

Оценка хронической фитотоксичности в области техногенного воздействия малых котельных в условиях г. Хабаровска

Е.В. Дахова, А.И. Лукьянов, А.Е. Сергеева

Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск

Аннотация: В статье проведено исследование хронической фитотоксичности в зоне влияния трех малых котельных, 2 из них работают на угле, одна на мазуте. В результате исследований выявлено что у обеих выбранных культур происходит угнетение роста. При этом овес демонстрирует большую устойчивость к загрязнению, чем клевер. При этом корневая система менее подвержена тормозящему эффекту. Наибольшее негативное влияние наблюдается в зоне котельной работающей на мазуте.

Ключевые слова: малые котельные, фитотоксичность, биотестирование, негативное влияние, почва, овес, клевер.

Малые котельные, используемые для отопления жилых и производственных помещений, часто играют ключевую роль в обеспечении тепловой энергии. Однако их эксплуатация может негативно сказываться на окружающей среде. Основные проблемы связаны с загрязнением воздуха, почвы и воды, а также шумовым воздействием и угрозой для биологического разнообразия [1].

Оценить воздействие данных источников на природную среду, в ряде случаев является проблематичным [2]. Наиболее удобным для исследования компонентом среды в районе воздействия источников загрязнения, является почва. Существует группа расчетных методов, в том числе связанная с использованием специализированных программ, также существуют методы биоиндикации [3, 4].

Биоиндикация представляет собой эффективный метод оценки состояния окружающей среды, основанный на анализе реакции живых организмов на различные факторы загрязнения [5, 6].

Важное преимущество этих методов заключается в том, что они позволяют определить общий уровень токсичности образца без необходимости детального анализа каждого загрязняющего компонента. Это

делает процесс более быстрым, при этом сохраняя высокую точность и достоверность результатов [7, 8].

Целью работы является оценка фитотоксичности в области техногенного воздействия малых котельных в условиях г. Хабаровска.

Согласно ГОСТ 17.4.3.01-2017 «Охрана природы. Почвы. Общие требования к отбору проб». На каждом из выбранных объектов была заложена площадка в зоне действия котельной, отбор проводился в весенний период. Отбор проб осуществлялся на территории Индустриального района города Хабаровск, в зоне влияния трёх котельных, работающих на двух видах топлива: котельная 1 (на мазуте), котельная 2 (на угле) и котельная 3 (на угле).

Почвенные пробы отбирались методом конверта по диагонали. Каждая представляла собой часть почвы, типичной для исследуемых участков.

Во время выезда на объекты были отобраны 3 почвенные пробы. Отбор проводился на глубину 20 см, с последующим усреднением пробы. Контрольная проба была отобрана на территории, не подверженной техногенной нагрузке и находящейся вдали от всех источников негативного воздействия.

Далее почва была высушена до воздушно-сухого состояния, просеяна, удалены включения.

После просеивания почва была взвешена и помещена в пластиковые сосуды, для дальнейшего исследования на хроническую фитотоксичность. Объем навески, выбор продолжительности опыта и исследуемые растения определены на основе ГОСТ Р ИСО 22030-2009 «Качество почвы. Биологические методы. Хроническая фитотоксичность в отношении высших растений».

Для проведения комплексного тестирования почв используется метод, основанный на наблюдении за развитием двух видов растений. Важно наличие двух классов – однодольные и двудольные. Как правило, рекомендуется использование быстрорастущей редьки масличной (*Brassica rapa*) и овса

посевного (*Avena sativa*). Исследование позволяет оценить, как первичные, так и вторичные показатели развития растений в исследуемой почве по сравнению с контрольной.

В ходе проведения биотестирования возникла необходимость замены редьки масличной на клевер красный, поскольку семена редьки продемонстрировали низкую всхожесть при заложении опыта (оценка прорастания семян) (табл. 1). Для эксперимента отбираются неповрежденные (недеформированные) семена овса, всхожесть которых должна составлять не менее 95 процентов.

Важно отметить, что красный клевер является допустимым вариантом для биотестирования и имеет научное обоснование к применению в подобных исследованиях [9, 10].

Оценка угнетения развития и хронической фитотоксичности основана на определении параметров прорастания, вегетационного роста и способности к размножению двух видов растений.

Таблица № 1

Проверка семян на всхожесть при постановке опыта

Вид растения	Всхожесть на 3 день, %
Овес посевной	98
Редька масличная	60
Клевер красный	95

Данные исследования оказаны в табл. 2.

Далее опыт был прекращен на 30 день, что обусловлено, что часть растений стала визуально снижать жизненные функции. Чтобы произвести замеры по итогам в один момент, принято решение, не дожидаться начала цветения и бутонизации.

Таблица № 2

Данные исследования на хроническую фитотоксичность

Период	Процедура
Стадия 1	Замачивание семян в перманганате калия и их дальнейшая просушка для посева
Стадия 2	Подготовка исследуемой почвы
День 1	Подготовка почвенных смесей, распределение их по сосудам, внесение семян, размещение сосудов в помещении, первоначальный полив
День 7	Проверка семян на всхожесть и дальнейшее прореживание. Перестановка сосудов с растениями
День 14	Определение количества проросших и прореживание. Перестановка сосудов с растениями
День 21	Определение количества проросших и прореживание. Перестановка сосудов с растениями
День 25	Окончательный сбор исследуемых растений. Визуальный осмотр и определение биомассы корней и ростков.

Итоговые значения были обработаны с помощью пакета Анализ данных. Результаты приведены в таблице 3.

Таблица № 3

Результаты измерений при определении хронической фитотоксичности

	Овес			Клевер		
	Корни, г	Ростки, г	Растение, г	Корни, г	Ростки, г	Растение, г
Котельная № 1 мазут	0,1104	0,2182	0,3385	0,0048	0,0258	0,0306
Котельная № 2 уголь	0,1117	0,3183	0,4299	0,0169	0,0547	0,07
Котельная № 3 уголь	0,1300	0,3312	0,4593	0,0118	0,0402	0,0521
Контроль	0,0809	1,7357	1,8166	0,0173	0,0973	0,1146

Далее все растительные образцы были извлечены и тщательно отмыты от почвы. Так как, в ходе подготовки отмечалось увядание образцов, все растения были высушены до постоянной массы, для фиксации биомассы.

Для определения развития надземной и подземной части, образцы были разделены на части. Части помещены в бюксы и высушены в сушильном шкафу с взвешиванием на аналитических весах.

На основании полученных данных можно сделать следующие выводы: Наиболее чувствительным к загрязнителям оказался клевер, демонстрирующий значительное снижение массы всех частей растения по сравнению с контролем. Наибольший эффект торможения фиксируется на почве отобранной в районе котельной на мазутном топливе. Происходит угнетение роста обеих культур. Овес демонстрирует более высокую устойчивость к компонентам почвенного субстрата. Корневая система обоих растений менее подвержена эффекту торможения, в отличие от надземной части.

Литература

1. Зацаринная Ю.Н., Хайбуллина А.Р., Шабиева Г.Р., и др. Мероприятия по снижению экологического риска при эксплуатации котельных // Вестник Казанского технологического университета, 2016, № 10. С. 133-134.
2. Гапонов В.Л., Парамонова О.Н. Анализ распространения в воздушном бассейне городских территорий загрязняющих веществ, содержащихся в выбросах предприятий топливно-энергетического комплекса // Инженерный вестник Дона, 2015, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3193
3. Мазанко М.С., Денисова Т.В., Колесников С.И., и др. Устойчивость чернозема обыкновенного к сочетанному загрязнению свинцом и электромагнитным полем // Инженерный вестник Дона, 2013, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1792
4. Абузов А.В., Дахова Е.В., Шевчук А.С., и др. Возможный потенциал использования различных отходов для создания биоудобрений // Инженерный вестник Дона, 2023, № 7. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8564

5. Zulfiqar U, Jiang W, Xiukang W, et al. Cadmium Phytotoxicity, Tolerance, and Advanced Remediation Approaches in Agricultural Soils; A Comprehensive Review. *Front. Plant Sci.* 2022, 13. P. 773-815. doi: 10.3389/fpls.2022.773815

6. Luutu H., Rose M.T., McIntosh S. et al. Phytotoxicity induced by soil-applied hydrothermally carbonised waste amendments: effect of reaction temperature, feedstock and soil nutrition. *Plant Soil* 2023, 493. P. 647–661. doi.org: 10.1007/s11104-023-06265-3

7. Селивановская С.Ю., Галицкая П.Ю. Оценка токсичности почв с использованием конатного метода биотестирования // Токсикологический вестник, 2006, № 4. С. 12-15.

8. Котьяк П.А., Чебыкина Е.В., Воронин А.Н., и др. Изменение токсичности почвы под действием технологий возделывания культур // Вестник АГАУ, 2023, №8 (226). С. 25-33.

9. Горшкова Т.А. Оценка возможности использования клевера ползучего (*Trifolium repens* L.) для биоиндикации антропогенного нарушения среды // Известия Самарского научного центра РАН, 2012, № 1-1. С. 69-73.

10. Бекузарова С.А., Шабанова И.А. Клевер - биоиндикатор тяжелых металлов // Известия Горского государственного аграрного университета, 2014, Т. 51, № 3. С. 142-153.

References

1. Zatsarinnaya Yu.N., Khaybullina A.R., Shabieva G.R., i dr. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2016, № 10. pp. 133-134.

2. Gaponov V.L., Paramonova O.N. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2015, № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2015/3193

3. Mazanko M.S., Denisova T.V., Kolesnikov S.I., i dr. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2013, № 3 (26). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1792

4. Abuzov A.V., Dakhova E.V., Shevchuk A.S., i dr. *Inzhenernyj vestnik Dona*, 2023, № 7 (103). URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n7y2023/8564



5. Zulfiqar U, Jiang W, Xiukang W, et al. A Comprehensive Review. Front. Plant Sci. 2022, 13. P. 773-815. doi: 10.3389/fpls.2022.773815
6. Luutu H., Rose M.T., McIntosh S. et al. Plant Soil 2023, 493. P. 647–661. doi.org: 10.1007/s11104-023-06265-3
7. Selivanovskaya S.Yu., Galitskaya P.Yu. Toksikologicheskiiy vestnik, 2006, № 4. pp. 12-15.
8. Kotyak P.A., Chebykina E.V., Voronin A.N., i dr. Vestnik AGAU, 2023, №8 (226). pp. 25-33.
9. Gorshkova T.A. Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN, 2012, № 1-1. pp. 69-73.
10. Bekuzarova S.A., Shabanova I.A. Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2014, T. 51, № 3. pp. 142-153.

Дата поступления: 16.07.2025

Дата публикации: 25.08.2025