

УДК 581.44/.49:[581.5:502.55]

ПОВЫШЕНИЕ ВЫЖИВАЕМОСТИ И УЛУЧШЕНИЕ СОСТОЯНИЯ НАДЗЕМНОЙ ЧАСТИ РАСТЕНИЙ В УСЛОВИЯХ НЕФТЯНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВЫ

Яковлева-Носарь С.О., к.б.н., доцент, Полякова И.А., к.б.н., доцент,
Лях В.А., д.б.н., профессор

Запорожский национальный университет

Исследовано влияние адсорбирующих добавок на выживаемость и состояние надземной части растений на ранних стадиях развития у тагетеса, горчицы сарептской и канареечника на фоне нефтяного загрязнения субстрата выращивания. Установлено, что внесение торфа (20–200 г/кг), сапропеля (20–200 г/кг) или кизельгура (10–50 мл/кг) в песок с 5–10 % загрязнением нефтью увеличивало выживаемость растений. В большинстве случаев при использовании добавок надземная часть растения развивалась намного хуже, чем в чистом песке, за исключением внесения кизельгура (50 мл/кг).

Ключевые слова: нефтяное загрязнение, адсорбирующая добавка, торф, сапропель, кизельгур, выживаемость растений, надземная часть растения.

Яковлева-Носарь С.О., Полякова И.О., Лях В.О. ПІДВИЩЕННЯ ВИЖИВАННЯ ТА ПОКРАЩЕННЯ СТАНУ НАДЗЕМНОЇ ЧАСТИНИ РОСЛИН ЗА УМОВ НАФТОВОГО ЗАБРУДНЕННЯ ҐРУНТУ / Запорізький національний університет, Україна

Досліджено вплив адсорбуючих добавок на виживання і стан надземної частини рослин на ранніх стадіях розвитку в тагетеса, гірчиці сарептської та канаркової трави на тлі нафтового забруднення субстрату вирощування. Встановлено, що внесення торфу (20–200 г/кг), сапропеля (20–200 г/кг) або кизельгуру (10–50 мл/кг) у пісок з 5–10 % забрудненням нафти збільшувало виживання рослин. У більшості випадків при використанні добавок надземна частина рослини розвивалася набагато гірше, ніж у чистому піску, за винятком внесення кизельгуру (50 мл/кг).

Ключові слова: нафтове забруднення, адсорбуюча добавка, торф, сапропель, кизельгур, виживання рослин, надземна частина рослини.

Yakovleva-Nosar' S.O., Poliakova I.A., Lyakh V.A. INCREASING THE SURVIVAL RATE AND IMPROVEMENT OF AERIAL PART OF PLANTS IN SOIL POLLUTED WITH OIL / Zaporizhzhya National University, Ukraine.

The effect of adsorbing additives on the survival rate and aerial part appearance of the plants at the early stages of development in marigold, brown mustard and ribbon grass against the oil pollution substrate cultivation was investigated. It was found that adding peat (20-200 g/kg), sapropel (20-200 g/kg) or diatomaceous earth (10-50 ml/kg) in the sand with 5-10% oil pollution increased the survival rate of these plants. In most cases, the aerial part of plants has developed a lot worse when using additives compared with pure sand, except for the addition of diatomaceous earth (50 ml/kg).

Key words: oil pollution, adsorbing additive, peat, sapropel, diatomaceous earth, survival rate, aerial part of plant.

ВВЕДЕНИЕ

Загрязнение почвы и водоемов нефтепродуктами – злободневная проблема современной цивилизации. В основе технологий для очистки загрязненных земель от ряда веществ, в том числе от нефти, лежат методы ремедиации. Известно, что существуют два основных варианта фитодеградации загрязнителей – внутренняя трансформация углеводородов посредством метаболических процессов, происходящих в растительном организме, и их разложение под действием корневых выделений растений. Несомненно, фиторемедиация является экономически выгодным и обоснованным в экологическом аспекте методом очистки углеводородных загрязнений [1].

Также в ряде случаев предлагается использование сорбентов, которые способны собирать и связывать нефтепродукты на загрязненной территории. Ассортимент сорбентов возможно расширить, используя доступный и недорогой материал, в качестве которого могут выступать органические вещества природного происхождения [2].

Целью наших исследований было изучить возможность использования в качестве добавок в песок, загрязненный нефтью, торфа, сапропеля и кизельгура для обеспечения роста и развития растений.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов изучения были выбраны три вида растений из разных семейств, которые, по литературным данным, являются относительно толерантными к загрязнению почвы нефтепродуктами [3–5]: тагетес прямостоячий (*Tagetes erecta* L.), канареечник канарский (*Phalaris canariensis* L.) и горчица сарептская (*Brassica juncea* Czern.). Выбор данных видов был также обусловлен тем, что тагетес является широко распространенным декоративным засухоустойчивым растением. Кроме того, тагетес и горчица характеризуются корневыми выделениями, способными активно влиять на микрофлору грунта. Горчица может представлять интерес и как сидеральная культура для запахивания в почву с целью улучшения ее качества. Канареечник является неприхотливым, достаточно толерантным к недостатку влаги злаковым растением.

В качестве сорбентов использовали следующие материалы: торф, сапропель и кизельгур. Кизельгур (диатомит) – осадочная горная порода, в состав которой входят отмершие диатомовые водоросли. Диатомит обычно применяется как адсорбент и фильтр в текстильной, нефтехимической, пищевой промышленности [6]. Для наших исследований источником данного материала в виде «молока» явилось пивоваренное производство, где он был использован для очистки пива. Все три сорбента были предоставлены Восточной Торфяной Компанией.

В чистый песок, который служил в качестве контроля 1, добавляли сырую нефть в двух концентрациях. Варианты с 5 % и 10 % концентрацией нефти в песке являлись, соответственно, контролями 2 и 3. В загрязненный нефтью (в двух указанных концентрациях) песок добавляли торф, сапропель и кизельгур в двух концентрациях. В результате были получены почвенные смеси с содержанием торфа 2,0 и 20,0 % (варианты 4–7), сапропеля – 2,0 и 20,0 % (варианты 8–11) и кизельгура 1,0 и 5,0 % (варианты 12–15). Вся экспериментальная матрица состояла из 15 вариантов (табл. 1).

Таблица 1 – Схема эксперимента

Номер варианта	Вариант
1	Песок чистый (контроль 1)
2	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) (контроль 2)
3	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %) (контроль 3)
4	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) + торф (20 г/кг)
5	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) + торф (200 г/кг)
6	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %) + торф (20 г/кг)
7	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %) + торф (200 г/кг)
8	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) + сапропель (20 г/кг)
9	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) + сапропель (200 г/кг)
10	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %) + сапропель (20 г/кг)
11	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %) + сапропель (200 г/кг)
12	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) + кизельгур (10 мл/кг)
13	Песок, загрязненный нефтью (5,0 %) + кизельгур (50 мл/кг)

Номер варианта	Вариант
14	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %)+ кизельгур (10 мл/кг)
15	Песок, загрязненный нефтью (10,0 %)+ кизельгур (50 мл/кг)

Через несколько дней после подготовки почвенных смесей одновременно были высажены сеянцы трех видов растений на стадии семядольных листьев в пластмассовые стаканчики объемом 200 мл в трех повторностях. В каждый стаканчик высаживали по 3 сеянца. Растения помещали в условия фитотрона с фотопериодом 18 часов/6 часов (день/ночь). На 5-й и 21-й дни после высадки во всех вариантах подсчитывали количество живых сеянцев. Для оценки степени развития надземной части растения у тагетеса прямостоячего и горчицы сарептской оценивали степень развития настоящих листьев в баллах (от 0 до 5), а у канареечника – измеряли длину первого листа.

Полученный цифровой материал обработан методами математической статистики [7].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты полученных экспериментальных данных представлены в табл. 2. Как видно из таблицы 2, в контроле 1 (на чистом песке) все высаженные растения прижились и оставались живыми вплоть до окончания эксперимента. В вариантах с 5-ти и 10 %-ным загрязнением нефтью (без внесения сорбентов) приживаемость растений существенно снижалась. Например, в варианте 2 сеянцы не прижились вообще ни у одного из трех видов исследуемых растений. В варианте 3 в начале эксперимента приживалось около трети высаженного материала тагетеса и канареечника и две трети — горчицы, а к концу – живых растений было не более 33,3 %, а в варианте с канареечником отмечалась полная элиминация растений.

Таблица 2 – Влияние почвенных добавок на выживаемость растений в условиях нефтяного загрязнения грунта, %

Вариант	Тагетес		Канареечник		Горчица	
	5-й день	21-й день	5-й день	21-й день	5-й день	21-й день
1	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
2	0	0	0	0	0	0
3	33,3	33,3	33,3	0	66,7	33,3
4	0	0	22,2	0	11,1	11,1
5	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
6	55,5	33,3	77,7	33,3	55,5	22,2
7	100,0	88,8	100,0	100,0	77,7	77,7
8	44,4	44,4	22,2	22,2	22,2	11,1
9	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0	100,0
10	22,2	22,2	66,6	22,2	44,4	22,2
11	100,0	100,0	88,8	77,7	88,8	77,7
12	77,7	44,4	44,4	44,4	33,3	33,3
13	100,0	100,0	100,0	100,0	88,8	88,8
14	100,0	100,0	66,6	44,4	66,6	55,5
15	100,0	100,0	100,0	88,8	100,0	100,0

Внесение в почву всех трех добавок, даже в меньших концентрациях, значительно улучшало ситуацию. Так, на фоне 5 % загрязнения субстрата выращивания нефтью при внесении кизельгура (10 мл/кг песка) выжило к концу эксперимента по 44,4 % растений тагетеса и канареечника, а также 33,3 % экземпляров горчицы. Практически в два раза меньшим был эффект от внесения сапропеля в концентрации 20 г/кг песка для растений канареечника: в конце эксперимента выживаемость растений этого вида составила 22,2 %. Внесение сапропеля в указанной дозе привело к сохранению в этом варианте 11,1 % растений горчицы. В варианте с использованием торфа (20 г/кг) положительный результат в начале опыта был зафиксирован для растений канареечника и горчицы. Однако к концу эксперимента экземпляры канареечника погибли.

Использование всех трех добавок в более высокой дозе на том же фоне загрязнения нефтью (варианты 5, 9, 13) обеспечило выживаемость всех трех видов растений на уровне практически 100%. Исключение составила горчица. У этого вида на протяжении всего исследования процент выживаемости составил 88,8 %.

Все использованные в эксперименте добавки были эффективными и на фоне 10 % загрязнения почвенных смесей нефтью. Если проанализировать варианты, в которых адсорбенты использовались в более низких концентрациях (6, 10, 14), то их ранжировочный ряд по степени нарастания положительного действия на выживаемость растений будет выглядеть следующим образом: сапропель, торф, кизельгур. Наиболее благоприятно внесение добавок сказалось на растениях тагетеса.

Однако наибольший эффект наблюдали при более высоких дозах добавок. Так, при добавлении торфа и сапропеля в количестве 200 г/кг субстрата выращивания и 50 мл кизельгура на то же количество почвенной смеси (варианты 7, 11, 15) выживаемость растений была очень высокой и варьировала от 77,7 до 100% в зависимости от типа добавки и вида растения. При этом самые высокие показатели выживаемости растений наблюдались при внесении кизельгура. Как и при более низких концентрациях добавок (на фоне 10 % нефтяного загрязнения), высокие их дозы наиболее существенно повысили выживаемость растений тагетеса (от 88,8 до 100 %) (табл. 2).

На рисунках 1–3 приведены данные, характеризующие состояние надземной части исследуемых растений в различных вариантах эксперимента.

Как видно из рисунка 1, надземная часть растений тагетеса почти во всех опытных вариантах развивалась значительно хуже по сравнению с чистым от нефти субстратом. Лишь в варианте 15 с присутствием кизельгура в количестве 50 мл/кг по степени развития настоящих листьев растения не уступали варианту с чистым песком.

Горчица по степени развития надземной части во всех опытных вариантах значительно уступала контролю, разница составляла более 2 раз (рис. 2).

У канареечника наилучшим развитием надземной сферы растения характеризовался вариант 15 с добавлением кизельгура в концентрации 50 мл/кг, а также вариант 11 с внесением сапропеля в количестве 200 г/кг почвенной смеси. У растений этих вариантов длина первого листа значимо не отличалась от контроля.

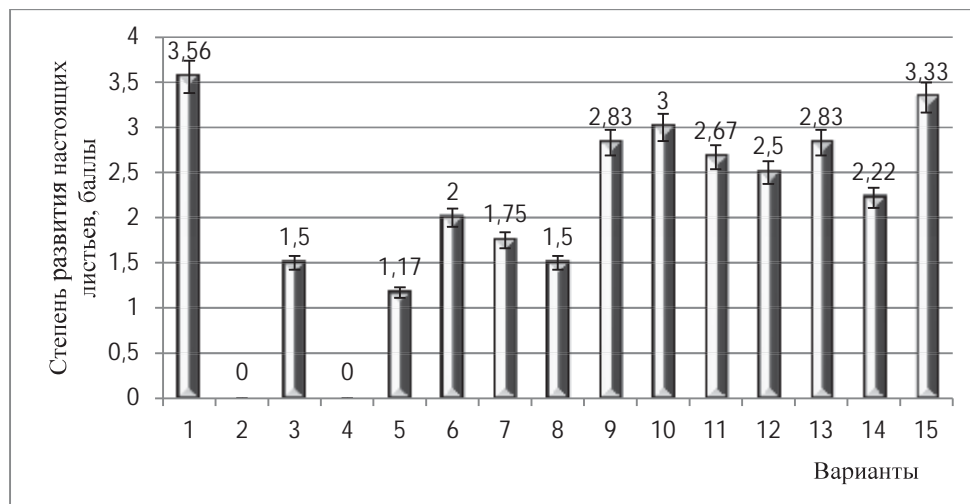


Рис. 1 Влияние нефтяного загрязнения и внесения адсорбирующих добавок на степень развития настоящих листьев тагетеса

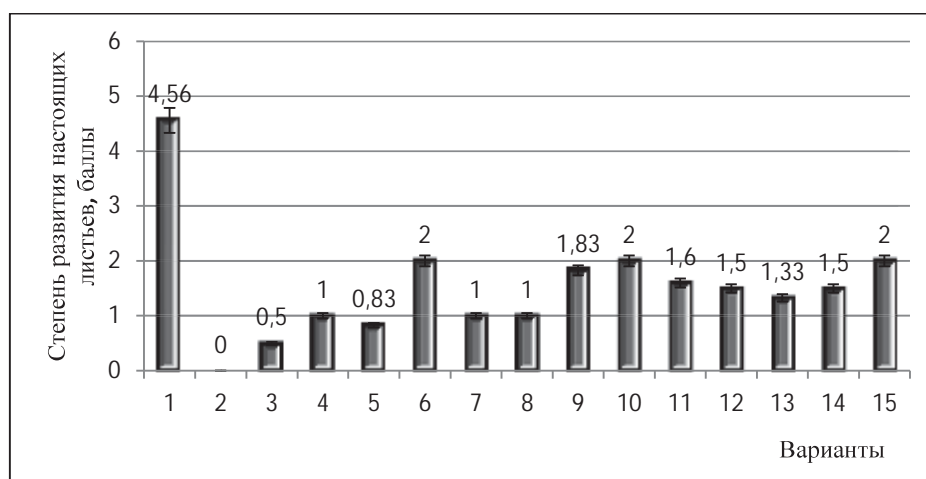


Рис. 2 Влияние нефтяного загрязнения и внесения адсорбирующих добавок на степень развития настоящих листьев горчицы

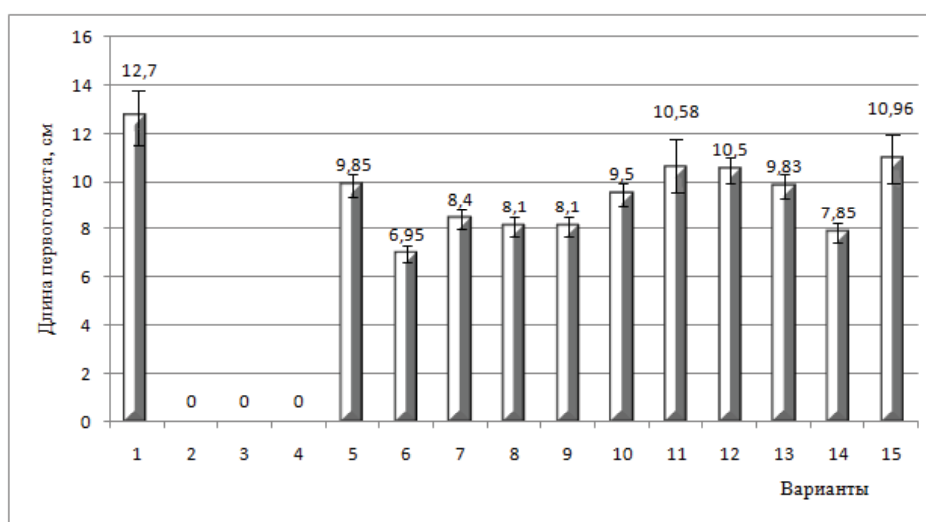


Рис. 3 Влияние нефтяного загрязнения и внесения адсорбирующих добавок на длину первого листа растений канареечника

Перспективным является исследование состояния корневых систем тагетеса, канареечника и горчицы в условиях нефтяного загрязнения почвы.

ВЫВОДЫ

1. В песке с содержанием нефти до 10 % через три недели после высадки выживало до 33,3 % растений тагетеса прямостоячего и горчицы сарептской и не выживали растения канареечника.
2. Добавление торфа (20 г/кг), сапропеля (20 г/кг) или кизельгура (10 мл/кг) в песок с 5 % уровнем загрязнения нефтью увеличивало выживаемость растений. При этом максимальный эффект достигался при использовании кизельгура. Почти в два раза меньшим было положительное влияние внесения сапропеля и еще меньшим – присутствие торфа в субстрате выращивания. При использовании торфа и сапропеля в количестве 200 г/кг или кизельгура в концентрации 50 мл/кг на том же фоне загрязнения нефтью выживаемость растений всех трех видов растений составила практически 100 %.
3. Все использованные в эксперименте добавки были эффективными и на фоне 10 % загрязнения песка нефтью. Наибольший эффект наблюдали при их более высоких дозах. Так, при добавлении торфа и сапропеля в количестве 200 г/кг песка и 50 мл/кг кизельгура выживаемость растений составляла от 77,7 до 100 % в зависимости от типа добавки и вида растения.
4. В большинстве вариантов с внесением добавок в песок, загрязненный нефтью, надземная часть всех исследованных видов растений развивалась значительно хуже по сравнению с чистым песком. Исключение составили вариант с использованием кизельгура (50 мл/кг) для тагетеса и канареечника, а также вариант с внесением сапропеля в количестве 200 г/кг для канареечника, где растения по степени развития надземной части не уступали растениям, находящимся в чистом песке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Стольберг В.Ф. Биоплато – эффективная малозатратная экотехнология очистки сточных вод / В.Ф. Стольберг, В.Н. Ладыженский, А.И. Спирин // *Екологія довкілля та безпека життєдіяльності*. – 2003. – № 3. – С. 32–34.
2. Молотков И.В. Фиторемедиация / И.В. Молотков, В.А. Касьяненко // *Нефть. Газ. Промышленность*. – 2005. – № 1(3). – С. 22–25.
3. Киреева Н.А. Подбор растений для фиторемедиации почв, загрязненных нефтяными углеводородами / [Киреева Н.А., Григориади А.С., Водопьянов В.В., Амирова А.Р.] // *Известия Самарского научного центра РАН*. – 2011. – Т. 13, № 5 (2). – С. 184–187.
4. Калюжин В.А. Очистка воды и почвы от нефти и нефтепродуктов с помощью культуры микробов-деструкторов / В.А. Калюжин, С.В. Лушников, К.Н. Завгороднев // *Электронный ресурс*. Адрес доступа: www.priborservice.ru/ecology031.html.
5. Таскаев А.И. Корневищный способ фиторекультивации почвы от нефти и нефтепродуктов // Патент № 2010123987/13 от 11.06.2010. *Электронный ресурс*. Адрес доступа www.findpatent.ru/patent/244/2440199.html.
6. Ариткин А.Г. Инновации в интенсификации аграрного производства / А.Г. Ариткин, Т.Ю. Сушкова, А.Х. Куликова // *Инновационная экономика*. – 2007. – № 10 // *Электронный ресурс*. Адрес доступа www.innov.etu.ru.
7. Лакин Г.Ф. Биометрия / Г.Ф. Лакин. – М.: Высшая школа, 1990. – 320 с.

Работа выполнена в рамках хоздоговора с Восточной Торфяной Компанией.