

ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРОМАГНИТНОГО ПОЛЯ ЛЭП-110 КВ НА КОНЦЕНТРАЦИЮ ФОТОСИНТЕТИЧЕСКИХ ПИГМЕНТОВ В ЛИСТЯХ ПОДСОЛНЕЧНИКА

В статье рассматриваются вопросы, связанные с анализом влияния электромагнитного поля высоковольтной линии электропередачи (ЛЭП) на концентрацию пигментов в листьях подсолнечника сорта Поволжский 8, произрастающего в зоне размещения ЛЭП. Приводятся некоторые результаты исследований в районе прохождения ЛЭП-110 кВ вблизи с. Богатое Самарской области.

С интенсивным развитием современного информационного общества резко возрастает потребление электрической энергии. Значительно увеличилось количество источников и объектов энергоснабжения, которые в условиях регионов объединены в рамках единой энергетической инфраструктуры [1]. Технологии передачи электрической энергии сопровождаются электромагнитным загрязнением окружающей среды [6]. В рамках данной экологической проблемы представляет интерес изучение влияния линий электропередачи (ЛЭП) на жизнедеятельность живых организмов, в частности на рост и развитие растений.

Данные о биологических эффектах электромагнитных полей антропогенного происхождения в естественных условиях немногочисленны, неполны и противоречивы. Отсутствует нормативная документация, регламентирующая воздействие данного фактора на природные экосистемы [3]. При этом линии электропередачи обладают выраженной биологической активностью и могут вызывать снижение устойчивости живых организмов к абиотическим факторам среды обитания [6].

Как известно, общепризнанных индикаторов электромагнитного загрязнения не существует. В данной работе рассматривается возможность использования растений в этом качестве. Целью нашего исследования является изучение влияния электромагнитного поля линии электропередачи на концентрацию фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника сорта Поволжский 8.

В качестве объекта исследования был выбран подсолнечник – главная масличная культура Российской Федерации [4]. Для

изучения электромагнитного воздействия были взяты образцы растений в районе линии электропередачи с напряжением 110 кВ вблизи с. Богатое Самарской области, причем на расстоянии 50 м от кромки поля и параллельно ему проходила автодорога местного значения. Исследуемые площади были удалены от линии электропередачи соответственно на 0, 15, 30, 45, 60, 75, 90, 105, 120, 135, 150, 165, 180, 195 и 210 метров. Контрольные экземпляры брали на удалении 1 км от ЛЭП-110 кВ. Для определения количества пигментов брали по 5 образцов листьев с 5 растений исследуемого участка. Биохимические анализы концентрации хлорофиллов а и b, а также каротиноидов в листьях проводили по Хольму – Ветштейну [7]. Все исследуемые растения находились в одной фазе вегетации – образование корзинки. Для оценки состава почвы в районе проведения эксперимента производили ее химический анализ на всех исследуемых площадях [2, 5]. Определяли гумусность, влажность, рН, механический состав и структуру почвенных образцов, концентрацию ионов Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} полуколичественным методом [2]. Полученные в эксперименте цифровые данные подвергали статистической обработке с использованием специализированных компьютерных приложений Excel. Измерения исследуемых показателей считались статистически значимыми при $p \leq 0,05$.

Сравниваемые между собой растения находились практически в одинаковых условиях. Рельеф местности был ровным, освещенность, температура, влажность были одинаковыми. Состав почвы на всех исследуемых площадях по таким показателям, как

гумусность, влажность, концентрация ионов Cl^- , SO_4^{2-} , Ca^{2+} , pH, существенно не отличался (табл. 1).

Почвенные образцы со всех исследуемых точек имели кубовидную комковато-зернистую структуру, по механическому составу – тяжелосуглинистые, из новообразований содержали лишь растительные остатки. Все исследуемые почвенные образцы имели нейтральную (область pH = 6,5-7,0) или слабощелочную среду (область pH = 7,0-7,5), не содержали ионы SO_4^{2-} , но анализ показал наличие ионов Ca^{2+} и Cl^- (табл. 1) [2, 5]. Для того чтобы исключить какое-либо влияние влажности, pH и содержания гумуса в почве на концентрацию фотосинтетических пигментов, нами был проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в таблице 2. Из таблицы 2 видно, что указанные параметры не коррелируют между собой, что полностью исключает влияние влажности, pH и количества гумуса почвы на содержание исследуемых пигментов в листьях подсолнечника. Следовательно, различия в фотосинтетической активности подсолнечника, расположенного на разном удалении от ЛЭП, не обусловлены различием состава почвы.

На следующем этапе нашего эксперимента была проанализирована концентрация фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника на разном удалении от ЛЭП-110 кВ [7]. Результаты исследования представлены в таблице 3.

Во всех исследованных образцах были обнаружены хлорофилл а, b и каротиноиды, причем уровень каротиноидов превышал количество хлорофилла обоих типов, из которых преобладал хлорофилл а (табл. 3). Изменение концентрации всех пигментов фотосинтеза под действием ЛЭП имело сходную зависимость.

Непосредственно под ЛЭП-110 кВ концентрация хлорофилла а, b и каротиноидов существенно от контрольных значений не отличалась, но уже на удалении 15 м (для хлорофилла b и каротиноидов) и 30 м (для всех пигментов) от источника излучения имел место значительный рост концентрации пигментов (табл. 3). Необходимо отме-

Таблица 1. Анализ почвенных образцов, взятых на разном удалении от источника излучения

| ΔL , м | Влажность, % | pH | Гумус, % | Ионы* | | |
|----------------|--------------|------|----------|---------------|--------------------|------------------|
| | | | | Cl^- | SO_4^{2-} | Ca^{2+} |
| 0 | 24,40 | 6,90 | 6,21 | + | - | + |
| 15 | 21,60 | 6,85 | 6,08 | + | - | + |
| 30 | 23,40 | 6,75 | 6,31 | + | - | + |
| 45 | 22,00 | 6,65 | 6,14 | + | - | + |
| 60 | 23,10 | 6,90 | 6,00 | + | - | + |
| 75 | 24,50 | 7,10 | 6,19 | + | - | + |
| 90 | 22,90 | 7,20 | 6,17 | + | - | + |
| 105 | 24,20 | 6,90 | 6,21 | + | - | + |
| 120 | 23,70 | 6,80 | 6,07 | + | - | + |
| 135 | 23,70 | 6,85 | 6,13 | + | - | + |
| 150 | 22,80 | 7,00 | 6,14 | + | - | + |
| 165 | 23,20 | 7,05 | 6,06 | + | - | + |
| 180 | 23,00 | 6,70 | 6,00 | + | - | + |
| 195 | 23,10 | 6,90 | 6,19 | + | - | + |
| 210 | 22,50 | 6,85 | 6,17 | + | - | + |
| 1000 | 23,00 | 6,85 | 6,09 | + | - | + |

Примечание. ΔL – расстояние от ЛЭП-110 кВ; «+» – ионы присутствуют (с точностью 1-0,1 мг/100 мл водной вытяжки); «-» – ионы отсутствуют.

Таблица 2. Коэффициенты корреляции между параметрами почвы и концентрацией пигментов

| | Влажность | pH | Гумус |
|-------------|-----------|----------|----------|
| хлорофилл а | 0,06397 | 0,166096 | 0,468471 |
| хлорофилл b | -0,03537 | 0,094737 | 0,265698 |
| каротиноиды | -0,05134 | 0,060888 | 0,394351 |

Таблица 3. Изменение концентрации фотосинтетических пигментов в листьях подсолнечника в зоне действия ЛЭП-110 кВ и автодороги

| ΔL , м | Хлорофилл а, мг/л | Хлорофилл b, мг/л | Каротиноиды, мг/л |
|----------------|-------------------|-------------------|-------------------|
| 0 | 0,767±0,067 | 0,390±0,010 | 0,944±0,045 |
| 15 | 0,885±0,155 | 0,522±0,032* | 1,158±0,033* |
| 30 | 0,944±0,057* | 0,495±0,015* | 1,112±0,056* |
| 45 | 0,872±0,075 | 0,382±0,027 | 1,101±0,057* |
| 60 | 0,719±0,066 | 0,392±0,032 | 0,871±0,054 |
| 75 | 1,040±0,057* | 0,469±0,015* | 1,196±0,065* |
| 90 | 1,002±0,122 | 0,467±0,047 | 1,165±0,119 |
| 105 | 0,720±0,019 | 0,370±0,012 | 0,905±0,020 |
| 120 | 0,954±0,067* | 0,468±0,010* | 1,243±0,083* |
| 135 | 1,045±0,066* | 0,572±0,032* | 1,224±0,073* |
| 150 | 0,746±0,067 | 0,421±0,010 | 0,903±0,064 |
| 165 | 0,690±0,075 | 0,384±0,027 | 0,881±0,081 |
| 180 | 0,662±0,057 | 0,377±0,015 | 0,801±0,051 |
| 195 | 1,048±0,047* | 0,508±0,020* | 1,240±0,057* |
| 210 | 0,928±0,047* | 0,418±0,020 | 1,174±0,048* |
| 1000 | 0,690±0,075 | 0,384±0,027 | 0,867±0,057 |

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

титель, что достоверный рост уровня каротиноидов, в отличие от концентрации хлорофилла обоих типов, наблюдался и на расстоянии 45 м от ЛЭП.

Также значительное увеличение количества исследуемых пигментов в листьях подсолнечника было отмечено на расстоянии 75 м от ЛЭП-110 кВ, на отрезках 120-135 м и 195-210 м (в точке 210 м отличие уровня концентрации хлорофилла *b* от контрольных значений недостоверно) от источника излучения (табл. 3).

Из таблицы 3 видно, что значительного снижения уровня исследуемых показателей по сравнению с контрольными значениями не было.

Таким образом, можно отметить общую тенденцию к повышению концентрации фотосинтетических пигментов (хлорофилла *a*, *b* и каротиноидов) в листьях подсолнечника сорта Поволжский 8 в зоне действия электромагнитного поля ЛЭП-110 кВ.

Результаты проведенных исследований подтверждают, что электромагнитное излучение обладает выраженной биологической активностью, в частности воздействует на концентрацию фотосинтетических пигментов. Таким образом, на примере подсолнечника сорта Поволжский 8 нами доказана возможность использования растений в качестве индикаторов электромагнитного загрязнения.

Список использованной литературы:

1. Дубров, А.П. Геомагнитное поле и жизнь / А.П. Дубров. – Л.: Гидрометеиздат, 1974. – 63 с.
2. Кавеленова, Л.М. Науки о Земле. Практикум по курсу «Почвоведение с основами геологии»: учебное пособие / Л.М. Кавеленова, Н.В. Прохорова. – Самара, 2001. – 64 с.
3. Подковкин, В.Г. Влияние электромагнитных полей окружающей среды на системы гомеостаза / В.Г. Подковкин, И.Л. Слободянюк, М.В. Углова. – Самара: Изд-во «Самарский университет», 2000. – 108 с.
4. Подсолнечник / З.Б. Борисоник [и др.] // К.: Урожай, 1981. – 76 с.
5. Практикум по агрохимии / В.Г. Минеев // М.: Изд-во МГУ, 1989. – 304 с.
6. Сподобаев, Ю.М. Основы электромагнитной экологии / Ю.М. Сподобаев. – М.: Радио и связь, 2000. – 239 с.
7. Практикум по физиологии растений / Н.Н. Третьяков [и др.] // М.: Агропромиздат, 1990. – 271 с.