

ОСОБЕННОСТИ БИОХИМИЧЕСКИХ МЕХАНИЗМОВ ЗАЩИТЫ У ОСОКИ ОСТРОЙ ПРИ ДЕЙСТВИИ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ СРЕДЫ

Осипова Е.С.¹, Петухова Г.А.¹

¹ГОУ ВПО «Тюменский государственный университет», Тюмень, Россия (625003, г. Тюмень, ул. Семакова, 10), e-mail: es_osipova@mail.ru

Изучено влияние нефтяного загрязнения на системы биохимической защиты растений. В качестве тест-объекта использовалась осока острая (*Carex acuta* L.). Анализируемые растения были собраны с территорий разливов нефти на Майском, Южно-Балыкском и Малобалыкском месторождениях Тюменской области. Нефтяное загрязнение вызывает возникновение в клетках растений продуктов перекисного окисления липидов: шиффовых оснований и диеновых конъюгатов. Повреждающее действие нейтрализуется системой биохимической защиты растений (флавоноидной и фенольной). Фенольные соединения проявляют адаптогенное и стимулирующее действие. Флавоноиды являются восстанавливающими агентами и способны защищать клетки от окислительного стресса. Повреждающее действие нефтяного загрязнения проявляется в снижении концентрации флавоноидов у осоки острой с участков, загрязненных нефтью. Адаптация растений к условиям нефтяного загрязнения выражается в увеличении концентрации фенольных соединений и снижении содержания диеновых конъюгатов и шиффовых оснований в клетках растений.

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, системы биохимической защиты растений, перекисное окисление липидов (ПОЛ), фенольные соединения, флавоноиды.

FEATURES OF PROTECTIVE BIOCHEMICAL MECHANISMS OF CAREX ACUTA, EXPOSED OIL POLLUTION ENVIRONMENT

Osipova E.S.¹, Petukhova G.A.¹

¹Tyumen State University, Tyumen, Russia (625003, Tyumen, street Semakova, 10), e-mail: es_osipova@mail.ru

We have studied the effect of oil pollution on the biochemical protective systems of plants. As a test object we used sedge acute (*Carex acuta* L.). The analyzed plants were collected from areas of oil spills on the Maisky, South Balyksky and MaloBalyksky fields in Tyumen region. Oil pollution causes becoming lipid peroxidation products in plant cells such as Schiff bases and diene conjugates. The damaging effect is neutralized by the biochemical protective system of plants (flavonoid and phenolic). Phenolic compounds have adaptogene and stimulating effect. Flavonoids are reducing agents, and can protect cells against oxidative stress. The damaging effect of oil pollution is manifested in the reduction of the concentration of flavonoids in the sedge acute on sites contaminated by oil. Adaptation of the plants to the oil pollution expressed increasing concentration of phenolic compounds and reducing the content of diene conjugates and Schiff bases in the plant cells.

Keywords: oil pollution, protective systems of plants, lipid peroxidation, phenolic compounds, flavonoids.

Введение

Загрязнение природной среды нефтью и нефтепродуктами – актуальная экологическая проблема во многих регионах России, в том числе и для Тюменской области. За годы нефтегазового освоения экологическая ситуация в Тюменской области резко ухудшилась. Нефть и продукты её переработки попадают в окружающую среду при бурении и фонтанировании из разведочных скважин, при авариях транспортных средств, при порывах нефтепроводов, сбросе неочищенных промысловых вод. Нефтегазовая промышленность влечет за собой широкомасштабное нарушение практически всех природных компонентов: недр и атмосферы, рельефа и почв, поверхностных и грунтовых вод, флоры и фауны [1].

Нефть в больших концентрациях оказывает ингибирующее воздействие на рост и развитие растений. На организменном уровне действие нефти проявляется в морфологических и

физиологических нарушениях в отдельных растениях [6]. Под влиянием углеводов происходит гибель растительного покрова, замедляется рост растений, отмечается хлороз и тенденция к обезвоживанию, нарушаются функции фотосинтеза и дыхания, изменяется структура хлоропластов [4].

При действии нефтяного загрязнения углеводороды нефти оказывают повреждающее действие на мембраны клеток, происходит образование свободных форм кислорода, которые инициируют разрушение липидов – перекисное окисление [7]. Перекисное окисление липидов (ПОЛ) – окислительная деградация липидов, происходящая в основном под действием свободных радикалов. ПОЛ – это сложный процесс, протекающий как в животных, так и в растительных тканях. Он включает в себя активацию и деградацию липидных радикалов, встраивание в липиды предварительного активированного молекулярного кислорода, реорганизацию двойных связей в полиненасыщенных ацилах липидов и, как следствие, деструкцию мембранных липидов и самих биомембран [9].

К основным продуктам перекисного окисления липидов относятся: диеновые конъюгаты, малоновый диальдегид, основания Шиффа. Известно, что в нормальных условиях жизнедеятельности клетки постоянно присутствует определенный уровень перекисного окисления липидов, индуцированный образованием активных форм кислорода. Перекисное окисление липидов в клетке поддерживается на постоянном уровне благодаря многоуровневой антиоксидантной системе защиты. Таким образом, сбалансированность между обеими частями этой системы – перекисным окислением, с одной стороны, и антиоксидантной активностью, с другой, является необходимым условием для поддержания нормальной жизнедеятельности клетки [2; 8].

Фенольные соединения проявляют адаптогенное и стимулирующее действие. Фенольные соединения играют активную роль в самых различных физиологических процессах – фотосинтезе, дыхании, росте, защитных реакциях растительного организма [5]. К классу фенольных соединений относятся флавоноиды, выполняющие защитные функции. Флавоноиды являются восстанавливающими агентами и вместе с другими природными соединениями (каротиноиды, аскорбиновая кислота) способны защищать клетки от окислительного стресса [3].

Целью исследования был анализ активации биохимических механизмов защиты растений с нефтезагрязненных участков Майского, Южно-Балыкского и Малобалыкского месторождений.

Материалы и методы исследования

Майское, Южно-Балыкское, Малобалыкское месторождения расположены в Нефтеюганском районе Ханты-Мансийского автономного округа Тюменской области. Нефтезагрязненные

участки, расположенные на территории месторождений, образовались в результате порывов трубопроводов. Разливы, произошедшие на исследуемых участках, образовались в результате порывов внутрипромысловых нефтесборов, давность разливов около 20 лет.

Для оценки степени нефтяного загрязнения территории Майского, Южно-Балыкского и Малобалыкского месторождений были взяты пробы почвы и растения доминантных видов. В зависимости от степени загрязненности территории были выбраны 4 точки отбора проб: О1 (опыт 1) – в месте разлива нефти; О2 (опыт 2) – в 20 м от места загрязнения; О3 (опыт 3) – в 40 м от места загрязнения; К (контроль) – пробы с фоновой территории.

Для оценки степени загрязнения почвы нефтепродуктами использовали коэффициент концентрации, равный отношению значения показателя загрязнения нефтепродуктами в опытных вариантах к значению показателя загрязнения нефтепродуктами на фоновой территории. Химический анализ проб почвы с территории Майского, Южно-Балыкского и Малобалыкского месторождений показал превышение коэффициента концентрации нефтепродуктов в несколько раз. Самое сильное загрязнение нефтью наблюдается на Майском месторождении (коэффициент концентрации внутри контура разлива = 2669,78), на Южно-Балыкском месторождении коэффициент концентрации внутри контура разлива = 331,64, на Малобалыкском – 307,48.

В качестве тест-объектов были выбраны растения доминантного для данной территории вида: осока острая (*Carex acuta L.*). У исследуемых растений изучались такие показатели, как содержание продуктов перекисного окисления липидов (диеновые конъюгаты и шиффовые основания), содержание флавоноидов и фенольных соединений.

Результаты исследования и их обсуждение

Анализ содержания продуктов перекисного окисления у осоки острой с Майского нефтяного месторождения (рис. 1) показал снижение концентрации диеновых конъюгатов у растений, собранных в 20 и 40 м от места разлива ($P < 0,001$). Уменьшение концентрации первичных продуктов перекисного окисления липидов свидетельствует о том, что растения адаптируются к условиям нефтяного загрязнения и количество повреждений в клетках снижается.

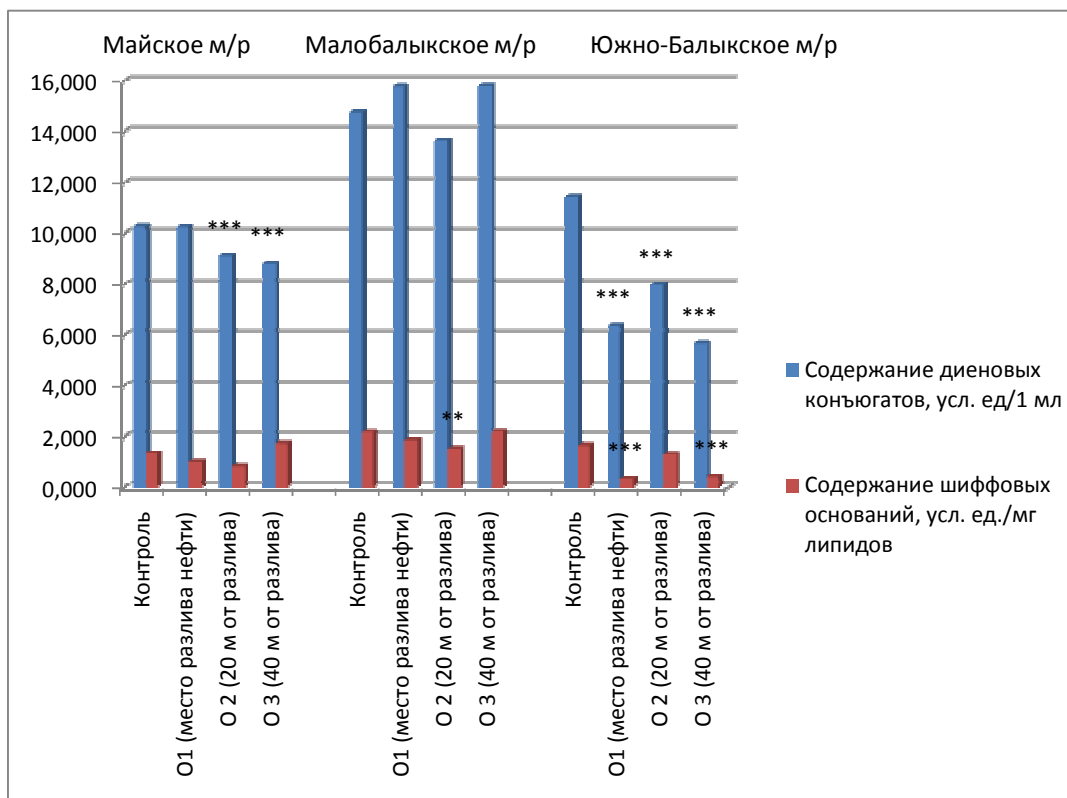


Рис. 1. Содержание продуктов перекисного окисления липидов в осоке острой с Майского, Малобалыкского и Южно-Балыкского месторождений.

Примечание: ** - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,01$), *** - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,001$).

Содержание шиффовых оснований у осоки острой с Малобалыкского месторождения (рис. 1) снижается у растений, собранных в 20 м от места разлива нефти ($P < 0,01$). Уменьшение концентрации конечных продуктов перекисного окисления липидов говорит о хорошей приспособленности растений к произрастанию в среде, загрязненной нефтью.

Анализ концентрации продуктов ПОЛ у осоки острой с Южно-Балыкского месторождения (рис. 1) позволяет говорить о снижении концентрации диеновых конъюгатов в клетках растений при действии нефтяного загрязнения ($P < 0,001$). Содержание шиффовых оснований снижалось ($P < 0,001$, $P < 0,01$) у растений, собранных в месте разлива нефти и в 40 м от места разлива нефти. Растения осоки острой с Южно-Балыкского месторождения адаптировались к условиям нефтяного загрязнения, о чем свидетельствует уменьшение концентрации продуктов перекисного окисления липидов.

У осоки острой с Майского месторождения нефти (рис. 2) повышалось содержание фенольных соединений в вариантах с растениями, собранными в месте разлива нефти ($P < 0,01$) и в 40 м от места разлива ($P < 0,05$). При действии нефтяного загрязнения

активизируется работа защитной биохимической системы растений и концентрация фенольных соединений увеличивается.

Анализ содержания фенольных соединений с Малобалыкского нефтяного месторождения (рис. 2) показал снижение концентрации фенолов у растений в месте разлива нефти ($P < 0,01$) и увеличение этого показателя у осоки острой, собранной в 40 м от места разлива нефти ($P < 0,05$). При действии больших концентраций нефти (в месте разлива) растения находятся в угнетенном состоянии, поэтому содержание фенолов понижается. В 40 м от места загрязнения антиоксиданты защищают растения от повреждений, вызванных нефтью, следствием чего является увеличение концентрации фенолов.

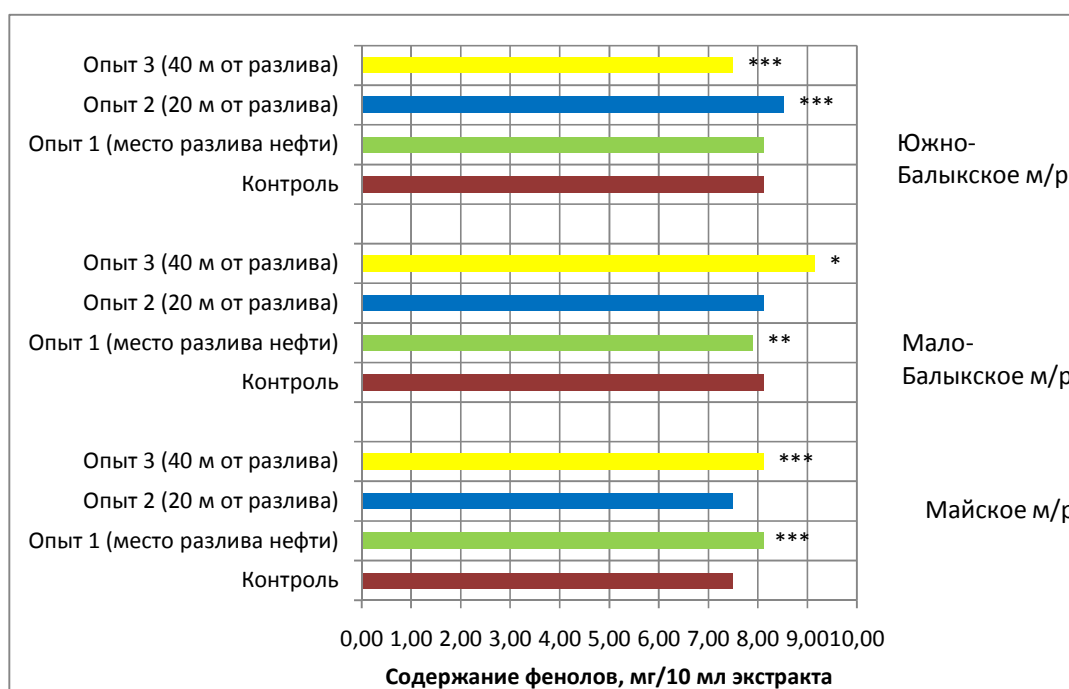


Рис. 2. Содержание фенольных соединений в осоке острой с Майского, Малобалыкского и Южно-Балыкского месторождений.

Примечание: * - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,05$), ** - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,01$), *** - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,001$).

Содержание фенольных соединений у осоки острой с Южно-Балыкского месторождения (рис. 2) увеличивалось в 20 м от места разлива нефти, что иллюстрирует работу защитной биохимической системы клеток. Концентрация фенолов снижалась у растений, собранных в 40 м от места разлива ($P < 0,001$), здесь растения находятся в угнетенном состоянии.

Анализ содержания флавоноидов в осоке острой с Майского месторождения (рис. 3) показал снижение содержания флавоноидов у растений, собранных с места разлива нефти и в 20 м от места разлива ($P < 0,001$), что говорит о снижении функционирования защитной системы

растений в условиях нефтяного загрязнения. У осоки острой, растущей в 40 м от места нефтяного загрязнения, содержание флавоноидов оставалось на уровне контроля, растения приспосабливаются к действию нефти.

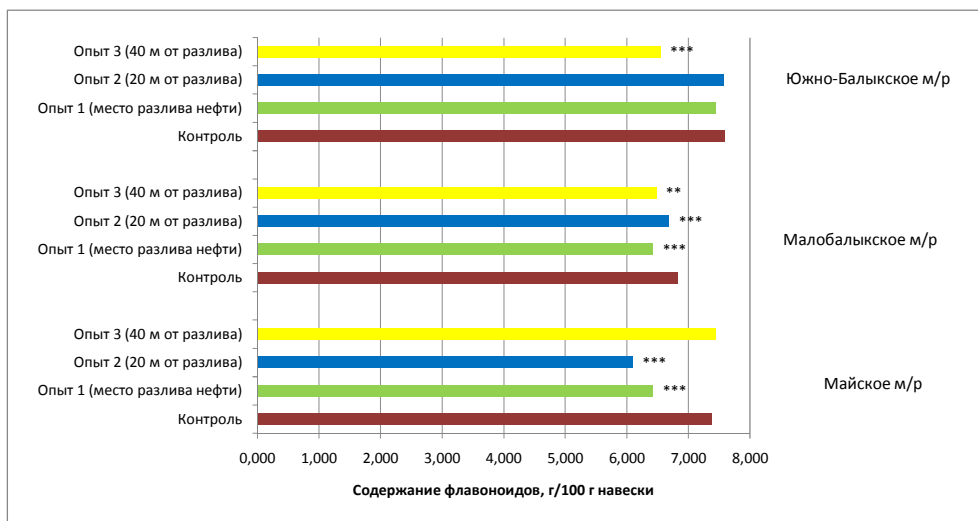


Рис. 3. Содержание флавоноидов в осоке острой с Майского, Малобалыкского и Южно-Балыкского месторождений.

Примечание: ** - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,01$), *** - статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта ($P < 0,001$).

У осоки острой с Малобалыкского месторождения (рис. 3) при действии нефтяного загрязнения снижалась концентрация флавоноидов ($P < 0,001$, $P < 0,01$), что говорит о чувствительности флавоноидной системы защиты к загрязнению нефтью. Наивысшее из опытных вариантов содержание флавоноидов наблюдалось у растений, собранных в 20 м от места разлива нефти, здесь растения лучше всего приспособлены к действию нефти.

У осоки острой с Южно-Балыкского месторождения (рис. 3) содержание флавоноидов снижалось в варианте с растениями, собранными в 40 м от места разлива ($P < 0,001$), растения находятся в угнетенном состоянии. В вариантах с растениями, собранными в месте разлива нефти и в 20 м от места разлива, концентрация флавоноидов остается на уровне контроля, что говорит об адаптации осоки острой к обитанию в условиях нефтяного загрязнения.

Заключение

По результатам проведенных экспериментов можно судить о повреждающем действии нефти на клетки осоки острой, что выражается в уменьшении концентрации флавоноидов у растений с нефтезагрязненных участков, также в некоторых опытных вариантах снижается

концентрация фенольных соединений. Растения находятся в угнетенном состоянии, однако адаптируются к действию нефтяного загрязнения, о чем свидетельствует снижение концентрации продуктов перекисного окисления липидов и увеличение концентрации фенольных соединений в большинстве опытных вариантов.

Нефтяное загрязнение вызывает возникновение в клетках растений продуктов перекисного окисления липидов (диеновых конъюгатов и шиффовых оснований), повреждающее действие ПОЛ нейтрализуется системой биохимической защиты растений (флавоноидной и фенольной).

Список литературы

1. Бакулин В.В. География Тюменской области / В.В. Бакулин, В.В. Козин. – Екатеринбург, 1996. – 300 с.
2. Барабой В.А. Механизмы стресса и перекисное окисление липидов // Успехи современной биологии. – 1991. – Т. 111, вып. 6. – С. 923-932.
3. Загоскина Н.В. Полифенолы и их роль в защите растений от действия стрессовых факторов // Новые и нетрадиционные растения и перспективы их использования : материалы VI Международного симпозиума. – 2005. – Т. 3. – С. 300–302.
4. Петухова Г.А. Токсикогенетическая опасность действия нефтяного загрязнения на организмы / Г.А. Петухова [и др.] // Нефть и газ: проблемы недропользования, добычи и транспортировки. – Тюмень, 2002. – С. 191-192.
5. Медведев С.С. Физиология растений : учебник. – СПб. : Изд-во С.-Петербур. ун-та, 2004. – 336 с.
6. Московченко Д.В. Нефтегазодобыча и окружающая среда: эколого-географический анализ Тюменской области : монография. – Новосибирск : Наука, Сиб. Предприятие РАИ, 1998. – 112 с.
7. Петухова Г.А. Генотоксичность тюменской нефти для растений и животных // Экология и образование: региональные аспекты : 3-я Всеросс. конф. – Петрозаводск, 2000. – С. 78-79.
8. Anbar M. Reactivity of the hydroxyl radical in aqueous solutions / M. Anbar, P. Neta // Intern. J. Appl. Radiat. Isot. – 1967. Vol. 18. – P. 495-523.
9. Girotti A.W. Lipid hydroperoxide generation, turnover, and effector action in biological systems // J. Lipid Res. – 1998. - Vol. 39. – P. 1529-1542.

Рецензенты:

Боме Н.А., д.с.-х.н., профессор, заведующий кафедрой ботаники, биотехнологии и ландшафтной архитектуры, ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет», ИМЕНИТ, отделение биологии, г. Тюмень.

Турсунбекова Г.Ш., д.с.-х.н., доцент, профессор кафедры экологии и рационального природопользования Агротехнологического института, ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень.