

УДК 574.24:615.322

Влияние электромагнитного поля на фитохимические и анатомические свойства лекарственных растений

Дьякова Нина Алексеевна, Гапонов Сергей Петрович, Сливкин Алексей иванович, Кукуева Лариса Львовна, Великанова Лариса Алексеевна, Мындра Анна Андреевна, Шушунова Татьяна Геннадьевна

Аннотация: Проведен анатомический и фитохимический анализ лекарственного растительного сырья, собранного вблизи высоковольтных линий электропередач. В качестве контроля были изучены образцы, отобранные на заповедной территории. Выявлен ряд особенностей, возникающих в результате влияния электромагнитного поля на почвы и растительные организмы. Доказано, что под действием электромагнитного поля подавляется большинство биохимических реакций в растительных организмах, что подтверждено как на анатомическом уровне (значительное снижение в листьях изучаемых объектов таких микродиагностических признаков как количество друз оксалата кальция, количество головчатых волосков), так и методами количественного определения биологически активных веществ (снижение содержания основных групп соединений изучаемого сырья – флавоноидов и полисахаридов).

Ключевые слова: электромагнитное поле, лекарственное растительное сырье

Influence of an electromagnetic field on phytochemical and anatomic properties of herbs

Dyakova Nina Alekseevna, Gaponov Sergey Petrovich, Slivkin Alexey Ivanovich, Kukuyeva Larisa Lvovna, Velikanova Larisa Alekseevna, Myndra Anna Andreevna, Shushunova Tatyana Gennadyevna

Annotation: The anatomic and phytochemical analysis of the medicinal vegetable raw materials collected near the high-voltage power lines is carried out. The samples collected in the reserved territory were studied as a control. A number of the features resulting from electromagnetic field influence on soils and vegetable organisms have been revealed. It was proved that the majority of biochemical reactions within vegetable organisms had been suppressed under the influence of an electromagnetic field. It was endorsed by both anatomic (considerable decrease in leaves of the studied objects of such microdiagnostic signs as quantity the Druze of oxalate of calcium, quantity the golovchatykh of hairs), and quantitative (decrease in the maintenance of the main groups of

connections of the studied raw materials – flavonoids and polysaccharides) methods.

Keywords: electromagnetic field, medicinal vegetable raw materials

Введение: Протяженность линий электропередач (ЛЭП) в РФ составляет свыше 2,67 млн. км. При этом ЛЭП пересекают пространство нашей страны вдоль и поперек, образуя густую сеть, простирающуюся над городами, деревнями, сельскохозяйственными полями и угодьями, водоемами. Одними из наиболее сильных возбудителей электромагнитных волн служат токи промышленной частоты (50 Гц). Напряженность электрического поля непосредственно под линией электропередачи может достигать нескольких тысяч вольт на метр почвы, хотя из-за свойства снижения напряженности почвой уже при удалении от линии на 100 м этот показатель резко падает до нескольких десятков вольт на метр [1,11]. Хорошо изучено влияние электромагнитного поля на макроскопические показатели растений. Опыты проводились в специальной камере в неискаженном поле с напряженностью от 0 до 50 кВ/м. Было выявлено небольшое повреждение ткани листьев при экспозиции от 20 до 50 кВ/м, зависящее от конфигурации растения и первоначального содержания влаги в нем. Омертвление ткани наблюдалось в частях растений с острыми краями [1,11]. Анализ доступной нам литературы не выявил работ по изучению влияния электромагнитного поля на химический состав растительных организмов, в частности, относящихся к лекарственному растительному сырью.

Цель исследования: сравнительное изучение влияния электромагнитного поля на анатомическое строение и химический состав лекарственного растительного сырья (ЛРС).

Материал и методы исследования: Для отбора образцов верхних слоев почв и лекарственного растительного сырья был выбран участок под высоковольтными линиями электропередач (ВЛЭ), значительно удаленный от других объектов хозяйственной деятельности человека (51°23'17'' с.ш., 39°15'15'' в.д.). Выбор объясняется высоким напряжением передаваемого тока (500 кВ), напряженность поля составляла 10 кВ/м. В качестве территории контроля был выбран Воронежский государственный природный биосферный заповедник (51°54'11'' с.ш., 39°33'14'' в.д.) (рис. 1). Отбираемые с обеих территорий почвы относились к характерным для Воронежской области черноземам типичным. В качестве объектов исследования были использованы трава горца птичьего и листья подорожника большого. Микроскопические исследования препаратов образцов лекарственного растительного сырья проводили с использованием микроскопа с видеорегистратором «Биомед – б» (увеличения 10x10; 40x10). Фотографировали образцы с помощью камеры Webbers 130M. Размеры микропризнаков изучали с помощью окуляра с микролинейкой. Валовое содержание тяжелых металлов в образцах почвы и

растительном сырье определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на приборе «ААС Квант-2А». Определение количественного содержания флавоноидов в пересчете на авикулярин проводили методом спектрофотометрии на спектрофотометре HitachiU-1900 при длине волны 410 ± 2 нм [5]. Определение количественного содержания водорастворимых полисахаридов (ВРПС) проводили по модифицированной гравиметрической методике [6].

Рис. 1. Точки отбора образцов почв и лекарственного растительного сырья

Результаты исследования и их обсуждение: Для образцов травы горца птичьего, отобранных вблизи ВЛЭ, характерно заметное утолщение стенок клеток верхнего эпидермиса; при отсутствии данного признака для сырья, произрастающего в заповедной зоне. Утолщение клеточных стенок эпидермиса листьев спорыша можно рассматривать как реакцию растения на неблагоприятные условия среды обитания. Выявлено также четкое утолщение стенок клеток эпидермиса листа и увеличения количества устьиц, что объясняется повышением необходимости дополнительных механизмов транспирации и газообмена при утолщении покровных тканей растительного организма. Утолщение механических волокон, придающих прочность листу и выполнять защитную функцию, также можно рассматривать как адаптацию к неблагоприятным условиям среды произрастания. Кристаллы кальция оксалата – конечный продукт жизнедеятельности клетки, предназначенный для выведения излишков кальция. Значительные количества друз оксалата кальция в листьях исследуемых образцов позволяют предположить высокую активность метаболических процессов в растениях, а небольшие объемы включений свидетельствуют о низком уровне обменных процессов [8]. В образцах, собранных вблизи ВЛЭ, количество друз оксалата кальция резко снижено, что вновь говорит о сильном угнетающем влиянии сильного электромагнитного поля на растительные организмы, требующем дополнительного многостороннего изучения (табл. 1, рис. 2,3).

Таблица 1

Результаты микроскопического анализа образцов травы горца птичьего

Место сбора образцов	Количество устьиц на нижней стороне листа на 1 см^2	Количество друз оксалата кальция на 1 см^2 , их размеры и распределение в мезофилле листа	Характеристика эпидермиса	Характеристика механических волокон
Заповедная зона	112 ± 8	213 ± 4 на 1 см^2 размером до $25 \cdot 10^{-4} \text{ см}^2$ вдоль жилок и 156 ± 5 на 1 см^2	Стенки клеток эпидермиса без видимых утолщений	Утолщения механических волокон не отмечено, проходят вдоль

		размером до $25 \cdot 10^{-4}$ см ² в стороне от жилок		жилки листа, толщина в середине листа достигает не более $1,2 \cdot 10^{-2}$ см
Вдоль ВЛЭ	233±7	53±4 на 1 см ² размером до $1 \cdot 10^{-4}$ см ² , распределены достаточно равномерно	Стенки клеток верхнего эпидермиса четковидно-утолщенные	Механические волокна утолщены, в середине листа достигают толщины $2,5 \cdot 10^{-2}$ см

Рис. 2. Друзы оксалата кальция вблизи главной жилки в листьях горца птичьего (увеличение 10x10)(на примере образца, собранного в заповедной зоне)

Рис. 3. Друзы оксалата кальция вблизи главной жилки в листьях горца птичьего (увеличение 10x10)(на примере образца, собранного вблизи ВЛЭ)

Для листьев подорожника большого, отобранных вблизи ВЛЭ, характерно заметное утолщение стенок клеток верхнего эпидермиса и увеличение числа устьиц, что также можно рассматривать как реакцию растения на неблагоприятные условия среды существования растения. Для листьев подорожника, собранного вблизи ВЛЭ характерно сниженное количество головчатых волосков на обеих сторонах листа. Вероятной причиной может являться действие возникающих в резко неоднородном электрическом поле коронных разрядов, которые, как уже было показано ранее, на макроскопическом уровне приводят к повреждению выступающих частей растений. Развитие головчатых волосков, являющихся выступающими частями листа на микроскопическом уровне, возможно, также подавляется токами короны высокой плотности [7]. Тепло, выделяемое при этом на сопротивлении ткани листа, приводит к гибели узкого слоя клеток, которые сравнительно быстро теряют воду, высыхают и сжимаются, в результате чего головчатые волоски не развиваются (табл. 2).

Таблица 2

Результаты микроскопического анализа образцов листьев подорожника большого

Место сбора образцов	Нижняя сторона листа (на 1 см ²)		Верхняя сторона листа (на 1 см ²)		Характеристика эпидермиса
	Количество устьиц	Количество головчатых волосков	Количество устьиц	Количество головчатых волосков	
Заповедная зона	217±8	41±3	124±8	23±3	Стенки клеток эпидермиса без видимых утолщений
Вдоль ВЛЭ	347±5	20±2	187±8	5±1	Стенки клеток

					верхнего эпидермиса четковидно-утолщенные
--	--	--	--	--	---

Анализ верхних слоев почв, отобранных вблизи ВЛЭ показал, что по сравнению с заповедной территорией содержание тяжелых металлов резко повышено, а для никеля и мышьяка даже превышает предельно допустимые концентрации [3], несмотря на полное отсутствие хозяйственной деятельности человека вблизи точек отбора образцов (табл. 3).

Таблица 3

Валовое содержание тяжелых металлов в почве, мг/ кг

Место отбора	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Заповедная зона	4,131	0,413	11,483	3,304	1,900	2,148	0,017	0,991	1,900
Вдоль ВЛЭ	12,548	0,562	45,415	7,959	14,140	20,133	0,328	8,428	4,307
ПДК [4]	32,000	2,100	55,000	33,000	-	20,000	0,500	-	2,000

Вероятным объяснением этого могут являться коронные разряды – высоковольтные самостоятельные электрические разряды в газе достаточной плотности (1 атм), возникающие в резко неоднородном электрическом поле вблизи электродов с малым радиусом кривизны (проволок). Коронный разряд сопровождается ионизацией воздуха в электрическом поле с высокой напряженностью и движением частиц газа и содержащихся в нем примесей от коронирующего электрода к силовой нейтрали, то есть от ВЛЭ к земле. Вблизи изучаемой территории никаких промышленных районов нет, что указывает на длительный хронический характер накопления тяжелых металлов в почве под действием электромагнитного поля в результате осаждения заряженных пылевых частиц с адсорбированными на них поллютантами [10].

Результаты определения валового содержания тяжелых металлов в отобранных образцах ЛРС приведены в табл. 4.

Таблица 4

Валовое содержание тяжелых металлов (мг/ кг) и общей золы (%) в ЛРС

Вид ЛРС	Место сбора	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Трава горца птичьего	Заповедная зона	0,419	0,002	15,138	1,685	0,754	0,791	0,130	0,058	0,112
	Вдоль ВЛЭ	0,724	0,002	69,229	7,127	0,724	0,427	0,353	0,111	0,074
Листья подорожника	Заповедная зона	0,508	0,002	8,024	1,347	0,756	0,646	0,114	0,032	0,122

большого	Вдоль ВЛЭ	1,245	0,002	33,695	6,197	1,831	1,069	0,396	0,161	0,220
ПДК [9]		6,000	0,100					1,000		0,500

Для анализа полученных данных были рассчитаны коэффициенты биологического поглощения (табл. 5) по формуле (1):

$$K = \frac{C_{\text{сырье}} * 100}{X * C_{\text{почва}}}, \quad (1)$$

где, K – коэффициент биологического поглощения;

$C_{\text{сырье}}$ – содержание элемента в ЛРС, мг/кг;

$C_{\text{почва}}$ – содержание элемента в верхних слоях почв, мг/кг;

X – содержание общей золы в ЛРС, %.

Таблица 5

Коэффициенты биологического поглощения для изучаемых образцов

Вид сырья	Место сбора	Pb	Hg	Zn	Cu	Cr	Ni	Cd	Co	As
Трава горца птичьего	Заповедная зона	1,089	0,052	14,160	5,478	4,263	3,957	84,736	0,625	0,632
	Вдоль ВЛЭ	0,622	0,038	16,426	9,649	0,552	0,228	11,595	0,142	0,186
Листья подорожника большого	Заповедная зона	0,896	0,035	5,086	2,966	2,895	2,188	50,236	0,232	0,468
	Вдоль ВЛЭ	0,677	0,024	5,064	5,314	0,884	0,363	8,238	0,131	0,348

Результаты, приведенные в таблицах 4 и 5, показали, что, несмотря на значительно повышенное содержание тяжелых металлов в почвах вблизи ВЛЭ, содержание их в ЛРС значительно ниже, чем в образцах контроля. Это парадоксальный результат, так как обычно содержание тяжелых металлов в верхних слоях почв и в растениях, произрастающих на них, четко коррелируют, тем более, что в почвах и растениях заповедной зоны это содержание относительно невысоко [3]. Объяснить полученный результат можно лишь резким снижением обменных процессов в растениях под действием электромагнитного поля.

Проведение количественных анализов биологически активных веществ показало уменьшение продукции флавоноидов в горце птичьим (табл. 6) и ВРПС в листьях подорожника большого (табл. 7), произрастающих вдоль ВЛЭ, причиной чего также является снижение активности биосинтетических процессов в растении под влиянием электромагнитного поля [2].

Таблица 6

Результаты количественного определения содержания суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин в траве горца птичьего

Место сбора	Содержание суммы флавоноидов в пересчете на авикулярин, %
Заповедная зона	1,81±0,08
Вдоль ВЛЭ	0,64±0,03

Таблица 7

Результаты количественного определения содержания ВРПС в листьях подорожника большого

Место сбора	Содержание ВРПС, %
Заповедная зона	24,05±0,36
Вдоль ВЛЭ	15,09±0,23

Выводы: Таким образом, существующая тенденция увеличения использования электрической энергии в хозяйственной деятельности человека и современное состояние обеспечения проблемы электромагнитной безопасности на государственном уровне позволяет прогнозировать дальнейшее увеличение электромагнитного загрязнения окружающей среды, которое не остается индифферентным по отношению к живым организмам вообще, и к растительным организмам, в частности. Проведенные исследования позволяют судить о том, что электромагнитное поле приводит к изменению анатомических признаков, утолщая стенки клеток эпидермиса, механические волокна листа, увеличивая количество устьиц, что является адаптивными механизмами к неблагоприятным условиям существования. При этом снижается количество и размер друз оксалата кальция в листьях горца птичьего, что свидетельствует о низком уровне обменных процессов в зоне действия электромагнитного поля. Отмечено также подавление развития головчатых волосков, что, возможно, связано с большим количеством тепла, выделяемым на сопротивление ткани листа, в результате чего происходит гибель узкого слоя клеток, которые сравнительно быстро теряют воду, высыхают, сжимаются и головчатые волоски не развиваются.

Исследования выполнены при поддержке гранта президента Российской Федерации для государственной поддержки молодых российских ученых – кандидатов наук (проект МК-3733.2015.5).

Список литературы:

1. Богатина, Н. И. Влияние электрических полей на растения / Н. И. Богатина, Н. В. Шейкина // Ученые записки Таврического национального университета им. В. И. Вернадского: Серия «Биология, химия». - 2011. - № 1. - С. 10-17.

Дьякова Н. А., Гапонов С. П., Сливкин А. И., Кукуева Л. Л., Великанова Л. А., Мындра А. А., Шушунова Т. Г., Влияние электромагнитного поля на фитохимические и анатомические свойства лекарственных растений // «Живые и биокосные системы». – 2015. – № 13; URL: <http://www.jbks.ru/archive/issue-13/article-3>

2. Великанова Н. А. Изучение влияния электромагнитного поля на качество лекарственного растительного сырья на примере травы горца птичьего и листьев подорожника большого / Н. А. Великанова // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: Материалы 5-й Международной научно-методической конференции «Фармообразование-2013», Воронеж, 16-18 апреля 2013 г. – Воронеж, 2013. - С. 213-216.

3. Великанова, Н. А. Анализ экологического состояния почв и оценка поглощения тяжелых металлов лекарственными растениями (горцем птичьим и подорожником большим) в городе Воронеже и его окрестностях / Н. А. Великанова, С. П. Гапонов, А. И. Сливкин // Экология урбанизированных территорий. – 2012. - №4. – С.102-106.

4. ГН 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве, 2006.

5. Государственная Фармакопея СССР, Вып. 2. Общие методы анализа. Лекарственное растительное сырье. - М. : Медицина, 1989. - 398 с.

6. Дьякова, Н. А. Рационализированная методика количественного определения водорастворимых полисахаридов и ее валидация / Н. А. Дьякова, И. А. Самылина, А. И. Сливкин [и др.] // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. – 2015. - №. 2 – с. 106-111.

7. Дьякова, Н. А. Анатомические особенности листьев подорожника большого, собранного вблизи высоковольтных линий электропередач / Н. А. Дьякова, И. А. Самылина, А. И. Сливкин [и др.] // Международной научно-практической конференции «Естественно-научные исследования и народное хозяйство», г. Воронеж, 24 апреля 2015 г. - Воронеж: «Научно-исследовательские публикации», 2015. - Т.1. - №3(23). – с. 7-11.

8. Дьякова, Н. А. Анатомические особенности лекарственного растительного сырья, собранного вблизи высоковольтных линий электропередач / Н. А. Дьякова [и др.] // Международная заочная научно-практическая конференция «Современное общество, образование и наука», Россия, Тамбов, 31 марта 2015 г. – Тамбов: ООО «Колсатинговая компания ЮКОМ», 2015. – Ч.2. - с. 54-55.

9. СанПин № 2.3.2.1078-01 «Продовольственное сырье и пищевые продукты. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы». М.: Минздрав России, 2001.

10. Экооценка лекарственного растительного сырья в урбоусловиях г. Воронежа / Н. А. Великанова, С. П. Гапонов, А. И. Сливкин. - LAMBERT Academic Publishing, 2013. – 211 с.