

## Влияние различных фракций нефти на морфометрические параметры растений

© 2008. А.У. Исаева, А.А. Ешибаев, А.К. Саданов, Л.А. Акынова  
НИИ промышленной экологии и биотехнологии,  
Южно-Казахстанский государственный университет им. М. Ауезова

В данной статье приведены результаты исследований по изучению влияния различных фракции нефти на рост и развитие растений. Установлено, что реакция растений на нефтяное загрязнение почвы неоднозначна и зависит как от характера и концентрации загрязняющего агента, так и от таксономической принадлежности растения.

The article presents the investigation results of how different oil fractions influence plant growth and development. It is stated that plants reaction on oil contamination of soil is multi-valued and it depends on the character and concentrations of the pollutant as well as on the taxonomic characteristics of the plant.

Казахстан входит в число основных нефтедобывающих стран мира, и проблема загрязнения окружающей среды растёт прямопропорционально с ростом нефтедобычи и нефтепереработки. Увеличение темпов добычи и переработки нефти делает актуальным усовершенствование методов рекультивации нефтезагрязнённых почв. Биологические методы имеют неоспоримые преимущества, что обусловлено их высокой эффективностью и экологической безопасностью. Поэтому в последнее время они составляют предмет повышенного интереса как у исследователей данной проблемы, так и у промышленных предприятий. В основу принципов разработки методов биорекультивации загрязнённых систем положено использование биопотенциала местной экосистемы.

Отрицательное влияние нефти на растения связано с ухудшением газовоздушного и водного режимов почвы и прямого токсического воздействия её составляющих [1]. На нефтезагрязнённых территориях отмечается изменение видового состава растительного сообщества. Как отмечают многие авторы, виды-доминанты растений для каждой климатической зоны разные или встречаются в различных сочетаниях. Растения-доминанты являются индикаторами степени и сроков нефтезагрязнений. Для южного региона Казахстана А.У. Исаевой выделен адаптированный видовой состав фитоценоза для различных концентраций нефтезагрязнений и определены 12 видов растений, способных прорасти в условиях загрязнения почвы дизельным топливом [2]. Джубатыровой С.С. и Альжановой Б. на месте аварий Карачаганакского месторождения исследовано влияние глубины загрязне-

ния почвы нефтью на самовосстановление растительного покрова [3]. В результате загрязнений почвы на глубину больше чем 30 см, ранее доминирующие растения (полынь, ковыль и многолетние злаковые травы) сменились на представителей рудеральной флоры.

Биоиндикация степени загрязнения почвы нефтью и её токсичности для растений является основой биорекультивационных мероприятий. Исследованиями ряда авторов установлено, что высшие сосудистые растения являются хорошими индикаторами нефтезагрязнённых территорий, при этом в качестве основных показателей выделяют мозаичность и степень проективного покрытия растительностью нефтезагрязнённой почвы [4]. Одной из причин гибели растений является прямое токсическое действие составляющих нефти [5].

Растения разных видов в различные фазы развития отличаются по чувствительности к токсическому действию компонентов нефтепродуктов. В этой связи, целью наших исследований являлось изучение устойчивости видов растений к действию различных фракций нефти.

При изучении влияния различных концентраций светлых фракций нефтепродуктов на рост и развитие растений было установлено, что бензин марки АИ-80 в концентрации выше 0,1% снижает степень прорастания семян на 80,0%. Бензин марки АИ-92 в концентрации 0,1% ингибирует прорастание семян на 60,0%, в концентрации 0,2% – на 80,0%, увеличение концентрации до 0,3% приводит к гибели всех высаженных семян.

Бензин марки АИ-96 в концентрации 0,1% и выше вызывает тотальную гибель вы-

саженных семян. Повышение концентрации бензина до 0,5%, независимо от марки, приводит к гибели всех семян.

При изучении влияния различных марок бензина на развитие люцерны посевной было установлено, что бензин марки АИ-80 в концентрации 0,05% снижает энергию роста семян на 70,0%, в концентрации 0,1% – на 65%, в концентрации 0,2% – на 50,0%. Бензины марок АИ-85, 92, 96 оказывают более токсичное действие на развитие семян (рис. 1).

При изучении влияния бензина различных марок на представителей семейства Крестоцветных было установлено, что независимо от марки бензина, концентрация его выше 0,01% вызывает полную гибель семян кресс-салата, наиболее часто используемого в биоиндикации фитотест-объекта. Изучение реакции редьки посевной показало, что бензин марки АИ-80 в концентрации 0,05% снижает всхожесть семян на 50,0%, увеличение концентрации бензина до 0,1% приводит к гибели 70,0% семян, дальнейшее повышение содержания бензина до 0,2% в почве приводит к полной гибели семян. Бензины марок АИ-85, 92 и 96 оказывают более токсичное действие. Несмотря на то, что при концентрации 0,1% и 0,2% семена прорастают – проростки слабые, быстро желтеют и погибают на 5–6 сутки, корневая система слаборазвитая, придаточные корни малочисленны.

При изучении влияния ксилола, бензола и толуола на прорастание и развитие семян овса было установлено, что ксилол и бензол в концентрации 0,1% оказывают ингибирующее действие на всхожесть семян, при таком загрязнении субстрата прорастает только 28,5% и 30,0% семян соответственно. Длина корней снижается в 2,5–3,0 раза в обоих случаях. Гибель всех семян

отмечена в вариантах с концентрацией ксилола и бензола 0,2%. В опытах с внесением толуола в почву, было выявлено, что летальное действие данного нефтепродукта проявляется в концентрации 0,4%. В вариантах с содержанием в почве толуола в концентрациях 0,05; 0,1; 0,2; 0,3% всхожесть семян снижается по мере увеличения содержания нефтепродукта с 52,0% до 15,0%.

Результаты исследований по влиянию ксилола, бензола и толуола на прорастание и развитие фасоли показали, что 0,1%-я концентрация ксилола вызывает гибель семян растений. 0,05% концентрация задерживает развитие придаточных корней и формирования новых листьев. При этом, если в контрольном варианте высота растений достигала 37 см, а длина корней – 22 см, то в варианте с 0,05%-м содержанием толуола в среде высота растений уменьшилась до 30 см, а длина корней – до 12 см. Аналогичные результаты получены и в варианте с бензолом. В опытах с использованием толуола летальное действие выявлено в варианте с внесением в субстрат 0,2% нефтепродукта, морфологические изменения у растений проявляются по мере увеличения концентрации нефтепродукта в субстрате (рис. 2).

Схожая картина наблюдается и при изучении реакции люцерны посевной на нефтепродукты (рис. 3). В вариантах с 0,05% содержанием нефтепродуктов проростки появляются дружно, имеют ярко-зелёный цвет, однако по мере увеличения концентрации наблюдается отставание в сроках появления всходов. При концентрации 0,2% ксилола и бензола в среде проростки на 4–5 сутки после появления желтеют и гибнут. Изучение реакции представителей семейства Крестоцветные на загрязнение субстрата ксилолом, толуолом и бензолом, показало, что данные нефтепродукты вызывают гибель семян кресс-салата уже в концентрации 0,05%. Редька оказалась более устойчивой к действию толуола, семена дали всходы даже при 0,3%-й концентрации. Наиболее токсичным для редьки оказался ксилол, который в концентрации 0,05% подавил всхожесть семян на 80,0%. Бензол вызвал гибель семян при концентрации 0,2%.

При изучении реакции растений на загрязнение среды обитания дизельным топливом (ДТ), было установлено, что концентрации 1 и 2% ДТ оказывает стимулирующее влияние на развитие анализируемых признаков всех опытных растений. При дальнейшем увеличении концентрации наблюдается ингибирование прорастания семян и развития растений, а 7 и 10% концентрация ДТ вызывает гибель у семян гречишных растений. Результаты

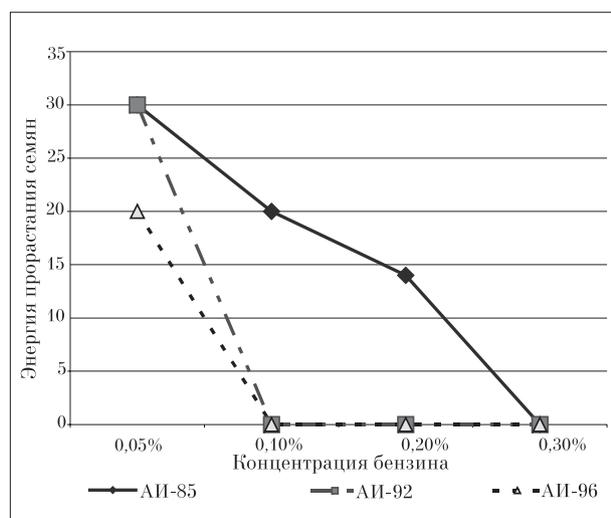
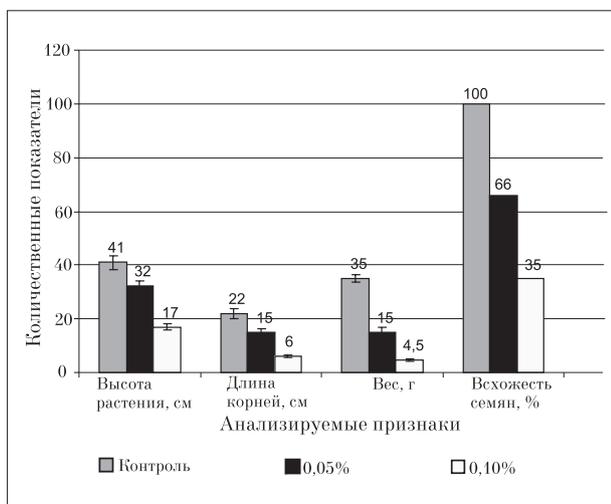


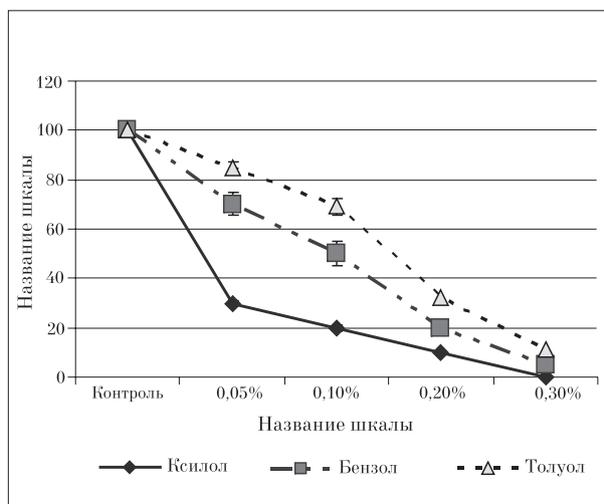
Рис. 1. Влияние различных марок бензина на всхожесть семян редьки посевной (%)



**Рис. 2.** Изменение морфологических признаков фасоли под действием различных концентраций толуола

морфологического анализа растений показали, что самым показательным биоиндикационным признаком загрязнения среды обитания ДТ может послужить длина стебля. У свиного пальчатого и мятлика однолетнего 1%-е загрязнение среды ДТ вызывает увеличение высоты стебля на 8,0% и 16,9% соответственно. Увеличение концентрации ДТ до 2% также оказывает стимулирующее действие на этот параметр, при таком загрязнении отмечено увеличение длины стебля на 1,6% у свиного пальчатого и на 14,8% у мятлика однолетнего. Однако дальнейшее увеличение концентрации ДТ в почве до 3% и более приводит к резкому снижению показателей длины стебля, достигая максимума при 7%-м загрязнении, когда отмечена минимальная длина стебля у свиного пальчатого (8,0 см) и у мятлика однолетнего (4,1 см), что в 3,1 и в 4,6 меньше соответственно, чем в контроле. Длина корней и длина листьев также могут послужить биоиндикационными признаками, так как кривые изменения этих параметров в зависимости от степени загрязнения почвы имеют аналогичный характер. Такой признак, как количество пар листьев, на наш взгляд, несет меньше информации как биоиндикационный признак. В то же время, нужно отметить, что при увеличении концентрации ДТ в почве более 5% приводит к снижению листообразования у злаковых.

Результаты исследования показали, что реакция бобовых растений на загрязнение среды ДТ также определяется морфологическими изменениями таких признаков, как длина стебля и корня. 1%-я концентрация ДТ оказывает стимулирующее влияние на развитие этих признаков. Дальнейшее увеличение concentra-



**Рис. 3.** Реакция люцерны посевной на ксилол, толуол и бензол

ции ДТ подавляет развитие растения. При этом резкое снижение длины стебля у люцерны посевной и клевера лугового на 41,6% и 25,7%, соответственно, отмечается при 3%-м содержании ДТ в субстрате.

При изучении влияния ДТ на рост и развитие представителей семейства Гречишные было проанализировано два признака – длина стебля и длина корней, так как данные растения имеют длительный период развития. Несмотря на это, можно отметить, что и у представителей данного семейства анализируемые признаки можно отнести к биоиндикационным. Результатами экспериментов установлено, что увеличение длины стебля и корней происходит при 1%-ном содержании ДТ в среде. Пороговой концентрацией, при которой изменения, относительно контроля, незначительны, является 2%-ая концентрация. При увеличении ДТ до 3%, происходит резкое уменьшение длины листьев и корней, достигая минимума при 7%-м загрязнении. При 7%-м загрязнении длина стебля и корней у горца птичьего в 12,0 и 23,0 раза меньше, чем в контроле, у цвеля конского в 13,0 и 17,5, соответственно.

Изучение влияния мазута на вегетацию опытных растений показало, что данный нефтепродукт вызывает массовое ингибирование прорастания семян уже при 5%-й концентрации. 3%-я концентрация оказалась ингибирующей для прорастания семян гречишных и бобовых, а сроки прорастания семян, по сравнению с контролем, были сдвинуты на 4–6 суток. 1%-е содержание мазута в субстрате оказывает слабое стимулирующее действие на все опытные растения.

К высокой концентрации мазута оказались толерантными свиного пальчатый и люцерна

посевная. При сравнении данных по влиянию нефти, дизельного топлива и мазута на основные морфологические признаки растений, можно отметить, что по степени влияния нефтепродукта на растения, они располагаются в ряду: нефть – дизельное топливо – мазут.

При изучении влияния мазута на изменения в содержании фенольных соединений (ФС) растений было установлено, что с повышением концентрации мазута в почве влияние его на количественное содержание фенольных соединений растений увеличивается (рис. 4). Установлено, что у свиного пальчатого количество ФС менее изменено, чем у горца птичьего и люцерны посевной. При концентрации мазута в субстрате 2,4% количество ФС снижается на 16,8%, при увеличении содержания мазута вдвое происходит дальнейшее снижение количества ФС до 50,6% от контроля. У горца птичьего отмечено самое сильное снижение количества ФС, при концентрациях мазута 2,4% и 4,8% содержание ФС было снижено на 90,4% и 93,4% соответственно. При аналогичных условиях загрязнения субстрата у люцерны посевной содержание ФС снизилось на 88,8% и 94,4% соответственно.

При изучении качественного состава ФС у контрольных образцов растений, было выявлено, что у свиного пальчатого они представлены гликозидами, 4 классами флавонолов, 1 классом флавонов, 3 классами халконов, 4 классами фенилкарбоновых кислот, у люцерны посевной – гликозидами, 2 классами флавонолов, 2–3 классами флавонов, 1–2 классами халконов, 2–3 классами ауранов, 2 классами фенилкарбоновых кислот. Изучение каче-

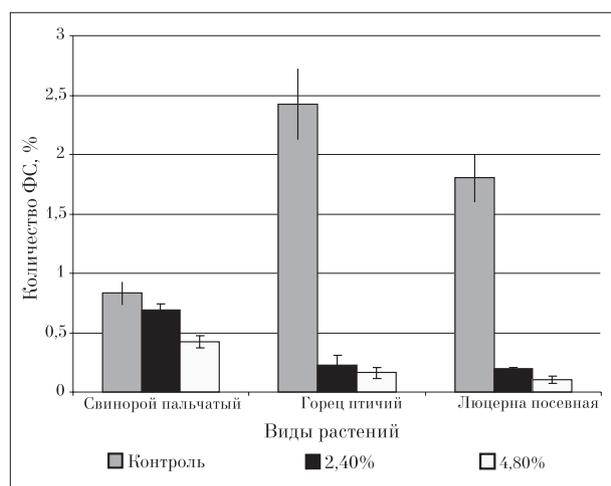


Рис. 4. Влияние различных концентраций мазута на количественное содержание фенольных соединений в растениях

ственного состава опытных растений показало, что у свиного пальчатого в составе ФС отсутствует только одна фенолкарбоновая кислота, в то время как у люцерны посевной полностью исчезают аураны и флавоны.

Таким образом, установлено, что реакция растений на нефтяное загрязнение почвы неоднозначна и зависит как от характера и концентрации загрязняющего агента, так и от таксономической принадлежности растения. При этом выявлено, что тёмные фракции нефтепродуктов в концентрации до 1,0–2,0% оказывают стимулирующее влияние на развитие морфологических признаков всех видов анализируемых растений. Индикационным признаком растений к воздействию дизельного топлива является длина стебля, которая резко уменьшается при концентрации 3% и выше. Повышение концентрации мазута в почве до 2,4% снижает количество фенольных соединений в растениях до 90%.

Постепенное повышение концентрации нефтепродуктов приводит к ингибированию развития растений, а в дальнейшем – к гибели. Устойчивость к повышенному содержанию кумольской нефти в почве проявили свиной пальчатый и тростник южный. Светлые фракции нефтепродуктов, в противоположность тёмным, оказывают остро токсическое действие на все виды растений. Выявлено, что из ряда: бензин различных марок, ксилол, толуол, бензол наиболее токсичными оказались бензин марки АИ-96 и ксилол. Установлено, что под влиянием нефтепродуктов происходят изменения биохимических показателей в фитомассе растений, основные изменения происходят в количественном и качественном содержании фенольных соединений.

## Литература

1. Левина Э.Н. Общая токсикология металлов. М., 1972. С. 215-225.
2. Джубатурова С.С. Суерьяев Р.Х. Экологическая оценка тёмно-каштановых почв Карачаганакского нефтегазового комплекса в связи с техногенезом // Сб. тр. региональной науч.-практ. конф молодых учёных. Шымкент. 2003.
3. Исаева А.У. Фитоценоз нефтезагрязненной техногенной экосистемы // Поиск. 2002. № 3. С.131-135.
5. Киреева Н. А, Мифтахова А. М. Кузяхметов Г. Г. Рост и развитие сорных растений в условиях техногенного загрязнения // Вестник Башкирского университета. 2001. № 1, С. 32-34.