

ягодная и тополь бальзамический поддерживают метаболизм в экологически неблагоприятных условиях, но и, вероятно, при участии аскорбиновой кислоты реализуют потенциальные возможности фотосинтетической деятельности в более полном объеме.

Литература

1. Васфилов С.П. Возможные пути негативного влияния кислых газов на растения // Журнал общей биологии. – 2003. – Т. 64. – № 2. – С. 146–159.
2. ГОСТ-24556-89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 16 с.
3. Илькун Г.М. Газоустойчивость растений: вопросы экологии и физиологии. – Киев: Наук. думка, 1971.
4. Колмогорова Е.Ю. Видовое разнообразие и жизненное состояние древесных и кустарниковых растений в зеленых насаждениях города Кемерово: автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05. – Томск: Изд-во ТГУ, 2005. – 19 с.
5. Кретович В.Л. Основы биохимии растений. – М.: Высш. шк., 1986. – 464 с.
6. Овчаров К.Е. Витамины растений. – М.: Колос, 1964. – 247 с.
7. Чупахина Г.Н. Система аскорбиновой кислоты растений. – Калининград: Изд-во КГУ, 1997. – С. 90–120.



УДК 613.168:613.6-02:616.419-092.9

Е.Ю. Сергеева, А.В. Азанова, Ю.А. Фефелова,
Н.В. Сергеев, Н.М. Титова, Н.В. Цугленок

ЭКОЛОГИЧЕСКИЙ ФАКТОР, ИЗМЕНЯЮЩИЙ АКТИВНОСТЬ ФЕРМЕНТОВ АНТИОКСИДАНТНОЙ СИСТЕМЫ – МАГНИТНОЕ ПОЛЕ С ЧАСТОТОЙ 66 КГЦ

В результате исследований выявлено, что действие магнитного поля с частотой 66 кГц вызывает достоверное увеличение концентрации малонового диальдегида и снижение активности ферментов антиоксидантной системы в крови.

Ключевые слова: магнитные поля, перекисное окисление липидов, малоновый диальдегид.

E. Yu. Sergeeva, A. V. Azanova, Yu. A. Fefelova,
N. V. Sergeev, N. M. Titova, N. V. Tsuglenok

ECOLOGICAL FACTOR CHANGING THE ACTIVITY OF THE ANTIOXIDATIVE SYSTEM ENZYMES – MAGNETIC FIELD WITH 66 KHZ FREQUENCY

As a result of the conducted research it was revealed that the influence of magnetic field with 66 kHz frequency leads to the increase of concentration of MDA and decrease of the activity of the antioxidative system enzymes in the blood.

Key words: magnetic fields, lipid peroxidation, MDA.

Введение. На протяжении ряда последних лет источники электромагнитного излучения находят всё более широкое применение как в быту, так и на производстве, что делает очень актуальными исследования влияния магнитных полей на организм человека. Существуют многочисленные, но противоречивые и разрозненные данные о биологическом действии магнитных полей, что не только не проясняет, но и делает более сложной объективную оценку их влияния на живые организмы.

Цель исследования. Изучение действия магнитных полей с частотой 66 кГц на концентрацию малонового диальдегида и активность каталазы (КАТ) и супероксиддисмутазы (СОД) в крови людей.

Задачи исследования. Определить изменение продукции малонового диальдегида и активности каталазы при воздействии магнитного поля в течение 15, 30, 60 минут.

Методы исследования. В работе использовалась кровь добровольцев, взятая непосредственно перед экспериментом и стабилизированная гепарином. Принцип метода определения активности СОД основан

на ингибировании реакции автоокисления адреналина в щелочной среде в присутствии СОД вследствие дисмутации супероксидных анион-радикалов. Об интенсивности автоокисления адреналина судят по динамическому нарастанию поглощения при длине волны 347 нм, обусловленному накоплением продукта окисления, опережающим по времени образование адренохрома с максимумом поглощения при 480 нм; определение активности КАТ выполняли электрофотокориметрическим методом при длине волны 400 нм. Содержание малонового диальдегида определяли в реакции с тиобарбитуровой кислотой, включающей в себя инкубацию с тиобарбитуровой кислотой исследуемой пробы, экстракцию продуктов реакции бутанолом и спектрофотометрическое измерение их содержания [2]. В качестве источника промышленных магнитных полей использована установка высокочастотная для индукционного нагрева на базе генератора высокочастотного транзисторного ВГТ5-5/66 со следующими характеристиками: частота колебаний магнитного поля 66 кГц, напряженность магнитного поля в непосредственной близости к установке 500 А/м. Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета программ Statistica 6.

Результаты и выводы исследования. При действии магнитного поля с данными параметрами выявлено достоверное снижение активности супероксиддисмутазы (рис. 1).

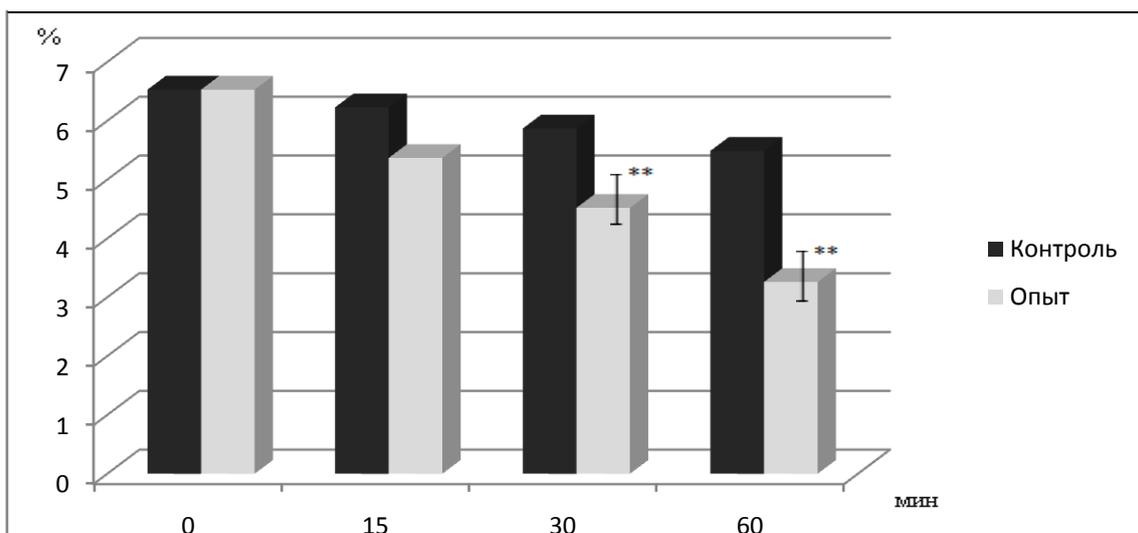


Рис. 1. Изменение активности СОД в крови при действии магнитных полей с частотой 66 кГц *in vitro* [25–75%], Me
Здесь и далее ** $P < 0,01$

При этом воздействие магнитных полей в течение 30 минут приводило к снижению активности СОД в 1,3 раза. Воздействие же магнитных полей в течение 60 минут приводило к снижению активности СОД в 1,7 раза.

Действие магнитного поля с данными параметрами приводило к достоверному снижению активности каталазы (рис. 2).

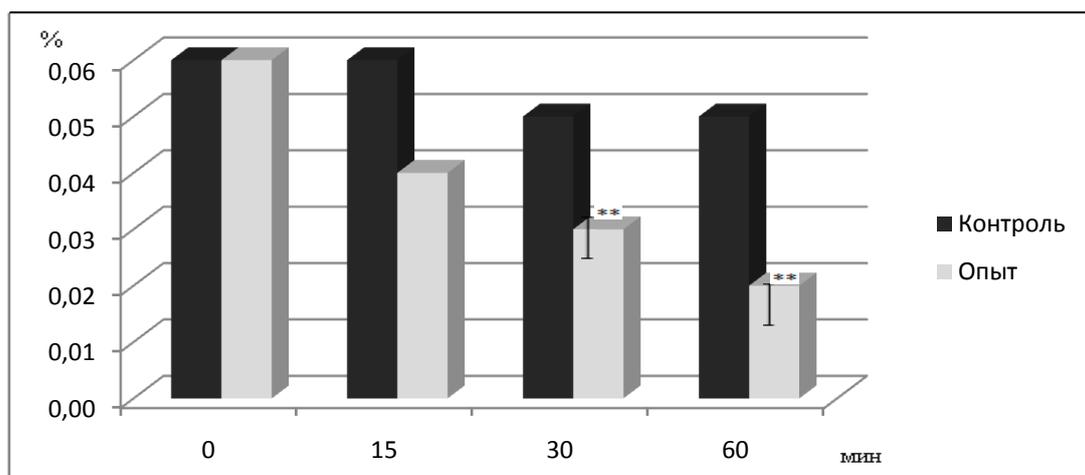


Рис. 2. Изменение активности каталазы в крови при действии магнитных полей с частотой 66 кГц *in vitro* [25–75%], Me

В экспериментах *in vitro* воздействие магнитных полей в течение 30 минут приводило к снижению активности каталазы в 1,6 раза. Воздействие же магнитных полей в течение 60 минут приводило к снижению активности каталазы в 2,5 раза.

При действии магнитного поля с данными параметрами выявлено достоверное увеличение продукции малонового диальдегида, отражающее выраженность окислительного стресса (табл.).

Изменение продукции МДА в крови при действии магнитных полей с частотой 66 кГц [25–75%], Ме

| Время воздействия | Контроль (ммоль/л) (n=27) | Магнитные поля (n=27) |
|-------------------|---------------------------|-----------------------|
| 0 минут | 1,22[1,22÷1,23] | 1,22[1,22÷1,23] |
| 15 минут | 1,35[1,33÷1,35] | 2,56[2,53÷2,56] |
| 30 минут | 2,16[2,13÷2,16] | 5,86[5,83÷5,87]** |
| 60 минут | 2,57[2,53÷2,57] | 7,23[7,23÷7,25]** |

Примечание: n – объем выборки.

При этом воздействие магнитных полей в течение 30 минут приводило к увеличению продукции малонового диальдегида в 2,7 раза. Воздействие же магнитных полей в течение 60 минут приводило к увеличению продукции малонового диальдегида в 2,8 раза.

Традиционно патогенез окислительного повреждения клеток рассматривался преимущественно с позиций мембрано- и генотоксичности свободных радикалов (перекисное окисление липидов (ПОЛ) и нарушение структуры ДНК), к повышению продукции которых может привести воздействие магнитных полей с используемыми параметрами. Регуляция содержания перекисей и свободных радикалов тканей обеспечивается различными ферментными системами и природными антиоксидантами. На стадии иницирования регуляция ПОЛ в клетке осуществляется посредством генерации супероксидных радикалов, влияющая на активность СОД и каталазы, а также на уровень свободного железа. На стадии продолжения цепи изменяется уровень кислорода, вязкости и содержания полиненасыщенных жирных кислот. На этапе разветвления цепи контроль за уровнем ПОЛ осуществляется за счет влияния на количество свободного железа, активность глутатионпероксидазы и уровень свободных тиолов. На стадии обрыва цепи возникают липофильные антиоксиданты и наблюдаются высокие концентрации свободного железа [1].

Известно, что важнейшим индикатором окислительно-восстановительного гомеостаза клетки является структурное и функциональное состояние клеточных белков, в том числе их термодинамическая и операционная стабильность. Большинство меж- и внутримолекулярных взаимодействий (связывание ионов, субстратов, кофакторов, лигандов, межбелковые и белок-липидные взаимодействия, конъюгация с углеводами, формирование всех видов связи и гидрофобные взаимодействия) напрямую зависят от редокс-статуса среды. В основе денатурационно-ренатурационных превращений и субстрат-ферментных взаимодействий лежит прежде всего тиол-дисульфидный обмен [1, 2]. Реакционная способность цистеиновых остатков белков зависит от присутствия окружающих их ароматических или электростатически заряженных молекул (преимущественно гистидина), а также общего редокс-потенциала системы – при преобладании окислительных валентностей формирование дисульфидных связей облегчено. Редокс-центры белковых молекул в физиологических условиях удалены от поверхности, поэтому белки могут рассматриваться в качестве своеобразного органического матрикса, движение электронов в котором осуществляется благодаря «скачкам» из одного центра в другой или по ковалентным и водородным связям. При этом дисульфидные анионы выступают в роли центров переноса электронов. Формирование дисульфидных связей, катализируемое протеиндисульфидизомеразой, обуславливает самоорганизацию белков клетки помимо изомеризации по пролину и ассоциации полипептидных цепей. При этом дисульфидные связи стабилизируют исходное состояние, но не определяют пространственную перестройку белковой молекулы [2]. Промежуточным на пути приобретения стабильной конформации при де- и ренатурационных процессах, сопровождающихся восстановлением дисульфидных связей, является этап формирования «расплавленной глобулы», имеющей объем, превышающий окончательный на 5–15 %, со сниженной степенью ригидности вторичной и третичной структур [1, 3]. Такие структуры способны, будучи локализованными против гидрофобной поверхности, приобретать четвертичную структуру, соответствующую исходной [1, 4].

При окислительном стрессе денатурация белковых молекул клетки приводит к уменьшению периода их функционирования в результате повышения чувствительности к протеолитическим реакциям и процессам посттрансляционной модификации (фосфорилированию и рибозилированию); поддержание же частично денатурированных полипептидов в форме «расплавленной глобулы» является обязательным событием при

синтезе новых пептидных цепей и их транспорте через клеточные мембраны, что создает основу эффективной регуляции метаболизма через альтерацию редокс-буферных компонентов клетки [1].

Известно, что окислительное повреждение мембран клеток (плазматической, лизосомальной, митохондриальной, ядерной) возникает вследствие окисления полиненасыщенных жирных кислот фосфолипидов, активации и деградации липидных радикалов, реорганизации двойных связей и деструкции липидов. Вследствие появления гидрофильной гидроперекисной группировки в полиненасыщенной жирной кислоте нарушается гидрофобность бислоя, диальдегиды выступают в роли поперечносшивающих бифункциональных реагентов, снижается молекулярная подвижность фосфолипидов, нарушаются липид-белковые взаимодействия, устраняется трансбислойная асимметрия липидов [1, 4]. Сопутствующим процессом является деструктурирование мембранных белков – рецепторов, ферментов, ионных каналов, выступающих в роли окисляемых субстратов, особенно при наличии тиоловых групп. Последние, будучи окисленными, образуют высокомолекулярные белковые агрегаты и, таким образом, ответственны за пермеабиллизацию мембран внутриклеточных органелл, в том числе митохондрий. В митохондриях протекание такого рода процессов непосредственно сопряжено с формированием свободных радикалов в дыхательной цепи, а также со связыванием ионов кальция с белками, облегчающим их окислительное повреждение. Модуляция тиол-дисульфидного обмена в белках митохондриальных мембран лежит в основе повышения их ионной проницаемости [1, 3].

Выводы. Таким образом, мы можем предположить, что воздействие магнитного поля с используемыми параметрами индуцирует развитие окислительного стресса, что является результатом целого ряда взаимосвязанных процессов и реакций.

Литература

1. *Егорова А.Б.* Молекулярные механизмы окислительного стресса в клетках нервной системы // Экстремальные состояния клеточных систем. – М.: Медицина, 2000. – С.344–356.
2. *Blair I.A.* DNA Adducts with Lipid Peroxidation Products // J. Biol. Chem. – 2008. – P. 15545–15549.
3. *Pratic D.* Lipid Peroxidation and the Aging Process // Sci. Aging Knowl. Environ. – 2002. – 345 p.
4. *McIntyre T.M.* Lipid Oxidation and Cardiovascular Disease: Introduction to a Review // Series Circ. Res. – 2010. – P.1167–1169.



УДК 630*18:630*425:582.475.4

М.С. Титова

РЕАКЦИЯ ПИГМЕНТНОЙ СИСТЕМЫ СОСНЫ ОБЫКНОВЕННОЙ (*PINUS SYLVESTRIS* L.) НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

*Для оценки реакции хвойных растений на уровне пигментной системы на воздействие аэрогенного загрязнения изучена динамика фотосинтетических пигментов хвои у сосны обыкновенной (*Pinus sylvestris* L.), произрастающей в условиях г. Уссурийска.*

Ключевые слова: сосна обыкновенная, пигменты, хвоя, хлорофилл, каротиноиды, загрязнение.

М.С. Титова

PINE (*PINUS SYLVESTRIS* L.) PIGMENTAL SYSTEM REACTION ON THE ENVIRONMENTAL POLLUTION

*The needle photosynthetic pigments dynamics of the pine (*Pinus sylvestris* L.) growing in the Ussuriisk conditions is studied for the assessment of the coniferous plant reaction at pigment system level on the aerogenic pollution influence.*

Key words: pine, pigments, needles, chlorophyll, carotenoids, pollution.

Введение. Загрязнение окружающей среды – одна из самых актуальных проблем современности. В связи с ростом городов, интенсивным развитием промышленности и автотранспорта в атмосферу поступает большое количество токсических компонентов, что приводит к снижению устойчивости и продуктивности природно-антропогенных экосистем.