

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОГЕННЫХ РАСТВОРОВ НА РОСТ И РАЗВИТИЕ РАСТЕНИЙ
C. V. Свиркова, П. В. Балаганский

INFLUENCE OF TECHNOLOGICAL SOLUTIONS ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF PLANTS
S. V. Svirkova, P. V. Balaganskii

В лабораторных условиях изучено влияние растворов нефтепродуктов на рост и развитие растений овса. Жидкие отходы нефтепродуктов подавляли физиологические функции организма из-за снижения жизнеспособности зародыша семени. От загрязнения уменьшалось содержание пигментов фотосинтеза и ограничивался рост корней и ростков. Для детоксикации отходов и защиты растений от негативного влияния токсичных нефтепродуктов необходимо снижение концентрации действующих веществ путём разбавления водой.

In the laboratory, the effect of oil solutions on the growth and development of oats plants was studied. Liquid oil waste inhibited the physiological functions of the plant body due to loss of viability of the seed embryo. Pollution decreased the photosynthesis pigment content and limited the growth of roots and shoots. For detoxification of wastes and for protection of plants from the negative effects of toxic petroleum products, it is necessary to reduce the concentration of the active ingredients by dilution with water.

Ключевые слова: нефтепродукты, растения, семена, овёс, всхожесть, рост, развитие, жизнеспособность проростков.

Keywords: petroleum products, plants, seeds, oats, germination, growth, development, viability of seedlings.

С каждым годом все больше внимания уделяется проблемам, связанным с загрязнением окружающей среды. Среди многочисленных вредных веществ антропогенного происхождения, попадающих в окружающую среду (воздух, вода, почва, растительность и др.), нефтепродуктам принадлежит одно из первых мест. Опасность данных загрязнителей, прежде всего, связана с высокой чувствительностью к ним высших растений. В исследованиях, проведённых сотрудниками Кемеровского государственного университета [4], отмечено, что загрязнение почвы нефтепродуктами приводит к сильной деградации растительного покрова, вплоть до полного исчезновения отдельных видов растений (30%) из общей популяции.

Загрязнение природной среды нефтью и нефтепродуктами, жидкими отходами на их основе или с примесью углеводородов представляет опасность для живых организмов в связи с такими свойствами, как токсичность, концергенность, биоаккумуляция (возможность накопления компонентов нефти в живых организмах).

В целях экологической безопасности актуальны современные биологизированные и комбинированные технологии, основанные на современных достижениях науки и техники. Из работы российских исследователей [3] известно, что одним из эффективных приемов биоремедиации является сочетание использования штаммов-деструкторов, природных сорбентов, высея травянистых растений. Эти технологии очистки от нефтепродуктов являются перспективными, поскольку позволяют без значительного ущерба для природы восстановить экосистемы.

В связи с имеющейся экологической проблемой в настоящее время существует большая потребность в проведении разнообразных биологических тестов, которые позволяют быстро оценить качество окружающей среды. Растения являются основой любого биогеоценоза. Отклонения их биохимических, физиологических реакций, весьма чувствительных к изменению условий среды, могут служить индикатором ее состояния. Поэтому изучение влияния нефти и нефтепродук-

тов на рост и развитие растений, начиная с ранних этапов онтогенеза, определение условий снижения их негативных последствий является важным направлением исследования в техногенных ландшафтах.

Цель исследований – изучить влияние техногенных растворов разных концентраций на рост и развитие растений овса. Сформулированы и реализованы следующие задачи:

- апробировать рулонный метод диагностики ростовых изменений у проростков овса в водной культуре;
- выявить особенности действия техногенных растворов на прорастание и всхожесть семян;
- показать изменения ростовых показателей (длина корешков, длина ростков) у проростков овса в зависимости от концентрации техногенных растворов;
- определить содержание фотосинтезирующих пигментов фотометрическим методом у проростков овса, выращенных на техногенных растворах;
- проанализировать влияние разных концентраций техногенных растворов на рост и развитие проростков овса.

Условия, материал и методы исследований

Токсичные отходы промышленных предприятий в случае попадания в почву угнетают рост и развитие, размножение и физиологические функции любых живых организмов: растений, животных, микроорганизмов. Их популяции представляют собой живые системы. Чтобы оценить степень ущерба от влияния на них токсикантов, достаточно организовать и провести лабораторные опыты с использованием живых систем и оценить важнейшие показатели роста и развития растений.

Исследования проведены в лаборатории экологогенетических исследований растений и экологии почв Кемеровского государственного университета в апреле – октябре 2011 – 2012 г. В качестве объекта изучения использованы семена овса сорта Фобос, включенного в Государственный сортовой реестр селекционных достижений и рекомендованного для возделывания в Ке-

меровской области с 1997 года. Сорт создан в результате творческого сотрудничества селекционеров Кемеровского НИИСХ (г. Кемерово), Сибирского НИИСХ (г. Омск) и НПО «Подмосковье» (Московская обл.).

Проращивание семян осуществляли рулонным методом [5] (рис. 1). Учет результата опыта проводили на седьмые сутки. Показатель всхожести рассчитывали в процентах от числа нормально проросших семян к общему их количеству, взятыму для проращивания.

Исследования проведены с использованием отходов, относящихся к 3 классу опасности (отходы чистящих и моющих средств, загрязненные нефтепродуктами; подтоварные воды мазутного хозяйства; отходы эмульсий и эмульсионных смесей; растворитель от мойки деталей отработанный) и 4 классу (загрязненная нефтепродуктами техническая вода, шлам лакокрасочных средств). Накопитель промышленных отходов

располагается в г. Юрга на территории испытательной площадки ООО «Юргинский машзавод», на расстоянии около 2000 метров от основной промышленной площадки. Он представляет собой котлован, изолированный полиэтиленовой пленкой.

Размер в плане 50 x 60 м, глубина 5 м. В нем размещены концентрированные техногенные растворы. Накопитель заполнен на 90 %, требуется разработка способов нейтрализации токсичности отходов.

Вариантами опыта служили концентрированные техногенные отходы и их растворы разных концентраций, которые получены путем одного – пятикратного разбавления (первое – пятое разбавления). Контрольным вариантом являлось проращивание семян в воде. Опыты проведены в двухкратной повторности, каждая из которых содержала по 30 хорошо сформировавшихся семян.



Рис. 1. Рулонный метод диагностики

Содержание пигментов определяли в спиртовой вытяжке двухнедельных проростков фотометрическим методом [1; 8] (рис. 2 – 4). Для количественного определения хлорофиллов и каротиноидов измеряли оптическую плотность экстракта при длинах волн 665 нм, 649 нм, 440 нм. Расчеты производили по соответствующим формулам:

$$C_{\text{хла}} = 13,70 \cdot D_{665} - 5,76 \cdot D_{649}.$$

$$C_{\text{хлв}} = 25,80 \cdot D_{649} - 5,76 \cdot D_{665}.$$

$$C_{\text{хл}}(a+b) = 6,10 \cdot D_{665} + 20,04 \cdot D_{649}.$$

Установив концентрацию пигментов в вытяжке, определяли их содержание в исследуемом материале с учетом объема вытяжки и массы пробы:

$$A = C \cdot V / P \cdot 1000, \text{ где}$$

C – концентрация пигментов в мг/л;

V – объем вытяжки пигментов в мл;

P – навеска растительного материала в г;

A – содержание пигmenta в растительном материале в мг/л свежей массы.

Всходость является одним из основных посевных качеств семян, характеризующих их биологическую и хозяйственную ценность. Она показывает способность семян прорастать (образовывать корешки и ростки) при оптимальных условиях в течение определенного срока, установленного для культуры [11].

По окончании периода покоя у семян пусковым фактором прорастания служит поглощение ими воды. Проклевывание начинается, когда семена достигают критической влажности (40 – 65 % в пересчете на

сухую массу) [10]. Кроме влажности, для нормального прорастания семян также требуются температурный режим (20 – 23 °C) и доступ кислорода.

В процессе прорастания семян выделяют три фазы.

1. Физическую, во время которой происходит поглощение семенами воды и их набухание.

2. Биологическую, связанную с активацией ферментативных процессов в семени. В результате этого запасные вещества, имеющие сложное строение, переходят в более простые, которые могут быть использованы для питания зародыша при его росте.

3. Физиологическую, в ходе которой происходит образование новых клеток и тканей, рост зародыша.

В литературе отмечены противоречивые сведения по влиянию нефтяного загрязнения на прорастание семян растений. В ряде работ отмечено, что нефть оказывала сильное отрицательное воздействие [7; 12 – 13]. Полное отсутствие прорастания семян злаковых культур (*Avena sativa*, *Hordeum vulgare*, *Secale cereale*) выявлено в работах А. Я. Демиденко и др. [2], В. Н. Петухова и др. [9]. В отдельных работах зарубежных исследователей показано отсутствие воздействия нефтяного загрязнения на прорастание семян [14].

В проведённых опытах анализируемые техногенные растворы оказывали угнетающее действие на прорастание семян по сравнению с контрольным ва-

риантом. Снижение всхожести наблюдалось на 1,7 – 43,3 %. Максимальный показатель по опыту составлял 98,3 % (таблица 1).

При использовании жидких отходов без разбавления водой наблюдали резкое снижение всхожести семян овса: на 7,4 – 43,3 % (таблица 1). Исключение составил отход технической воды, загрязнённой нефтепродуктами. Всхожесть семян в нём составила 91,6 %. Учитывая Государственные стандарты на семена овса, это недостаточная всхожесть, но при определённых условиях (повышение нормы высева) посев загрязнённых такой водой грунтов возможен при условии 5-го разбавления (в 10 раз). В этом случае всхожесть семян повысилась до 98,3 % и может быть

достаточной для оптимального проектного покрытия почвы.

В отходах чистящих и моющих средств всхожесть семян оценивалась также низкой – 83,3 %. В условиях 5-го разбавления она повысилась до 95 %, что соответствует Государственным стандартам.

Оценка растворителя от мойки деталей показала высокую токсичность. Всхожесть семян в концентрированном растворе составила всего 56,7 %, а гибель семян – 43,3 %. При пятом разбавлении водой она повысилась до 96,7 %, что также достаточно для использования разбавленного раствора на полив территории, заросшей любыми видами растений.

Таблица 1

Влияние техногенных растворов на всхожесть семян овса

<i>Вариант опыта</i>	<i>Всхожесть семян в растворах без разбавления, %</i>	<i>Гибель семян, %</i>	<i>Всхожесть семян при 5-кратном разбавлении, %</i>	<i>Гибель семян, %</i>	<i>Ранг</i>
Контроль – H ₂ O	100	0,0	100	0,0	1
Техническая вода, загрязненная нефтепродуктами	91,6	8,4	98,3	1,7	2
Отходы чистящих и моющих средств	83,3	26,3	95,0	5,0	3
Растворитель от мытья деталей отработанный	56,7	43,3	96,7	3,3	4
Отходы эмульсии и эмульсионных смесей	0,0	100	60,0	40,0	5

Наиболее сильный отрицательный эффект наблюдали при прорацивании семян в отходах эмульсии и эмульсионных смесей. В растворе, полученном с завода, семена вообще не проросли. В растворах первого и второго разбавления проросло только 5 – 22 % семян (1 – 4 семени). При анализе растворов трех следующих концентраций (третье, четвёртое разбавление) этого вещества показатель всхожести не превышал 30 – 40 %, а при пятом разбавлении водой достиг только 60 %. Это соответствовало 18 всхожим семенам. Добиться повышения всхожести удалось только 20-кратным разбавлением (десятое) раствора.

Такое низкое проявление ростовых процессов в семенах вероятно связано:

1. В большей степени, с низкой доступностью для них воды, нежели токсичным действием веществ, содержащихся в анализируемых растворах. По мнению А. В. Назарова [6], углеводороды нефти и нефтепродуктов, сорбируясь на поверхности живых семян, препятствуют поступлению в них воды.

2. С подавлением процесса дыхания, вызванного ограниченным поступлением кислорода через образующуюся на поверхности воды жироподобную пленку и образованием собственных токсичных метаболитов клетки (альдегидов, жирных кислот, аммиака и других).

3. С развитием семенной инфекции, для которой анализируемые техногенные растворы являются питательным субстратом. В вариантах опыта, особенно с использованием концентрированных растворов, наблюдали проявление инфекции у 26,6 – 60 % семян.

Её диагностировали в виде красного и чёрноокрашенного мицелия, образованного грибами рода *Fusarium* и *Helminthosporium* соответственно.

4. Таким образом, типичной реакцией семян на внешнее загрязнение техногенными веществами является торможение процесса их прорастания, которое выражается в снижении показателя всхожести. Хотя в некоторых случаях вещества-загрязнители могут оказывать начальное стимулирующее действие.

Растения вследствие прикрепления к субстрату постоянно подвергаются воздействию как глобального, так и локального загрязнения. В связи с этим значительный интерес представляет изучение действия нефти и нефтепродуктов на некоторые физиологические параметры роста и развития растений.

Рост – это необратимое увеличение размеров и массы клетки, органа или всего организма, связанное с новообразованием элементов их структур. Понятие «рост» отражает количественные изменения, сопровождающие развитие организма или его частей. Поэтому основными показателями ростовых изменений у растений являются такие биометрические характеристики, как длина и масса всего растения или его отдельных органов.

Исследования фитотоксического влияния нефтепродуктов показали, что вызванное ими загрязнение в значительной мере ингибирует эти показатели у растений овса (таблицы 2, 3).

Влияние концентрированных техногенных растворов на биометрические показатели растений овса

<i>Вариант опыта</i>	<i>Длина корней, см.</i>	<i>Длина ростка, см.</i>	<i>Масса корней, г</i>	<i>Масса проростков</i>
Контроль – H ₂ O	12,86	5,71	1,36	0,81
Техническая вода, загрязненная нефтепродуктами	1,6	2,15	0,86	0,67
Отходы чистящих и моющих средств	1,28	1,25	0,43	0,33
Растворитель от мытья деталей отработанный	0,93	0,93	0,09	0,01
Отходы эмульсии и эмульсионных смесей	0	0	0	0
HCP05	0,25	0,17	0,04	0,013

Влияние техногенных растворов пятого разбавления на биометрические показатели растений овса

<i>Вариант опыта</i>	<i>Длина корней, см.</i>	<i>Длина ростка, см.</i>	<i>Масса корней, г</i>	<i>Масса проростков</i>
Контроль – H ₂ O	12,86	5,71	1,36	0,81
Техническая вода, загрязненная нефтепродуктами	11,36	5,68	1,23	0,78
Отходы чистящих и моющих средств	8,56	3,91	0,78	0,36
Растворитель от мытья деталей отработанный	7,23	1,42	0,78	0,27
Отходы эмульсии и эмульсионных смесей	3,56	1,56	0,43	0,33
HCP05	0,9	0,54	0,09	0,02

На растворах в концентрированном виде длины и массы ростков и корней были ниже, чем у растений контрольных вариантов (таблица 2). Средняя длина корней соответствовала 1,27 см, длина ростков – 1,4 см, их массы – 0,43 и 0,33 г, соответственно. На концентрированном растворе отходов эмульсии и эмульсионных смесей вообще не наблюдали прорастание семян овса. При выращивании растений на его растворе пятого разбавления ростовые показатели были самыми низкими по опыту и меньше контрольного варианта в 3,6 раза, а масса измеренных проростков была в 2,45 – 3,1 раза ниже контрольных.

Меньшим токсическим действием обладала техническая вода, загрязненная нефтепродуктами. На концентрированном варианте ростовые параметры были также очень низкими по сравнению с растениями, выращенными в воде. Однако при пятом разбавлении раствора рост проростков наблюдался на уровне контрольных растений.

Другие техногенные растворы сдерживали увеличение проростков овса в среднем на 31,5 – 75 % по длинам корней и ростков и на 43 – 66,7 % по их массе,

соответственно. Внешние признаки техногенного давления выразились в том, что листья растений теряли типичную зелёную окраску и начинали осветляться, белеть и усыхать от кончика листа к середине листовой пластиинки

Пигменты относятся к важнейшим компонентам фотосинтезирующего аппарата. В процессе фотосинтеза с помощью пигментной системы растений происходит поглощение и преобразование солнечной энергии в энергию органических соединений. Главным фотосинтезирующим пигментом является сине-зеленый хлорофилл *a*. Дополнительные пигменты фотосинтеза представлены: хлорофилл *b* (желто-зеленый), каротиноиды (желтые, оранжевые, красные). Содержание пигментов в пластидах клеток, особенно хлорофилла *a*, влияет на активность работы фотосистем, результативность световых реакций фотосинтеза, биологическую продуктивность растений и ее качество.

Анализ вытяжек на спектрофотометре при длине волны в пределах 450 – 600 подтвердил влияние жидких отходов на фотосинтез растений (таблица 4).

Содержание фотосинтезирующих пигментов в проростках овса, выращенных на техногенных растворах

Пигменты	Вариант опыта				
	вода – контроль	техническая вода, загрязненная НП	растворитель от мойки деталей	отходы чистящих и моющих средств	отходы эмульсии и эмульсионных смесей
<i>Концентрация, мг/л</i>					
Хлорофилл а	34,05	21,19 – 32,55	11,78 – 19,57	31,18 – 33,59	18,71 – 32,49
Хлорофилл в	19,47	6,17 – 14,04	3,52 – 5,87	9,74 – 28,59	6,50 – 19,67
Хлорофилл а + в	53,52	27,36 – 46,6	15,30 – 25,44	40,92 – 60,71	25,21 – 51,29
Каротиноиды	0,72	1,6 – 6,09	4,07 – 5,86	0,06 – 4,1	0,18 – 5,0
<i>Содержание, мг/г</i>					
Хлорофилл а	0,68	0,42 – 0,65	0,24 – 0,39	0,62 – 0,68	0,37 – 0,65
Хлорофилл в	0,39	0,12 – 0,28	0,07 – 0,12	0,19 – 0,57	0,13 – 0,39
Хлорофилл а + в	1,07	0,54 – 0,93	0,31 – 0,51	0,81 – 1,21	0,5 – 1,03
Каротиноиды	0,01	0,03 – 0,12	0,08 – 0,12	0,001 – 0,08	0,004 – 0,1

Угнетающее действие изучаемые техногенные растворы оказывали и на биосинтез хлорофилла. При выращивании проростков овса в воде массовая концентрация хлорофилла *a* составила 34,05 мг/л, хлорофилла *v* – 19,47; суммарная масса (*a* + *v*) – 53,52 мг/л, что соответствовало 1,07 мг/г свежей массы. В отношении пигментов группы каротиноидов в листьях опытных проростков наблюдалась тенденция к их большему накоплению (6,09 мг/л), чем у контрольных растений, выращенных на воде (0,72 мг/л). Это как раз свидетельствует о перераспределении соотношения разных пигментов в зависимости от техногенного стресса.

В маточном растворе технической воды (без разбавления) суммарная концентрация хлорофиллов (*a* + *v*) составила лишь 27,36 мг/л, но при 5-м разведении (в 10 раз) показатель приблизился к контрольному варианту и достиг 46,6 мг/л (таблица 4).

Отходы чистящих и моющих средств в разбавленном состоянии стимулировали биосинтез хлорофилла. Под их влиянием общая концентрация хлорофиллов в среде без разбавления почти на 20 % ниже по сравнению с контролем. В условиях 5-го разведения, наоборот, на 13,5 % выше. В рассматриваемом варианте опыта доля каротиноидов была самой незначительной: 0,001 – 0,08 мг/г (таблица 4).

Наиболее жесткие условия наблюдали в варианте с использованием отходов эмульсии и эмульсионных смесей и отработанного растворителя от мойки деталей (таблица 4). При высокой концентрации эмульсионных веществ в растворе первого разбавления семена вообще не проросли. Только при втором разбавлении водой появляются всходы, но концентрация зеленых пигментов снижается почти в 2 раза. При 5-м разведении водой – только на 4 % от контрольного варианта, что достоверно. Содержание каротиноидов отмечено высокое – 0,1 мг/г (таблица 4). В листьях проростков, выращенных на отработанном растворителе от мойки деталей, суммарное содержание хлорофиллов было самым низким по опыту. Поэтому данный техногенный раствор является более токсичным. В концентрированном растворе этот показатель составлял 0,3 мг/г при отношении к каротиноидам – 3,9. В контрольном варианте суммарное отношение хлорофиллов к каротиноидам соответствовало 5,7. Концентрация хлорофиллов у рас-

тений, выращенных в этом растворе в зависимости от степени разбавления водой, была только 15,30 – 25,44 мг/л, соответственно или 0,31 – 0,51 мг/г свежей массы листьев при отношении к каротиноидам 3,8 – 4,4.

Следовательно, для детоксикации отходов возможно применять их разбавление водой до 5-го (пятого) разведения. На это потребуется объем воды, в 5 раз превышающий объем жидких отходов.

Заключение

Жидкие отходы, загрязнённые нефтепродуктами, отрицательно отражались на жизни растений, приводя к подавлению физиологических функций организма из-за утраты жизнеспособности уже на ранних этапах развития зародыша семени. Наиболее сильное отрицательное воздействие на прорастание семян оказали отходы эмульсии и эмульсионных смесей. Всхожесть семян в этом растворе третьего, четвертого разбавления не превысила 30 – 40 %, а при пятом разбавлении водой соответствовала только 60 %. Исследования фитотоксического влияния растворов нефтепродуктов показали, что вызванное ими загрязнение в значительной мере ингибирует ростовые показатели у растений овса на начальном этапе роста и развития. Существенное снижение показателей длины корней и ростков (в 3,6 раза по сравнению с контролем), массы этих органов (в 2,45 – 3,1 раза по сравнению с контролем) наблюдали на растворе отходов эмульсии и эмульсионных смесей. Отмечено техногенное давление на пигментный фотосинтезирующий аппарат растений. Листья теряли типичную зеленую окраску, начинали осветляться, белеть и усыхать от кончика листа к краю листовой пластинки. В отходах эмульсии и эмульсионных смесей концентрация зеленых пигментов снижалась в 2 раза при 5-м разведении водой на 4 % от контрольного варианта. Более токсичным оказался растворитель от мойки деталей. Концентрация хлорофиллов у растений, выращенных в этом растворе, была только 15,30 – 25,44 мг/л, соответственно, или 0,31 – 0,51 мг/г свежей массы листьев в зависимости от степени разбавления водой.

Таким образом, для детоксикации отходов и защиты растений от негативного влияния токсичных техно-

генных веществ на прорастание семян и фотосинтезирующий аппарат растений необходимо снижение концентрации действующих веществ путём разбавления

водой до пятого разведения (в 10-кратном объёме), а в случае с отходами эмульсии и эмульсионных смесей 1 – 20 кратном объеме.

Литература

1. Гавриленко В. Ф., Ладыгина М. Е., Хандобина Л. М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание: учебное пособие. М.: Высш. шк., 1975. С. 126 – 134.
2. Демеденко А. Я., Демуржан В. М., Шелянова А. Д. Изучение питательного режима почв, загрязненных нефтью // Агрохимия. 1983. № 9. С. 100 – 103.
3. Емельянова Е. К. Микроорганизмы природных биоценозов для биоремедиации почв и водных объектов Сибири, загрязнённых нефтепродуктами: дис. ... канд. биол. наук. Кольцово, 2009. 143 с.
4. Заушинцена А. В., Заушинцен А. С., Мальцева А. Т., Свиркова С. В., Барышева О. В. Реакция растительного покрова на загрязнения почвы нефтепродуктами // Вестник Кемеровского государственного университета. 2014. № 1(57). Т. 2. С. 7 – 11.
5. Методы диагностики устойчивости растений к экстремальным условиям среды: методическое руководство. Кемерово, 1992. 70 с.
6. Назаров А. В. Влияние нефтяного загрязнения почв на растения // Вестник Пермского университета. 2007. Вып. 5(10). С. 135 – 141. Режим доступа: <http://cyberleninka.ru/article/n/vliyanie-neftyano-zagryazneniya-pochvy-na-rasteniya> (дата обращения: 08.10.14).
7. Невзоров В. М. О проведении воздействия нефти на почву // Известия вузов. Летний журнал. 1976. № 2. С. 164 – 165.
8. Петункина Л. О. Фотосинтез: учебно-методическое пособие. Кемерово, 2010. С. 6 – 29.
9. Петухов В. Н., Фомиченко В. М., Чугунова В. А. Биотестирование почвы и воды, загрязненной нефтью и нефтепродуктами, с помощью растений // Прикладная биохимия и микробиология. М.: Биохимия, 2000. Т. 36. № 6. С. 652 – 655.
10. Полевой В. В. Физиология растений: учеб. для биол. спец. вузов. М.: Высш. шк., 1989. С. 339.
11. Сельскохозяйственный энциклопедический словарь / под ред. В. К. Месяц. М.: Сов. энциклопедия, 1989. С. 91.
12. Шилова И. И. Биологическая рекультивация нефтезагрязненных земель в условиях токсичной зоны // Восстановление нефтезагрязненных почвенных экосистем. М.: Наука, 1988. С. 159 – 168.
13. Халимов Э. Н., Левин С. В., Гезеев В. С. Экологические и микробиологические аспекты повреждающего действия нефти на свойства почвы // Вестник МГУ. 1996. № 2. Сер. 17. С. 59 – 64.
14. Blankenship D. W., Larson R. A. Plant growth inhibition by the water extract of a crude oil // Water, Air and Soil Pollut. 1978. Vol. 10. № 4. P. 471 – 472.

Информация об авторах:

Свиркова Светлана Валерьевна – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры ботаники КемГУ, 8-913- 404- 61-49, svsvirkova@yandex.ru.

Svetlana V. Svirkova – Candidate of Agricultural Science, Assistant Professor at the Department of Botany, Kemerovo State University.

Балаганский Павел Владимирович – магистрант кафедры ботаники КемГУ, pavel.balaganskiy@mail.ru.

Pavel V. Balaganskii – Master's Degree student at the Department of Botany, Kemerovo State University.

(Научный руководитель – С. В. Свиркова).

Статья поступила в редакцию 17.12.2014 г.