

# СРАВНЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ МОЮЩИХ СРЕДСТВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИТОТЕСТОВ

Дуняшева Юлия Тимуровна

МОАУ ЛИНТех №28, 5 «А» класс

руководитель

учитель биологии Рупасова

Анастасия Дмитриевна

консультант

химик-эксперт ФБУЗ «ЦГиЭ по КО»,

к.б.н. Аюшинова Любовь Сергеевна

СОДЕРЖАНИЕ	
ВВЕДЕНИЕ.....	3
КЛАССИФИКАЦИЯ ПАВ.....	4
ПАВ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА.....	5
ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ И ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ .....	5
Описание используемых тест-объектов.....	6
Овёс обыкновенный (лат. <i>Avena sativa</i> ).....	6
Редька масличная (лат. <i>Brassica rapa</i> ) .....	6
ХОД ЭКСПЕРИМЕНТА.....	6
Гель для мытья посуды IRMA, полученные данные.....	7
Средство для мытья посуды SYNERGETIC, полученные данные .....	9
ВЫВОДЫ ПО ПОЛУЧЕННЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ.....	11
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	13
ПРИЛОЖЕНИЕ .....	15

## ВВЕДЕНИЕ

В связи с развитием химических технологий, в современном мире все более распространяется применение различных синтетических веществ для уборки дома, мойки машин, личной гигиены и стирки одежды. Большинство моющих средств имеют в своем составе поверхностно-активные вещества (ПАВ), которые играют ключевую роль в очистке от загрязнений. В зависимости от состава, бытовая химия бывает более и менее агрессивной, в ней могут содержаться активные вещества разного состава, которые имеют решающее значение в эффективности мойки. Наиболее применяемыми в производстве моющих средств веществами являются синтетические анионные ПАВ, обычно это лаурилсульфат натрия (SLS) и другие сульфаты, токсическое воздействие которых на объекты окружающей среды уже доказано [1]. Производители, ставящие своей целью выпустить наиболее экологичную продукцию, избегают применения сульфатов, заменив их на мягкие, но более дорогостоящие ПАВы (амфотерные, неионогенные, АПАВы нового поколения).

Действительно ли обосновано применение дорогих моющих средств для защиты нашей природы? Можем ли мы защитить окружающую среду от токсического воздействия, если откажемся от синтетических анионных ПАВ? Для ответа на эти вопросы было решено узнать о способе оценки токсичности этих моющих средств, таком как фитотестирование.

Объекты исследования – моющие средства: гель для мытья посуды IRMA и биоразлагаемый гель для мытья посуды SYNERGETIC. Гель IRMA содержит в составе 5-15% анионных ПАВ, неионогенные ПАВ и амфотерные ПАВ (рис.1). Цена за 0,45 л средства – 40 рублей. Средство для мытья посуды SYNERGETIC имеет в составе А-тензиды и Н-тензиды (ПАВ из растительного масла 5-15%), не имеет лаурилсульфата натрия и отмечено как экологичное и биоразлагаемое (рис.2). Цена за 0,5 л данного геля для мытья посуды – 120 рублей. Оба средства имеют широкий круг потребителей.

Тест-объекты: семена овса обыкновенного (*Avena sativa*), семена редьки масличной (*Brassica rapa*).

Цель работы – выявить, оценить и сравнить потенциальную фитотоксичность моющих веществ: с пометкой «ЕСО» и обычного вещества для мытья посуды на семена овса и редьки масличной.

Поставленные задачи:

- ознакомиться с литературой по токсикологическим испытаниям;
- провести эксперимент по влиянию ПАВ на семена высших растений;
- оценить полученные результаты и определить, какое из выбранных средств более токсично и какой тест-объект лучше подходит для испытания токсичности моющих средств.

Методы исследования:

- теоретические – обзор литературы, анализ полученной информации, ее изучение и обобщение;
- эмпирические: эксперимент по оценке фитотоксичности (способности ПАВ угнетать рост растений), наблюдение, сравнительный анализ результатов.

Гипотеза: моющее средство с пометкой «ЕСО» окажет меньшее отрицательное влияние на развитие растений, по сравнению со средством, имеющим в составе синтетические АПАВы.

### КЛАССИФИКАЦИЯ ПАВ

Поверхностно-активные вещества (ПАВ/тензид) – соединения, которые уменьшают поверхностное натяжение, тем самым имея высокую растворимость. ПАВ применяются в текстильной и кожевенной промышленности для защиты полученных изделий, в строительстве и теплоэнергетике, при производстве лаков и красок, бумаги, пестицидов, антисептиков в медицине. Вещества относят к 4 классу опасности [11].

В зависимости от строения, тензиды имеют различные свойства и назначение [10].

Таблица 1. Виды ПАВ

Виды ПАВ			
Ионогенные		Неионогенные	
Катионные ПАВ (поверхностно-активные в воде благодаря образованию положительно заряженных ионов- катионов)	Анионные ПАВ (поверхностно-активные в воде благодаря образованию отрицательно заряженных ионов- анионов)	Амфотерные (в зависимости от реакции среды, проявляют свойства катионных или анионных ПАВ)	Вещества, обладающие свойствами ПАВ, но не дающие заряженных ионов при растворении
Свойства ПАВ			
Почти не имеют моющих свойств, зато проявляют дезинфицирующие, антикоррозионные, консервирующие свойства [5]	Дают обильную пену, проявляют отличные моющие свойства.	Улучшают свойства анионных ПАВ, снижают их вредность [2]	Хорошо растворимы в щелочной и кислой средах, имеют высокие моющие свойства, являются эмульгаторами

Молекулы ПАВ имеют такое химическое строение, которое способствует их расположению на границе раздела двух фаз (к примеру, вода и воздух, вода и масло). Особенность в том, что молекулы ПАВ имеют полярную часть, несущую заряд, и не полярную часть, которая является гидрофобной (углеводород). Полярная часть в таком случае будет всегда обращена к воде, а гидрофобная – к воздуху или маслу.

Существуют определенные концентрации ПАВ, при которых молекулы начинают собираться в группировки – мицеллы. Это такие большие агрегаты, в которых неполярные части молекул ПАВ находятся внутри, а заряженные – снаружи. Такая мицелла воздействует на нерастворимые в воде вещества, превращая их в эмульсии, при этом между собой мицеллы не слипаются из-за того, что несут одинаковый заряд. Эмульсия легко удаляется водой с поверхностей, на этом и основано действие всех моющих средств (рис. 3) [9].

Для большинства ПАВ область угнетения прорастания семян тест-растений наблюдается в области массовых концентрации ПАВ в растворе, обуславливающих появление мицелл (10-300 мг/дм<sup>3</sup>) [3].

## ПАВ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

В большинстве своем ПАВ являются продукцией химической промышленности, причем, объем продукции во всем мире нарастает с каждым годом (для сравнения, в 2000 году – 1,68 млн тонн, в 2003 году – 2,5 млн тонн, в 2008 – 13 млн тонн). При производстве ПАВы неизбежно попадают в окружающую среду вместе со сточными водами.

Самым негативным воздействием является попадание данных веществ в водоемы. Уменьшая поверхностное натяжение воды, ПАВ влияет на содержание в ней кислорода и углекислого газа, что отражается на жизни всех обитателей вод (известно, что на Земле из-за влияния поллютантов снизилось видовое разнообразие рыб и других обитателей вод) [12]. Токсичные свойства ПАВы проявляют и при попадании в почву, оказывая влияние на рост растений [6].

Для проведения оценки воздействия ПАВ на растения, используют метод биотестирования (в особенности, применяя фитотесты).

## ФИТОТЕСТИРОВАНИЕ И ТЕСТ-ОБЪЕКТЫ

Фитотестирование является базой в понимании экологии и ее основ. Данный метод используют для получения быстрой и качественной оценки реакций растений на исследуемые почвы, но он может применяться и для оценки реакции растений на действие загрязняющих веществ [6]. Преимуществами метода являются возможность получить суммарную оценку воздействия на живое растение, что не узнать химическими методами, а также минимальные трудовые и финансовые траты [1].

В качестве тест-объекта используются семена высших растений, при этом, оцениваются параметры их прорастания [4]. Существует много методик экологического контроля опасности отходов и почв с помощью фитотестирования, которыми пользуются контролирующие организации: санитарная служба Роспотребнадзора, Ростехнадзор и другие [13].

#### Описание используемых тест-объектов

В качестве тест-объектов были выбраны однодольные семена овса (*Avena sativa*), двудольные семена редьки масличной (*Brassica rapa*). Данные растения используются в ГОСТ 33777-2016 «Вещества поверхностно-активные. Метод определения фитотоксичности на семенах высших растений». Использование этих семян дает стабильные результаты, которые можно повторить. Также стоит отметить, что овёс и редька используются в Кировской области, поэтому наблюдение за ними вызывало особый интерес.

#### Овёс обыкновенный (лат. *Avéna satíva*)

Овёс обыкновенный - однолетнее злаковое растение с мочковатым корнем, которое имеет плод – зерновку (рис. 4). Этот плод сухой, плотный, односемянный [8]. При прорастании семена дают три корешка, в эксперименте мы оценивали самый длинный корень. Овес неприхотлив к почвам и климату.

#### Редька масличная (лат. *Brassica rapa*)

Растение принадлежит семейству крестоцветных, двудольное растение с стержневой корневой системой, ее плодом является стручок с мелкими семенами (рис. 4). Культура не боится засухи и предпочитает слабокислые почвы [14].

Перед началом испытаний семена отбирались путем внешнего осмотра: без дефектов и повреждений, непротравленные, примерно одинаковы по форме и размеру. Непосредственно перед экспериментом мы провели оценку пригодности семян: установили, что за срок в 3 дня семена действительно дают корешки в питьевой воде. В три чашки Петри на фильтровальную бумагу разместили по 10 семян растений, добавили по 2 мл воды при помощи пипетки. В каждой чашке проросло 9-10 растений, среднее прорастание семян овса – 95%, редьки – 100%.

### ХОД ЭКСПЕРИМЕНТА

Эксперимент проводился в следующих условиях: при комнатной температуре (23-24)<sup>0</sup>С, относительной влажности воздуха (40-50)%, нормальном атмосферном давлении.

#### Применяемое оборудование и материалы:

- термометр и гигрометр;
- весы;

- колбы мерные стеклянные на 100 мл;
- пипетки мерные на 5 мл;
- линейка;
- пинцет;
- чашки Петри;
- стаканы стеклянные;
- индикаторная бумага для измерения pH;
- фильтровальная бумага;
- семена овса и редьки.

Перед экспериментом проводили разведение испытуемого моющего средства в 100 раз (первоначальная концентрация: 1 грамм (10 %-ого раствора средства) на 100 мл раствора = 1000 мг/дм<sup>3</sup>), затем имеющийся раствор был разведен 8 раз с шагом в 2 раза (последняя концентрация ниже в 4 раза). Концентрация АПАВ в моющем средстве - 10 %, значит, мы получили следующие концентрации исследуемых растворов:

1000; 500; 250; 125; 62,5; 31,2; 15,6; 7,8; 2 мг/дм<sup>3</sup>.

В чашку Петри на фильтровальную бумагу разместили пинцетом по 10 семян и добавили 2 мл раствора ПАВ нужной концентрации (рис. 5 и 6). Контроль – вода питьевая после фильтра. Растворы или вода при этом покрывали только половину каждого семени.

Чашки убрали в темное место стабильной комнатной температуры, длительность испытаний – трое суток до появления главного корня семени. После чего провели измерения длины каждого корешка, переместив семена на бумагу и измерив длины главных корней при помощи линейки. Результаты занесли в таблицу, при этом вычислив среднюю длину корня (мм) для каждой концентрации по формуле (1):

$$\text{ср. знач. длины корня} = \sum \frac{\text{длина главного корня семени в каждой чашке}}{10} \quad (1)$$

В ходе эксперимента определяли реакцию тест-объекта на воздействие ПАВа. Для оценки влияния использовали значение длины главного корня семени, который рос 3 суток при воздействии на него различных концентраций растворов испытуемых ПАВ. Чем меньше полученная длина корня, тем больше оказанный на рост растения токсический эффект, при этом у редьки измеряли главный корень (наиболее толстый и длинный), у овса – самый длинный из имеющихся (рис.7).

Гель для мытья посуды IRMA, полученные данные

После 3 дней испытаний этого моющего средства на семенах овса, получены следующие результаты (рис. 8):

Таблица 2. Длины главного корня у семян овса в зависимости от концентрации моющего средства IRMA

Конц, мг/дм <sup>3</sup>	Длина корня, мм										Ср знач, мм
	3	5	7	10	12	0	12	5	12	7	
1000	3	5	7	10	12	0	12	5	12	7	7,3
500	5	15	20	35	4	6	0	0	0	0	8,5
250	13	13	0	5	5	20	12	10	20	14	11,2
125	40	30	32	33	13	20	22	33	31	15	26,9
62,5	35	46	11	35	37	13	0	22	12	0	21,1
31,2	40	25	26	20	40	20	25	15	10	0	22,1
15,6	50	46	3	30	0	42	37	26	33	35	30,2
7,8	38	21	46	45	44	42	22	51	16	15	34
2	40	5	15	45	34	28	36	44	40	40	32,7
Контр	12	12	55	47	48	40	36	38	45	12	34,5

Как видно из таблицы, длины корней семян в чашках Петри с растворами ПАВ меньше, чем в чашке с питьевой водой (контроль). Следовательно, токсический эффект раствора моющего средства IRMA на семена овса оказывается уже от концентрации 2 мг/дм<sup>3</sup>.

После 3 дней испытаний этого моющего средства на семенах редьки масличной, получены следующие результаты (рис. 9):

Таблица 3. Длины главного корня у семян редьки в зависимости от концентрации моющего средства IRMA

Конц, мг/дм <sup>3</sup>	Длина корня, мм										Ср знач, мм
	38	28	25	44	33	21	16	15	14	22	
1000	38	28	25	44	33	21	16	15	14	22	25,6
500	11	52	55	31	16	27	17	11	26	14	26
250	30	40	70	26	25	25	25	47	5	16	30,9
125	32	25	30	42	24	29	30	62	25	33	33,2
62,5	52	82	42	86	20	27	15	10	18	22	37,4
31,2	34	66	22	48	44	35	50	72	60	49	48
15,6	90	60	62	64	55	50	60	62	39	40	58,2
7,8	31	54	58	66	47	85	65	74	80	20	58
2	82	42	95	106	53	72	40	60	62	59	67,1
Контр	66	63	45	42	28	35	35	46	62	57	47,9

Как видно из таблицы, длины корней семян в чашках Петри с растворами ПАВ больше, чем в чашке с питьевой водой (контроль). Следовательно, моющее средство IRMA на семена редьки масличной оказывает стимулирующий эффект на прорастание семян при концентрации от 2 до 62,5 мг/дм<sup>3</sup>. При концентрации 62,5 мг/дм<sup>3</sup> и выше на семена оказывается токсичное воздействие, угнетающее их рост (длина корней семян меньше, чем в контроле).

Вероятнее всего, хороший рост корня редьки масличной в среде АПАВ происходит из-за того, что редька предпочитает слабокислую почву для своего роста. Мы измерили кислотность растворов при помощи универсальной индикаторной бумаги, и уровень рН равен 5, что соответствует слабокислой почве (рис. 10) В состав моющего средства IRMA добавлен регулятор рН (информация с этикетки), поддерживающий его на данном уровне. Для сравнения мы измерили кислотность питьевой воды - контроль, и уровень рН составил 6-7 – нейтральная среда (рис. 11).

Также причиной стимулирования прорастания семян при испытании моющего средства IRMA может быть то, что на этикетке в его составе указаны анионные ПАВ, куда входят как сульфаты, так и фосфаты, выступающие здесь в роли удобрения (для отдельных ПАВ чаще всего область стимулирования наблюдается в диапазоне концентраций 2-50 мг/дм<sup>3</sup>) [3]. Это явление мы можем наблюдать в водоемах, куда сбрасываются сточные воды – при низких концентрациях АПАВ в воде происходит стимуляция роста, заболачивание, разрастание растений и водорослей.

Средство для мытья посуды SYNERGETIC, полученные данные

После 3 дней испытаний этого моющего средства на семенах овса (рис. 12), получены следующие результаты:

Таблица 4. Длины главного корня у семян овса в зависимости от концентрации моющего средства SYNERGETIC

Конц, мг/дм <sup>3</sup>	Длина корня, мм										Ср знач, мм
	10	12	11	0	10	7	0	12	0	0	
1000	10	12	11	0	10	7	0	12	0	0	6,2
500	16	3	11	0	0	3	6	18	7	0	6,4
250	12	25	25	0	0	0	0	0	0	0	6,2
125	22	20	8	20	26	28	15	25	23	18	20,5
62,5	25	30	32	15	28	27	33	6	15	0	21,1
31,2	26	26	20	10	35	30	37	15	26	16	24,1
15,6	22	26	40	34	25	20	15	39	37	21	27,9
7,8	37	41	28	34	14	40	33	34	30	22	31,3
2	32	35	32	14	33	37	37	30	35	26	31,1
контр	32	25	34	35	35	17	28	43	26	40	31,5

Как видно из таблицы, длины корней семян в чашках Петри с растворами ПАВ меньше, чем в чашке с питьевой водой (контроль). Следовательно, токсический эффект раствора моющего средства SYNERGETIC на семена овса оказывается уже от концентрации 2 мг/дм<sup>3</sup>.

После 3 дней испытаний этого моющего средства на семенах редьки (рис. 13), получены следующие результаты:

Таблица 5. Длины главного корня у семян редьки в зависимости от концентрации моющего средства SYNERGETIC

Конц, мг/дм <sup>3</sup>	Длина корня, мм										Ср знач, мм
	31	40	41	10	34	30	32	26	6	0	
1000	31	40	41	10	34	30	32	26	6	0	25
500	20	20	15	29	32	10	29	30	62	21	26,8
250	45	12	45	28	41	36	12	17	40	20	29,6
125	50	75	55	12	20	28	32	29	32	30	36,3
62,5	50	14	18	20	31	60	45	35	10	36	31,9
31,2	20	56	65	31	35	32	17	90	32	32	41
15,6	24	62	53	35	38	20	20	55	36	70	41,3
7,8	32	32	60	82	46	43	89	82	62	70	59,8
2	40	80	36	57	75	82	82	62	70	40	62,4
контр	56	52	51	63	66	67	63	52	78	80	62,8

Как видно из таблицы, длины корней семян в чашках Петри с растворами ПАВ меньше, чем в чашке с питьевой водой (контроль). Следовательно, токсический эффект раствора моющего средства SYNERGETIC на семена редьки оказывается уже от концентрации 2 мг/дм<sup>3</sup>.

Из полученных данных видно, при высоких концентрациях моющего средства многие семена овса не проросли. Двудольное же растение чувствует себя лучше в таких растворах и растет довольно быстро. Вероятно, причина кроется в том, что у овса более сухое зерно, и при проращивании овес впитал в себя весь раствор, тем самым получил более высокую дозу АПАВ (при рассмотрении фильтровальной бумаги после 3 дней эксперимента, фильтры с овсом были более сухие, чем с редькой). У редьки семена более мелкие, их оболочка не такая толстая, кроме того, редька имеет стержневую корневую систему, у нее толстый и мощный корень, который является более защищенным от внешнего воздействия, чем тонкие мочковатые корешки овса.

## ВЫВОДЫ ПО ПОЛУЧЕННЫМ РЕЗУЛЬТАТАМ

Перед началом работ были изучены основные понятия и термины, классификация поверхностно-активных веществ, их предназначение и свойства.

Был проведен эксперимент, в котором мы отобрали необходимые для работы тест-объекты, приготовили растворы необходимой концентрации исследуемых веществ и проследили за их воздействием на семена.

В результате исследования мы получили четыре таблицы данных. При построении диаграмм зависимости концентрации АПАВ от длины корня семян (рис 14-17), мы видим, что моющие средства IRMA (содержащий синтетические ПАВы) и SYNERGETIC (экологичное средство), оказывают токсический эффект, проявляющийся в уменьшении длины корня при прорастании семян овса обыкновенного и редьки масличной.

В опытах с воздействием данных моющих средств на семена овса отмечена линейная зависимость: при увеличении концентрации средства, уменьшается длина корня при прорастании семян по сравнению с контролем, начиная с концентрации 2 мг/дм<sup>3</sup>.

В опытах с семенами редьки при использовании моющего средства SYNERGETIC установлена такая же зависимость. При воздействии на семена редьки средства IRMA наблюдали обратный эффект: при добавлении средства увеличивалась длина корня по сравнению с контролем, что может быть обусловлено комфортными для данного вида растений значениями pH раствора (слабокислая) и составом моющего средства (наличие фосфатов). При увеличении концентрации данного ПАВа длина корня опытных растений снижалась, но оставалась выше контрольного уровня до концентрации 62,5 мг/дм<sup>3</sup>. При более высоких концентрациях длина корня редьки стала меньше контрольной.

Таким образом, гель для мытья посуды IRMA и средство для мытья посуды SYNERGETIC оказывают фитотоксический эффект на семена растений овса обыкновенного и редьки масличной, что доказывает опасность появления их в окружающей среде. Однозначно сделать вывод о том, какое из средств безопасней по проведенному эксперименту сложно, следует расширить и продолжить исследования. Однако стоит отметить, что в случае испытания раствора SYNERGETIC на семена редьки, происходит менее резкий рост растений из-за отсутствия в моющем средстве фосфатов, что более безопасно отразится на состоянии водных экосистем при попадании в них сточных вод с таким составом.

Поскольку негативное влияние на рост растений очевидно, лучше всего минимизировать использование синтетических моющих средств: при небольших загрязнениях использовать только горячую воду или натуральные безопасные средства, такие как сода и горчичный порошок. После мытья

посуды с гелями, содержащими ПАВы, необходимо ее тщательно прополаскивать и промывать руки.

В дальнейших планах для продолжения эксперимента стоит изучение качественного состава моющих средств, расширение ассортимента объектов исследования и фитотест-объектов, а также оценка влияния моющих средств на почву.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Акатьева Т.Г. Оценка токсичности моющих средств с использованием фитотестов // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2022 - № 1 (68) - с. 27-30.
2. Амфотерные поверхностно-активные вещества [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Амфотерные\\_поверхностно-активные\\_вещества](https://ru.wikipedia.org/wiki/Амфотерные_поверхностно-активные_вещества)
3. ГОСТ 33777-2016 Вещества поверхностно-активные. Метод определения фитотоксичности на семенах высших растений. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 30 июня 2016 г. No 760-ст // М.: *Стандартинформ*, 2019.
4. ГОСТ Р ИСО 22030-2009 Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений. Утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 15 декабря 2009 г. No 1036-ст // М.: *Стандартинформ*, 2010.
5. Катионные поверхностно-активные вещества [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Катионные\\_поверхностно-активные\\_вещества](https://ru.wikipedia.org/wiki/Катионные_поверхностно-активные_вещества)
6. Лисовицкая О.В. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010 - № 1 -с. 1-18.
7. Неионогенные поверхностно-активные вещества [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Неионогенные\\_ПАВ](https://ru.wikipedia.org/wiki/Неионогенные_ПАВ)
8. Овес посевной [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Овес\\_посевной](https://ru.wikipedia.org/wiki/Овес_посевной)
9. Поверхностно-активные вещества (ПАВ) [Электронный ресурс]: Альфахимсинтез– URL: <https://a-sintez.com/blog/kak-rabotayut-poverkhnostno-aktivnye-veshchestva-483/>
10. Поверхностно-активные вещества [Электронный ресурс]: Википедия. Свободная энциклопедия. – URL: [https://ru.wikipedia.org/wiki/Поверхностно-активное\\_вещество](https://ru.wikipedia.org/wiki/Поверхностно-активное_вещество)
11. Поклонов В.А. Фитотоксичность синтетических моющих средств, содержащих поверхностно-активные вещества, при биотестировании на проростках растений [Электронный ресурс]: Научная электронная библиотека Журнал Успехи наук о жизни – 2013. - №6 – с. 71-78 URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21716876>

12. Потери биоразнообразия [Электронный ресурс]: Сибирский Экологический центр. – URL: <https://docs.sibecocenter.ru/programs/biolconserv/files/05.htm>

13. Тишин А.С. Методы и способы фитотестирования почв: обзор/Тишин А.С., Тишина Ю.Р.// [Электронный ресурс]: Международный научно-исследовательский журнал – 2021. - №11 URL: <https://research-journal.org/archive/11-113-2021-november/metody-i-sposoby-fitotestirovaniya-rochv-obzor>

14. Чернышова Е. Свободная ниша/ Чернышова Е.// [Электронный ресурс]: Журнал Агроинвестор – 2013. - №3 URL: <https://www.agroinvestor.ru/technologies/article/15185-svobodnaya-nisha/>

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Рис.1 Гель для мытья посуды IRMA, этикетка



Рис.2 Средство для мытья посуды SYNERGETIC, этикетка

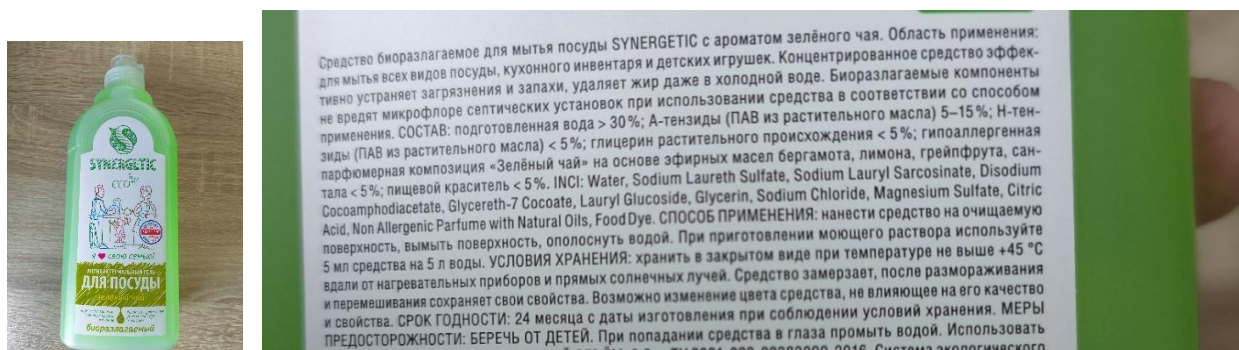


Рис. 3 Механизм действия ПАВ на частицы грязи

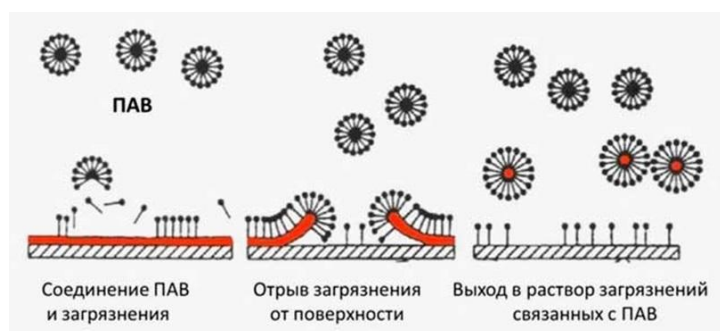


Рис.4 Семена овса обыкновенного и редьки масличной



Рис. 5 Подготовка к испытаниям, семена овса

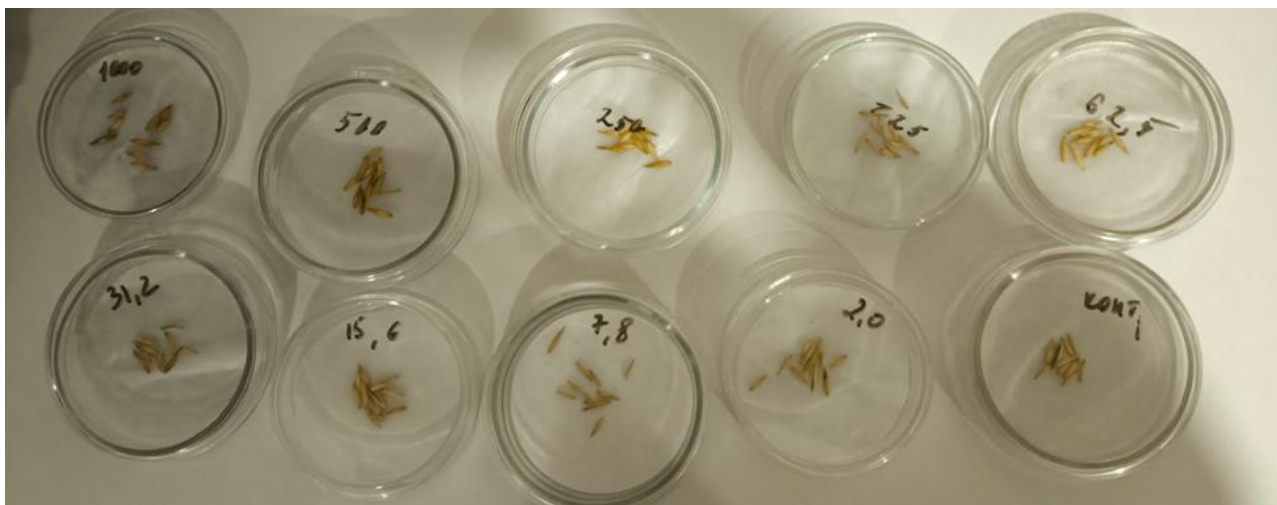


Рис. 6 Подготовка к испытаниям, семена редьки

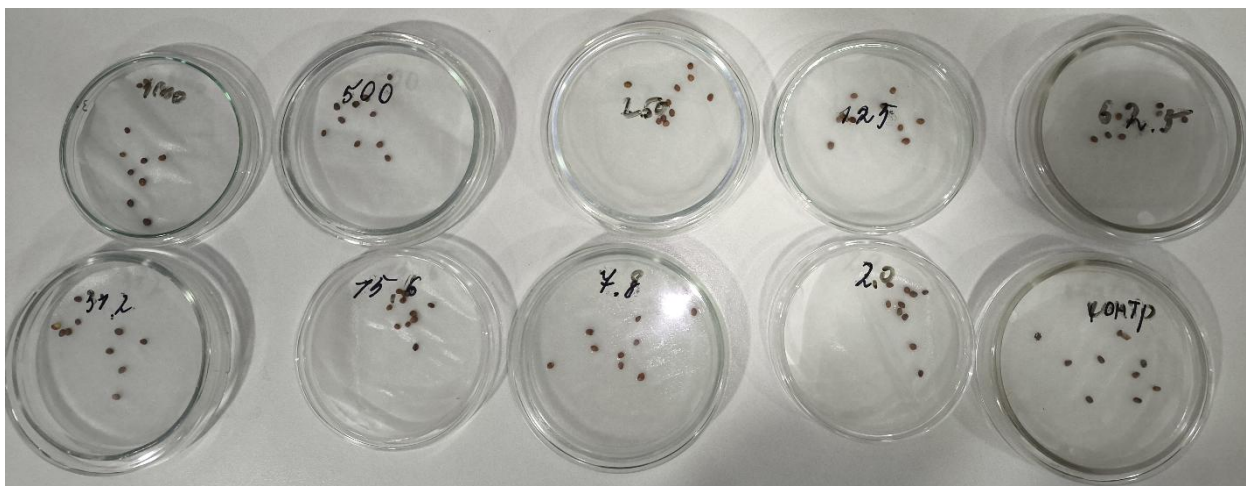


Рис. 7 Строение проросшего семечка

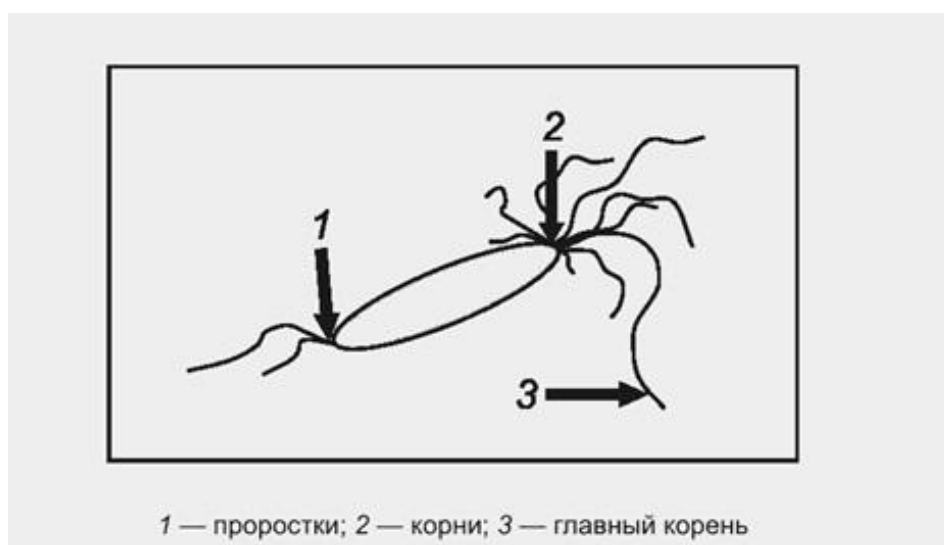


Рис.8 Испытание растворов IRMA, семена овса после 3 суток



Рис.9 Испытание растворов IRMA, семена редьки после 3 суток



Рис. 10 Измерение pH растворов моющих средств (слева IRMA, справа SYNERGETIC)

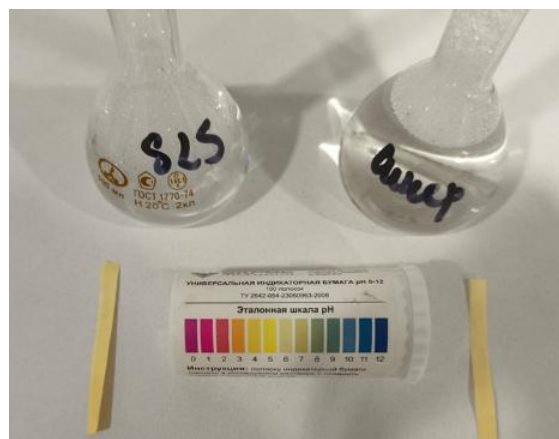


Рис. 11 Измерение pH питьевой воды



Рис.12 Испытание растворов SYNERGETIC, семена овса после 3 суток



Рис.13 Испытание растворов SYNERGETIC, семена редьки после 3 суток



Рис. 14 Диаграмма зависимости концентрации АПАВ от длины корня семян

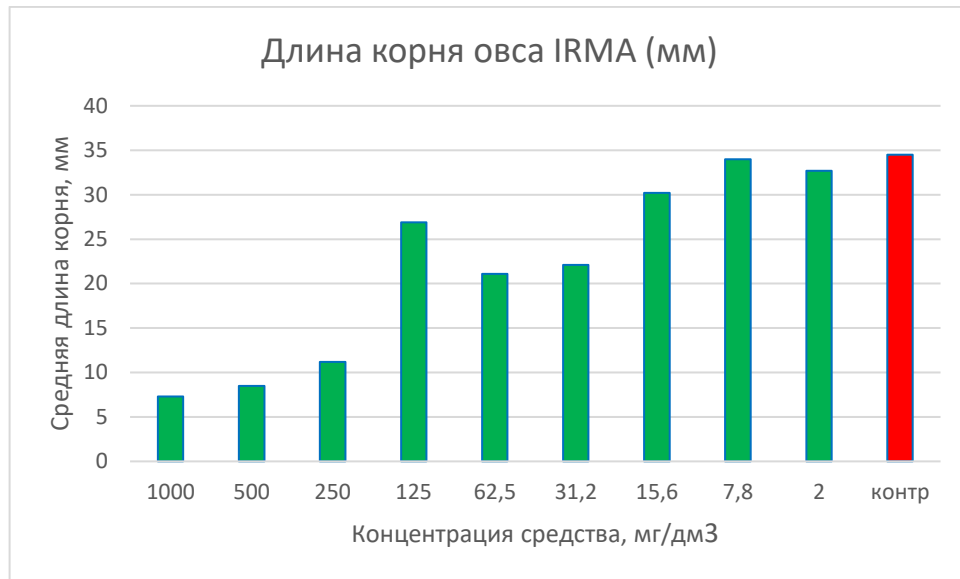


Рис. 15 Диаграмма зависимости концентрации АПАВ от длины корня семян

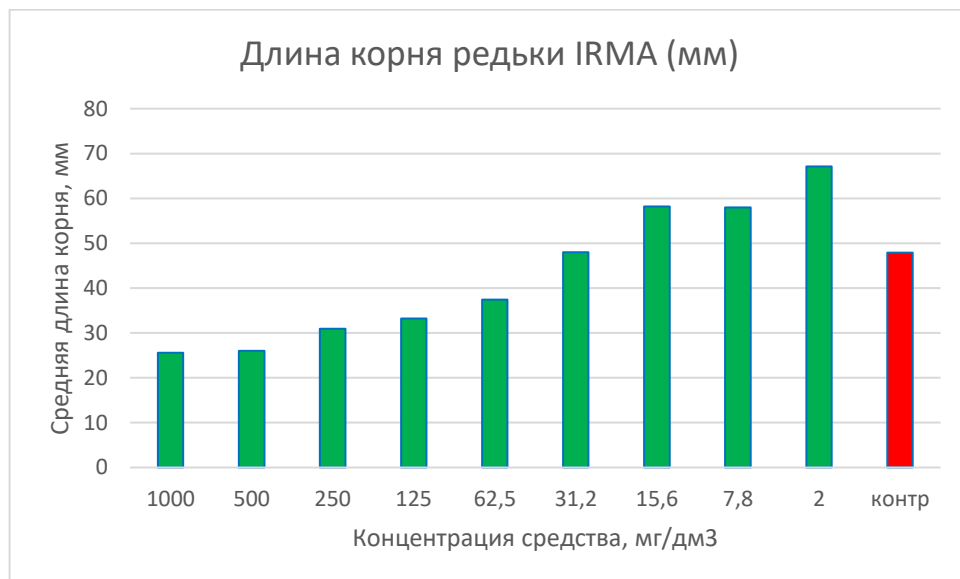


Рис. 16 Диаграмма зависимости концентрации АПАВ от длины корня семян

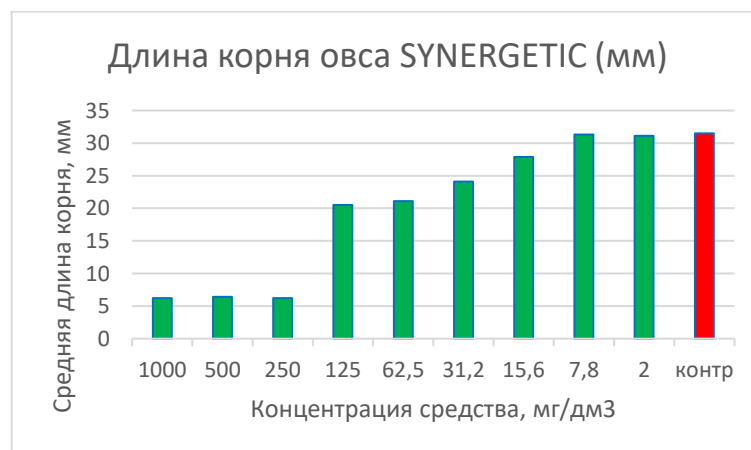


Рис. 17 Диаграмма зависимости концентрации АПАВ от длины корня семян

