Содержание

|  |  |
| --- | --- |
| Введение | 3-4 |
| Глава 1. Теоретические основы изучения особенностей технологии фиторемедиации и токсического влияния тяжелых металлов |  |
| 1.1. Инновационный метод по очистке почвы на сегодняшний день | 5-6 |
| 1.2. Общие сведения о декоративных растениях, пригодных для посадки в городской урбанизированной среде | 6-7 |
| 1.3. Процесс загрязнения почв тяжелыми металлами и их токсическое воздействие | 7-8 |
| Глава 2. Практическое изучение фиторемедиационного потенциала декоративных цветочных растений |  |
| 2.1 Вегетационный метод | 9-11 |
| 2.2 Определение pH уровня исследуемой почвы | 11-12 |
| 2.3 Анализ почвы и декоративных растений на содержание свинца и меди. | 12-16 |
| 2.4 Математический анализ полученных данных | 16-17 |
| Заключение | 18 |
| Рекомендации | 18 |
| Список литературы | 19 |

**Введение**

Возрастающее загрязнение урбанизированных территорий тяжелыми металлами является одной из важнейших экологических проблем современных городов. Техногенные выбросы многих промышленных предприятий и автотранспорта содержат в значительных количествах данные токсиканты, которые депонируют в городской почве, оказывают негативное воздействие на природные компоненты урбоэкосистемы, представляют опасность для здоровья городских жителей. [1]

Так по данным исследованиям «Национального доклада о состоянии окружающей среды об использовании природных ресурсов» за 2015 год за весенний период в городе Семей на территории автомагистрали ул. Кабанбай батыра концентрации меди и свинца превышали норму соответственно – 5,4 и 5,0 ПДК. За осенний период в зоне «Семейцемент» концентрация свинца -3,4-4,6 ПДК, меди - 0,3-4,5 ПДК концентрации меди и свинца превысили норму – 4,5 -4,6 ПДК.[2]

Технологические выбросы от стационарных и передвижных источников загрязнения поступают в атмосферу, а затем, попадая на земную поверхность, накапливаются в верхних горизонтах почвы. Вовлекаясь в биологический круговорот, тяжелые металлы передаются по пищевым цепям вызывая, ряд негативных последствий на различных экологических ступенях.

На сегодняшний день в научной литературе описано множество методов очистки почвы от загрязнения тяжелыми металлами. Однако большинство из них направлены на восстановление почв сельскохозяйственного назначения и не нашли практического применения в городских условиях. На наш взгляд для детоксикации почв урбанизированных территорий перспективно применять фиторемедиационные технологии с использованием зеленых растений, что обусловлено в первую очередь, экономическими причинами. Фиторемедиационные технологии не нуждаются в высококвалифицированном персонале, специальном сложном оборудовании, применении дорогостоящих химических реагентов. Требуется только высадить «нужные» виды в загрязненную почву, а в конце сезона утилизировать растения. [2]

**Цель исследования*:*** выявление перспективных для использования в фиторемедиационных технологиях распространенных декоративных растений в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами.

**Основные задачи:**

1. Изучить научную литературу, а также исследования, проводимые ранее по теме фиторемедиации и загрязнение почв тяжелыми металлами.
2. Провести отбор почв и их анализ на оценку содержания свинца и меди в Семейском регионе.
3. Ознакомиться с понятием и использованием вегетационного метода. Произвести посадку и наблюдения за ростом и развитием почвенных декоративных растений вегетационным методом и методом ведения фенологического дневника.
4. Провести математический анализ полученных данных. Оценить ремедиационный потенциал экспериментальных растений с учетом коэффициента биологического поглощения. Выбрать наиболее перспективное растение-аккумулянт для использования в урбанизированных экосистемах городов.

**Методы и методики решения основных задач.**

Выращивание растений проводилось вегетационным методом. Наблюдения за растениями велись с помощью фенологического дневника. Анализ на содержание меди и свинца в почве и исследуемых растениях проводился колориметрическим методом. Способность растений к аккумуляции загрязнителей из почвы рассчитана с помощью формулы коэффициента биологического поглощения.

**Глава 1 Теоретические основы изучения особенностей технологии фиторемедиации и токсического влияния тяжелых металлов**

**1.1 Инновационный метод по очистке почвы на сегодняшний день**

Таблица 1.Сравнение современных методов очистки почвы[4]

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Метод очистки | Стоимость очистки 1 га почвы в USD | Срок восстановления почвы | Экологическая опасность метода |
| Электро-кинетический | 1 200 000 | 2-3 часа | Безопасен |
| Химический | 615 | Бесконечно | Приводит к вторичному загрязнению почвы |
| Биологический (фиторемедиация) | 18-20,5 | До 15 лет | Экологически чистый метод |

Первые научные исследования были проведены в 50-х годах в [Израиле](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%98%D0%B7%D1%80%D0%B0%D0%B8%D0%BB%D1%8C), однако активное развитие метод получил только в 80-х годах XX века.

С начала 80-х годов для очистки окружающей среды от тяжелых металлов, органических и неорганических загрязнителей экологами предлагается использовать и растения. Этот метод очистки окружающей среды был назван фиторемедиацией - от греческого "фитон" (растение) и латинского "ремедиум" (восстанавливать), и основан на том, что многие виды растений способны накапливать поллютанты, причем их содержание в тканях и органах растений может в десятки и даже сотни раз превышать содержание в окружающей среде.

Фиторемедиация - комплекс методов очистки вод, грунтов и атмосферного воздуха с использованием зеленых растений. В этой технологии используются природные процессы, с помощью которых растения и ризосферные микроорганизмы деградируют и накапливают различные поллютанты. Фиторемедиация является высокоэффективной технологией очистки от ряда органических и неорганических поллютантов.

Фиторемедиация может быть успешно применена для очистки от ряда неорганических поллютантов, включая макроэлементы растений (нитраты, фосфаты), микроэлементы (такие как Cr, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn), несущественные для растения элементы (Cd, Co, F, Hg, Se, Pb, V, W) и радиоактивные изотопы (U238, Cs137 и Sr90).[2]

Принцип действия

Некоторые растения способны расщеплять или удалять опасные химические элементы в процессе поглощения воды и питательных веществ из загрязненной почвы, осадочных пород или грунтовых вод. Растения способны удалять загрязняющие вещества с такой глубины, насколько позволяет их корневая система. В очистке участвуют естественные процессы накопления загрязнителей в корнях, стеблях и листьях растений и трансформации их в менее вредные составляющие. Процесс трансформации происходит внутри растения, чаще всего в корневой зоне.

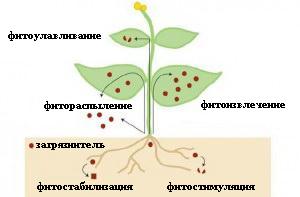
Поступление тяжелых металлов в корень происходит через поры клеточной оболочки с участием нескольких механизмов: прохождение по градиенту концентрации; с потоком растворителя; путем липоидной диффузии; с обменной диффузией, активным метаболическим переносом.

Рис 1. Процесс фиторемедиации.

Преимущества фиторемедиации и ограничения

Преимущества:

• Низкая себестоимость по сравнению с сегодняшними «механическими» методами очистки почвы.

•Использование энергии солнца, отсутствие активного участия человека. [4]

• Процесс происходит быстрее, чем при естественном распаде. [4]

• Количество загрязняющих веществ на мусорных полигонах может быть значительно снижено.

• В результате контролируемого сжигания собранной биомассы можно получать дополнительную энергию.

• Метод фиторемедиации практически не имеет вредного воздействия на окружающую среду и хорошо воспринимается населением.

Основным препятствием к применению метода фиторемедиации является его новизна и недостаточное распространение. Более того, характеристики, присущие методу фиторемедиации, ограничивают размер ниши, которую этот метод может занимать на рынке реабилитационных мероприятий.[4]

Вот некоторые из таких ограничений:

• Этот метод действует медленнее, чем большинство других методов. Существует зависимость от климатических условий. Так период полуудаления тяжелых металлов растениями из почвы в зависимости от типа почвы составляет для: цинка 70–510 лет; кадмия – 13–1100 лет; свинца 740–5900 лет.

• Необходим контроль доступа к полигону, так как растения могут представлять опасность для домашних животных и людей.

• Загрязнители, нейтрализуемые с помощью метода фиторемедиации, могут переходить в другие носители (например, могут попадать в грунтовые воды или накапливаться в животных).

• Полигон должен быть достаточно большим, чтобы на нем можно было использовать сельскохозяйственную технику для посадки и уборки растений.[5]

**1.2 Общие сведения о декоративных растениях, пригодных для посадки в городской урбанизированной среде**

Декоративные растения — растения, обыкновенно и большей частью выращиваемые для оформления [садов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B0%D0%B4), [парков](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D0%B0%D1%80%D0%BA), [скверов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%BA%D0%B2%D0%B5%D1%80) и других участков [городских](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%93%D0%BE%D1%80%D0%BE%D0%B4) и [сельских](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D0%B5%D0%BB%D0%BE) [территорий](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A2%D0%B5%D1%80%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%8F), предназначенных для [отдыха](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D1%82%D0%B4%D1%8B%D1%85), либо служебных, производственных и [жилых помещений](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%96%D0%B8%D0%BB%D0%B8%D1%89%D0%B5) (в последнем случае они часто называются ещё и [комнатными растениями](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BC%D0%BD%D0%B0%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F)). Декоративные растения широко используются в [озеленении](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D1%8B%D0%B5_%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%B0%D0%B6%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) [населённых пунктов](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9D%D0%B0%D1%81%D0%B5%D0%BB%D1%91%D0%BD%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%BF%D1%83%D0%BD%D0%BA%D1%82),  [ландшафтном](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9B%D0%B0%D0%BD%D0%B4%D1%88%D0%B0%D1%84%D1%82%D0%BD%D1%8B%D0%B9_%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%B9%D0%BD)  и   [фитодизайне](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A4%D0%B8%D1%82%D0%BE%D0%B4%D0%B8%D0%B7%D0%B0%D0%B9%D0%BD). В настоящее время не проведено достаточно опытов на изучение фиторемедиационной способности декоративных растений, что явилось одной из причин выбора их в качестве объекта исследования. [6]

Рис 2. Амарант трехцветный

Амарант трехцветный

К числу интересных растений универсального использования относятся виды рода Amaranthus, которые признаны Американской Академией Наук наиболее перспективной культурой XXI века.  В последнее время интенсивно проводятся исследования с целью расширения географии использования в сельскохозяйственной практике и медицине однолетние растения семейства амарантовых  (Amaranthaceae).  Виды амаранта широко распространены во многих странах мира, в том числе и в Казахстане. Амарант, как культура С4 типа имеет фотосинтетические особенности, которые позволяют ему в течение короткого времени при наличии необходимого питания набирать большую фитомассу, что делает его перспективной фиторемедиационной культурой. [7]

Бархатцы крупноцветковые

Бархатцы -[род](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A0%D0%BE%D0%B4_(%D0%B1%D0%B8%D0%BE%D0%BB%D0%BE%D0%B3%D0%B8%D1%8F)) [однолетних](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9E%D0%B4%D0%BD%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) и [многолетних](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9C%D0%BD%D0%BE%D0%B3%D0%BE%D0%BB%D0%B5%D1%82%D0%BD%D0%B8%D0%B5_%D1%80%D0%B0%D1%81%D1%82%D0%B5%D0%BD%D0%B8%D1%8F) растений семейства [Астровые, или Сложноцветные](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%90%D1%81%D1%82%D1%80%D0%BE%D0%B2%D1%8B%D0%B5). [Стебли](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%A1%D1%82%D0%B5%D0%B1%D0%BB%D0%B8) — прямостоячие, разветвлённые, образуют компактный или раскидистый куст высотой от 20 до 30 см. [Корневая](https://ru.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D1%80%D0%B5%D0%BD%D1%8C) система стержневая. Цветут обильно с июня до заморозков. Это очень неприхотливые растения с перистыми листьями и обильным цветением до глубокой осени. Они легко переносят жару, засуху и хорошо цветут даже в полутени.  Для выращивания им не требуется специальный уход, отлично подойдут для выращивания в урбанизированной среде. Имеют красивый и яркий внешний вид.[8]

Рис 2. Бархатцы крупноцветковые



**1.3 Процесс загрязнения почв тяжелыми металлами и их токсическое воздействие**

На сегодняшний день к тяжелым металлам относят более 40 элементов периодической системы Д.И. Менделеева с атомной массой свыше 40 атомных единиц: V, Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Cu, Zn, Mo, Cd, Sn, Hg, Pb, Bi и др.[1]

Загрязнение тяжелыми металлами (ТМ) связано с их широким использованием в промышленном производстве. В связи с несовершенными системами очистки ТМ попадают в окружающую среду, в том числе и в почву, загрязняя и отравляя ее. Почва является основной средой, в которую попадают ТМ, в том числе из атмосферы и водной среды. Из почвы ТМ усваиваются растениями, которые затем попадают в пищу.

Таблица 2. Основные техногенные источники тяжелых металлов[1]

|  |  |
| --- | --- |
| Источники тяжелых металлов | Элементы |
| Цветная металлургия | Pb, Zn, Cu, Hg, Mn, Sb, W, Co, Cd |
| Черная металлургия | Ni, Mn, Pb, Cu, Zn, W, Co |
| Энергетика | As, Sb, Se |
| Нефтяная промышленность | Pb, Cu, Ni, Zn, Mn |
| Сжигание угля | Sb, As, Cd, Cr, Mo |
| Сжигание нефти | As, Pb, Cd |

На данное время в Семейском регионе функционируют Востоно-Казахстанский мукомольно-комбикормовый комбинат, Семипалатинский завод асбестоцементных изделий, Семипалатинский завод масел, Семипалатинский кожевно-меховой комбинат, Завод по изготовлению строительных материалов «Казхимтехснаб», Семипалатинский литейно-механический завод, Семипалатинский метизный завод, Хлебокомбинат «Восток», Семипалатинский мясокомбинат, Цементный завод «Семей».[11]

Свинец

В настоящее время свинец занимает первое место среди причин промышленных отравлений. Это вызвано широким применением его в различных отраслях промышленности. В наше время интерес к элементу поддерживается в связи с загрязнением атмосферы промышленными выбросами, использованием тетраэтилсвинца как добавки к бензину, распространением отравлений свинцом в таких производственных процессах, как эмалирование, плавление, изготовление батареек, при использовании детьми свинцовых красок. Свинец вызывает торможение роста корней за счет снижения запаса делящихся клеток в меристеме(образовательные ткани), подавляет активность ряда ферментов: фосфатазы, каталазы, оксидазы, рибонуклеазы. [1]

##### Медь

Данный элемент известен человеку с доисторических времен. Ее латинское название произошло от названия острова Кипр – *Cuprum*. Медь в организме является необходимым кофактором для нескольких ферментов, катализирующих разнообразные окислительно-восстановительные реакции. Дефицит меди приводит к анемии, плохому состоянию костной и соединительной тканей, а также к потере пигментации волос. Избыток меди, попавшей в желудочно-кишечный тракт, раздражает нервные окончания в желудке и кишечнике и вызывает рвоту. Хронический избыток меди ведет к остановке роста, гемолизу и низкому содержанию гемоглобина, а также к нарушению тканей в печени, почках, мозге.

Токсичность меди связана с подавлением активности ферментов фосфатазы, каталазы, оксидазы, рибонуклеазы. Элемент взаимодействует с клеточными мембранами, изменяя их проницаемость и вызывая разрывы. Медь является антагонистом ряда необходимых элементов (цинк, железо, кальций) и может вызвать их недостаточность. [1]

**Глава 2.**  **Практическое изучение фиторемедиационного потенциала декоративных цветочных растений**

**2.1. Вегетационный метод.**

​ Сущность вегетационного метода заключается в выращивании растений в искусственных условиях. [10]

Были созданы следующие условия для выращивания:

1. Предварительная подготовка сосудов. Используют сосуды одинакового диаметра, в нашем случае были взяты пластиковые сосуды d=120 мм и объемом в 1,25 л. Отобранные сосуды тщательно моют. Корневая система должна быть защищена от света, поэтому их обертывают плотной бумагой, которые тщательно скрепляют скрепками, прокалывая картон в местах скрепления. После этого добавляют необходимое количество гравия в каждый сосуд, чтобы вес всех сосудов был совер­шенно одинаковым, гравий одновремен­но служит и для дренажа. Одновременно с насыпанием гравия в сосуд вставляют и трубку для поливки. Она должна быть на края со­суда. Накануне набивки сосудов горку гравия покрывают марле­вым кружком. Диаметр марлевого кружка должен быть больше диаметра сосуда на 3—5 см. После подготовки сосудов делают пробную набивку для установления точного веса почвы, входящей в сосуд. Таким образом, обычно 1 кг почвы увлажняют 150 мл воды; в таком состоянии при набивке почва хорошо уплотняется и в дальнейшем при поливке сосудов не оседает (Приложение №3, Рис 6,7,8).[10]

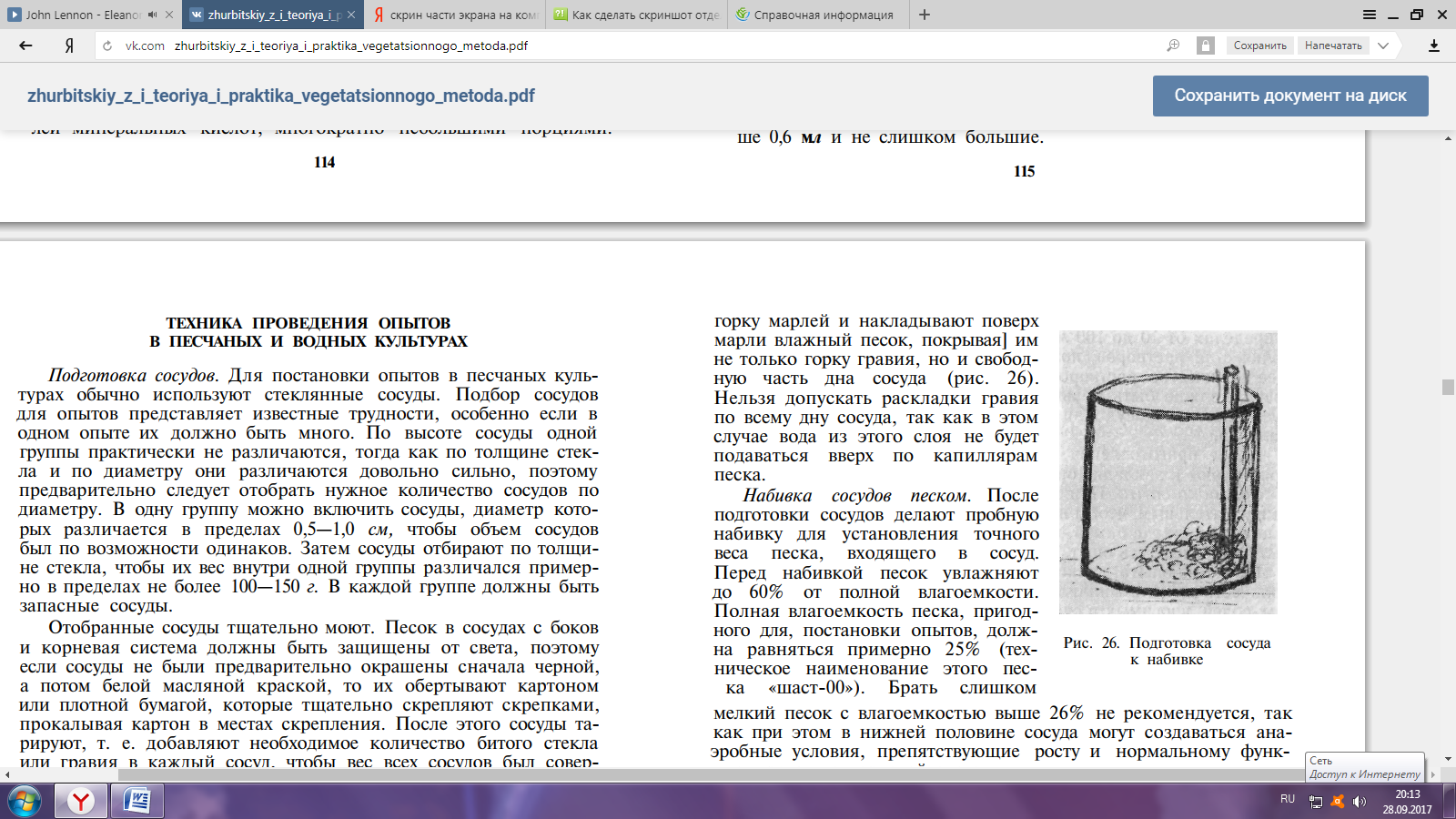


Рис 3. Подготовка сосудов к набивке.

1. Посев. Когда все сосуды набиты, приступают к посеву семян. Подготовке семян к посеву надо уделять серьезное внимание. Семена обязательно должны быть сортовые. Лучше всего их получать от опытного учреждения, производящего эти семена и гарантирующего их чистосортность и высокое качество (Приложение №1 Рис 3). Важно во все сосуды посадку производить одновременно и одинаково проросшими семенами, поэтому семена для проращивания берут с большим избытком. Лунки для посева семян размещают равномерно по поверхности сосуда на расстоянии 1-2 см при одинаковой глубине 1 см. После посева семян и небольшого увлажнения поверхности сосудов их покрывают плотной бумагой для предохранения по­верхности песка от просыхания. До появления всходов поверхность песка поддерживают во влажном состоянии, опрыскивая ее по возможности небольшими порциями воды, чтобы не пере­ увлажнить сосуды (Приложение №2 Рис 5).[10]
2. Полив сосудов. Как только появятся всходы, бумагу с сосу­дов снимают; полив сверху прекращают после появления пол­ных всходов и переходят на полив по весу через стеклянную трубку. Опыт ставят при 60% от влагоемкости, т. е. при 30% влажности. В сосуде помещают 1 кг абсолютно сухой почвы, и, следовательно, коли­чество воды, нужное для доведения почвы до 30% влажности.[10]

Почвенные культуры поливают дистиллированной водой. Поливку производят сверху и снизу через трубку; следует по­ливать два-три раза снизу, а затем один раз сверху.[10]

1. Загрязнения навесками свинца и меди проводилось в сосудах с серой лесной почвой, взятой на территории опытного участка в Сосновом бору г.Семей. Суглинистая почва, взятая на опытном участке вблизи подвесного моста через р.Иртыш в г.Семей, использована для контрольного опыта.

В настоящее время основным критерием оценки уровня загрязнения почвы химическими веществами является ПДК, данная методика основана на соотнесении фактически определенной концентрации элемента с предельно допустимой концентрацией загрязняющего вещества. [9]

Предельно-допустимая концентрация – это максимальное значение фактора, которое, воздействуя на человека, не вызывает у него и его потомства биологических изменений, даже скрытых и временно компенсируемых, в том числе заболеваний, изменений реактивности, адаптационно-компенсаторных возможностей, иммунологических реакций, нарушений физиологических циклов и психологических нарушений. Явным преимуществом данного способа оценки степени загрязнения является его простота применения. По мнению ряда ученых, применение единых величин ПДК на все территории без учета региональных особенностей недопустимо. Для сглаживания данного недостатка в 1992 году был принят норматив ориентировочно допустимых концентраций (ОДК), полученный расчетным путем и учитывающий гранулометрический состав и кислотность почвы. Они рассчитаны для тяжелых металлов и имеют по три численных значения для различных условий, что делает их применение более обоснованным и гибким. [9]

Таблица 1. Приблизительно допустимые концентрации (ПДК(ОДК)) тяжелых металлов в почвах (мг/кг) для близких к нейтральным, нейтральным суглинистым и глинистым (рН >5,5) ГОСТ 17.4.4.02-84. [9]

|  |  |
| --- | --- |
| Элементы, мг\кг почвы | |
| Cu | Pb |
| 120 | 130 |

В подготовленные почвенные образцы вносили соли тяжелых металлов по методике З.И.Журбицкого(1968). Каждый металл вносили отдельно в определенных концентрациях действующего вещества на 1 кг воздушно-сухой почвы при набивке вегетационных сосудов. Таким образом навески растворов меди содержали концентрации ПДК1=120 мг\кг, ПДК3=360 мг\кг, ПДК5=600 мг\кг, а свинца ПДК1=130 мг\кг, ПДК3=390 мг\кг, ПДК5=650 мг\кг (Приложение №2 Рис 5,6).

1. Уборка урожая. Убор­ку проводят по мере созревания растений. При уборке растения срезают как можно ближе к поверхности почвы; при этом реги­стрируется: число растений, число стеблей, вы­сота растений, длина стеблей. А также отделение подземной части (Приложение №6 Рис15,16,17). [10]
2. Высушивание образцов производилось на белой плотной бумаге в темном сухом помещении 2 недели. [10]

7. Для наблюдения за растениями, влиянием на их рост и развитие тяжелых металлов вели фенологический дневник в период 12.06-12.08.2020 года (Приложение №9)

Фенологический дневник

Калибровочный график 1.Результаты фенологических наблюдений

Калибровочный график 2.Результаты фенологических наблюдений.

.

Фенологические наблюдения позволяют сделать вывод о том, что тяжелые металлы, такие как свинец и медь, оказывают прямое воздействие на рост и развитие декоративных растений. Наблюдения показали, что средние показатели растений с введением свинца ниже, чем с медью, а также, что с увеличением концентрации тяжелых металлов замедляется рост и развитие растений, что ярко выражает пример с бархатцами.

Таким образом высота стебля бархатцев с введением нормы меди в ПДК5 на 41,7% ниже, чем ПДК1, а со свинцом нормы ПДК5 на 49,4% ниже, чем ПДК1.

**2.2 Определение pH уровня исследуемой почвы.**

Почву для анализа собирают по следующей схеме:

Делят участок на 10 равных частей. В центре каждого участка выкапывают яму глубиной 20 см и вынимают грунт. Выкопанную почву делят на 4 равные части, из каждой берут 20–25 г и складывают в бумажный пакет. Общая масса должна составить 400–800 г.Затем почву следует высыпать на бумагу и вынуть из нее все корни и камни. После этого ее нужно высушить в течение 2-3 дней. Высушенную землю надо измельчить и перемешать. Из такого материала можно взять 20 г земли для лабораторного анализа.[10]

Таблица 2. Определение pH уровня исследуемой почвы на приборе Pocket pH Meter.

|  |  |
| --- | --- |
| Местность, взятия пробы для анализа | pH |
| Участок в Сосновом бору г.Семей. | ≈6,0 |
| Участок на опытном участке вблизи подвесного моста через р.Иртыш в г.Семей | ≈5,6 |

**2.3. Анализ почвы и декоративных растений на содержание свинца и меди. Дитизоновый метод.**

Озоление.

Размельченный растительный образец помещают в прокаленный до постоянной массы тигель.Дальнейшие операции озоления проводят в вытяжном шкафу под тягой. Тигли ставят на плиту и нагревают до постоянного дыма, после чего сразу же поджигают. Обугливание должно быть полным. Тигли помещают в муфель на 2-3 минуты до черной золы. Для доведения до белого состояния продолжают озолять при температуре 500-550 градусов в течении 3-5 часов.

Приготовление растворов исследуемых образцов

После дополнительного озоления и охлаждения золы прибавляют по стенкам тигля 2 мл HCl(конц) и 0,5 мл H2O2 (30%) и выпаривают досуха (Приложение №7 Рис 20). Приливают 35 мл HCl(конц) и из промывалки приливают горячей дистиллированной воды, подкисленной HCl(1:200). Горячий раствор золы фильтруют через складчатый фильтр, промытый 3-4 раза, подкисленный HCl фильтрат собирают в цилиндр, промывают тигель этим же раствором и доводят холодной подкисленной HCl водой до 100 мл (Приложение №8 Рис 21).

Таблица 3. Взвешивание навесок растений для анализа содержания свинца и меди.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Масса | № | Бархатцы крупноцветковые | Амарант трехцветный |
| Сухого растения,г | 1 | 1,5 | 1, |
| 2 | 1,8 | 1,1 |
| 3 | 1,5 | 1,2 |
| Используемая для озоления, г | | 1 | 1 |
| Используемая для доведения до белой золы,г | | 0,8 | 0,8 |
| После выпаривания, г | | 1 | 1 |

В процессе проведения озоления происходит потеря массы высушенных растений, взятых для проведения анализа.

Ход определения меди.

Медь определяют фотометрическим методом. Определение основано, на образовании красного дитизоната меди при взбалтывании - экстракции кислого (рН2-3) раствора анализа с раствором дитизона в ССl4 (Приложение №8 Рис 22). В этом, процессе в зависимости от наличия меди красный дитизонат ее вместе с остатком зеленого дитизона образует различные переходы окраски слоя ССl4 - от зеленого до красного. Количественный учет проводят сопоставлением окраски анализа с окраской серии стандартов (шкал) без удаления избытка реактива, т. е. по смешанной окраске.

В пробирку с притертой пробкой, диаметр которой одинаков с ампулами шкалы, наливают 2 мл анализируемого раствора, добавляют 2 мл цитрата натрия (реактив 2) и разбавленной HCl (Приложение №8 Рис 22), доводят рН раствора до 2,2-2,5. Для проверки реакции раствора при подкислении влажной пробкой пробирки после добавления 5-6 капель кислоты и перемешивания содержимого пробирки на узкую полоску бумаги универсального индикатора наносят пятно, окраску которого сравнивают с индикаторной шкалой. Практически необходимое количество кислоты устанавливают только для одного образца из очередной серии, а к остальным, вследствие их одинаковых концентраций и объемов, добавляют то же количество, что и к первому образцу.

Затем экстракт переливают в калиб­рованную пробирку (по диаметру одинаковую с ампулами шкалы) и сопоставляют со шкалой или измеряют оптическую плотность окрашен­ного экстракта при помощи фотоэлектроколориметра при длине волны 490 нм (сине-зеленый светофильтр), используя кювету с рабочей дли­ной 10 мм и СС14 в качестве нулевого раствора. (Приложение №8 Рис 23, 24).

Для вычисления результатов пользуются формулой:

Х=\*в,

где Х- содержание свинца в почве, мг/л или в растении, мг/кг;

а - найденная концентрация свинца (мкг/мл),

б – концентрация свинца в контрольных растворах, (мкг/мл)

в - объем колориметрируемого окрашенного раствора, см3 ,

п - навеска почвы или растения в соответствии с объемом анализируемого раствора, г.

Таблица 4. Содержание меди в образцах бархатцев крупноцветковых.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Введенная концентрация | №  опыта | Бархатцы крупноцветковые | |
| Концентрация меди, мг\кг | Среднее содержание, мг\кг |
| ПДК1  120 мг\кг | 1 | 66 | 65 |
| 2 | 70 |
| 3 | 59 |
| ПДК3  360 мг\кг | 1 | 95 | 90 |
| 2 | 84 |
| 3 | 91 |
| ПДК5  600 мг\кг | 1 | 129 | 128 |
| 2 | 135 |
| 3 | 120 |
| Контроль | 1 | 96 | 92,3 |
| 2 | 91 |
| 3 | 90 |

Таблица 5. Содержание меди в образцах амаранта трехцветного.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Введенная концентрация | №  опыта | Амарант трехцветный | |
| Концентрация меди, мг\кг | Среднее содержание, мг\кг |
| ПДК1  120 мг\кг | 1 | 58 | 64,3 |
| 2 | 51 |
| 3 | 54 |
| ПДК3  360 мг\кг | 1 | 79 | 73,6 |
| 2 | 76 |
| 3 | 66 |
| ПДК5  600 мг\кг | 1 | 96 | 97 |
| 2 | 99 |
| 3 | 96 |
| Контроль | 1 | 75 | 70,3 |
| 2 | 65 |
| 3 | 71 |

Минимальная средняя концентрация меди зафиксирована в образцах амаранта трехцветного(64,3 мг\кг) с введением в почву 120 мг\кг тяжелого металла, а максимальная у бархатцев(128 мг\кг) с введением 600 мг\кг.

Ход определения свинца.

В делительную воронку объемом 150-200 мл наливают 10 мл окисленной солянокислой вытяжки и 20 мл дистиллированной воды или 20 мл раствора золы растений. К содержимому прибавляют 4 (2) мл 25%-ного водного раствора цитрата натрия, 2 капли 0,05%-ного водного раствора бромтимолового синего. Добавлением разбавл. 1:1 NH4OH добиваются перехода окраски раствора от желтой к синей или сине-зеленой, после чего приливают еще 0,2 мл разбавл. раствора NH4OH (рН 9,0). Затем приливают 10 мл конц. раствора дитизона, встряхивают 20-30 с, и после расслоения экстракт (слой ССl4) сливают в 100 мл стаканчик. Экстракцию повторяют 2 раза с 5 мл ССl4. Окраска последней порции должна иметь зеленый цвет.

Водный слой из делительной воронки выливают, воронку промывают дистиллированной водой и переносят в нее собранные в стаканчике экстракты. Для рэкстракции свинца к содержимому воронки приливают 20 мл 0,02 н. HCl и 30-40 с энергично встряхивают. Слой ССl4 сливают, к оставшемуся в делительной воронке водному раствору приливают 1 мл 25%-ного цитрата натрия, 1 мл 5%-ного водного раствора гидроксиламина, 5 мл рабочего раствора дитизона и 5 мл 20%-ного водного раствора NaOH. Встряхивают в течение 15-20 с. Если после расслоения окраска экстракта (ССl4) одинакова или интенсивнее ок­раски последнего деления шкалы, добавляют еще 5 мл рабочего раст­вора дитизона и снова встряхивают в течение 10-15 с. При необходи­мости эту операцию повторяют. Затем экстракт переливают в калиб­рованную пробирку (по диаметру одинаковую с ампулами шкалы) и сопоставляют со шкалой или измеряют оптическую плотность окрашен­ного экстракта при помощи фотоэлектроколориметра (Приложение №8 Рис 24) при длине волны 490 нм (сине-зеленый светофильтр), используя кювету с рабочей дли­ной 10 мм и СС14 в качестве нулевого раствора.

Расчет результатов проводят по следующей формуле:

Х=\*в,

где Х- содержание свинца в почве, мг/л или в растении, мг/кг;

а - найденная концентрация свинца (мкг/мл),

б – концентрация свинца в контрольных растворах, (мкг/мл)

в - объем колориметрируемого окрашенного раствора, см3 ,

п - навеска почвы или растения в соответствии с объемом анализируемого раствора, г.

Таблица 6. Содержание свинца в образцах бархатцев крупноцветковых.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Введенная концентрация | №  опыта | Бархатцы крупноцветковые | |
| Концентрация свинца, мг\кг | Среднее содержание, мг\кг |
| ПДК1  130 мг\кг | 1 | 89 | 95,3 |
| 2 | 98 |
| 3 | 99 |
| ПДК3  390 мг\кг | 1 | 189 | 173 |
| 2 | 176 |
| 3 | 154 |
| ПДК5  650 мг\кг | 1 | 275 | 278 |
| 2 | 281 |
| 3 | 278 |
| Контроль | 1 | 175 | 180,3 |
| 2 | 186 |
| 3 | 180 |

Таблица 7. Содержание свинца в образцах амаранта трехцветного.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Введенная концентрация | №  опыта | Амарант трехцветный | |
| Концентрация свинца, мг\кг | Среднее содержание, мг\кг |
| ПДК1  130 мг\кг | 1 | 84 | 82,3 |
| 2 | 88 |
| 3 | 75 |
| ПДК3  390 мг\кг | 1 | 176 | 170,3 |
| 2 | 166 |
| 3 | 169 |
| ПДК5  650 мг\кг | 1 | 283 | 278,6 |
| 2 | 274 |
| 3 | 279 |
| Контроль | 1 | 162 | 170 |
| 2 | 173 |
| 3 | 175 |

Минимальная средняя концентрация свинца зафиксирована в образцах амаранта трехцветного(82,3 мг\кг) с введением в почву 120 мг\кг тяжелого металла и максимальная также у амаранта(278,6 мг\кг) с введением 600 мг\кг.

Диаграмма 1. Концентрация меди, мг\кг.

Диаграмма 2. Концентрация свинца, мг\кг.

Сравнение аккумулирующей способности исследуемых растений показывает, что концентрация тяжелых металлов в бархатцах больше, чем в амаранте.

**2.4. Математический анализ полученных данных.**

1. Коэффициент биологического поглощения.

Для каждой цветочной культуры возможно определение коэффициента биологического поглощения (*Ax*) тяжелого металла, который отражает способность растения к аккумуляции загрязнителя из почвы по следующей формуле:[10]

*Ax=Kp/Kn* ,

где *Kp* –концентрация металла в декоративных растениях;

*Kn* – концентрация металла в почве.

Таблица 8. Коэффициент биологического поглощения меди.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *Kn* меди в почве на опытном участке близ подвесного моста г.Семей , мг\кг | *Kp* меди*,* мг\кг | *Ax* меди |
| Бархатцы крупноцветковые | 185 | 92,3 | 0,49 |
| Амарант трехцветный | 70,3 | 0,38 |

Коэффициент биологического поглощения меди у бархатцев выше, чем у амаранта.

Таблица 9. Коэффициент биологического поглощения свинца.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | *Kn* свинца в почве на опытном участке близ подвесного моста г.Семей , мг\кг | *Kp* свинца*,* мг\кг | *Ax* свинца |
| Бархатцы крупноцветковые | 298 | 180,3 | 0,61 |
| Амарант трехцветный | 170 | 0,57 |

Коэффициент биологического поглощения свинца у бархатцев выше, чем амаранта.

2. Коэффициент концентрации относительно ПДК.

Численно это коэффициент равен отношению содержания элемента в исследуемом объекте *(Сi)* к его ПДК: [10]

*КПДК=Сi /ПДК*

Таблица 10. Коэффициент концентрации относительно ПДК.

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | Содержание меди *(Сi),* мг\кг | ПДК(Сu), ГОСТ 17.4.4.02-84, мг\кг | КПДК(Сu) | Содержание свинца *(Сi),* мг\кг | ПДК(Pb), ГОСТ 17.4.4.02-84, мг\кг | КПДК(Pb) |
| Почва на опытном участке близ подвесного моста г.Семей | 185 | 120 | 1,5 | 298 | 130 | 2,3 |

Коэффициент концентрации относительно ПДК характеризует превышение содержания элемента в почвах и грунтах над его ПДК. Из этого следует, что показатели свинца в г.Семей превышают норму в 2,3ПДК, а меди в 1,5ПДК.

**Заключение**

1. Активное развитие фиторемедиационный метод получил только в 80-х годах XX века. Фиторемедиация не имеет широкого применения, однако ситуация может измениться в ближайшем будущем в связи с повышением к ней интереса и быстрым ростом финансирования исследований в этой области, а также по причине наличия большого количества загрязнённых районов на территории стран.
2. Химический анализ почв, взятых на территории г.Семей, показал, что содержание свинца превышает норму в 2,3ПДК, а меди в 1,5ПДК. Загрязнение тяжелыми металлами связано с их широким использованием в промышленном производстве. Важным фактом является также то, что вблизи оживленных дорог находится частный населенный сектор.
3. ​ При использовании вегетационного метода выявлена прямая зависимость, то есть содержание исследуемых химических загрязнителей в растениях зависит от их содержания в почве.
4. Применяя фотометрический метод, рассчитали, что минимальная средняя концентрация меди в образцах амаранта трехцветного равна 64,3 мг\кг, а максимальная – 70,3 мг\кг. Минимальная средняя концентрация свинца - 82,3 мг\кг, а максимальная – 170 мг\кг.

Минимальная средняя концентрация меди у бархатцев равна 65 мг\кг, а максимальная – 92,3 мг\кг. Минимальная средняя концентрация свинца – 95,3 мг\кг, а максимальная – 180,3 мг\кг.

Растения способны в разной степени к аккумуляции тяжелых металлов. Учитывая коэффициент биологического поглощения, наибольшей способностью к аккумуляции тяжелых металлов из почвы среди изученных растений обладают бархатцы (*Ax* свинца=0,61, *Ax* меди =0,49), что указывает на возможность их использования в качестве ремедиантов урбанизированных территорий.

Рекомендации

1.Использовать растения семейства амарантовых (Amarantháceae) и астровых, или сложноцветных (Compositae) для озеленения и декорирования города, а также уменьшения нагрузки на почву около оживленных дорог, промышленных предприятий и населенных пунктов. В результате контролируемого сжигания собранной биомассы таких однолетних культурных растений можно получать дополнительную энергию, контролируя или уменьшая концентрацию тяжелых металлов в почве каждый год.

2. Перспективно использование бархатцев крупноцветковых, как растение с высоким коэффициентом биологического поглощения свинца (0,61) и меди (0,49).

3. Дальнейшее изучение фиторемедиационных способностей растений-гипераккумуляторов с целью улучшения экологического состояния урбанизированных населенных пунктов вблизи крупных промышленных предприятий и устранения последствий выбросов тяжелых металлов в атмосферу, почву, воды.

**Список использованной литературы**

1. «Вредные химические вещества: неорганические соединения элементов I–IV групп» В.А. Филова, 1988. – 512 с.
2. «Фиторемедиация  почв,  загрязнённых  тяжелыми  металлами», Нашивочникова  А.В,  Степанова  С.В. ,2005, с 250-275
3. Интернет ресурс - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Фиторемедиация>
4. Интернет ресурс - <http://www.isfoundation.com/node/2302>
5. «Инновационная разработка экотехнологического подхода к очищению вод: фиторемедиация с использованием водных макрофитов. - Вода: технология и экология», Остроумов С.А., Соломонова Е.А. 2008, с. 48-56.
6. «Садовые цветы. Большая иллюстрированная энциклопедия» Афонькин С. 2003, с 15-16.
7. Интернет ресурс - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Амарант>
8. Интернет ресурс - <https://ru.wikipedia.org/wiki/Бархатцы>
9. ГОСТ 17.4.4.02-84 «Охрана природы. Почвы. Методы отбора и подготовки проб для химического, бактериологического, гельминтологического анализа», 1994.
10. «Теория и практика вегетационного метода» З.И. Вербицкий,1968,с 62-84, 204-257.
11. Интернет ресурс-https://ru.wikipedia.org/wiki/Семей

Фенологический дневник

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **Период** | **Критерии** | **Бархатцы крупноцветковые** | | | | | | | |
| **ПДК1** | | **ПДК3** | | **ПДК5** | | **Контроль** | |
| **Cu** | **Pb** | **Cu** | **Pb** | **Cu** | **Pb** | **Cu** | **Pb** |
| **День 1 (12.06.20)** | Поливка | Обильный полив(150 мл) | | | | | | | |
| **Неделя 1** | Поливка | Обильное опрыскивание | | | | | | | |
| Высота стебля, цвет |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Макс.ширина листа, цвет |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Мин.ширина листа, цвет |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов |  |  |  |  |  |  |  |  |
| **Неделя 2** | Поливка | Обильное опрыскивание | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 0,5-0,5 светло-розовый | 0,6-0,3 светло-роховый | 0,1 светло-розовый | 0,3 светло-розовый | 0,4 светло-розовый | 0,2 светло-розовый | 0,2 светло-розовый | 0,1 светло-розовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 0,3-0,2 светло-зеленый | 0,3-0,1 светло-зеленый | 0,5-0,2 светло-зеленый | 0,3-0,1 светло-зеленый | 0,4-0,3 светло-зеленый | 0,2-0,1 светло-зеленый | 0,3-0,1 светло-зеленый | 0,1-0,1 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина листа | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 | 0,1-0,1 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |  | 1 | 1 |
| **Неделя 3** | Поливка | Обильный полив(150 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 3,2-3 розовый | 3,6-2,9 розовый | 3,8 розовый | 2,6 розовый | 3,3 розовый | 2,9 розовый | 2,6 розовый | 3 розовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 0,5-0,4 светло-зеленый | 0,5-0,3 светло-зеленый | 0,7-0,5 светло-зеленый | 0,5-0,4 светло-зеленый | 0,5-0,4 светло-зеленый | 0,4-0,3 светло-зеленый | 0,5-0,2 светло-зеленый | 0,3-0,2 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина листа | 0,2-0,1 | 0,2-0,2 | 0,3-0,1 | 0,2-0,1 | 0,2-0,1 | 0,2-0,1 | 0,2-0,1 | 0,2-0,1 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Неделя 4** | Поливка | Обильный полив(300 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 6,7-6,3 светло-фиолетовый | 6,2-5,5 светло-фиолетовый | 4,7 светло-фиолетовый | 5,7 светло-фиолетовый | 5,4 светло-фиолетовый | 4,2 светло-фиолетовый | 5 светло-фиолетовый | 4,8 светло-фиолетовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 0,9-0,6 зеленый | 0,8-0,6 зеленый | 0,7-0,5 светло-зеленый | 0,5-0,4 светло-зеленый | 0,5-0,4 светло-зеленый | 0,4-0,3 светло-зеленый | 0,5-0,2 светло-зеленый | 0,3-0,2 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина листа, | 0,2-0,1 | 0,3-0,3 | 0,4-0,2 | 0,2-0,1 | 0,2-0,1 | 0,3-0,4 | 0,3-0,1 | 0,3-0,2 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Неделя 5** | Поливка | Обильный полив(300 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 8,5-7,7 светло-фиолетовый | 7,2-6,9 светло-фиолетовый | 6,4 светло-фиолетовый | 6,3 светло-фиолетовый | 5,4 светло-фиолетовый | 4,2 светло-фиолетовый | 5,5 светло-фиолетовый | 4,8 светло-фиолетовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 0,9-0,6 зеленый | 0,8-0,6 зеленый | 0,9-0,6 зеленый | 0,5-0,4 светло-зеленый | 0,7-0,5 светло-зеленый | 0,4-0,3 светло-зеленый | 0,5-0,2 светло-зеленый | 0,3-0,2 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина листа, цвет | 0,3-0,2 | 0,3-0,3 | 0,5-0,2 | 0,2-0,2 | 0,2-0,2 | 0,4-0,4 | 0,4-0,2 | 0,3-0,2 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Неделя 6** | Поливка | Обильный полив(300 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 10,5-9,9 фиолетовый | 9,4-7,7 фиолетовый | 8,4 светло-фиолетовый | 7,7 светло-фиолетовый | 6,3 светло-фиолетовый | 4,3 светло-фиолетовый | 6,5 светло-фиолетовый | 6,9 светло-фиолетовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 1,1-0,7 насыщенно-зеленый | 1,3-9,6 насыщенно-зеденый | 0,9-0,6 зеленый | 08-0,6 зеленый | 0,8-0,3 зеленый | 0,6-0,4 светло-зеленый | 0,7-0,5 зеленый | 0,6-0,5 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина листа | 0,3-0,2 | 0,5-0,4 | 0,5-0,3 | 0,2-0,3 | 0,2-0,2 | 0,5-0,4 | 0,4-0,3 | 0,4-0,3 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Неделя 7** | Поливка | Обильный полив(300 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 12,8-10 фиолетовый | 11,5-9,6 фиолетовый | 9,2 светло-фиолетовый | 9,7 светло-фиолетовый | 6,3 светло-фиолетовый | 4,6 светло-фиолетовый | 7,9 светло-фиолетовый | 7,7 светло-фиолетовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 1,1-0,7 насыщенно-зеленый | 1,3-0,9 насыщенно-фиолетовый | 0,9-0,6 зеленый | 0,8-0,6 зеленый | 0,8-0,3 зеленый | 0,6-0,4 светло-зеленый | 0,7-0,5 зеленый | 0,6-0,5 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина лист | 0,4-0,3 | 0,5-0,4 | 0,6-0,3 | 0,2-0,3 | 0,2-0,2 | 0,5-0,5 | 0,4-0,3 | 0,5-0,3 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Неделя 8** | Поливка | Обильный полив(300 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 14,3-11,5 темно-фиолетовый | 13,7-11 темно-фиолетовый | 10,9 фиолетовый | 10,2 фиолетовый | 7,6 светло-фиолетовый | 5,5 светло-фиолетовый | 9,8 светло-фиолетовый | 8 светло-фиолетовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 1,4-0,8 насыщенно-зеленый | 1,5-1 насыщенно-зеленый | 1-0,7 насыщенно-зеленый | 0,8-0,6 зеленый | 0,8-0,4 зеленый | 0,7-0,6 светло-зеленый | 0,8-0,6 зеленый | 0,7-0,5 светло-зеленый |
| Мин.длина-ширина листа | 0,4-0,3 | 0,5-0,4 | 0,6-0,3 | 0,2-0,3 | 0,2-0,2 | 0,5-0,5 | 0,4-0,4 | 0,5-0,3 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |
| **Завершение (12.08.20)** | Поливка | Обильный полив(300 мл) | | | | | | | |
| Высота стебля(макс-мин), цвет | 15,9-13,6 темно-фиолетовый | 14-12,9 темно-фиолетовый | 12,6 темно-фиолетовый | 11фиолетовый | 8,6 светло-фиолетовый | 6,8 светло-фиолетовый | 11,7 темно-фмолетовый | 9,4 фиолетовый |
| Макс.длина-ширина листа, цвет | 1,5-1 насыщенно-зеленый | 1,8-1,3 насыщенно-зеленый | 1,2-0,6 насыщенно-зеленый | 1-0,6 насыщенно-зеленый | 0,8-0,5 зеленый | 0,8-0,4 зеленый | 1-0,6 насыщенно-зеленый | 0,8-0,4 зеленый |
| Мин. длина-ширина листа | 0,5-0,3 | 0,6-0,5 | 0,7-0,5 | 0,3-0,4 | 0,4-0,2 | 0,7-0,4 | 0,4--0,5 | 0,6-0,4 |
| Цветки |  |  |  |  |  |  |  |  |
| Количество побегов | 2 | 2 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 |