

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КРЕСС-САЛАТОВ И ПШЕНИЦЫ В КАЧЕСТВЕ ФИТОЭКОИНДИКАТОРОВ ДЛЯ ОЦЕНКИ ТОКСИЧНОСТИ ДИСТИЛЛЕРНОЙ ЖИДКОСТИ

Быковский Н.А.¹, Овсянникова И.В.¹, Пучкова Л.Н.¹, Фанакова Н.Н.¹, Хайруллин Р.М.²

¹ФБГОУ ВО «Уфимский государственный нефтяной технический университет», филиал в г. Стерлитамаке, Стерлитамак, e-mail: nbikovsky@list.ru;

²Институт биохимии и генетики, Уфимский научный центр РАН, Уфа

В работе исследовано применение кресс-салатов (сорта Забава и Крупнолистовой) и пшеницы (сорта Салават Юлаев и Омская) как фитоэкоиндикаторов. В качестве объекта для тестирования использовали дистиллерную жидкость. Оценка токсичности производили по трем параметрам (всхожесть семян, длина и сухой вес проростков). Показано, что дистиллерная жидкость оказывает острое токсическое действие на все используемые фитоэкоиндикаторы. Обнаружено, что уравнения регрессии всхожести семян и сухого веса проростков в отличие от их средней длины для всех растений адекватно не описывают экспериментальные результаты и не могут быть использованы для оценки безопасной кратности разведения. Безопасная кратность разведения, определенная по средней длине проростков, равняется для кресс-салатов Забава - 34,7, Крупнолистовой - 34,4, а для пшеницы сорта Салават Юлаев – 73,0 и для пшеницы сорта Омская – 81,8. Выявлено, что безопасная степень разведения, определенная с использованием различных видов растений, колеблется достаточно сильно.

Ключевые слова: кресс-салат, пшеница, биоиндикатор, дистиллерная жидкость, всхожесть, средняя длина, сухой вес.

THE USE OF CRESS SALADS AND WHEAT AS PHYTOINDICATORS TO ASSESS THE TOXICITY OF DISTILLED LIQUID

Bykovsky N.A.¹, Ovsyannikova I.V.¹, Puchkova L.N.¹, Fanakova N.N.¹, Khayrullin R.M.²

¹Sterlitamak branch of Ufa State Petroleum Technological University, Sterlitamak, e-mail: nbikovsky@list.ru;

²Institute of biochemistry and genetics, Ufa scientific center, Ufa

The work refers to the application of cress-salad (the Zabava and Big Leaf species), and wheat (the Salavat Yulaev and Omsk species) as phytoindicators. As the test object the distilled liquid was used. The toxicity was assessed referring to the three parameters (seed germination, length and dry weight of seedlings). It is shown that the distilled liquid has acute toxic effect on all used phytoindicators. It was found that the regression equation of seed germination and dry weight of seedlings as opposed to their mid-length for all plants do not present adequately the experimental findings and cannot be used to assess safe dilution ratio. Safe rate of withdrawal obtained upon the average length of seedlings for watercress salad species Zabava makes 34,7 for BigLeaf is 34.4, and for wheat species Salavat Yulaev – 73,0 and wheat Omsk – 81,8. It is revealed that a safe degree of dilution determined with the use of different types of plants varies strongly enough.

Keywords: garden cress, wheat, bioindicator, distilled liquid, germination, average length, dry weight.

Развитие промышленного производства сопровождается бурным ростом различных отходов, в том числе сточных вод, содержащих в своем составе различные вредные вещества.

В настоящее время для оценки токсичности различных объектов все более широко применяются методы биотестирования. В качестве тест-индикаторов используются различные растения и организмы [1; 2; 7]. В связи с этим представляет интерес исследование поведения различных фитоэкоиндикаторов для оценки токсичности одного и того же объекта. В качестве объекта для тестирования использовали дистиллерную жидкость – основной отход производства кальцинированной соды.

В основе производства кальцинированной соды аммиачным методом лежит реакция



которая отражает две стадии производства: аммонизацию раствора хлорида натрия и карбонизацию аммонизированного рассола. В результате образуется суспензия, фильтрацией которой получают осадок NaHCO_3 и фильтровую жидкость, содержащую NH_4Cl и непрореагировавшие NaCl и NH_4HCO_3 .

Бикарбонат натрия разлагают при нагревании до $140\div 180$ °С с получением соды и газа, содержащего $97\div 98\%$ CO_2



Фильтровую жидкость направляют на регенерацию содержащегося в ней аммиака и углекислого газа (стадия дистилляции). Для выделения связанного аммиака используют известковое молоко, получаемое при гашении извести. Процесс выделения осуществляют нагреванием раствора до $74\div 114$ °С



После удаления аммиака и углекислого газа из фильтровой жидкости получается дистиллерная жидкость, содержащая около 100 г/л CaCl_2 и около 50 г/л NaCl и представляющая собой основной отход производства соды. На каждую тонну получаемой соды после регенерации аммиака образуется до 9 м³ дистиллерной жидкости [4; 5]. В настоящее время дистиллерная жидкость почти не перерабатывается и со станции дистилляции сначала направляется в накопители (так называемые белые моря), а затем сбрасывается в водоемы, что приводит к их загрязнению и засаливанию.

В мире насчитывается более 75 содовых предприятий, производящих 30-35 млн т кальцинированной соды в год [4]. Совокупный объем дистиллерной жидкости, производимой в мире за год, составляет около 315 млн м³. Такой объем дистиллерной жидкости обуславливает необходимость экологического контроля над этими объектами. Одним из перспективных путей совершенствования систем контроля над сточными водами является дополнение аналитических и санитарно-гигиенических методов биотестированием. Это позволяет интегрально оценить токсичность водных сред.

Целью работы: исследовать применение кресс-салатов (сорта Забава и Крупнолистной) и пшеницы (сорта Салават Юлаев и Омская) как фитоэкоиндикаторов для оценки токсичности дистиллерной жидкости.

Материал и методы исследования. В чашки Петри на фильтровальную бумагу

раскладывали по 30 семян растения. После этого фильтровальную бумагу смачивали 5 мл исследуемого раствора. В качестве исследуемого раствора использовали неразбавленную дистиллерную жидкость и дистиллерную жидкость с кратностью разведения 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128. В качестве контрольной пробы применяли дистиллированную воду. Каждый опыт повторяли по 3 раза. На восьмые сутки после начала эксперимента определяли всхожесть семян, длину и сухой вес проростков [3]. При этом рассчитывали относительную погрешность измерений с использованием распределения Стьюдента для доверительной вероятности, равной 95%. В соответствии с [6] зависимость анализируемых параметров от кратности разбавления обрабатывали уравнениями прямой линии.

Результаты исследования и их обсуждение

Всхожесть семян определяли как среднюю величину в трех параллельных опытах.

Результаты измерений представлены в таблице 1.

Таблица 1

Всхожесть семян

Кратность разбавления	Кресс-салат				Пшеница			
	Крупнолистной		Забава		Салават Юлаев		Омская	
	Всхо- жесть, %	Отн. погр., %	Всхо- жесть, %	Отн. погр., %	Всхо- жесть, %	Отн. погр., %	Всхо- жесть, %	Отн. погр., %
Без разбав- ления	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
8	74,4	39,1	-	-	53,3	15,5	77,8	44,3
16	97,8	4,9	92,2	13,7	83,3	0	100	0
32	97,8	4,9	97,8	9,8	83,3	0	100	0
64	96,7	8,6	96,7	0	83,3	0	100	0
128	96,7	8,6	96,7	0	83,3	0	100	0
Контроль	97,8	4,9	95,6	13,2	83,3	0	100	0

Всхожесть семян кресс-салата Крупнолистной и пшеницы обоих сортов наблюдается с восьмикратного разбавления дистиллерной жидкости, а кресс-салата Забава с шестнадцатикратного разбавления. При этом величина всхожести семян всех сортов начиная с шестнадцатикратного разбавления и более, включая контрольную пробу, практически не изменяется. Следует отметить, что погрешность эксперимента в этих опытах в отдельных случаях достигает величины 44,3%, а в некоторых случаях равна нулю.

Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции зависимости всхожести семян от кратности разбавления дистиллерной жидкости приведены в таблице 2.

Таблица 2

Уравнения регрессии

Тест-объект		Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Кресс-салат	Крупнолистной	$Y = 0,091 \cdot X + 88,14$	0,386
	Забава	$Y = 0,022 \cdot X + 94,49$	0,285
Пшеница	Салават Юлаев	$Y = 0,131 \cdot X + 70,83$	0,473
	Омская	$Y = 0,097 \cdot X + 90,74$	0,414

Y – всхожесть семян, %; X – кратность разбавления.

Критические значения выборочного коэффициента корреляции для 15 опытов равны величине 0,514, а для 12 опытов – 0,576 при доверительной вероятности 95% [3]. Таким образом, уравнения регрессии зависимости всхожести семян от кратности разбавления достоверно не описывают экспериментальные результаты. Это указывает на то, что по всхожести семян используемых растений нельзя определять безопасную кратность разведения дистиллерной жидкости.

В таблице 3 представлена средняя длина проростков тест–растений для каждого параллельного опыта. Среднюю длину проростков учитывали только у проросших семян.

Таблица 3

Средняя длина проростков (три повторности)

Кратность разбавления	Кресс-салат				Пшеница			
	Крупнолистной		Забава		Салават Юлаев		Омская	
	Длина, мм	Отн. погр., %	Длина, мм	Отн. погр., %	Длина, мм	Отн. погр., %	Длина, мм	Отн. погр., %
Без разбавления	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
8	10,57	8,0			4,88	24,6	9,14	15,1
	10,79	11,5			7,82	16,3	10,70	13,5
	10,14	13,1			6,40	16,6	10,71	8,8
16	52,86	14,1	37,34	13,2	39,12	12,3	58,50	9,2
	62,63	10,8	40,61	11,5	30,60	16,5	59,20	9,7
	54,41	7,9	29,27	12,8	40,12	15,9	39,43	13,4
32	122,17	14,5	112,77	9,9	97,56	9,6	127,13	12,2
	120,93	13,7	138,39	9,0	97,44	7,3	138,63	7,5

	115,76	15,2	125,80	8,1	103,6	9,1	146,03	9,8
64	139,89	11,4	176,41	7,4	140,44	6,0	208,43	5,4
	125,5	15,2	163,69	6,6	157,6	7,0	179,67	6,3
	137,83	11,4	164,44	8,3	162,56	5,9	181,93	6,9
128	144,43	5,8	150,39	14,1	173,6	6,4	220,17	5,5
	139,38	10,9	143,31	10,3	168,44	7,3	204,53	8,7
	146,5	8,6	151,67	8,8	172,72	7,2	222,17	7,1
Контроль	119,54	11,9	131,72	11,2	178,92	7,6	223,93	4,5
	138,76	10,1	138,07	14,3	134,32	5,8	227,90	3,6
	128,63	11,0	152,33	14,7	192,92	7,4	206,13	4,6

Средняя длина проростков кресс-салатов изменяется от 10,14 мм при 8-кратном разведении до 151,67 мм при 128-кратном разведении. При этом для разных сортов кресс-салатов ощутимой разницы в длине проростков не наблюдается. Средняя длина проростков пшеницы колеблется от 4,88 мм при 8-кратном разведении до 222,17 мм при 128-кратном разведении. Следует отметить, что у пшеницы сорта Омская длина проростков несколько больше, чем у сорта Салават Юлаев. Погрешность в определении средней длины проростков имеет примерно одинаковые величины для всех опытов и колеблется в пределах от 6 до 16%. Этот результат указывает на достаточно высокую воспроизводимость данного параметра.

Уравнения регрессии и коэффициенты корреляции зависимости средней длины проростков от кратности разбавления дистиллерной жидкости приведены в таблице 4.

Таблица 4

Уравнения регрессии

Тест-объект		Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Кресс-салат	Крупнолистной	$Y = 0,917 \cdot X + 47,42$	0,780
	Забава	$Y = 0,771 \cdot X + 73,27$	0,647
Пшеница	Салават Юлаев	$Y = 1,303 \cdot X + 28,85$	0,884
	Омская	$Y = 1,579 \cdot X + 42,75$	0,870

Y – средняя длина проростка, мм; X – кратность разбавления.

Величина коэффициентов корреляции значительно больше их критических значений. Это указывает на адекватность полученных уравнений и экспериментальных результатов. В связи с этим среднюю длину проростков можно использовать для определения коэффициента разбавления, обеспечивающего потерю токсичных свойств дистиллерной жидкости к используемым фитоэкоиндикаторам. Коэффициент разбавления дистиллерной жидкости, рассчитанный по методике [6] для кресс-салатов обоих сортов, имеет примерно

одно и то же значение (34,4 – Крупнолистовой и 34,7 – Забава). Для пшеницы сорта Салават Юлаев коэффициент разбавления дистиллерной жидкости, обеспечивающий потерю токсичных свойств, равен 73,0, а для сорта Омская – 81,8.

Сухой вес определяли только у проростков кресс-салата, результаты представлены в таблице 5.

Таблица 5

Средний сухой вес

Кратность разбавления	Кресс-салат			
	Крупнолистовой		Забава	
	Вес, мг	Отн. погр., %	Вес, мг	Отн. погр., %
Без разбавления	-	-	-	-
2	-	-	-	-
4	-	-	-	-
8	1,18	17,6		
	1,25	22,1		
	1,20	26,1		
16	1,87	11,4	1,42	14,1
	1,76	8,5	1,37	12,7
	1,66	11,3	1,40	18,4
32	1,73	10,6	1,25	11,1
	1,75	10,4	1,31	8,4
	1,22	17,7	1,38	11,8
64	1,64	13,5	1,38	12,2
	1,52	11,7	1,41	12,1
	1,27	14,7	1,43	8,9
128	1,49	13,2	1,38	11,9
	1,57	11,7	1,25	10,3
	1,50	12,9	1,11	14,9
Контроль	1,24	12,4	1,16	11,8
	1,12	15,3	1,21	12,1
	1,30	13,6	1,15	9,6

Этот показатель изменяется от 1,11 до 1,87 мг. При этом какой-либо закономерности сухого веса от кратности разбавления дистиллерной жидкости не наблюдается.

В таблице 6 приведены уравнения регрессии и коэффициенты корреляции зависимости сухого веса проростков от кратности разбавления дистиллерной жидкости.

Таблица 6

Уравнения регрессии

Тест-объект		Уравнение регрессии	Коэффициент корреляции
Кресс-салат	Крупнолистной	$Y = 1,489$	0,063
	Забава	$Y = -0,001 \cdot X + 1,406$	0,510

Y – средний сухой вес, мг; X – кратность разбавления.

Величина коэффициентов корреляции значительно ниже их критических значений. Это указывает на неадекватность полученных уравнений и экспериментальных результатов. Поэтому уравнения регрессии зависимости сухого веса от кратности разбавления достоверно не описывают экспериментальные результаты. Таким образом, по сухому весу проростков кресс-салатов нельзя определять безопасную кратность разведения дистиллерной жидкости.

Проведенные исследования свидетельствуют об острой токсичности дистиллерной жидкости. Всхожесть семян наблюдается, начиная с восьмикратного разведения для кресс-салата сорта Крупнолистной и для обоих сортов пшеницы. Всхожесть семян кресс-салата сорта Забава наблюдается после шестнадцатикратного разведения.

Полученные результаты указывают на то, что зависимости всхожести семян и сухого веса проростков от кратности разбавления дистиллерной жидкости не могут использоваться для определения коэффициента разбавления, обеспечивающего потерю токсичных свойств. Для определения коэффициента разбавления, обеспечивающего потерю токсичных свойств дистиллерной жидкости, можно использовать только зависимость средней длины проростков от кратности разведения.

Коэффициенты разбавления, полученные из для кресс-салатов обоих сортов, имеют практически одинаковые значения (различие составляет 0,9%). Аналогичные результаты, полученные из анализа зависимостей средней длины проростков от кратности разведения, для пшеницы отличаются на 11%. При этом у пшеницы сорта Омская наблюдается большая чувствительность к токсичности дистиллерной жидкости, чем у пшеницы сорта Салават Юлаев.

Коэффициенты разбавления, обеспечивающие потерю токсичных свойств дистиллерной жидкости, определенные по зависимостям средней длины проростков от кратности разведения, для растений кресс-салата и пшеницы отличаются практически в два раза. При этом у пшеницы наблюдается большая чувствительность к токсичности дистиллерной жидкости, чем у кресс-салата. Это указывает на то, что для сопоставления степени токсичности различных объектов необходимо использование одного референтного биоиндикатора. Кроме того, следует отметить, что биотестирование указывает на степень токсичности среды только для данного вида фитоэкоиндикатора. Для различных

фитоэкоиндикаторов степень токсичности одной и той же среды имеет разные значения. Поэтому при использовании фитоэкоиндикаторов для определения безопасного коэффициента разведения следует оценивать этот показатель на разных по чувствительности тест-объектах.

Список литературы

1. Быковский Н.А. Исследование токсичности дистиллерной жидкости аммиачно-содового производства различными тест-объектами / Н.А. Быковский, Л.Н. Пучкова, Н.Н. Фанакова // Экология и промышленность России. – 2015. – Т. 19. – № 10. – С. 48-51.
2. Даминев Р.Р. Allium-тест и математическая модель при оценке токсичности циклических аммониевых соединений / Р.Р. Даминев, А.А. Исламутдинова, А.И. Шаяхметов // Экология урбанизированных территорий. – 2012. – № 2. – С. 80-84.
3. Методика определения токсичности питьевых, грунтовых, поверхностных и сточных вод, растворов химических веществ по измерению показателей всхожести, средней длины и среднего сухого веса, проростков семян кресс-салата (*lepidium sativum*) // ПНД Ф Т 14.1:2:4.19-2013. - М., 2013.
4. Островский С.В. Химическая технология неорганических веществ : учеб. пособие. – Пермь : Изд-во Перм. гос. техн. ун-та, 2006. – 150 с.
5. Ткач Г.А. Производство соды по малоотходной технологии / Г.А. Ткач, В.П. Шапоров, В.М. Титов. — Харьков : ХГПУ, 1998. — 429 с.
6. Урбах В.Ю. Биометрические методы (статистическая обработка опытных данных в биологии, сельском хозяйстве и медицине). – М.: Наука, 1964. – 415 с.
7. Easterly C.E. Biotesting wastewater for hazard evaluation / Clay E. Easterly, Troyce D. Jones, Larry R. Glass, Bruce A. Owen, Philip J. Walsh // Water Research. - 1993. - Vol. 27. - № 7. - P. 1145-1152.