолжительности облучения (рис.1, Б). В частности, вес листьев необлученных и однократно (20 мин) облученных 3-дневных проростков пшеницы практически не различается, составляя $31,2 \pm 1,3$ мг, $31,3 \pm 1,2$ мг и $31,3 \pm 1,4$ мг соответственно.

При облучении ЭМИ с частотой 41,8 ГГц продолжительностью 60 мин изучаемый показатель увеличивается на 6,2 %, после 80 мин – на 12,7 % и после 100 мин облучения на 16,1% по сравнению с тем же параметром контрольных проростков.

При облучении проростков ЭМИ с частотой 51,8 ГГц в течение 5 дней воздействия регистрируется увеличение веса листа по сравнению с контролем от 4,40 %, до 22,13%. Расчеты показывают, что с каждым последующим облучением величина изменения веса листа проростков увеличивается, что, вероятно, можно объяснить кумулятивным характером воздействия ЭМИ.

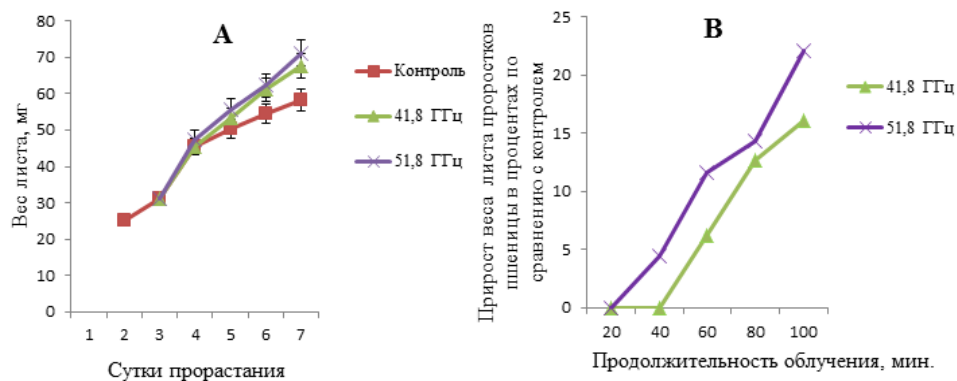


Рис.1. Влияние ЭМИ КВЧ на прирост веса (мг) листа пшеницы (А) и зависимость величины изменения исследуемого параметра (Δm , в % от контроля) облученных проростков от продолжительности облучения (В).

На рис. 2, А приведены абсолютные значения показателя веса корней контрольных и облученных ЭМИ в течение 5 дней проростков пшеницы. При однократном 20-минутном облучении проростков с частотой 41,8 ГГц и 51,8 ГГц исследуемый показатель практически не отличается от контрольных показателей.

Повторные облучения увеличивают степень изменения показателя. Так, у проростков, подвергнутых суммарному облучению в течение 80 мин и 100 мин ЭМИ с

частотой 41,8 ГГц, вес корней по сравнению с контрольными – 6- и 7- дневными растениями увеличивается на 9,0 % и на 14% соответственно (рис. 2, Б).

ЭМИ с частотой 51,8 ГГц индуцирует более значительный отклик растительного организма: после суммарного 40 мин и 60 мин облучения определяемый параметр выше контрольных показателей на 7-8%. После четвертого (80 мин) и пятого (100 мин) дней облучения вес корней возрастает соответственно на 16 % и 20 % (рис. 2, Б).

Расчетные данные по степени изменения определяемого параметра после каждого раза облучения по сравнению с предыдущей экспозицией показывают, что степень изменения определяемого показателя зависит от частоты ЭМИ: облучение проростков резонансной для воды частотой 51,8 ГГц оказывает более выраженное воздействие на растение, и отклик биологической системы проявляется уже на второй день облучения, т.е. раньше, чем у проростков, облученных ЭМИ с частотой 41,8 ГГц.

Помимо этого, воздействие ЭМИ КВЧ при обеих применяемых частотах на рост побега проростков оказалось более эффективным, чем на рост корневой системы (рис. 1, Б и рис. 2, Б).

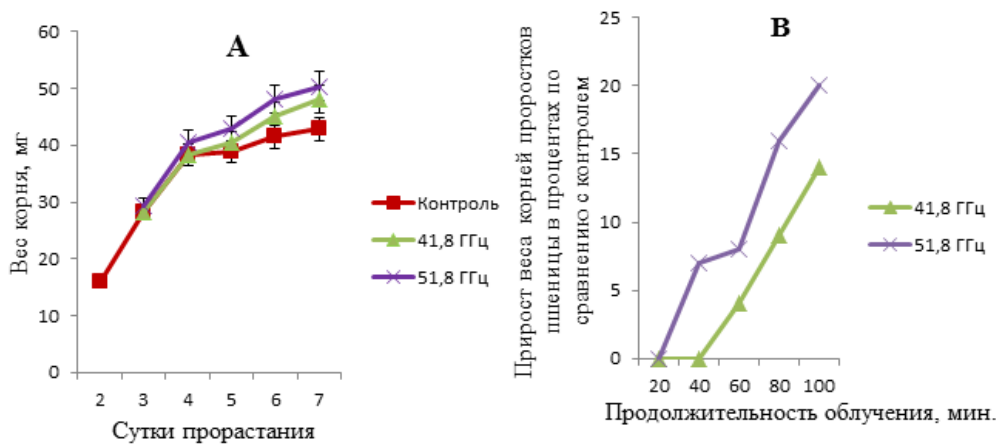


Рис.2. Влияние ЭМИ КВЧ на прирост веса (мг) корней пшеницы (А) и зависимость величины изменения исследуемого параметра (Δm , в % от контроля) облученных проростков от продолжительности облучения (В).

Изучали также влияние ЭМИ КВЧ на величину площади листовой пластинки проростков. На рис. 3 представлена зависимость величины площади листа проростков, облученных ЭМИ с частотой 41,8 ГГц и 51,8 ГГц от продолжительности облучения.

На первый и второй дни облучения проростков пшеницы ЭМИ с частотой 41,8 ГГц и 51,8 ГГц площадь листовой пластинки практически не меняется (рис. 3, А). Облучения в последующие дни увеличивают величину исследуемого показателя. Так, при облучении проростков ЭМИ с частотой 41,8 ГГц на четвертый и пятый дни (80 мин и 100 мин) воздействия площадь листа по сравнению с контролем увеличивается на 10% и на 13% соответственно, а при частоте 51,8 ГГц – на 14% и на 16 % (рис. 3, Б).

На основании полученных данных можно заключить, что облучение ЭМИ КВЧ указанных частот увеличивает интенсивность роста проростков пшеницы.

Согласно известным литературным данным, ЭМИ с частотой 41,8 ГГц непосредственно действует на мембраны [6,21]. Изменение свойств мембран, в частности, увеличение их проницаемости, может увеличить интенсивность метаболических процессов.

Одновременно, согласно полученным результатам, облучение ЭМИ биологической системы с резонансной для воды частотой 51,8 ГГц вызывает больше изменений исследуемого показателя по сравнению с контролем, чем ЭМИ с частотой 41,8 ГГц. Можно предположить, что при облучении проростков ЭМИ с частотой 51,8 ГГц вследствие изменения структуры воды [4,6,13] в клетке увеличивается концентрация протонов [7]. Это способствует поступлению большего количества воды, что в свою очередь приводит к увеличению тургорного давления и растяжению клеточных стенок [16]. Изменение структуры воды может индуцировать изменения свойств клеточной мембраны. Этим и, вероятно, объясняется выраженный эффект биологической системы, поскольку два фактора: изменение свойств воды и изменение свойств клеточной мембраны формируют биологический отклик.

Под многократным воздействием ЭМИ КВЧ в наших опытах наблюдалось также ускорение дифференциации проростков: образование новых зародышевых корешков у облученных проростков происходило раньше, чем у контрольных. Так, у облученных ЭМИ КВЧ с частотой 51,8 ГГц в течение 60 мин 4-дневных проростков наличие второй пары зародышевых корешков наблюдалось у 20% проростков против 10% контроля. При увеличении продолжительности облучения до 100 мин наличие пяти зародышевых корешков регистрировалось у 50% облученных 6-дневных проростков против 30% у контрольных образцов.

Таким образом, анализ полученных данных позволяет предположить, что влияние ЭМИ КВЧ на проростки пшеницы осуществляется как путем непосредственного воздействия на клеточные мембраны, так и опосредованно через изменение свойств водного компонента растительных тканей, что в целом приводит к увеличению проницаемости мембран и к активации клеточного метаболизма, вследствие чего мы наблюдаем ускорение роста и дифференциации развивающихся растительных организмов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аникиев В.В., Кутузов Ф.Ф. Новый способ определения площади листовой поверхности у злаков, Физиология растений, 8, 3, с. 375-377, 1961.
2. Арсланов Т.А., Чернова Г.В., Эндебера О.П., Каплан М.А. Изменение морфофизиологических показателей *Drosophila melanogaster* при воздействии КВЧ-излучения при различных временных режимах, Вестник ННУ им. Н. И. Лобачевского, 2, 4, с. 57-61, 2001.
3. Бабкина В.В., Алленова Е.А., Митюхин И. В., Чернова Г.В., Эндебера О.П. Эколого-биологические особенности динамики признаков *Drosophila melanogaster* и *Triticum aestivum* в зависимости от дозы КВЧ-излучения, Вестник Нижегород. ун-та им. Н.И. Лобачевского, 4, 1, с. 162-168, 2013.
4. Бержанская Л.Ю., Белополотова О. Ю., Бержанский В.Н. Действие электромагнитного излучения на высшие растения. Миллиметровые волны в биол. и медицине, 2, с. 68-72, 1993.
5. Бецкий О.В., Девятков Х.Д. Электромагнитные волны и живые организмы, Радиотехника, 9, с. 4-11, 2000.
6. Бецкий О.В., Лебедева Н.Н. Современные представления о механизмах воздействия низкоинтенсивных миллиметровых волн на биологические объекты. Миллиметровые волны в биологии и медицине. 3, с.5-18, 2001.

7. Бриль Г.Е., Петросян В.И., Синуцын Н.И., Елкин В.А. Поддержание структуры водного матрикса – важнейший механизм гомеостатической регуляции в живых системах (концептуальная модель и ее базовое экспериментальное обоснование)-Биомедицинская радиоэлектроника, 2, с. 156-168, 2000.
8. Гапеев А.Б., Черемис Н.К. Действие непрерывного и модулированного ЭМИ КВЧ на клетки животных, Вестник новых медицинских технологий, 6, 1, с. 15-22, 1999.
9. Гапочка Л.Д., Гапочка М.Г., Королев А.Ф., Кочерженко Н.Н. Опосредованное воздействие электромагнитного излучения на рост микроводорослей, Биомедицинские технологии и радиоэлектроника, 1, с. 33-36, 2003.
10. Девятков Х.Д., Голант М.В., Бецкий О.В., Миллиметровые волны и их роль в процессах жизнедеятельности- М., Радио и связь, 198 с., 1991.
11. Калье М.И. Влияние КВЧ-излучения миллиметрового диапазона на физиологические процессы прорастания семян пивоваренного ячменя, Вестник Нижегород. ун-та им. Н. И. Лобачевского, 2, 2, с. 399-401, 2010.
12. Лакин Г.Ф. Биометрия, М., Высшая школа, 352 с., 1990.
13. Лященко А.К., Лихолат Т.В. Влияние миллиметрового излучения на водные и биологические среды прорастания семян, 11-й Съезд биофизиков России, 3, с. 815, 1999.
14. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н., Лукьянова А.А. Применение активных частот электромагнитного излучения миллиметрового и сантиметрового диапазона в микробиологии, Научные технологии, 1, с. 34-53, 2002.
15. Тамбиев А.Х., Кирикова Н.Н. Общие закономерности действия КВЧ- излучения на фотосинтезирующие объекты. В Сб. Докладов Межд. Симп. “Миллиметровые волны в биологии и медицине”, М., ИРЭ РАН, с. 100-102, 1995.
16. Фомин Л.В. Регуляция водного режима растений. Вест. Алтайского гос. аграр. ун-та, 106, 8, с. 63-69, 2013.
17. Abbale. P.E., Andrade E.H., Culot J.P., The effect of EMI and nitrogen on number of grains in wheat, J. Agric. Sci., Cambridge, 124, p. 351-360, 1995.
18. Kalantaryan V.P., Babayan Y.S., Gevorgyan E.S., Hakobyan S.N., Antonyan A.A., Vardevanyan P.O. Influence of Low Intensity Coherent Electromagnetic Millimeter Radiation (EMI) on Aqueous Solution of DNA, Progress in Electromagnetics Research Letters, 13, p. 1-9, 2010.
19. Mukhaelyan Zh., Poghosyan G. H., Vardevanyan P.H. Effect of extremely high frequency EMI on lipid peroxidation and antioxidant enzymes of wheat shoots, Biolog. Journal of Armenia, 1, 68, pp. 24-29, 2016.
20. Payez A., Ghanati F., Behmanesh M. Increase of seed germination, growth and membrane integrity of wheat seedlings by exposure to static and a 10 KHz electromagnetic field- Electromagn. Biol. Med., 32, 4, p. 417-429, 2013.
21. Torgomyan H., Trchounian A. Escherichia coli Membrane Associated Energy-dependent processes and sensitivity toward Antibiotics changes as responses to Low-intensity electromagnetic irradiation of 70.6 and 73 GHz frequencies. Cell Biochem. Biophys., 62, p. 451-461, 2012.
22. Vardevanyan P.O., Nerkararyan A.V., Shahinyan M.A. Influence of low intensity coherent electromagnetic millimeter waves on growth and peroxidase total activity of wheat germs, J. of Exp. Biol. and Agricult. Sci., 1, 1, p. 39-44, 2013.
23. Zare H., Mohsenzadeh S., Moradshahi A. Effects of electromagnetic waves with High Frequency (940 MHz) cause increase Catalase and H₂O₂ in Zea mays L. Inter. J. of Agricult. And Crop Sci. 8, 4, p. 642-649, 2015.

Поступила 07.09.2016