

Министерство образования и науки Российской Федерации
федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«МАРИЙСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

УДК 57.04



УТВЕРЖДАЮ

Проректор по научной работе
и инновационной деятельности –
директор Программы развития
опорного университета

А. Н. Леухин
«_____» _____ 2017 г.

ОТЧЕТ
О НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКОЙ РАБОТЕ

по теме:
«БИОЛОГИЧЕСКИЙ МОНИТОРИНГ СОСТОЯНИЯ
ПОЧВЕННОГО ПОКРОВА»

(заключительный)

Начальник управления научной
и инновационной деятельности

В.И. Токтарова
«_____» _____ 2017 г.

Руководитель темы

Е.С. Закамская
«30» ноября 2017 г.


Йошкар-Ола 2017

СПИСОК ИСПОЛНИТЕЛЕЙ

Кафедра экологии Марийского государственного университета:


Руководитель темы:

доцент кафедры экологии, к.б.н.

 Е.С. Закамская

Исполнители:

доцент кафедры экологии, к.б.н.

 Е.А. Скочилова

РЕФЕРАТ

На территории г. Йошкар-Олы в зимнее время на проезжей части и тротуарах в качестве антигололедных реагентов используется песко-соляная смесь. С проезжей части песко-соляная смесь частично собирается вместе со снегом и вывозится на снежную свалку. На пешеходных дорожках антигололедные реагенты сметаются на обочины. В связи с этим целью проводимых работ являлось изучение степени загрязнения почвы ионами хлора, как результат антигололедных мероприятий, вблизи проезжих частей и пешеходных дорожек в разных функциональных зонах города Йошкар-Олы.

В ходе проведенных работ было установлено, что в урбаноземах на территории г. Йошкар-Олы содержание в хлорид-ионов в придорожных полосах и газонах трех функциональных зон: рекреационной, селитебной и южной промышленной варьирует от 0,23 до 3,41 %. В селитебной зоне это показатель несколько выше, чем в промышленной. Урбаноземы на территории г. Йошкар-Олы являются сильнозасоленными и очень сильно засоленными. Биотестирование урбаноземов по энергии прорастания и всхожести семян горчицы белой не показало статистически не значимых различий по данным показателям между разными функциональными зонами. Энергия прорастания и всхожесть семян овса посевного в рекреационной зоне значимо выше, чем в селитебной и южной промышленной и селитебной зонах. В то же время между двумя последними разница статистически не значима.

Засоление, оказывает существенное влияние на фотосинтетический аппарат растений, отрицательно действует на структурно-функциональное состояние хлоропластов. По мере увеличения концентрации хлорид-ионов в почве у овса посевного и горчицы белой снижается содержание хлорофиллов *a* и *b* и их соотношение сокращается главным образом за счет уровня хлорофилла *a*. У овса посевного и горчицы белой при очень сильном засолении происходит увеличение количества каротиноидов. Увеличение пула каротиноидов при действии засоления свидетельствует об активации защитных механизмов антиоксидантной системы растений.

ОГЛАВЛЕНИЕ

РЕФЕРАТ	3
ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ	8
ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ.....	10
1. Материал и методы исследования	10
1.1 Характеристика тест объектов.	10
1.1.1 Горчица белая (<i>Sinapsis alba</i> L.)	10
1.1.2 Овёс посевной (<i>Avena sativa</i> L.).....	12
1.2 Методы исследования	13
1.2.1 Отбор проб урбаноземов и подготовка к анализу	13
1.2.2 Определение содержания хлоридов	13
1.2.3 Определение фитотоксичности урбаноземов по энергии прорастания и всхожести семян.....	14
1.2.4 Определение содержания фотосинтезирующих пигментов	15
Результаты исследования	15
1.3 Содержание ионов хлора в урбаноземах.....	15
1.4 Оценка фитотоксичности урбаноземов по энергии прорастания и всхожести семян	17
1.5 Содержание фотосинтезирующих пигментов в проростках овса посевного и горчицы белой.....	21
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	30
Список использованной литературы.....	31

ОПРЕДЕЛЕНИЯ

Антигололедные реагенты – это химические, либо натуральные средства, предназначенные для борьбы со льдом на улицах в зимнее время года. Они представлены как в жидком, так и твердом виде. К химическим реагентам относятся: хлористый кальций, магний и Айсмелт, к натуральным – песок, пескосоляная смесь (пескосоль).

Биологический мониторинг – экологический мониторинг, основанный на наблюдении за реакцией живых организмов на загрязнение окружающей среды.

Всхожесть – это количество появившихся всходов, выраженное в процентах к количеству высеянных семян.

Государственный стандарт Российской Федерации (ГОСТ Р) – стандарт, принятый Государственным комитетом Российской Федерации по стандартизации, метрологии и сертификации (Госстандарт России) или Государственным комитетом Российской Федерации по жилищной и строительной политике (Госстрой России).

Засоление почв – процесс накопления в почвах солей (хлоридов, карбонатов, сульфатов и нитратов).

Засоленные почвы – почвы, содержащие в профиле легкорастворимые соли в количестве, токсичном для растений-негалофитов.

Предельно-допустимая концентрация – утверждённый в законодательном порядке санитарно-гигиенический норматив. Это такое количество вредного вещества в компонентах окружающей среды (воде, воздухе, почве), при постоянном контакте или при воздействии за определенный промежуток времени практически не влияющее на здоровье человека и не вызывающее неблагоприятных последствий у его потомства.

Тест-объект – объект живой природы, воздействуя на который устанавливают качество среды.

Урбаноземы – искусственно образованные в процессе формирования городской среды почвы, функционирующие под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы, но с добавлением специфического в городской среде антропогенного фактора.

Фитотоксичность – способность химических веществ подавлять рост и развитие растений.

Фотосинтетические пигменты – это вещества, избирательно поглощающие свет в видимой части спектра.

Функциональная зона – территория в конкретных границах с установленным функциональным назначением и режимами использования. По функциональному использованию городские территории подразделяются на:

- **селитебные зоны**, в которых размещаются жилые микрорайоны и кварталы, административно-общественные учреждения и учреждения культурно-бытового обслуживания населения;
- **промышленные зоны** – функционально-специализированные части территории города, включающие объекты материального производства, коммунального хозяйства, производственной инфраструктуры, науки и научного обслуживания, подготовки кадров, другие объекты непромышленной сферы, обслуживающие материальное и нематериальное производство.
- **рекреационные зоны** – территории города, предназначенные для организации и проведения разнообразных форм массового отдыха горожан;

Энергия прорастания – скорость прорастания, выражаемая в проценте семян, проросших (давших корешки, равные половине длины семени, и ростки) в срок, установленный опытным проращиванием.

ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

- ГОСТ – Государственный стандарт
ПДК – предельно-допустимая концентрация
мин. – минимум
макс. – максимум
СГ – хлорид-ион
ССК – светособирающий комплекс

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время городские почвы чаще всего не рассматриваются, как самостоятельное природное тело, а принимаются как грунт, субстрат для посадки зелёных насаждений (Почвы..., 2012). На антропогенно-нарушенных или антропогенно-преобразованных грунтах формируются, так называемые урбаноземы – искусственно образованные в процессе формирования городской среды почвы, функционирующие под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы, но с добавлением специфического в городской среде антропогенного фактора (Оценка почв..., 2001).

Урбаноземы загрязняются различными химическими веществами, поступающими от авторанспорта, промышленных предприятий и коммунально-бытового сектора. Эти соединения накапливаются и приводят к постепенному изменению химических и физических свойств почвы, ухудшают ее плодородие. Одним из факторов, приводящих к негативным последствиям на территории населенных пунктов, является применение в зимний период антигололедных реагентов, что ведет к засолению почвогрунтов.

Засоление почв – процесс накопления в почвах солей (хлоридов, карбонатов, сульфатов и нитратов). Засоление приводит к образованию солонцеватых и солончаковых почв. Так, засоленными называются почвы, содержащие в профиле легкорастворимые соли в количестве, токсичном для растений-негалофитов (Ковда, 1988). Процесс засоления почв происходит под влиянием антропогенных факторов за счет избытка поступления воды с водосборных и дренажных сетей, а также при разливе пластовых высокоминерализованных вод. Засоление почв происходит и в естественных условиях за счет поднятия солоноватых и соленых вод (Самтанова, 2013)

Засоление почвы ведет к созданию низкого водного потенциала, в связи с этим нарушается поступление воды в растение. Наличие солей в почве ведет к нарушению процессов обмена (Самтанова, 2017).

Повышение концентраций солей в почве является причиной невозможности роста растений. Так, например, в пределах участка высоких

концентраций солей происходит гибель растений, а на участке с токсичным содержанием солей (25 – 35 мг-экв/100 г почвы) отмечена полная гибель растительного покрова (Божевольнов, 1996).

На территории г. Йошкар-Олы в зимнее время на проезжей части и тротуарах в качестве антигололедных реагентов используется песко-соляная смесь. Так в феврале 2017 г за сутки использовано 409 тонн (http://www.i-ola.ru/about/info/news/19423/?sphrase_id=112941). С проезжей части песко-соляная смесь частично собирается вместе со снегом и вывозится на снежную свалку. На пешеходных дорожках антигололедные реагенты сметаются на обочины.

В связи с этим целью проводимых работ являлось изучение степени загрязнения почвы ионами хлора, как результат антигололедных мероприятий, вблизи проезжих частей и пешеходных дорожек в разных функциональных зонах города Йошкар-Олы.

Задачи:

1. Отбор проб почвы и анализ содержания ионов хлора в урбаноземах придорожной полосы и на газонах территории городского округа «Город Йошкар-Ола» в рекреационной, селитебной и южной промышленной зонах;

2. Исследование фитотоксичности урбаноземов по энергии прорастания и всхожести семян горчицы белой и овса посевного.

2. Изучение влияния засоления почв на состояние ассимиляционного аппарата тест-объектов по содержанию фотосинтетических пигментов.

Основанием для проведения работ по биологическому мониторингу почвенного покрова на территории города Йошкар-Олы на 2017 год явилось техническое задание, выданное Комитетом экологии и природопользования администрации городского округа «Город Йошкар-Ола» (Муниципальный контракт № 186-пр от 07.09.2017 г., ИКЗ 173121503747512150100100560017112244)

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

1. Материал и методы исследования

Исследования проводились в июне-июле 2017 года в соответствии с техническим заданием на оказание услуг по проведению оценки состояния окружающей среды города Йошкар-Олы по эколого-физиологическим показателям растений «Биологический мониторинг состояния почвенного покрова».

В ходе работы проведены отборы почвенных проб и проанализировано содержание ионов хлора в урбаноземах придорожной полосы и на газонах территории городского округа «Город Йошкар-Ола»:

в рекреационной зоне (Центральный парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ);

в селитебной зоне (ул. Анциферова, ул. Баумана, ул. Волкова, ул. Зарубина, ул. Й. Кырли, ул. Кирова, ул. Комсомольская, ул. Медицинская, ул. Некрасова, ул. Павленко, ул. Первомайская, ул. Петрова, ул. Подольских Курсантов, ул. Пролетарская, ул. Пушкина, ул. Рябининой, ул. Эшкинина, ул. Я. Эшпая, ул. Дружбы, ул. Машиностроителей);

южной промышленной зоне г. Йошкар-Олы (ул. Карла Маркса, ул. Ломоносова, ул. Лермонтова, ул. Соловьева, ул. Строителей).

Для оценки фитотоксичности урбаноземов проведено биотестирование по энергии прорастания и всхожести семян горчицы белой и овса посевного. Влияние засоления почв определяли по состоянию ассимиляционного аппарата тест-объектов по содержанию фотосинтетических пигментов.

1.1 Характеристика тест объектов.

1.1.1 Горчица белая (*Sinapsis alba* L.)

Горчица белая (*Sinapsis alba* L.) – однолетнее стержнекорневое травянистое растение семейства Капустные (*Brassicaceae*). Побег ортотропный. Стебель и листья опушены жесткими, загнутыми щетинистыми волосками, иногда почти голые. Нижние листья лировидно-перисто-надрезанные, верхняя лопасть овальная, состоящая из трех долей, боковых лопастей - 2-3 пары. Верхние листья на более коротких черешках, с меньшим числом лопастей и с

более острыми их очертаниями. Редко нижние листья бывают рассечены на узкие доли' (Губанов и др., 2003). Цветки актиноморфные, обоеполые, с двойным околоцветником, Чашелистиков 4, расположенных в два круга. Венчик желтый, состоящий 4 свободных лепестков, расположенных крест-накрест. Андроцей из 6 тычинок в двух кругах, 4 более длинные, 2 более короткие, гинецей из 2 плодолистиков, завязь верхняя Цветки собраны в многоцветковое (25-100 цветков) кистевидное соцветие (Сергиевская, 1998).

Лепестки венчика бледно-жёлтые или белые, собраны в многоцветковое (25-100 цветков) кистевидное соцветие. Растение насекомоопыляемое (Дудченко и др., 1989). Цветоножки при плодах горизонтально отклоненные, реже восходящие, длиной 8-13 мм. Плоды - прямые или изогнутые, грубые, бугорчатые 5-6 семянные стручки, опушенные жесткими оттопыренными волосками, 2-4 см длиной, с плоским мечевидным носиком, почти равным по длине створкам или длиннее их; створки стручка с пятью жилками. Семена шаровидные, бледно-желтые, масса 1000 семян 5-6 г. (Губанов и др., 2003).

Цветёт в июне - июле. Семена созревают в августе (Дудченко и др., 1989).

Родина горчицы белой – Средиземноморье, откуда она распространилась почти по всей Европе, Америке, попала в Индию, Японию. На Украине встречается рассеянно, чаще в районах Полесья и лесостепи.

Горчица белая не требовательна к почве и климату, но отзывчива на подкормки азотными удобрениями. Горчица белая успешно произрастает на перегнойном песке, песчаном суглинке и на небедных суглинистых почвах, но не выносит холодных, и сырых почв. Она нечувствительна к морозам и хорошо переносит засуху (Дудченко и др., 1989).

Горчица белая и овес посевной отвечают основным требованиям, предъявляемым к тест-объектам, а именно доступностью, простотой выращивания, достаточной чувствительностью к содержащимся в среде поллютантам и поэтому широко используются при экологическом мониторинге (2005; Czerniawska-Kusza et al., 2006; Терехова и др., 2009; Лисовицкая, Терехова, 2010 и др.).

1.1.2 Овёс посевной (*Avena sativa* L.)

Овёс посевной (*Avena sativa* L.) – однолетнее травянистое растение семейства Мятликовые (*Poaceae*). Корневая система мочковатая. Стебель – полая соломина, высотой 80-140 см, толщиной 4-4,5 мм, разделена на 4-7 междоузлия. Стеблевые узлы голые или опушенные, на нижних заметное антоциановое окраску. Листья овса ланцетно-заостренные, зеленые или сизые, часто с ворсинчатыми краями, без ушек, но с хорошо развитым язычком (у некоторых форм овса он отсутствует), нередко покрыты восковым налетом.

Листья очередные, зелёные или сизые, линейные, влагалищные, шероховатые, 20-45 см длины и 8-30 мм ширины.

Цветки мелкие, собраны по 2-3 в колоски, образующие раскидистую, реже однобокую метёлку до 25 см длиной. Колоски средней величины, двух-трёхцветные; цветки только нижние с остью, реже все безостые. Чешуя колоска до 25 мм длиной, немного длиннее цветка. Все цветки в колоске без сочленений; ось колоска голая. Нижняя цветочная чешуя ланцетная, около 20 мм длиной, на верхушке двузубчатая, большей частью голая, при основании с немногими волосками или вся голая; ость немного согнутая, или прямая, или отсутствует. Цветёт в июне — августе. Плод — зерновка (Рожевиц, 1932).

Овес посевной влаголюбив, холодостоек и менее требователен к почве, чем другие хлебные злаки. Он переносит повышенную кислотность почвы, хорошо растет на супесчаных, суглинистых, глинистых и торфяных почвах (Культурная флора 1994). Семена начинают прорастать при температуре 2-3°C, всходы выдерживают заморозки до -4... -5 °C (Овес – биологические особенности).

В Методических рекомендациях МР 2.1.7.2297-07 «Обоснование классов опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности» в семена овса (*Avena* spp.) следует применять в лабораторных фитотестах, поскольку они, по мнению разработчиков, давали наиболее стабильные и воспроизводимые результаты по сравнению с семенами других культур.

1.2 Методы исследования

1.2.1 Отбор проб урбаноземов и подготовка к анализу

Отбор проб урбаноземов проводили согласно ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. Урбанозем – искусственно образованная в процессе формирования городской среды почва, являющаяся биокосной многофазной системой, состоящей из твердой, жидкой и газовой фаз с непременным участием живой фазы, функционирующая под воздействием тех же факторов почвообразования, что и естественные почвы, но с добавлением специфического в городской среде антропогенного фактора (Оценка почв и грунтов, 2001).

На территориях, предназначенных для обследования на элементарных участках почвенных буром отбирали точечные пробы на глубину гумусоаккумулятивного горизонта. Из 20-25 точечных проб, отобранных с элементарного участка, путем смешивания составляли объединенную пробу. Масса объединенной пробы – не менее 1000 г.

Подготовку почвенных проб для последующего анализа проводили по ГОСТ 17.4.4.02-84. Почвы в лаборатории рассыпали на бумаге и разминали пестиком крупные комки. Затем выбирали включения – корни растений, насекомых, камни, стекло, уголь, бумагу и др. Почву растирали в ступке пестиком и просеивали через сито с диаметром отверстий 1 мм. Просеянную почву разравнивали, разделяли диагональю на квадраты, из разных частей отбирают количество, необходимое для анализа (Коган, 2007).

1.2.2 Определение содержания хлоридов

Содержание ионов хлора в урбаноземах проводили аргентометрическим методом по Мору согласно ГОСТ 26425-85 «Почвы. Методы определения иона хлорида в водной вытяжке». Сущность метода заключается в титровании иона хлорида в водной вытяжке раствором азотнокислого серебра, образующим с ионом хлорида труднорастворимое соединение. Для установления конечной точки титрования в раствор добавляли хромат калия, образующий с избытком серебра осадок, вызывающий переход окраски раствора от желтой к красно-бурой.

Степень засоления оценивали согласно классификация почв по степени засоления (табл. 1) (Источник: <https://zoodrug.ru/topic3488.html>).

Таблица 1 – Классификация почв по степени засоления

Степень засоления	Содержание СГ, %
Незасоленные	Менее 0,05
Слабозасоленные	0,05...0,15
Среднезасоленные	0,15...0,3
Сильнозасоленные	0,3...0,7
Очень сильно засоленные (солончаки)	Более 0,7

1.2.3 Определение фитотоксичности урбаноземов по энергии прорастания и всхожести семян.

Фитотоксичность оценивали на основании сравнения всхожести и энергии прорастания семян (ГОСТ 12038-84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести). Всхожесть – количество нормально проросших семян, выраженное в процентах к пробе, взятой для анализа. Энергия прорастания – это процент проросших семян за определенный срок (3-4 суток).

Согласно международным стандартам ISO 11269-1 и ISO 11269-2 тест-культура выращивается в условиях непосредственного контакта с тест-объектом. При этом контрольная почва и испытываемая почва должны быть как можно больше похожи друг на друга по структуре и составу (за исключением исследуемых химикатов и загрязнителей) (Фомин. Фомин. 2001).

Для определения энергии прорастания и всхожести семян горчицы белой овса посевного семена высевались в чашки Петри на исследуемые урбаноземы по 100 шт. в каждую чашку в трех повторностях. Согласно ГОСТ 12038-84 энергию прорастания горчицы белой определяли на 3 сутки, овса посевного – на 4 сутки. Всхожесть горчицы белой определяли на 6 сутки, овса посевного – на 7 сутки после посева. При учете энергии прорастания подсчитывали только нормально проросшие семена, а при учете всхожести отдельно подсчитывают

нормально проросшие, набухшие, твердые, загнившие и ненормально проросшие семена.

1.2.4 Определение содержания фотосинтезирующих пигментов

Количество пигментов определяли спектрофотометрическим методом при длинах волн 662, 644 и 440,5 нм. Для расчета концентрации хлорофиллов (*a*, *b*) и каротиноидов использовали формулы Wettsteina (Гавриленко, Ладыгина, Хандобина, 1975). Повторность опытов трехкратная.

Статистический анализ полученных данных проводили с использованием общепринятых методов и пакета прикладных программ MS Excel for Windows, «Statistica 6.0»

Результаты исследования

1.3 Содержание ионов хлора в урбаноземах

Особенности миграции ионов хлора в почвенном профиле определяются гранулометрическим составом почвенных горизонтов, глубиной почвенного профиля, а также режимом и интенсивностью выпадения осадков (Азовцева, 2004).

Содержание в урбаноземах хлорид-ионов на территории г. Йошкар-Олы в придорожных полосах и газонах трех функциональных зон: рекреационной, селитебной и южной промышленной варьирует от 0,23 до 3,41 % (табл. 2).

Таблица 2 – Содержание ионов хлора в урбаноземах в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы

Функциональная зона	среднее	мин.	макс.	дисперсия
рекреационная	0,22±0,017	0,19	0,25	0,004
южная промышленная	1±0,337	0,34	2,16	0,57
селитебная	1,12±0,177	0,22	3,41	0,56

В рекреационной зоне (Центральный парк культуры и отдыха им. XXX-летия ВЛКСМ (далее Парк) содержание ионов хлора составило 0,22 %, что согласно таблице 1 позволяет их отнести к категории средnezасоленных.

В селитебной зоне на разных улицах города данный показатель сильно варьирует. Минимальное содержание хлоридов характерно для ул.

Машиностроителей и составляет 0,22 %; максимальное – для ул. Медицинской – 3,41 %, что превышает минимальное значение в 14 раз (рис. 1).

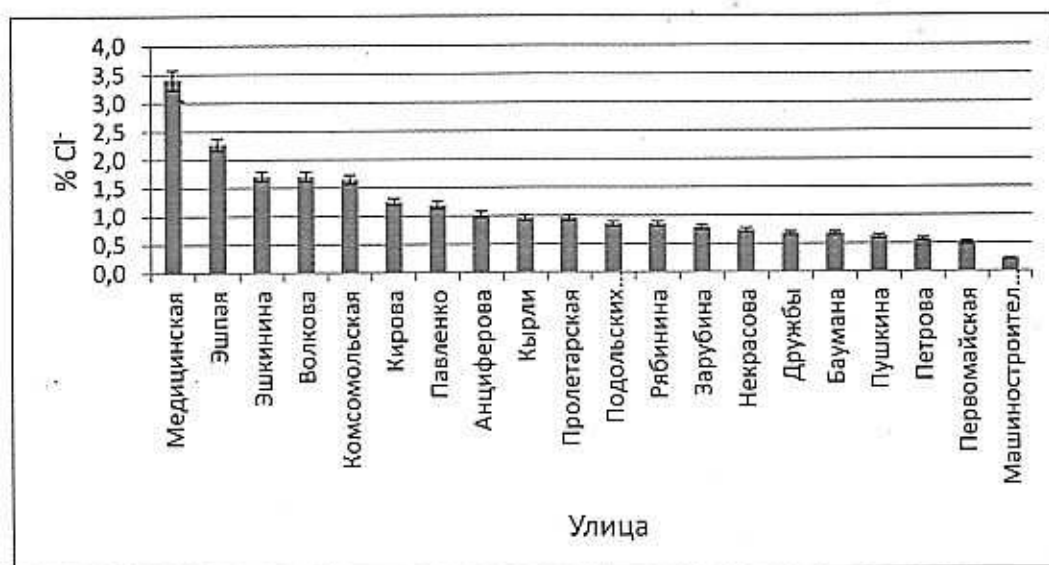


Рисунок 1 – Засоленность урбаноземов хлоридами в селитебной зоне

Согласно классификации почв по степени засоления хлоридами урбаноземы ул. Машиностроителей относятся к средnezасоленным, урбаноземы на улицах Некрасова, Дружбы, Баумана, Пушкина, Петрова, Первомайская – к сильнозасоленным и на улицах Медицинская, Эшпая, Эшкинина, Волкова, Комсомольская, Кирова, Павленко, Анциферова, Кырли, Пролетарская, Подольских Курсантов, Рябинина, Зарубина – очень сильно засоленным.

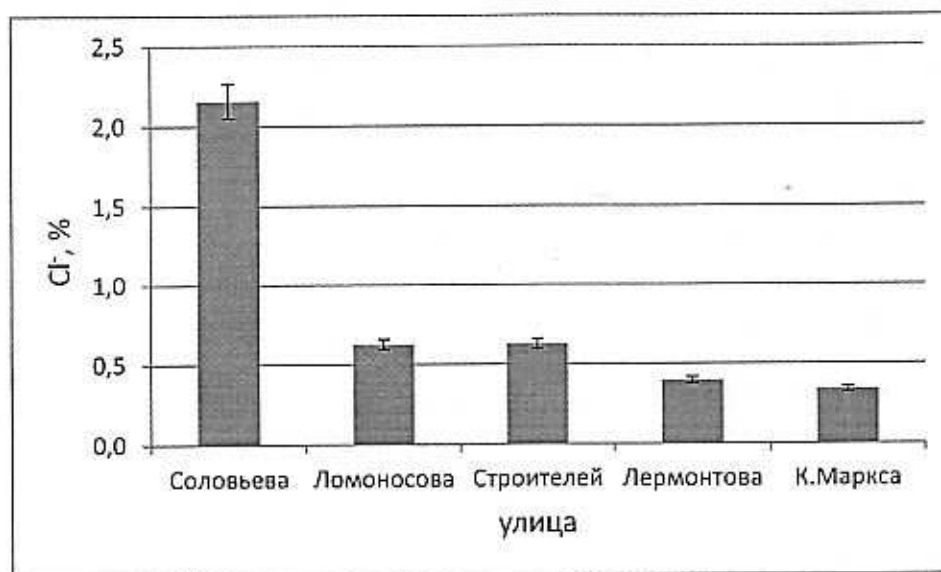


Рисунок 2 – Засоленность урбаноземов хлоридами в южной промышленной зоне

В урбаноземах южной промышленной зоны засоленность почв хлоридами от 0,34 % на ул. К. Маркса до 2,16% на ул. Соловьева, что в 7 раз больше минимального значения (рис. 2).

По степени засоления хлоридами урбаноземы на ул. Соловьева характеризуются как очень сильно засоленные, на улицах Ломоносова, Строителей, Лермонтова, К.Маркса – сильнозасоленные.

Таким образом, урбаноземы на территории г. Йошкар-Олы являются сильнозасоленными и очень сильно засоленными. Причем в селитебной зоне это показатель несколько выше, чем в промышленной. Вероятно, это связано с тем, что в районах жилой застройки антигололедные реагенты используются в большем объеме, чем около промышленных объектов. Затем они попадают с пешеходных дорожек на газоны. С проезжей части реагенты частично собираются специализированной техникой.

1.4 Оценка фитотоксичности урбаноземов по энергии прорастания и всхожести семян

Одним из наиболее информативных показателей оценки суммарного техногенного загрязнения почвы является фитотоксичность. Для оценки фитотоксичности почв используются такие показатели как энергия прорастания и всхожесть семян.

В ходе проведенных работ по биомониторингу почвенного покрова использовали в качестве тест-объектов горчицу белую овес посевной.

На урбаноземах из Парка энергия прорастания и всхожесть семян горчицы белой составила 76 %, т.е все семена прорастали дружно и одновременно. На субстратах селитебной зоны эти показатели сильно варьировали. Энергия прорастания и всхожесть соответственно составили от 18 % и 20 % на ул. Й. Кырли до 54 % и 60 % на ул. Кирова (рис. 3).

Большая вариабельно характерна и для энергии прорастания и всхожести семян горчицы, проращиваемых на урбаноземах промышленной зоны (рис. 4). Минимальное значение этих показателей наблюдалось для ул. К. Маркса (14%), максимальное – для 61 % и 66 % соответственно.

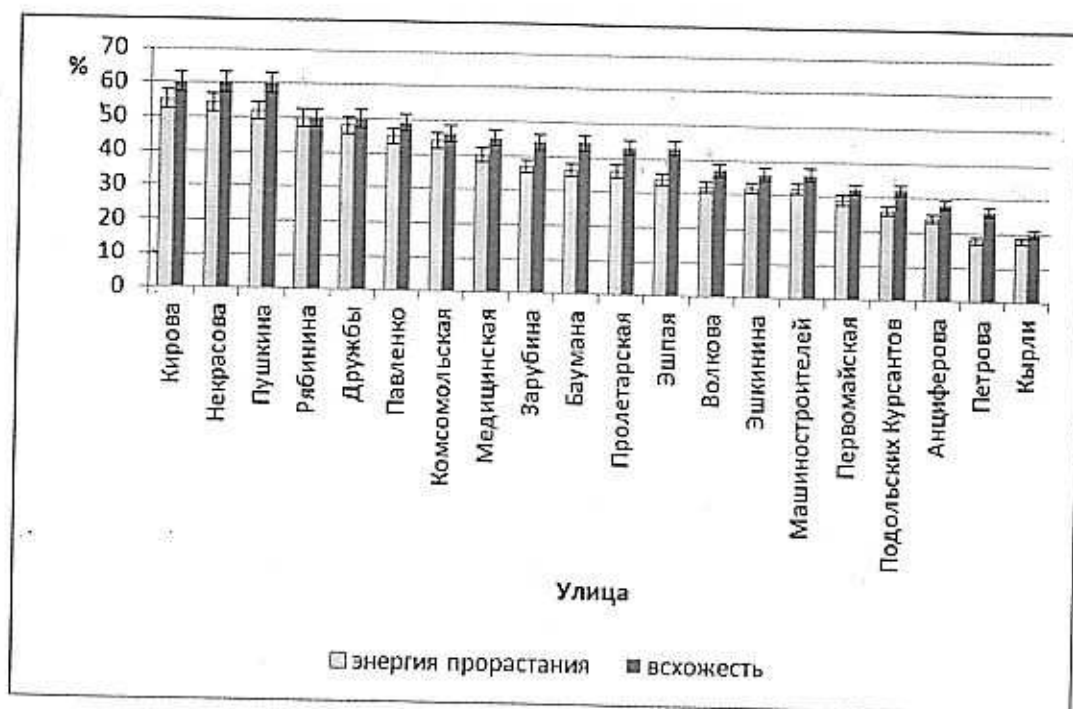


Рисунок 3 – Энергия прорастания и всхожесть семян горчицы белой в урбаноземах селитебной зоны

В целом, энергия прорастания и всхожесть семян горчицы белой на урбаноземах г. Йошкар-Олы достаточно низкая. Для семян этого вида растения характерны энергия прорастания выше 60-70%, всхожесть – выше 80 % (Зуев, 2013; Коротченко, Кириенко, 2014).

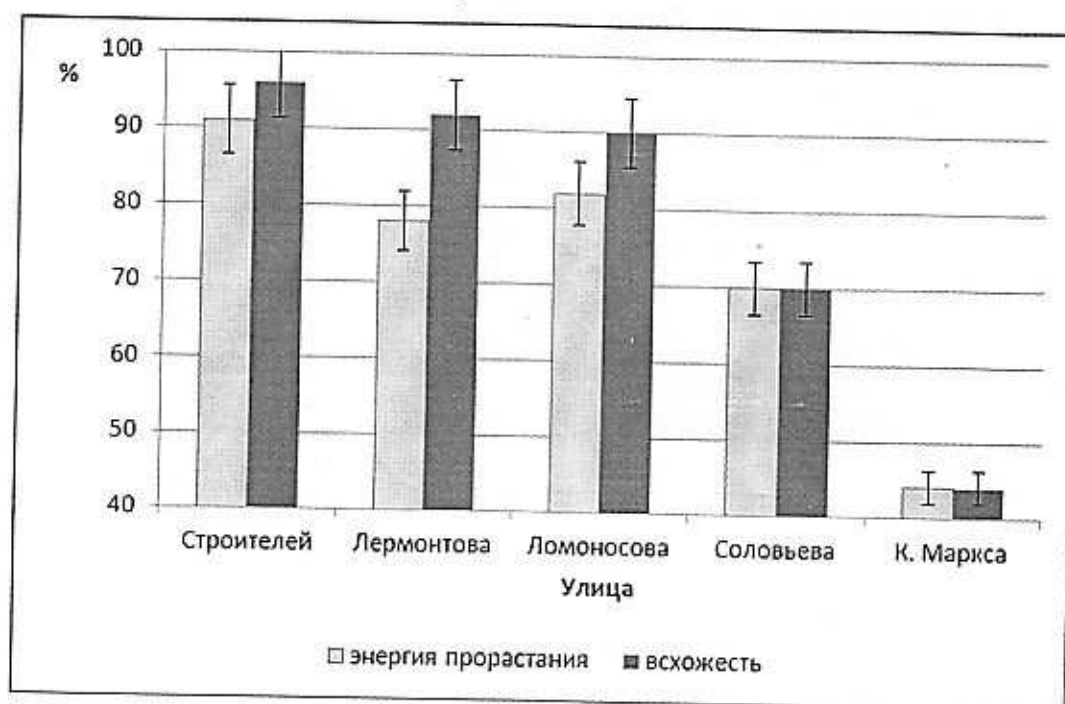


Рисунок 4 – Энергия прорастания и всхожесть семян горчицы белой в урбаноземах южной промышленной зоны

Корреляционный анализ не позволил установить какую-либо зависимость между содержанием хлоридов в почвенных пробах и энергией прорастания и всхожестью семян горчицы белой. Множественные сравнения значений энергии прорастания и всхожести не показали статистически значимой разницы между разными функциональными зонами (рис. 5).



Рисунок 5 – Энергия прорастания и всхожесть семян горчицы белой в урбанизированных зонах разных функциональных зон

Энергия прорастания и всхожесть овса посевного выше, чем горчица белой. Вариабельность этих показателей тоже больше. Коэффициент вариации более 33 %. В рекреационной зоне энергия прорастания и всхожесть составили 94 % и 98 % соответственно. В селитебной зоне энергия прорастания изменялась в диапазоне от 14 % (ул. Первомайская) до 98 % (ул. Петрова), всхожесть семян – от 18 до 98 % (рис. 6).

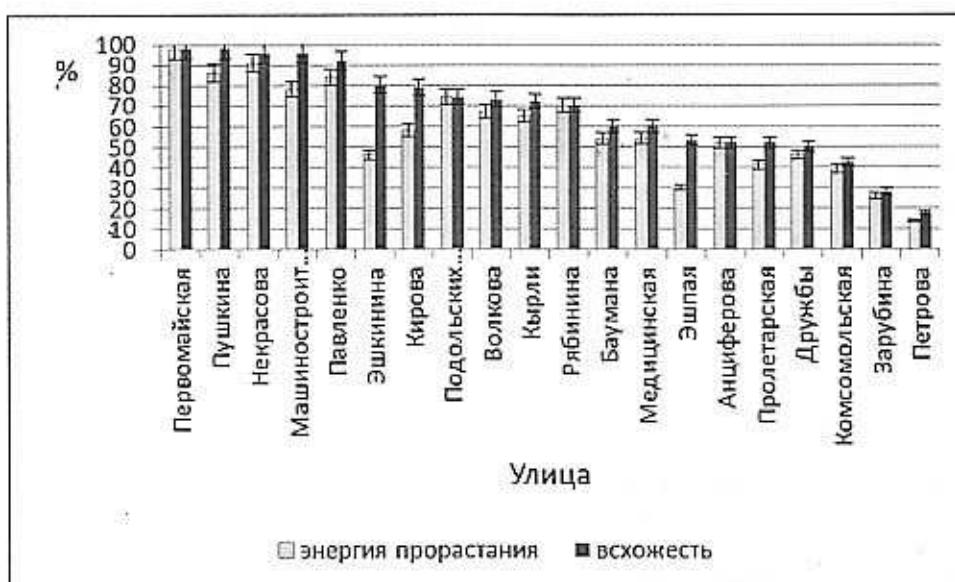


Рисунок 6 – Энергия прорастания и всхожесть семян овса посевного в урбаноземах селитебной зоны

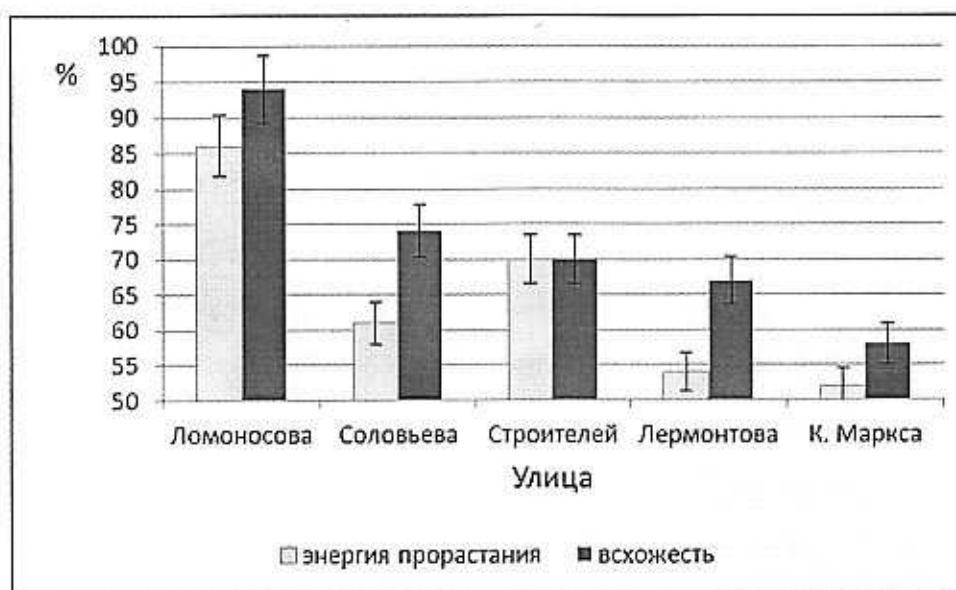


Рисунок 7 – Энергия прорастания и всхожесть семян овса посевного в урбаноземах южной промышленной зоны

В промышленной зоне наименьшая энергия прорастания и всхожесть, так же как и в случае с горчицей белой, характерна для семян овса посевного, посеянных на урбаноземах с ул. К. Маркса и составила 52% и 58 % соответственно. На ул. Ломоносова энергия прорастания и всхожесть больше минимальной в 1,6 раза (рис. 7).

Статистический анализ энергии прорастания и всхожести семян овса посевного показал, что имеется значимая разница по значениям данных

показателей между рекреационной зоной и промышленной и селитебной. В то же время между двумя последними разница статистически не значима (рис. 8).

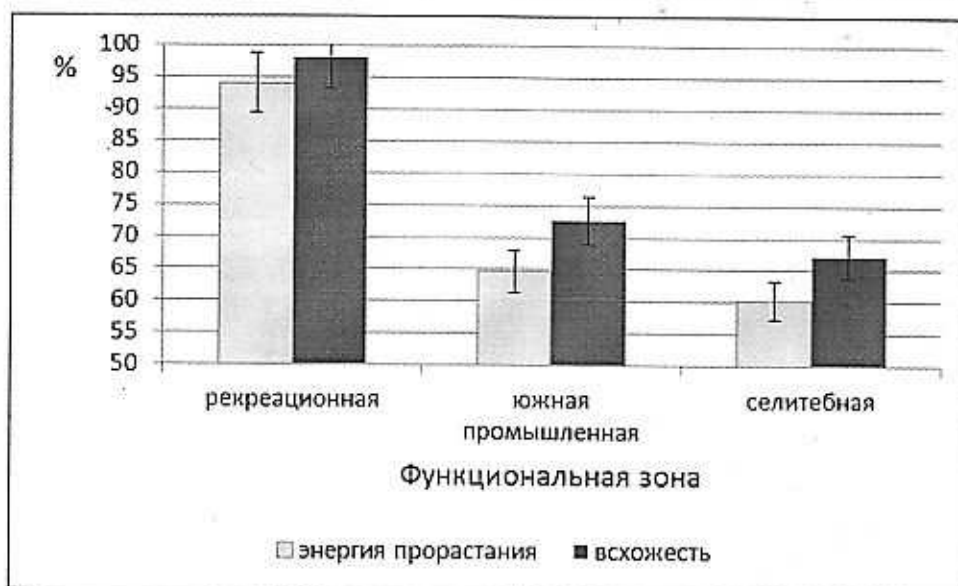


Рисунок 8 – Энергия прорастания и всхожесть семян овса посевного в урбаногемах разных функциональных зон зоны

Корреляционный анализ, как и в случае с семенами горчицы белой, не показал зависимости энергии прорастания и всхожести от содержания хлорид-ионов в исследуемых урбаногемах. Хотя более высокая скорость прорастания семян на субстрате рекреационной зоны свидетельствует об ингибирующем действии засоления почвогрунтов.

1.5 Содержание фотосинтезирующих пигментов в проростках овса посевного и горчицы белой

Засоление, оказывает существенное влияние на фотосинтетический аппарат растений, отрицательно действует на структурно-функциональное состояние хлоропластов (Структура..., 1970; Белецкий, Шевякова, Карнаухова, 1990). Высокий уровень засоления повышает вероятность развития фотоокислительных повреждений. В клетках растений образование активных форм кислорода наиболее интенсивно идет в хлоропластах. В составе липидов мембран хлоропластов содержится большое количество ненасыщенных жирных кислот, значительная часть супероксидных анионов возникает при функционировании электрон-транспортной цепи фотосинтеза, образование

кислородных радикалов происходит при фотоокислении воды (Перекусное..., 1997).

В тушении избыточной энергии триплетных состояний хлорофилла и синглетного кислорода важная роль принадлежит каротиноидам. Являясь антиоксидантами, каротиноиды уменьшают последствия фотоокислительного стресса и защищают клетки растений от повреждений (Чиркова, 2002; Foyer, Shigcoka, 2011).

Повышение устойчивости растений к засолению и другим неблагоприятным факторам среды связано со значительными перестройками физиолого-биохимических процессов и с изменением экспрессии генов (Сигнальная..., 2012).

Исследование состояния пигментного аппарата имеет важное значение для понимания механизмов адаптации растительных организмов к действию стрессовых факторов. Хлорофиллы *a* и *b* являются основными фотосинтетически деятельными компонентами листьев растений. Содержание и соотношение разных форм пигментов в хлоропластах может служить одним из показателей их фотохимической активности. Поддержание структуры и функции мембран хлоропластов в стабильном состоянии при действии неблагоприятных факторов среды обеспечивает более скоординированную работу компонентов электрон-транспортной цепи.

В литературе приводятся данные о том, что засоление вызывает снижение суммарного количества хлорофиллов (Структура..., 1970; Гарифзянов, Горелова, 2006).

Результаты определения содержания зеленых пигментов в растениях овса посевного свидетельствуют о том, что в урбаноземах селитебной и южной промышленных зон с увеличением степени засоления, т.е. на очень сильно засоленных почвах количество хлорофиллов *a* и *b* было ниже, по сравнению с сильнозасоленными и средnezасоленными (табл. 3).

Таблица 3 – Содержание пигментов в проростках овса посевного (мг/г сырой массы) в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы

Функциональная зона	Степень засоления почв	Хлорофилл			Каротиноиды
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a/b</i> , отн. ед.	
рекреационная	среднезасоленные	0,81	0,3	2,74	0,58
южная промышленная	сильнозасоленные	0,52	0,19	2,75	0,16
	очень сильнозасоленные	0,34	0,18	1,67	0,22
селитебная	среднезасоленные	0,69	0,26	2,65	0,39
	сильнозасоленные	0,59	0,20	2,89	0,16
	очень сильнозасоленные	0,44	0,19	2,25	0,24

Аналогичные результаты были получены при определении зеленых пигментов в растениях горчицы белой (табл. 4).

Таблица 4 – Содержание пигментов в проростках горчицы белой (мг/г сырой массы) в разных функциональных зонах г. Йошкар-Олы

Функциональная зона	Степень засоления почв	Хлорофилл			Каротиноиды
		<i>a</i>	<i>b</i>	<i>a/b</i> , отн. ед.	
рекреационная	среднезасоленные	0,74	0,25	2,96	0,47
южная промышленная	сильнозасоленные	0,38	0,15	2,59	0,14
	очень сильнозасоленные	0,29	0,14	2,07	0,23
селитебная	среднезасоленные	0,57	0,21	2,71	0,26
	сильнозасоленные	0,40	0,14	2,73	0,15
	очень сильнозасоленные	0,31	0,15	2,16	0,22

Влияние засоления на содержание пигментов в растениях овса посевного и горчицы белой в селитебной зоне представлено на рисунках 9, 10. Наибольшее содержание хлорофилла *a* (0,69 мг/г) обнаружено в растения овса посевного, произрастающего на средnezасоленных почвах. Повышение засоления почв способствовало снижению содержания хлорофилла *a* в растениях. Количество хлорофилла *a* в растениях овса посевного составляет 0,59-0,67 в условиях сильнозасоленных почв и 0,3-0,54 мг/г сырой массы в условиях сильнозасоленных почв. По данному показателю обнаружена статистически значимая разница между средnezасоленными, сильнозасоленными и очень сильно засоленными почвами. Сходная картина по содержанию хлорофилла *a* обнаружена и у горчицы белой, т.е. наибольшее количество хлорофилла *a* обнаружено в рекреационной зоне (рис. 10). На сильнозасоленных почвах в листьях горчицы белой содержание хлорофилла *a* от 0,39 до 0,45, на очень сильнозасоленных почвах от 0,2 до 0,39 мг/г сырой массы. Разница статистически значима.

По содержанию хлорофилла *b* в растениях овса посевного наблюдается аналогичная тенденция. Наибольшее количество хлорофилла *b* обнаружено в условиях средnezасоленных почв, что составило 0,26 мг/г. Содержание хлорофилла *b* у овса посевного, произрастающего на сильнозасоленных почвах колебалось от 0,19 до 0,22 и на очень засоленных почвах от 0,15 до 0,22 мг/г. По содержанию хлорофилла *b* статистически значимой разницы между сильнозасоленными и очень засоленными почвами не обнаружено. У горчицы белой наибольшее количество хлорофилла *b* обнаружено на средnezасоленных почвах (0,21 мг/г). В условиях сильного засоления содержание хлорофилла *b* варьировало от 0,13 до 0,17, очень сильного засоления от 0,09 до 0,17 мг/г. Статистически значимые различия по содержанию хлорофилла *b* обнаружены только между условиями среднего засоления, сильного очень сильного засоления. Абсолютные значения по содержанию зеленых пигментов в листьях горчицы белой были несколько ниже, чем у овса посевного.

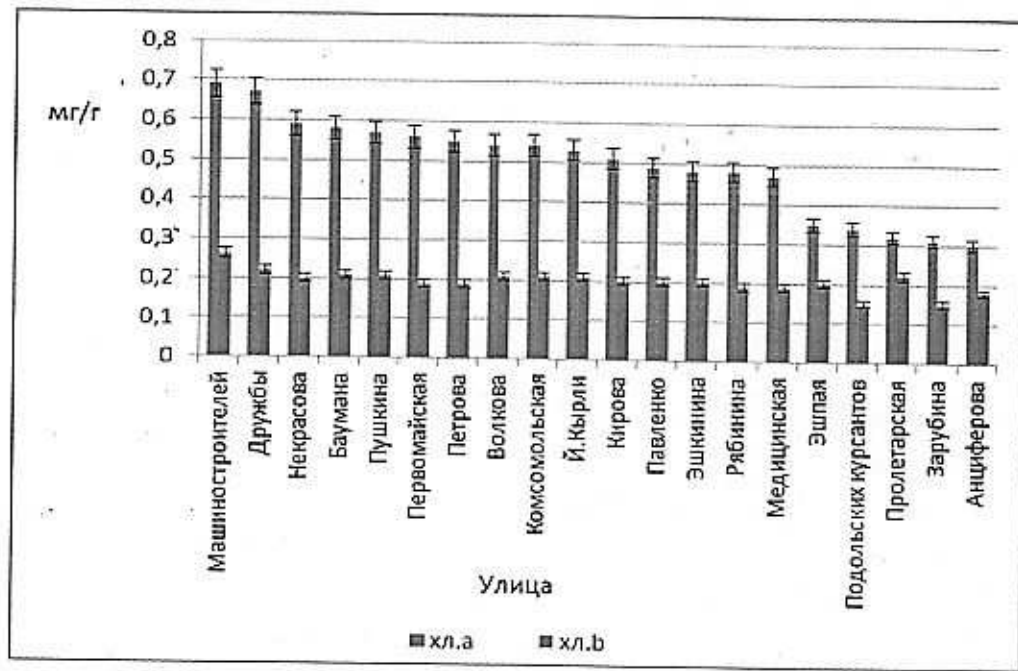


Рисунок 9 – Содержание хлорофиллов в растениях овса посевного в селитебной зоне

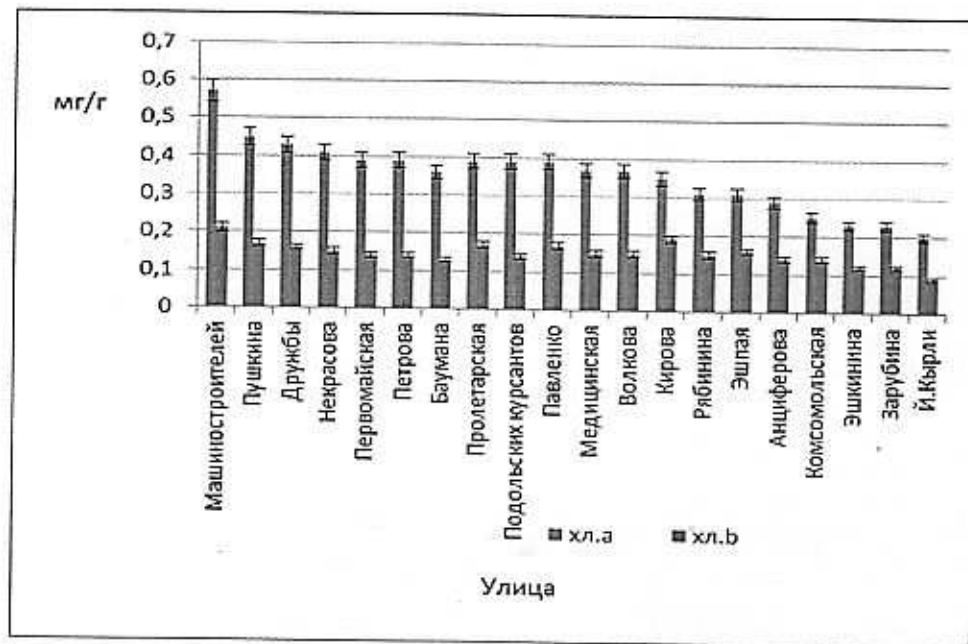


Рисунок 10 – Содержание хлорофиллов в растениях горчицы белой в селитебной зоне

Представляет интерес отношение содержания хлорофиллов *a* и *b* (рис. 11). Результаты опытов показали, что действие засоления отразилось на величине отношения хлорофилла *a* к хлорофиллу *b*. При усилении действия засоления происходило снижение этого показателя в листьях овса посевного и горчицы белой, т.е. наименьшие значения характерны для урбаноземов с очень сильным

засолением, что, вероятно, может свидетельствовать о повышении доли хлорофиллов, принадлежащих ССК II.

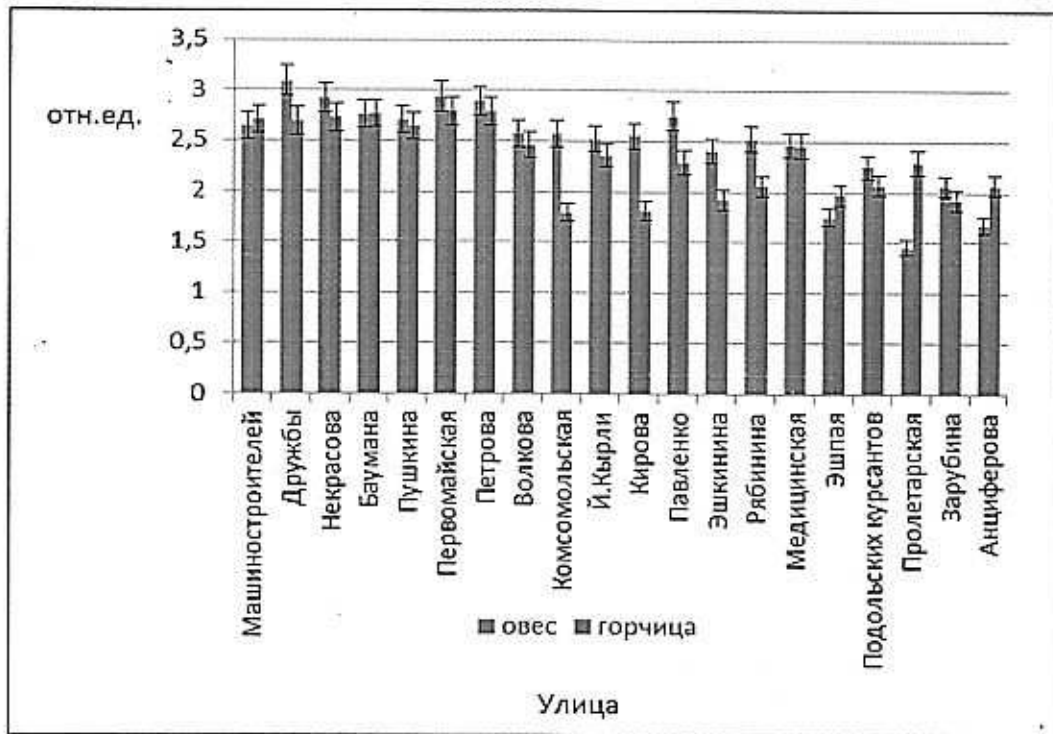


Рисунок 11 – Влияние засоления на отношение хлорофилла a/b в растениях овса посевного в селитебной зоне

В южной промышленной зоне выделены сильно засоленные и очень сильно засоленные почвы. При увеличении засоления у овса посевного и горчицы белой наблюдается снижение хлорофиллов a и b (рис. 12). На сильно засоленных почвах содержание хлорофилла a у овса посевного изменялось от 0,49 до 0,53, горчицы белой – от 0,36 до 0,39 мг/г. На сильно засоленных почвах количество хлорофилла a у овса посевного составляло, горчицы белой – 0,29. Между сильно засоленными и очень сильно засоленными почвами у овса посевного и горчицы белой по данному показателю обнаружена статистически значимая разница. Хлорофилл b у овса посевного и горчицы белой оказался более устойчив к засолению, поэтому достоверной разницы между сильно засоленными и очень сильно засоленными почвами не обнаружено.

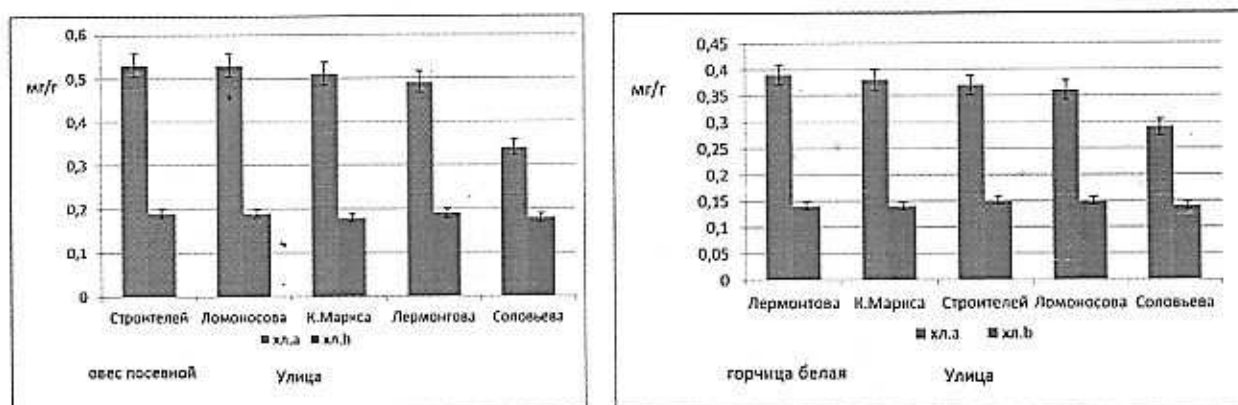


Рисунок 12 – Содержание хлорофиллов в растениях овса посевного и горчицы белой в южной промышленной зоне

Снижение отношения хлорофиллов в растениях овса посевного и горчицы белой в южной промышленной зоне произошло за счет снижения хлорофилла *a*, что подтверждает отношение хлорофилла *a* к хлорофиллу *b* (рис. 13). Аналогичные результаты получены и в селитебной зоне.

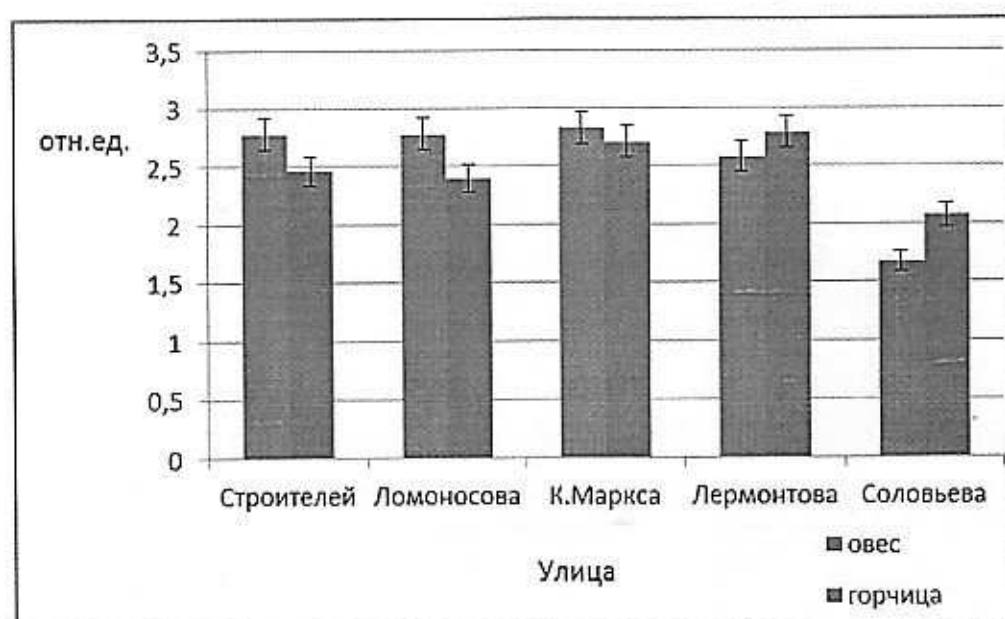


Рисунок 13 – Влияние засоления на отношение хлорофилла *a/b* в растениях овса посевного в южной промышленной зоне

При адаптации растений к действию неблагоприятных факторов среды важное значение имеют такие соединения, как каротиноиды, что связано с их антиоксидантными свойствами (Чиркова, 2002). Каротиноиды являются обязательными компонентами фотосинтетического аппарата растений. Было установлено, что очень сильном засолении, как в селитебной зоне, так и в

южной промышленной достоверно повысилось количество каротиноидов в растениях овса посевного и горчицы белой по сравнению с контрольным вариантом (рис. 14, 15).

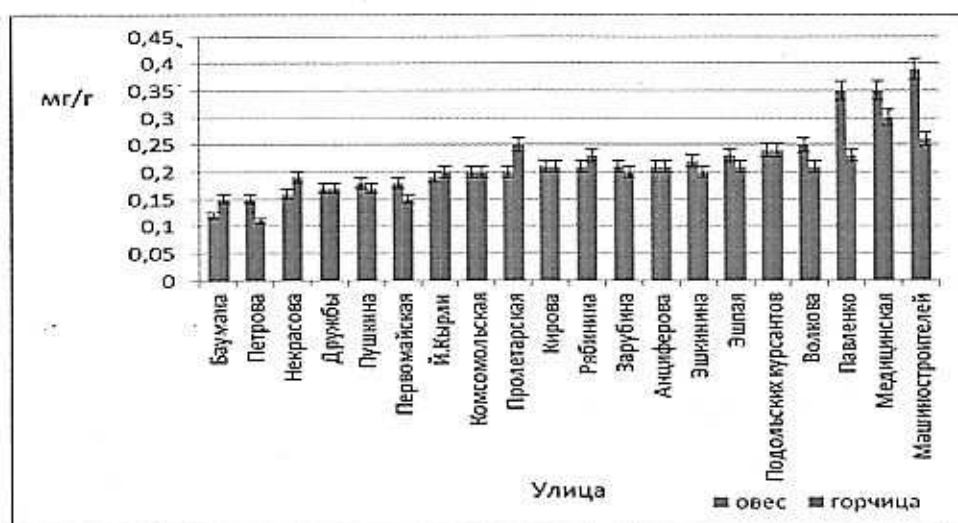


Рисунок 14 – Содержание каротиноидов у овса посевного и горчицы белой в селитебной зоне

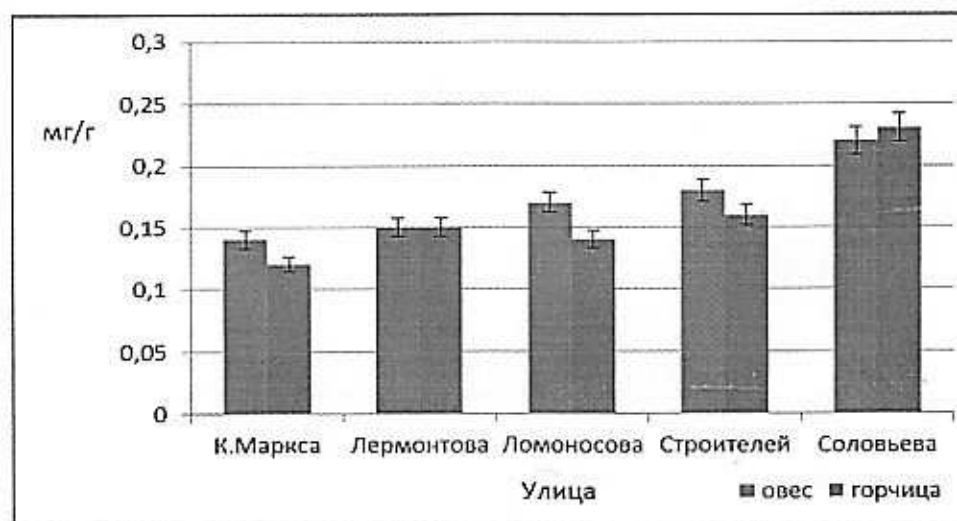


Рисунок 15 – Содержание каротиноидов у овса посевного и горчицы белой в южной промышленной зоне

Повышение содержания этих соединений имеет адаптивное значение, т. к. каротиноидам принадлежит протекторная роль. Они являются компонентами антиоксидантной системы, в функции которой входит защита мембран от повреждающего действия свободных радикалов (Дымова, Головки, 2007). Увеличение пула каротиноидов можно рассматривать как один из факторов, обеспечивающих резистентность растений овса посевного и горчицы белой к

действию засоляющих ионов. Повышение уровня каротиноидов указывает на активное функционирование адаптивных механизмов в фотосинтетическом аппарате растений при действии неблагоприятных условий среды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

При анализе степени загрязнения почвы ионами хлора, как результат антигололедных мероприятий, вблизи проезжих частей и пешеходных дорожек в разных функциональных зонах города Йошкар-Олы было установлено, что содержание в урбаногемах хлорид-ионов на территории г. Йошкар-Олы в придорожных полосах и газонах трех функциональных зон: рекреационной, селитебной и южной промышленной варьирует от 0,23 до 3,41 %. В селитебной зоне этот показатель несколько выше, чем в промышленной. Вероятно, это связано с тем, что в районах жилой застройки антигололедные реагенты используются в большем объеме, чем около промышленных объектов. Согласно классификации почв по степени засоления хлоридами урбаногема на территории г. Йошкар-Олы являются сильнозасоленными и очень сильно засоленными.

Биотестирование исследуемых урбаногемов по энергии прорастания и всхожести семян тест-объектов показало, что энергия прорастания и всхожесть семян горчицы белой между различными функциональными зонами статистически не значимы. Энергия прорастания и всхожесть семян овса посевного в рекреационной зоне значимо выше, чем в селитебной и южной промышленной и селитебной зонах. В то же время между двумя последними разница статистически не значима.

По мере увеличения концентрации хлорид-ионов в почве у овса посевного и горчицы белой снижается содержание хлорофиллов *a* и *b* и их соотношение сокращается главным образом за счет уровня хлорофилла *a*. Хлорофилл *b*, входящий в светособирающий комплекс II, более устойчив к засолению почв. Изменения в пигментной системе растений, по-видимому, связаны с деструкцией молекул хлорофилла и ингибированием их биосинтеза под влиянием засоления почв.

У овса посевного и горчицы белой при очень сильном засолении происходит увеличение количества каротиноидов. Увеличение пула каротиноидов при действии засоления свидетельствует об активации защитных механизмов антиоксидантной системы растений.

Список использованной литературы

1. Азовцева Н.А. Влияние солевых антифризов на экологическое состояние городских почв: автореф. дис ... канд. биол. наук: 03.00.27 / Н.А. Азовцева; МГУ им. М.В.Ломоносова фак. Почвоведения. – М., 2004. – 23 с.
2. Белецкий Ю.Д., Шевякова И.И., Карнаухова Т.Б. Пластиды и адаптация растений к засолению. Ростов н/Д.: Изд-во Ростов, ун-та, 1990. – 48 с.
3. Божевольнов Е.А. Люменесцентный анализ неорганических веществ – М.: Химия, 1996 – 415 с.
4. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. Фотосинтез. Дыхание. М.: Высш. шк., 1975. – 392 с.
5. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Метод определения всхожести. – Взамен ГОСТ 12038-66. – Введ. с 1986. – М.: Издательство стандартов, 1985. – 57 с.
6. ГОСТ 26425-85. Почвы. Метод определения иона хлорида в водной вытяжке. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.
7. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб – М.: Изд. Стандартов, 1989. – 6 с.
8. Дудченко Л. Г., Козьяков А. С., Кривенко В. В. Пряно-ароматические и пряно-вкусовые растения. – К.: Наукова думка, 1989. – 304 с.
9. Дымова О.В., Головки Т.К. Состояние пигментного аппарата растений живучки ползучей в связи с адаптацией к световым условиям произрастания // Физиология растений. 2007. Т. 54, № 1. С. 47-53.
10. Классификация и диагностика почв СССР. – М., Колос, 1977. – 223с.
11. Ковда В.А. Почвоведение. – М.:Высш. школа., 1988 г. – 367 с.
12. Коган Р.М. Химический анализ объектов окружающей среды. Часть 2. Анализ почв. – Биробиджан: ДВГСГА, 2007. – С. 217.
13. Коротченко И.С., Кириенко Н.Н. Оценка фитотоксичности чернозема выщелоченного, загрязненного медью // Вестник КрасГАУ. 2014. №4. С.149-

14. Культурная флора. Т.2, ч.3. Овес. Под ред. Кобылянского В.Д. и Солдатова В.Н. – М., 1994. 367С.

15. Лисовицкая О.В., Терехова В.А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. – 2010. № 1. Вып. 13. – С. 1-18.

16. МР 2.1.7.2297-07 «Обоснование классов опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности». М., 2008. 15 с.

17. Овес - Биологические особенности [Электронный ресурс] //Агропромышленный портал России – Режим доступа: <http://agroportal24.ru/agronomiya/170-oves-biologicheskie-osobennosti.html> (Дата обращения 15.11.2017)

18. Оценка почв и грунтов в ходе проведения инженерно-экологических изысканий для строительства (основные термины и определения). – М.: НИиПИ экологии города, 2001. – 33 с.

19. Почвы и техногенные поверхностные образования в городских ландшафтах: монография / Г.В. Ковалева, В.Т. Старожилов, А.М. Дербенцева, А.В. Назаркина и др. – Владивосток: Изд-во Дальнаука, 2012.– 159 с.

20. Пероксидное окисление липидов и антиоксидантная система защиты в хлоропластах гороха при тепловом шоке / Л.Н. Курганова, А.П. Весолов, Т.А. Гончарова, К.В. Синицина // Физиология растений. 1997. Т. 44. № 5. С. 725-730.

21. Рожевиц Р.Ю. Род 132. Овёс – Avena // Флора СССР : в 30 т. / гл. ред. В. Л. Комаров. – М–Л. : Изд-во АН СССР, 1934. – Т. II / ред. тома Р. Ю. Рожевиц, Б. К. Шишкин. – С. 267-268.

22. Самтанова Д.Э. Мониторинг содержания хлорид-ионов и сульфат-ионов в пластовых водах нефтяных месторождений Северо-Западного Прикаспия. // Современные проблемы науки и образования. – 2013. – № 5.; URL: <https://science-education.ru/ru/article/view?id=10051> (дата обращения: 22.11.2017).

23. Самтанова Д.Э. Характеристика пластовых вод нефтяных месторождений Республики Калмыкия как приоритетных загрязнителей при нефтедобыче: диссертация ... канд. хим. наук: – Иваново, 2017. – 175 с.

24. Сергиевская Е.В. Систематика высших растений Практический курс. – СПб: Лань, 1998. – 448с.
25. Сигнальная роль активных форм кислорода при стрессе у растений / В.Д. Креславский, Д.А. Лось, С.Н. Аллахвердиев, Вл.В. Кузнецов // Физиология растений. 2012. Т. 59, № 2. С. 163-178.
26. Структура и функции клеток растений при засолении / Б.П. Строгонов и др. М.: Изд-во Наука, 1970. – 318 с.
27. Терехова В.А., Домашнев Д.Б., Каниськин М.А., Степачев А.В. Экотоксикологическая оценка повышенного содержания фосфора в почвогрунте по тест-реакциям растений на разных стадиях развития// Проблемы агрохимии и экологии. – 2009. №3. – С. 21-26.
28. Фомин Г.С., Фомин А.Г. Почва. Контроль качества и экологической безопасности по международным стандартам. Справочник – М: «Протектор». 2001. – 304 с.
29. Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений: учеб. пособие. СПб.: Изд-во СПбГУ, 2002. С. 58-68. Czeniiawska-Kusza I., Ciesielcziik T., Kiisza G., Cichon A. Comparison of the Phytotoxkit microbiotest and chemical variables for toxicity evaluation of sediments// Environmental Toxicology. – 2006. Vol. 21. Iss. 4. – p. 367-372.
30. Foyer C.H., Shigeoka S. Understanding Oxidation stress and Antioxidant Functions to Enhance Photosynthesis // Plant Physiol. 2011. Vol. 155. P. 93-100.