

УДК 577.3

НЕКОТОРЫЕ АСПЕКТЫ ВЕГЕТАЦИИ ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЫ В ЗОНЕ ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ В УСЛОВИЯХ САМАРСКОЙ ОБЛАСТИ

© 2010 Е.А. Новичкова, В.Г. Подковкин,¹ М.Ю. Маслов²

В статье рассматриваются вопросы, связанные с анализом влияния электромагнитного поля высоковольтных линий электропередач на развитие озимой пшеницы. В работе содержатся результаты исследования ферментативной активности, интенсивности перекисного окисления липидов в тканях озимой пшеницы на разном расстоянии от источника излучения, а также приводятся данные морфометрических замеров культуры.

Ключевые слова: электромагнитное поле, линия электропередачи, озимая пшеница, морфометрические параметры, пигменты фотосинтеза, продукты перекисного окисления липидов, ферменты антиоксидантной защиты.

Введение

На протяжении миллиардов лет естественное магнитное поле Земли, являясь первичным периодическим экологическим фактором, постоянно воздействовало на состояние экосистем. В ходе эволюционного развития структурно-функциональная организация экосистем адаптировалась к естественному фону [1]. На нынешнем этапе развития научно-технического прогресса человек вносит существенные изменения в естественное магнитное поле, придавая геофизическим факторам новые направления и резко повышая интенсивность своего воздействия, в результате чего в настоящее время наблюдается ухудшение экологической ситуации по электромагнитному фактору. Уровень электромагнитного загрязнения приобретает глобально опасный характер, что подчеркнуто Всемирной организацией здравоохранения

¹Новичкова Елена Анатольевна (novitchkova@rambler.ru), Подковкин Владимир Георгиевич (podkovkin@rambler.ru), кафедра биохимии Самарского государственного университета, 443011, Россия, г. Самара, ул. Акад. Павлова, 1.

²Маслов Михаил Юрьевич (mike@psati.ru), кафедра электродинамики и антенн Поволжского государственного университета телекоммуникаций и информатики, 443010, Россия, г. Самара, ул. Л. Толстого, 23.

в 1995 году введением термина "глобальное электромагнитное загрязнение окружающей среды" [2]. Одним из основных источников этого воздействия являются электромагнитные поля от линий электропередач (ЛЭП). В нашей стране ЛЭП имеют большую протяженность, поэтому в зону их влияния попадают значительные площади природных биогеоценозов и обрабатываемых земель сельскохозяйственного назначения. При этом электромагнитные поля промышленных частот (50 Гц), создаваемые линиями электропередач, в сотни раз выше среднего уровня естественных полей.

К настоящему времени многочисленные российские и зарубежные исследования подтверждают высокую биологическую активность (и для растительных, и для животных организмов) электромагнитных полей во всем диапазоне частот [3, 4]. Данные о биологических эффектах электромагнитных полей антропогенного происхождения в естественных условиях немногочисленны, неполны и противоречивы [5]. Отсутствует нормативная документация, регламентирующая воздействие данного фактора среды на природные экосистемы [6]. При этом многочисленные линии электропередачи, проходящие через поля, засеянные сельскохозяйственными культурами, способны влиять на их продуктивность и изменять устойчивость к другим факторам среды обитания.

Наиболее распространенной в Самарской области сельскохозяйственной культурой является озимая пшеница. Однако до настоящего времени исследований влияния на нее электромагнитных полей промышленной частоты в условиях Самарской области не проводилось. Таким образом, целью работы является изучение изменчивости морфологических и биохимических признаков озимой пшеницы в Самарской области в зоне влияния ЭМП ЛЭП.

Объект и условия проведения эксперимента

Наблюдения осуществлялись на озимой пшенице сорта "Светоч" (создан на базе Самарского НИИСХ им. Н.М. Тулайкова). Для исследований была выбрана исследуемая площадка, расположенная перпендикулярно ЛЭП мощностью 110 кВ (Буз-1 на типовой стальной опоре П220) и направленная вглубь поля. На рис. 1 показан график загрузки исследуемой ЛЭП в 2008 г. по месяцам.

Величина электрического и магнитных полей для ЛЭП-110 кВ показана на рис. 2 и 3 соответственно.

При вычислении электрического поля участок протяженной воздушной ЛЭП следует рассматривать как систему распределенных вдоль отрезка прямой параллельных заряженных нитей, несущих некоторый эквивалентный заряд, определяемый из погонных параметров и класса напряжения линии. При вычислении магнитного поля линию следует рассматривать как систему параллельных линейных токов. При этом делается допущение о

том, что нагрузка линии равномерно распределена между фазами, и ток в нулевом проводе отсутствует [7].

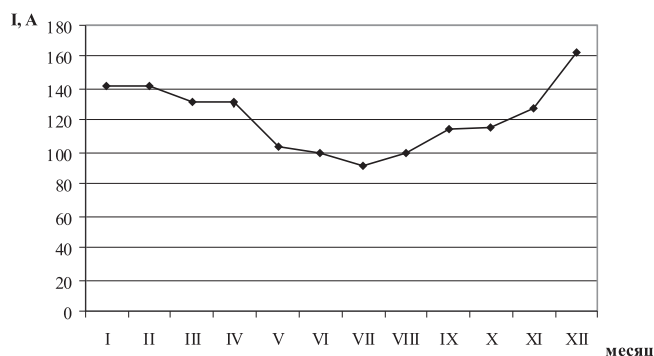


Рис. 1. Кривая загрузки Буз-1 в 2008 г.

Поскольку напряжение в сети не зависит от нагрузки, электрическое поле также оказывается независимым от потребляемого тока. Тогда как напряженность магнитного поля меняется не только с расстоянием до источника излучения, но и зависит от рабочего напряжения в линиях электропередачи, поэтому на рис. 3 представлено распределение величины магнитного поля по месяцам.

Исследования проводились на территории Богатовского района Самарской области в мае–июле 2008 года. Общей особенностью климата района исследований является его резко выраженная континентальность. Средняя годовая температура воздуха равна $+5,2$ °С, период с температурой воздуха $+10$ °С и выше имеет продолжительность 147 дней при сумме температур 2224 °С. Средняя температура воздуха за период вегетации 2008 года составила $18,4$ °С, сумма активных температур была равна $2183,9$ °С, количество атмосферных осадков – 170 мм.

Методика исследования

Образцы растений озимой пшеницы отбирали под линией электропередачи, а также на расстоянии 15; 30; 45; 60; 75; 90; 105; 120; 135; 150; 165; 180; 195 и 210 м от источника излучения. Контрольные образцы собирали в тех же условиях на расстоянии 1000 м от линии электропередачи.

Проводили 2 типа эксперимента: полевой и лабораторный. В почвенных образцах определяли содержание гумуса по Никитину, рН ионометрическим способом, влажность, содержание ионов Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} количественным методом, а также анализировали структуру и механический состав почвенных образцов [8, 9]. Биотестирование почвы проводили с использованием семян кресс-салата, которые проращивали в течение двух суток в почве, взятой с точек основного эксперимента и с контрольных

точек [10]. Условия прорастания у опытных и контрольных групп были одинаковые. По истечении двух суток производили замеры проростков.

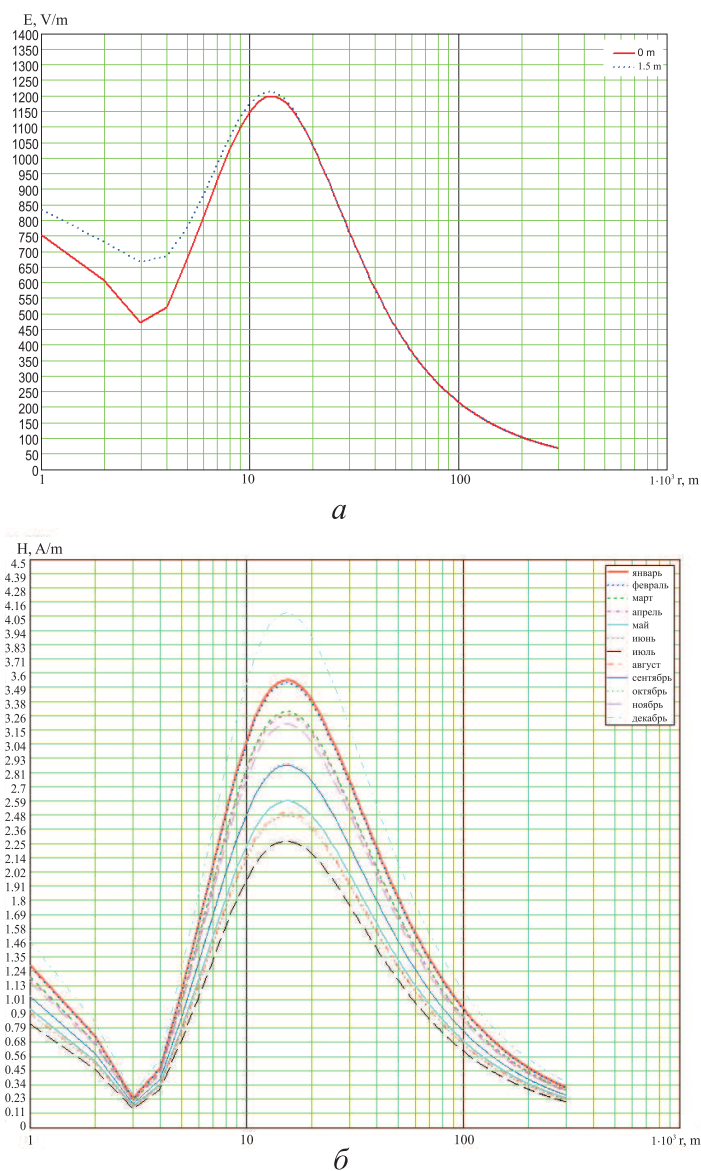


Рис. 2. Расчеты электрического (а) и магнитного (б) полей Буз-1

В качестве морфометрических показателей сельскохозяйственной культуры использовали высоту, сухую биомассу целого растения и колосьев, длину колосьев озимой пшеницы. В каждой точке производили по 15 морфометрических замеров. С целью учета надземной фитомассы растения срезались на уровне почвы с последующим взвешиванием в воздушно-сухом виде на электронных весах SPU202.

Пероксидазную активность определяли по Бояркину [11]. Каталазную активность водной вытяжки определяли по методу М.А. Королюка, Л.И. Ивановой [12]. Количественное определение аскорбиновой кислоты проводили с использованием гексацианоферрита калия [13]. Содержание первичных продуктов перекисного окисления липидов (диеновых конъюгатов и диеновых кетонов) определяли согласно методу И.Д. Стальной в модификации В.А. Костюка, концентрацию малонового диальдегида – по методу И.Д. Стальной, Т.Г. Гаришвили [12].

Расчет электромагнитных полей в зоне прохождения высоковольтной линии электропередач Буз-1 проведен на базе научно-исследовательской лаборатории электромагнитного мониторинга кафедры электродинамики и антенн Поволжского государственного университета телекоммуникации и информатики [7].

Статистическая обработка цифровых данных осуществлялась общепринятыми методами с использованием специализированных компьютерных приложений Excel.

Результаты и их обсуждение

Были проведены наблюдения над посевами озимой пшеницы в зоне влияния линии электропередач мощностью 110 кВ. Установлено, что в зоне действия ЛЭП-110 кВ имели место существенные изменения роста озимой пшеницы. Величина и направленность этого эффекта зависели от расстояния до источника электромагнитного поля и стадии вегетации культуры.

Сравниваемые между собой растения находились практически в одинаковых условиях. Поле было ровным, освещенность, температура, влажность были одинаковыми. Состав почвы в разных частях посевного поля по таким показателям, как гумусность, влажность, рН, концентрация ионов SO_4^{2-} , Ca^{2+} и Cl^- , существенно не отличался (табл. 1).

Корреляционная связь между указанными параметрами и показателями, характеризующими рост озимой пшеницы, оказалась слабой.

Кроме того, для исключения возможности влияния каких-либо почвенных факторов, исследование которых не представляется возможным, нами проведено биотестирование. Статистически достоверные изменения длины проростков кресс-салата отсутствовали (табл. 1). Следовательно, различия в росте и биомассе озимой пшеницы на разном удалении от ЛЭП обусловлены различием состава почвы, а зависят от интенсивности электромагнитного поля.

Проведенные нами наблюдения на стадии конца трубкования позволили выявить, что в зоне действия линии электропередачи мощностью 110 кВ наблюдалось достоверное снижение высоты и сухой биомассы озимой пшеницы. Вблизи источника (0–15 м), а также при удалении от него на 60–90 м

наблюдалось снижение общей высоты пшеницы на 12 и 17 % соответственно (рис. 3, а).

Таблица 1

Почвенные показатели и результаты биотестирования

ΔL , м	Влажность, %	рН	Гумус, %	Ионы			Высота проростков биотеста, мм
				Cl ⁻	SO ₄ ²⁻	Ca ²⁺	
0	25,63±1,03	7,05±0,15	6,19±0,34	+	-	+	15,00±0,60
15	25,78±0,85	7,10±0,10	6,08±0,46	+	-	+	15,40±0,50
30	26,00±0,76	7,15±0,20	6,29±0,29	+	-	+	14,60±0,20
45	25,35±0,69	7,25±0,15	6,14±0,31	+	-	+	15,20±0,20
60	25,51±0,91	7,30±0,15	6,10±0,33	+	-	+	15,00±0,70
75	26,22±0,85	7,15±0,15	6,19±0,28	+	-	+	14,80±0,20
90	25,92±1,00	7,20±0,15	6,17±0,19	+	-	+	15,00±0,50
105	25,74±1,03	7,35±0,20	6,21±0,21	+	-	+	14,80±0,50
120	25,25±0,97	7,20±0,10	6,07±0,23	+	-	+	14,60±0,90
135	25,86±0,74	7,05±0,05	6,13±0,18	+	-	+	15,20±0,60
150	25,70±0,66	7,00±0,10	6,14±0,22	+	-	+	15,00±0,30
165	25,44±0,63	7,05±0,15	6,06±0,30	+	-	+	15,20±0,40
180	25,00±0,71	7,10±0,15	6,08±0,25	+	-	+	14,60±0,40
195	25,38±0,88	7,30±0,20	6,19±0,19	+	-	+	15,20±0,70
210	25,41±0,92	7,20±0,15	6,17±0,20	+	-	+	14,80±0,40
1000	25,56±0,76	7,15±0,10	6,09±0,24	+	-	+	15,00±0,30

Примечания: ΔL — расстояние от ЛЭП-110 кВ; "+" — ионы присутствуют (с точностью 1–0,1 мг/100 мл водной вытяжки); "-" — ионы отсутствуют.

В остальных точках исследуемой площадки значения изучаемого параметра не отличались от контроля. Для сухой массы озимой пшеницы было характерно достоверное снижение значения непосредственно под ЛЭП-110 кВ на 24 % (рис. 3, б). На остальной части исследуемого участка биомасса растений достоверно от контрольной не отличалась. По-видимому, биологический эффект исследуемого нами антропогенного фактора окружающей среды связан с угнетением именно роста растений в длину в большей степени, чем с накоплением биомассы, что, возможно, является следствием действия ЭМП линии электропередачи на гормональную систему.

Таким образом, значения общей высоты и сухой биомассы озимой пшеницы в зоне действия ЛЭП-110 кВ свидетельствуют об угнетающем действии ЭМП линии электропередачи на ростовые показатели культуры.

Наряду с морфометрическими параметрами в зоне расположения ЛЭП мощностью 110 кВ была изучена концентрация основных пигментов фотосинтеза в листьях озимой пшеницы (табл. 2). Содержание пигментов в

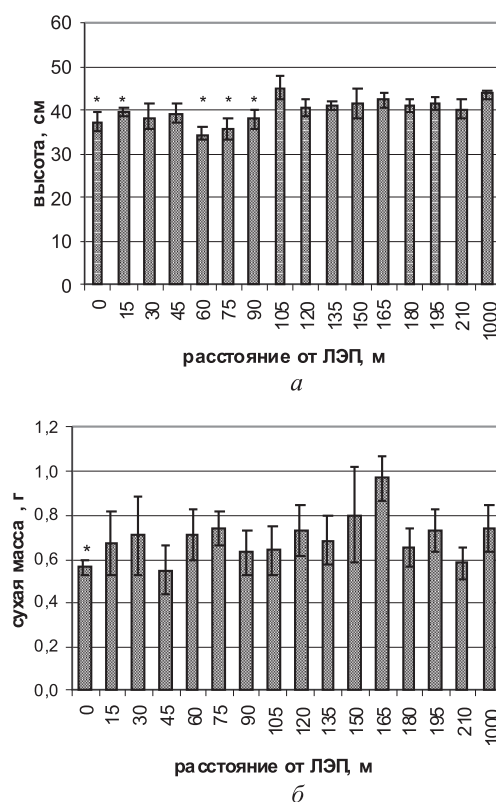


Рис. 3. Высота (а) и сухая масса (б) озимой пшеницы на стадии конца трубкования в зоне действия ЛЭП-110 кВ (звездочкой обозначено отличие от контроля, достоверное для $p < 0,05$)

листьях озимой пшеницы на стадии начала трубкования подверглось значительному колебанию. Концентрация пигментов фотосинтеза коррелировала друг с другом, наиболее сильной была связь между хлорофиллом *a* и каротиноидами ($r = 0,85$). Содержание хлорофилла *a* достоверно возросло на расстоянии 60 м от источника, превысив контроль более чем в 2 раза, что совпало с ростом концентрации хлорофилла *b* и каротиноидов в 1,5 раза в той же точке (табл. 2). В то же время уровень последних двух пигментов значительно колебался на всем исследуемом участке, причем их концентрация изменялась волнообразно, то увеличиваясь, то снижаясь по сравнению с контролем на одинаковом расстоянии от источника излучения, хотя небольшие отличия также имели место. Общим в колебании уровня каротиноидов и хлорофилла *b* в зоне действия Буз-1 на стадии начала трубкования было достоверное снижение концентрации пигментов на расстоянии 30, 75 и 120 м от источника ЭМП, а также значительный рост их уровня при удалении от линии электропередачи на 60 и 90 м (табл. 2).

На основании всего вышесказанного становится ясным, что электромагнитное поле ЛЭП-110 кВ, являясь биологически активным антропогенным

фактором, приводит к снижению темпов роста озимой пшеницы и резким колебаниям концентрации основных пигментов фотосинтеза растений на разном удалении от источника излучения.

Таблица 2

Концентрация основных пигментов фотосинтеза в листьях озимой пшеницы в зоне действия ЛЭП-110 кВ, мг/г сухого вещества

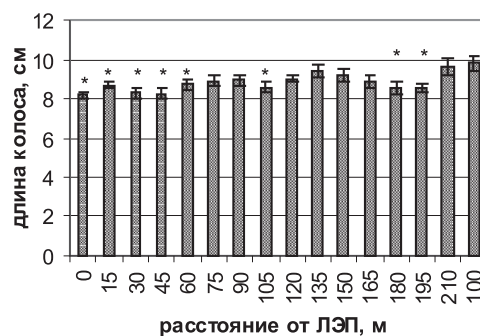
ΔL , м	Стадия начала трубкования		
	Хлорофилл <i>a</i>	Хлорофилл <i>b</i>	Каротиноиды
0	0,821±0,044	0,867±0,084	1,308±0,060*
15	1,525±0,088	1,161±0,168	2,050±0,143
30	0,895±0,047	0,308±0,020*	1,297±0,029*
45	0,650±0,044	0,424±0,084	1,167±0,060*
60	2,538±0,142*	0,994±0,037*	2,762±0,022*
75	1,086±0,044	0,322±0,084*	1,712±0,013*
90	1,760±0,088	1,259±0,168*	2,501±0,049*
105	1,398±0,088	0,802±0,168	1,288±0,025*
120	0,797±0,044	0,356±0,084*	0,936±0,036*
135	1,174±0,044	0,490±0,084	1,080±0,013*
150	1,980±0,191	0,630±0,014	2,117±0,156
165	1,736±0,088	0,747±0,168	1,940±0,025
180	1,824±0,137	0,914±0,145	1,900±0,136
195	1,430±0,044	0,720±0,084	1,950±0,060
210	1,086±0,046	0,800±0,030	1,840±0,026
1000	1,213±0,284	0,681±0,075	1,863±0,049

* — отличие от контроля достоверно для $p < 0,05$; ΔL — расстояние от ЛЭП-110 кВ.

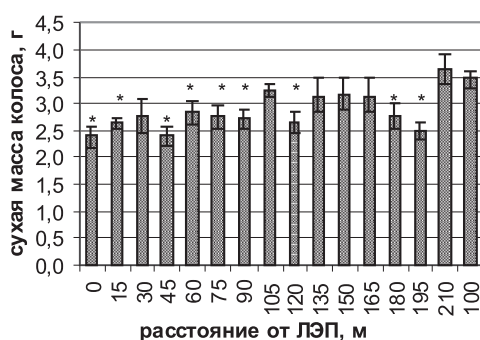
Большой интерес представляло изучение действия ЭМП линии электропередачи мощностью 110 кВ на размеры колосьев пшеницы, так как любое их изменение может сказаться на качественных и количественных характеристиках урожая. Было отмечено заметное угнетающее воздействие излучения ЛЭП на колосья пшеницы, которые, по-видимому, в период своего формирования и созревания были наиболее чувствительными к действию электромагнитного поля. В результате длина колосьев озимой пшеницы оказалась ниже контрольных экземпляров на большом отрезке вблизи источника (0–60 м) на 14 %, на расстоянии 105 м — на 12 %, а при удалении от ЛЭП на 180–195 м — на 13 % (рис. 4, а). Таким образом, минимальную длину имели колосья растений, росших вблизи источника излучения на протяжении всего периода вегетации.

Сухая масса созревших колосьев пшеницы в зоне действия ЛЭП-110 кВ изменялась аналогично их длине. Эти показатели сильно коррелировали

друг с другом ($r = 0,80$). В результате масса колосьев озимой пшеницы была снижена по сравнению с контролем на 27 % в непосредственной близости к источнику ЭМП (рис. 4, б). Уменьшение массы колосьев на 23 % наблюдалось также на отрезке 45–90 м и на расстоянии 120 м от ЛЭП мощностью 110 кВ. При удалении от ЛЭП–110 кВ на 180–195 м снижение сухой массы колосьев достигло 24 %.



а



б

Рис. 4. Размеры колосьев озимой пшеницы в зоне действия ЛЭП-110 кВ: а — длина колосьев; б — сухая масса колосьев (звездочкой обозначено отличие от контроля, достоверное для $p < 0,05$)

Таким образом, постоянное пребывание растений в зоне действия ЛЭП-110 кВ в течение всего периода вегетации сказалось на росте озимой пшеницы и размерах ее колосьев, а, следовательно, и урожае. Перечисленные показатели были заметно снижены, тогда как на концентрацию фотосинтетических пигментов ЭМП ЛЭП действовало по-разному на разных фазах развития, но всегда приводило к значительному отклонению от контроля в ту или иную сторону.

Электромагнитное излучение линий электропередачи выступает в качестве стрессового агента, поэтому его действие на растения сопровождается липотропным эффектом в биомембранах, который осуществляется путем активации липаз, фосфолипаз, перекисного окисления липидов [14]. В то

же время процесс перекисного окисления липидов (ПОЛ) подавляется антиоксидантами, которые способны реагировать со свободными радикалами, образуя малоактивные радикалы, не реагирующие с новыми молекулами ненасыщенных жирных кислот [15]. Следовательно, активность ферментов антиоксидантной защиты и интенсивность процессов ПОЛ находятся в тесной взаимосвязи друг с другом и зависят от величины действующего на растения электромагнитного поля.

Нами были исследованы концентрация продуктов перекисного окисления липидов и активность антиоксидантной системы защиты растений в листьях озимой пшеницы на стадии трубкования (рис. 5).

В результате проведенных исследований мы обнаружили изменения содержания продуктов ПОЛ и активности ферментов антиоксидантной защиты в листьях озимой пшеницы, произрастающей на различном удалении от ЛЭП-110 кВ. Концентрация диеновых конъюгатов в листьях растений непосредственно под ЛЭП достоверно снижалась относительно контроля на 25 % (рис. 5). Затем наблюдалось достоверное увеличение уровня данного продукта ПОЛ в 1,5 раза на расстоянии 75 м от источника излучения. Концентрация диеновых кетонов в тканях озимой пшеницы значительно превышала содержание этого продукта ПОЛ у контрольных растений (1000 м) на расстоянии 75–150 м от линии электропередачи. Стоит отметить, что наблюдалась сильная положительная корреляция между промежуточными продуктами ПОЛ ($r = 0,90$). Уровень малонового диальдегида также достоверно превышал контрольное значение начиная с 75 м от источника излучения (рис. 5).

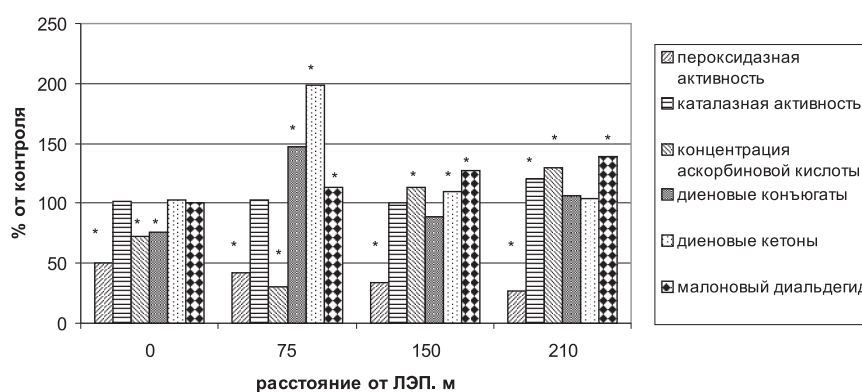


Рис. 5. Изменение биохимических характеристик озимой пшеницы в зоне влияния Буз-1 мощностью 110 кВ в фазе трубкования (звездочкой обозначено отличие от контроля, достоверное для $p < 0,05$)

Пероксидазная активность листьев пшеницы была значительно ниже контроля во всех замерах так же, как и концентрация аскорбиновой кислоты (витамин-антиоксидант) под ЛЭП-110 кВ и на расстоянии 75 м от нее

(рис. 5). Изменение каталазной активности в сторону ее роста наблюдалось при удалении от источника излучения на 210 м.

Таким образом, в фазе трубкования в тканях озимой пшеницы наблюдались снижение темпов перекисного окисления липидов непосредственно под источником электромагнитного поля и интенсификация процесса ПОЛ, сопровождающаяся увеличением концентрации промежуточных и конечных продуктов, при удалении от ЛЭП-110 кВ на 75–150 м. Состояние систем антиоксидантной защиты характеризовалось снижением пероксидазной активности и уровня аскорбиновой кислоты вблизи ЛЭП при одновременном увеличении каталазной активности и концентрации витамина С при удалении от линии электропередачи.

Заключение

Результаты проведенных исследований вносят вклад в развитие теоретических основ экологии растений, в частности, расширяют представления об адаптации растений к экстремальным антропогенным факторам среды обитания.

Полученные данные подтверждают, что электромагнитное поле линий электропередачи обладает выраженной биологической активностью. Результаты подобных научных изысканий могут найти применение в работе природоохранных организаций и учреждений агропромышленного комплекса при обосновании рекомендаций по рациональному размещению и эксплуатации электротехнических сооружений в условиях природных экосистем и сельскохозяйственных предприятий, а также при разработке соответствующей нормативной документации. Они могут также служить методологической основой при дальнейшем изучении действия электромагнитных полей промышленной частоты на биологические объекты.

Литература

- [1] Коробкин В.И., Передельский Л.В. Экология. Ростов н/Д: Феникс, 2006. 576 с.
- [2] Сподобаев Ю.М., Тихонов А.И., Кубанов В.П. Экология. Самара: ООО "Офорт", 2005. С. 323.
- [3] Tenforde T.S. Interaction of ELF magnetic fields with living systems // Biological effects of electromagnetic fields; eds. C. Polk, E. Postow. Boca Raton: CRC Press, 1996. P. 185–230.
- [4] Григорьев О.А., Петухов В.С., Меркулов А.В. Магнитное поле промышленной частоты в условиях непроизводственного воздействия: источники и методология инструментального контроля // Ежегодник Российского национального комитета по защите от неионизирующих излучений. М.: Изд-во РУДН, 2003. С. 85–105.

- [5] International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic, and electromagnetic fields (up to 300 GHz) // Health Physics, 1998. №. 4. P. 494–522.
- [6] Подковкин В.Г., Слободянюк И.Л., Углова М.В. Влияние электромагнитных полей окружающей среды на системы гомеостаза. Самара: Изд-во "Самарский университет", 2000. 108 с.
- [7] Электромагнитные поля в окружающей среде. Расчет электромагнитных полей распределительных и оконечных устройств сетей энергоснабжения: методические указания / В.Н. Довбыш [и др.]. Самара, 2005. 57 с.
- [8] Минеев В.Г. Практикум по агрохимии. М.: Изд-во МГУ, 1989. 304 с.
- [9] Кавеленова Л.М., Прохорова Н.В. Науки о Земле. Практикум по курсу "Почвоведение с основами геологии": учебное пособие. Самара, 2001. 64 с.
- [10] Овчинникова Т.А., Панкратов Т.А., Авдеева Н.В. Практикум по физиологии растений. Самара: Изд-во "Самарский университет", 1999. 62 с.
- [11] Арасимович В.В., Ярош Н.П. Методы биохимического исследования растений / под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
- [12] Большой спецпрактикум по биохимии. Ч. 1. Биомолекулы: строение, свойства, превращения / сост. Н.А. Кленова. Самара: Изд-во "Самарский университет", 1996. 88 с.
- [13] Методы биохимического анализа растений / под ред. В.В. Полевого, Г.Б. Максимова. Л.: Изд-во Ленинградского университета, 1978. 192 с.
- [14] Владимиров Ю.А. Свободные радикалы в биологических системах // Соровский образовательный журнал. 2000. № 12. С. 13–19.
- [15] Рогожин В.В. Пероксидаза как компонент антиоксидантной системы живых организмов. СПб.: ГИОРД, 2004. 240 с.

Поступила в редакцию 22/III/2010;
в окончательном варианте — 22/III/2010.

**SOME ASPECTS OF HIGH-VOLTAGE TRANSMISSION
LINE'S ELECTROMAGNETIC FIELD ACTION ON
WINTER WHEAT'S VEGETATION IN SAMARA REGION
CONDITION**

© 2010 E.A. Novitchkova, V.G. Podkovkin,³ M.Y. Maslov⁴

In the article the questions connected with the analysis of the influence of the electromagnetic field of high-voltage power line on the winter wheat's development are considered. The results of the research of enzymatic activity, intensity of lipid peroxidation in winter wheat's tissues and morphometric parameters of the crop on a different distance from a radiation source are given in the paper.

Key words: electromagnetic field, high-voltage transmission line, winter wheat, morphometric parameters, photosynthetic pigments, products of lipid peroxidation, enzymes antioxidant protection.

Paper received 22/III/2010.

Paper accepted 22/III/2010.

³Novitchkova Elena Anatolievna (novitchkova@rambler.ru), Podkovkin Vladimir Georgievitch (podkovkin@rambler.ru), the Dept. of Biochemistry, Samara State University, Samara, 443011, Russia.

⁴Maslov Michael Yurievich (mike@psati.ru), the Dept. of Electrodynamics and Antenna Engineering, Povolzhsky State University of Telecommunications and Informatics, Samara, 443010, Russia.