

БИОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ У РАСТЕНИЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ МАГНИТНОГО И ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЕЙ, ИНДУЦИРОВАННЫХ ПРИБОРАМИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО НАЗНАЧЕНИЯ

© 2015 Е.А. Чваркова, Л.С. Тупицына

Тюменский государственный университет

Статья поступила в редакцию 18.11.2015

Изучено влияние магнитного (МП) и электромагнитного полей (ЭМП), источником которых являются аппараты терапевтического назначения, на кресс-салат (*Lepidium sativum* L.). Показано, что при действии ЭМП отмечалось достоверное увеличение концентрации хлорофилла А и каротиноидов. В варианте опыта «30 мин» динамика всхожести семян не изменяется, а в вариантах опыта «1 час» и «МП» всхожесть семян увеличивается. При воздействии ЭМП в течение 30 минут и в опыте с МП наблюдается повышение выживаемости, но при увеличении времени воздействия ЭМП до 1 часа этот показатель уменьшается. Выявлено увеличение изученных морфометрических показателей во всех вариантах опыта. Изменчивость при действии ЭМП исследованных морфометрических показателей в опытных вариантах шире, а при действии МП она уменьшается. Нестабильность онтогенеза под влиянием ЭМП детерминирует повышение вероятности нарушения онтогенетического развития, которую оценивали по величине асимметрии долей семядолей.

Ключевые слова: кресс-салат, магнитное поле, электромагнитное поле, пигменты, фотосинтез, всхожесть, выживаемость, асимметрия

В последние десятилетия отмечают увеличение уровня МП и ЭМП в окружающей среде по сравнению с естественным. Поэтому в настоящее время обсуждают электромагнитное загрязнение, которое считают значимым экологическим фактором. Такое загрязнение определяется использованием оборудования, которое является источником СВЧ-излучения, импульсного и переменного магнитного поля: медицинских приборов, промышленного оборудования, средств связи и т.п. Многочисленные исследования [например, 1-4] показывают, что МП и ЭМП искусственных устройств могут детерминировать неблагоприятные эффекты, ухудшать здоровье человека и состояние других компонентов биосферы. Вместе с тем имеются данные о том, что техногенные МП и ЭМП при определённых параметрах действующего поля могут оказывать выраженное благоприятное и даже лечебное действие. Поэтому сохраняется необходимость широкого изучения биологических эффектов указанных экологических факторов.

Цель исследования: изучение влияния МП и ЭМП, источником которых являются приборы терапевтического назначения, на растения. Некоторые итоги работы с одним из этих приборов были опубликованы ранее [5].

Чваркова Евгения Александровна, магистр. E-mail: e-w-g-e-n-i-y-a@yandex.ru

Тупицына Людмила Сергеевна, кандидат биологических наук, доцент кафедры экологии и генетики. E-mail: Tulase@yandex.ru

Материалы и методы. Объектом исследования биологических эффектов ЭМП и МП был выбран кресс-салат *Lepidium sativum* L., семейства капустные (*Brassicaceae*), сорта «Витаминный», компании «Агрофирма Аэлита». *Lepidium sativum* как биоиндикатор отличается быстрым прорастанием семян и почти стопроцентной всхожестью. Он удобен еще и тем, что действие стрессоров можно изучать одновременно на большом числе растений при небольшой площади рабочего места. Преимуществом также является то, что на большинство вопросов эксперимента можно получить ответ в течение 10-15 суток. Источником ЭМП в исследовании являлся аппарат магнитотерапевтический низкочастотный портативный «МАГ-30» (ТУ 9444-003-1178130-2003, произведен компанией ОАО «Елатомский приборный завод - ЕЛАМЕД»). Амплитудное значение магнитной индукции на рабочей поверхности аппарата составило 30 ± 9 мТл [6]. Источник постоянного МП - «магнитные шарики «Magboy», произведенные в Корее с полным контролем качества «Nikken» [7].

Для постановки опытов проводили проращивание семян кресс-салата в чашках Петри, по 100 семян в каждой повторности, продолжительность опытов составила 15 дней. Эксперимент был выполнен в 3 вариантах. Время воздействия ЭМП было равным 30 минутам и 1 часу - эти варианты были названы опыт «30 мин» (в этом опыте было посеяно 400 семян) и опыт «1 час» (n=600). МП в опыте действовало постоянно на

протяжении всего эксперимента, и вариант опыта был назван «МП» (n=600). Для определения концентрации пигментов фотосинтеза в листовых пластинках проращивали семена кресс-салата в чашках в течение 5 дней. Концентрацию пигментов фотосинтеза определяли на спектрофотометре BioRad SmartSpec Plus. Показания снимали при длинах волны: 662 нм, 644 нм и 440 нм. В каждом варианте опыта, кроме того, регистрировали всхожесть семян, выживаемость проростков, измеряли длину корня и 3 доли семядолей с условно правой и левой стороны: левую, центральную и правую (рис. 1) при помощи лупы ЛИ-3-10х, для оценки флуктуирующей асимметрии по методу В.М. Захарова [8].

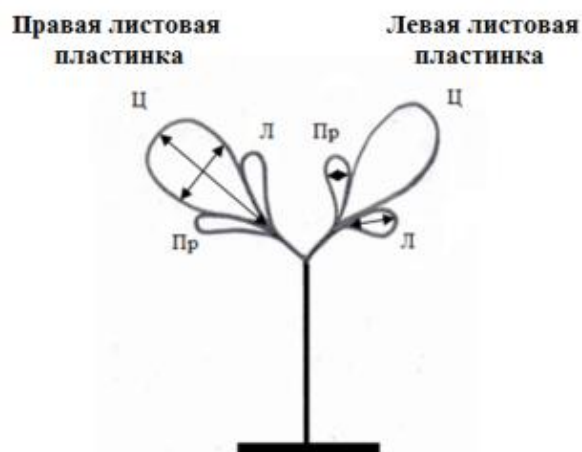


Рис. 1. Схема измерений кресс-салата: Л – левая доля, Ц – центральная доля, Пр – правая доля

Таблица 1. Концентрация пигментов фотосинтеза (мг на 100 г навески) в листовых пластинках кресс-салата

№ п/п	Концентрация хлорофилла А	Концентрация хлорофилла В	Концентрация каротиноидов	Суммарная концентрация пигментов
«30 мин»				
контроль 1	68,29	38,96	89,97	65,74
опыт 1	73,70	37,73	103,11	71,52
контроль 2	41,24	31,53	53,57	42,11
опыт 2	76,75	41,48	93,45	70,56
контроль 3	54,46	38,49	58,50	50,48
опыт 3	55,12	40,86	63,15	53,05
«1 час»				
контроль 1	46,84	27,83	65,62	46,76
опыт 1	62,43	36,79	79,70	59,64
контроль 2	47,23	42,77	64,18	51,39
опыт 2	44,34	32,24	56,10	44,23
контроль 3	39,76	38,78	50,52	43,02
опыт 3	66,12	44,69	81,20	64,00
«МП»				
контроль 1	28,78	31,25	30,82	30,28
опыт 1	34,14	31,39	33,70	33,08
контроль 2	43,93	57,92	45,96	49,27
опыт 2	34,86	33,90	35,72	34,82
контроль 3	34,76	31,10	33,99	33,28
опыт 3	36,48	32,95	35,24	34,89

Результаты и обсуждение. Фотосинтез является одним из процессов, наиболее чувствительных к действию различных факторов окружающей среды. Система фотосинтеза как одна из основных систем жизнеобеспечения растений быстро реагирует на любые, даже небольшие изменения среды. Особый интерес в связи с этим представляет реакция фотосинтетических пигментов – хлорофилла А, хлорофилла В и каротиноидов. Показано, что при воздействии различных загрязняющих факторов может наблюдаться отклонение от нормальных показателей в обе стороны – как снижение, так и увеличение концентрации пигментов. Данные, полученные в нашей работе, представлены в табл. 1, из которой

видно, что при действии ЭМП в большинстве повторностей увеличивается концентрация хлорофилла А и каротиноидов, как в варианте «30 мин», так и «1 час». При этом концентрация хлорофилла В изменяется не столь существенно. Действие МП не столь очевидно определяет изменение (увеличение) концентрации пигментов фотосинтеза. При действии данного фактора в двух повторностях из трех не отметили различий в концентрации хлорофилла В.

В работе проанализировали всхожесть семян и выживаемость проростков. В варианте опыта «30 мин» динамика всхожести семян не изменяется, а в вариантах опыта «1 час» и «МП» всхожесть семян увеличивается на 12% и 8%,

соответственно. При получасовом ежедневном воздействии ЭМП в течение 15 дней выживаемость растений повышается, при увеличении времени воздействия до 1 часа – уменьшается почти на 30%. При ежедневном воздействии МП в опыте выживаемость растений статистически достоверно увеличивается на 20 %. При измерении морфометрических показателей растений было выявлено, что длина корня достоверно увеличивается во всех вариантах опыта по сравнению с контролем. Средняя длина (табл. 2) и ширина долей листовых пластинок в опытных вариантах также больше, чем в контрольных.

При изучении влияния ЭМП, источником которого был железнодорожный транспорт, выявлено, что средняя длина и площадь листовой пластинки у одуванчика, растущего вблизи железнодорожного полотна, меньше, чем в контроле. Но число листьев в розетке растений,

испытывающих техногенную нагрузку, в 1,7 раза больше [9].

Кроме средних значений были изучены также распределения по всем изученным морфометрическим признакам (длине корня, длине и ширине долей семядолей). Оба распределения по длине корня, а также большинство распределений по длине и ширине семядолей при действии ЭМП в опытных вариантах смещены в сторону больших значений. Поэтому можно сделать вывод о том, что ЭМП стимулируют ростовые процессы у растений, по-видимому, за счет повышения частоты митозов и увеличения размеров клеток [1]. Нельзя исключить и изменений в обменных процессах, возможно, за счет увеличения синтеза ферментов, в пользу чего свидетельствуют результаты измерения концентрации пигментов фотосинтеза, и (или) ферментативной активности. В опыте с МП достоверных различий между распределениями не выявлено (рис. 2).

Таблица 2. Средние значения (мм) длины долей листовых пластинок кресс-салата при действии исследуемого фактора

Вариант опыта	$\bar{x} \pm m\bar{x}$					
	Л(л)	Л(ц)	Л(пр)	П(л)	П(ц)	П(п)
«30 мин»						
контроль 1	3,20±0,08	4,36±0,07	3,11±0,07	3,25±0,07	4,42±0,07	3,18±0,06
опыт 1	3,89±0,05	5,10±0,03*	3,72±0,07	3,99±0,05*	5,13±0,04*	3,96±0,06*
контроль 2	3,35±0,06	4,53±0,05	3,27±0,06	3,35±0,06	4,58±0,05	3,29±0,06
опыт 2	4,25±0,06*	5,43±0,06*	4,02±0,06	3,35±0,06*	5,28±0,08	4,02±0,08
контроль 3	3,41±0,07	4,55±0,05	3,33±0,07	3,42±0,06	4,60±0,05	3,36±0,06
опыт 3	4,00±0,06	5,22±0,04*	3,82±0,07	4,10±0,05*	5,17±0,04*	4,04±0,06
«1 час»						
контроль 1	3,23±0,12	4,43±0,09	3,24±0,12	3,30±0,11	4,50±0,09	3,31±0,11
опыт 1	5,19±0,13*	6,20±0,08*	5,10±0,12*	5,04±0,15	6,01±0,10*	4,89±0,15
контроль 2	3,71±0,07	4,78±0,09	3,62±0,08	3,25±0,10	4,50±0,08	3,24±0,10
опыт 2	4,78±0,10	5,90±0,09	4,64±0,11	4,85±0,13*	6,07±0,11*	4,80±0,14
«МП»						
контроль 1	3,17±0,07	4,89±0,06	3,21±0,08	3,06±0,07	4,63±0,04	2,99±0,05
опыт 1	3,00±0,05	4,61±0,05*	3,13±0,05	3,11±0,04	4,45±0,05*	3,15±0,04*
контроль 2	3,32±0,06	4,68±0,08	3,44±0,08	3,18±0,07	4,48±0,07	2,95±0,10
опыт 2	3,73±0,09*	5,17±0,05*	4,01±0,06*	3,38±0,04*	4,73±0,03*	3,46±0,03*
контроль 3	3,07±0,08	4,68±0,07	3,13±0,08	2,86±0,11	4,35±0,13	2,85±0,10
опыт 3	3,30±0,08	4,82±0,06	3,44±0,06*	3,15±0,06*	4,60±0,06	3,14±0,07*

Примечание: * - статистически достоверно различающиеся средние в опыте и контроле; Л(л) - левая листовая пластинка, левая доля; Л(ц) - левая листовая пластинка, центральная доля; Л(пр) - левая листовая пластинка, правая доля; П(л) - правая листовая пластинка, левая доля; П(ц) - правая листовая пластинка, центральная доля; П(пр) - правая листовая пластинка, правая доля

Изменчивость длины корня в опыте и контроле оказалось одинаковой. Среднеквадратичное отклонение таких показателей, как длина и ширина долей листовых пластинок увеличивается в опытах с ЭМП и уменьшается при воздействии МП. Таким образом, воздействие ЭМП детерминирует увеличение изменчивости размеров листовых пластинок кресс-салата во всех вариантах опыта, а при действии МП на растения

изменчивость размеров листовых пластинок уменьшается.

В работе была проведена оценка такого параметра, как флуктуирующая асимметрия, представляющая собой незначительные отклонения от строгой билатеральной симметрии. При флуктуирующей асимметрии различия незначительны и существенно не изменяют строение билатеральных структур. Была оценена стабильность

онтогенеза растений, которые развивались в условиях воздействия не только естественных, но техногенных МП и ЭМП. Выявлены распределения по величине различий длины и ширины листовых пластинок, характеризующие асимметричность их развития.

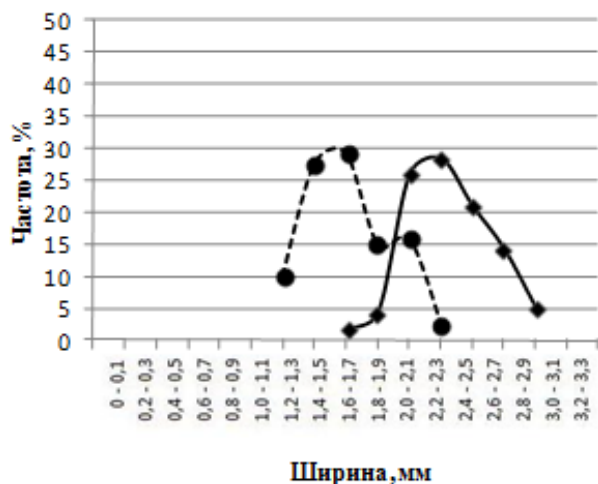


Рис. 2. Распределения по ширине длины центральных долей семядолей при воздействии ЭМП в течение 1 часа. Здесь и далее: ромб – опыт, круг - контроль

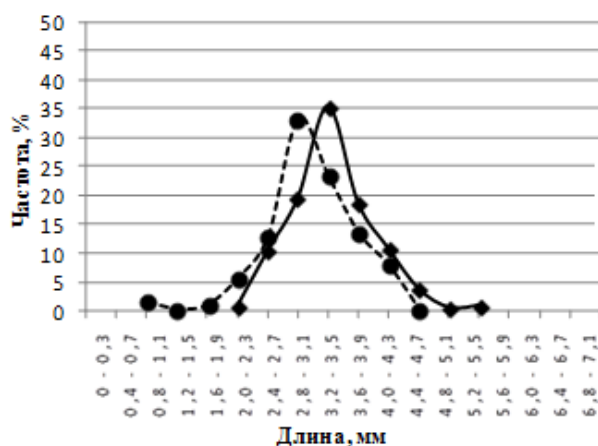


Рис. 3. Распределения по длине левых малых долей семядолей при воздействии МП

В опытных вариантах при действии ЭМП встречаются большие значения данного показателя по сравнению с контролем (рис. 4), что свидетельствует о нарушении стабильности онтогенеза при действии исследуемого экологического фактора. МП не модифицирует онтогенетическое развитие растений (рис. 5). Можно предположить, что МП может уменьшать дестабилизирующий раннее развитие организма эффект других физических и химических факторов, выявленный во многих исследованиях (например, нефтяного загрязнения [10]). Возможно также, что стабилизирующий эффект МП будет более

значимым при совместном действии с соединениями, проявляющими, к примеру, репарагентную активность.

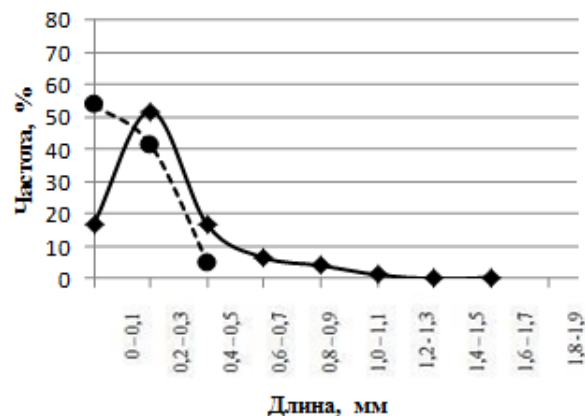


Рис. 4. Распределения по асимметрии длины левых малых семядолей при действии ЭМП в течение 30 минут

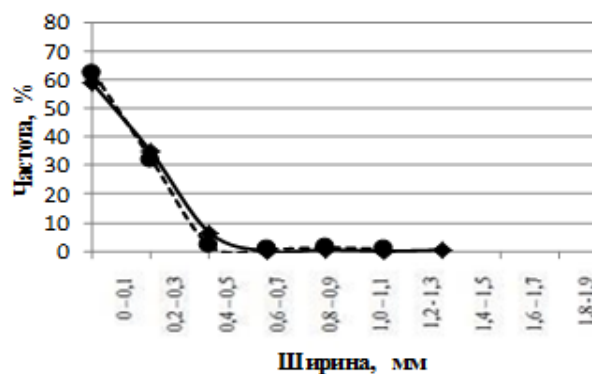


Рис. 5. Распределения по асимметрии ширины правых малых долей семядолей при действии МП

Выводы: показано, что МП, в отличие от ЭМП, в меньшей степени изменяет характеристики биологического тест-объекта, увеличивая его выживаемость, что определяет предпочтительное использование МП в медицинских целях и на биологическом этапе рекультивации нарушенных территорий, необходимой для восстановления нормальной для жизнедеятельности человека (и других организмов) среды обитания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Новицкий, Ю.И. Действие постоянного магнитного поля на рост растений / Ю.И. Новицкий, В.Ю. Стрекалова, Г.А. Тараканова // Сб. трудов: Влияние магнитных полей на биологические объекты. – М., 1971. С. 69-88.
2. Черный, А.П. Современное состояние исследований влияния электромагнитных излучений на организм человека / А.П. Черный и др. // Инженерн та

- освітні технології в електротехнічних і комп'ютерних системах. 2013. №2 (2). С. 112–124.
3. Трубник, Р.Г. Исследование генотоксичности электромагнитного излучения при помощи метода ДНК-комет *in vitro* / Р.Г. Трубник, И.С. Сазыкин, М.А. Сазыкина и др. // Валеология. 2014. № 2. С. 49-52.
 4. Мартынов, И.А. Модулирующее действие факторов преимущественно физической природы на иммунную систему человека и животных. Ч. 1. // Российский аллергологический журнал. 2014. № 4. С. 3-11.
 5. Тупицына, Л.С. Влияние электромагнитного поля, индуцированного прибором терапевтического назначения, на растения кресс-салата / Л.С. Тупицына, Е.А. Чваркова // ЕЛРПТ-2013. «Экология и безопасность жизнедеятельности промышленно-транспортных комплексов». Сборник трудов IV Межд. экол. конгресса (VI Междунар. научно-техн. конф.) 18-22 сентября 2013 года. – Тольятти: Изд-во ТГУ. Т.2. С. 208-213.
 6. Руководство по эксплуатации «МАГ-30». - Ельма: ОАО «ЕПЗ», 2009. 23 с.
 7. Магнитные шарики MagBoy [Электронный ресурс] / ООО «Никкен» – Электрон. Дан. - М.: NIKKEN-RUSSIA.COM, 2013 - Режим доступа: <http://nikken-russia.com/index.php/magnitnaya-tehnologiya/magnitnye-shariki-magboy-detail>, свободный.
 8. Захаров, В.М. Здоровье среды: методы оценки / В.М. Захаров, А.С. Баранов, В.И. Борисов и др. – М.: Центр экологической политики России, 2000. 68 с.
 9. Тупицына, Л.С. Изменение морфометрических характеристик растительных и животных организмов в условиях антропогенного воздействия / Л.С. Тупицына, Т.А. Поспелова, Е.А. Белов // Мониторинг природных экосистем. Третья Всерос. научно-практ. конф.: Сборник статей. – Пенза: МНИЦ ПГСХА, 2009. С. 248-250.
 10. Тупицына, Л.С. Эколого-генетический мониторинг в Тюменской области: монография. – Тюмень: Изд-во Тюменского государственного университета, 2008. 200 с.

BIOLOGICAL EFFECTS IN PLANTS AT ACTION OF THE MAGNETIC AND ELECTRO-MAGNETIC FIELDS INDUCED BY DEVICES OF THERAPEUTIC APPOINTMENT

© 2015 E.A. Chvarkova, L.S. Tupitsyna

Tyumen State University

Influence of magnetic (MF) and electromagnetic fields (EMF), which sources are devices of therapeutic appointment, on a garden cress (*Lepidium sativum* L.) is studied. It is shown that at action of EMF the reliable increase in concentration of a chlorophyll A and carotinoids was noted. In experience option of "30 min." dynamics of viability of seeds doesn't change, and in experience options "1 hour" and "MF" viability of seeds increases. At influence of EMF within 30 minutes and in experience with MF increase of survival is observed, but at increase in time of influence of EPF till 1 o'clock this indicator decreases. The increase in the studied morphometric indicators in all options of experience is revealed. Variability at action of EMF of the studied morphometric indicators in skilled options is wider, and at action of MF it decreases. Instability of ontogenesis under the influence of EMF determines increase of probability of violation of ontogenetic development which was estimated in size of asymmetry of cotyledon shares.

Key words: garden cress, magnetic field, electromagnetic field, pigments, photosynthesis, viability, survival, asymmetry