

УДК 631.416.3

СРАВНЕНИЕ ФИТОТОКСИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ И СУЛЬФАТА КАЛИЯ**COMPARISON OF THE PHYTOTOXIC EFFECT OF ELEMENTAL SULFUR AND POTASSIUM SULFATE**©**Матвеенков М. В.***Гомельский государственный университет им. Франциска Скорины
г. Гомель, Беларусь, mail@gsu.by*©**Matveenkov M.***Francisk Skorina Gomel State University
Gomel, Belarus, mail@gsu.by*

Аннотация. В работе рассмотрено сравнительное фитотоксическое действие элементарной серы и сульфата калия на тест-культуры овес посевной (*Avena sativa* L.) и люпин узколистный (*Lupinus angustifolius* L.).

За основу методики исследования были взяты методические рекомендации «Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности». Диапазон дозы токсиканта варьировал в пределах от 1 до 5 ПДК (в пересчете на серу).

Показано, что в пределах изученных концентраций, сульфат калия оказывает меньшее токсическое действие, в сравнении с элементарной серой. А также, в зависимости от культуры, может оказывать как активизирующие рост свойства, так и ингибирующие.

Abstract. In this work considered comparative phytotoxic effect of elemental sulfur and sodium sulfate to the test-cultures oat (*Avena sativa* L.) and *Lupinus angustifolius* (*Lupinus angustifolius* L.).

Methodical recommendations «justify the hazard class of waste production and consumption of phytotoxicity» were taken as a basis of the research methods. Toxicant dose range ranged between 1 and 5 MPC (calculated as sulfur).

It is shown that in the range of concentrations studied, potassium sulfate has minimal toxic effect, compared with elemental sulfur. Also, depending on the culture, may cause the activating and inhibitory growth properties.

Ключевые слова: ПДК, фитотоксичность, овес посевной, люпин узколистный, элементарная сера, сульфат калия.

Keywords: MPC, phytotoxicity, oat, *lupinus angustifolius* elemental, sulfur, potassium sulfate.

В связи с тенденцией современного общества к усиленной урбанизации и расширению границ техносферы, последняя может оказывать все большее влияние на окружающую среду. Одной из сторон стратегии защиты от пагубного воздействия данного процесса могут стать высокоточные, оперативные и дешевые методы определения загрязненности природных и техногенных сред. В данном аспекте можно обратить внимание на фитотестирование, которое широко используется не только как способ токсикологической оценки сред, например, почв и вод, но и как весьма распространенный прием оценки токсичности или биоактивности различных материалов, химикатов, промышленных отходов [1].

В основу методики исследования были взяты методические рекомендации [2]. Были использованы следующие тест-культуры: овес посевной (*Avena sativa* L.) сорта «Юбиляр», а

также люпин узколистый (*Lupinus angustifolius* L.). При оценке фитотоксичности сульфата калия и элементарной серы была использована тест–реакция — изменение длинны корешков у проростков. Тест–критерием служила средняя длина корней проростков. О наличии действующей дозы вещества судили по ингибированию роста корешков на 20% и более.

Для эксперимента использовались чашки Петри, на дно которых помещалось три слоя фильтровальной бумаги типа «синяя лента». В каждую чашку вливалось по 13 мл растворов сульфата калия и суспензии элементарной серы — для овса и по 20 мл — для люпина, со следующими вариациями предельно допустимых концентраций (ПДК): 1 ПДК — 710 мг/л; 2 ПДК — 1420 мг/л; 3 ПДК — 2130 мг/л; 4 ПДК — 2840 мг/л; 5 ПДК — 3550 мг/л — для калия (при пересчете на серу). А также: 1 ПДК — 160 мг/л; 2 ПДК — 320 мг/л; 3 ПДК — 480 мг/л; 4 ПДК — 640 мг/л; 5 ПДК — 800 мг/л. — для элементарной серы.

Токсический эффект, от воздействия элементарной серы на овес посевной можно наблюдать по данным предоставленным в Таблице 1 и Рисунках 1–2.

Таблица 1.

ВЛИЯНИЕ ЭЛЕМЕНТАРНОЙ СЕРЫ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ОВСА

Вариант опыта	Средняя длина корешков		Фитозэффект, %
	мм	по отношению к контролю, %	
Контроль	22,24±2,29	100,00	0,00
1 ПДК	22,13±2,03	99,51	0,51
2 ПДК	21,36±1,89	96,02	4,01
3 ПДК	16,62±1,81	74,72	25,31
4 ПДК	17,75±1,67	79,81	20,21
5 ПДК	12,50±1,28	56,22	43,81

Достоверное токсическое воздействие ($F_{\text{выч}} > F_{\text{ст}}$, при $p = 0,017$) начинается только при концентрации 5 ПДК (800 мг/л), другие же варианты опыта не показали достоверного токсического эффекта, что не позволяет сказать о наличии действующей дозы вещества, при концентрациях от 1 до 4 ПДК, в рамках описанной методики. Однако можно отметить, что незначительные отклонения от контроля, в вариантах опыта 1–4 ПДК, носят колебательный характер и такая тенденция повторяется у данной тест культуры при воздействии на нее сульфатом калия, о чем будет сказано позже.

Также на этой тест–культуре было исследовано влияние сульфата калия (Таблица 2, Рисунок 2).

Таблица 2.

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА КАЛИЯ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ОВСА ПОСЕВНОГО

Вариант опыта	Средняя длина корешков		Фитозэффект, %
	мм	по отношению к контролю, %	
Контроль	28,02±1,14	100,00	0,00
1 ПДК	24,09±1,39	85,97	14,03
2 ПДК	27,44±0,94	97,93	2,07
3 ПДК	26,45±1,18	94,39	5,60
4 ПДК	21,94±0,86	78,30	21,70
5 ПДК	22,28±0,86	79,51	20,49

Как видно, из данных, достоверное токсическое воздействие ($F_{\text{выч}} > F_{\text{ст}}$, при $p = 0,034$) начинается уже при концентрации 1 ПДК (870 мг/л), однако фитозэффект — 14,03% ингибирования роста корешков по отношению к контролю — не позволяет сказать о наличии действующей дозы вещества, при данной концентрации, в рамках описанной методики. Также наблюдаются периодические изменения токсического эффекта, носящие

колебательный характер, вплоть до значений 4–5 ПДК (3480–4350 мг/л) — где наблюдается выраженный и достоверный токсический скачок — 21,70–20,49% ингибирования роста корешков, по отношению к контролю ($F_{выч} > F_{ст}$, при $p = 0,002$). Что дает основания предполагать о наличии действующей дозы вещества, при данных концентрациях, которые обнаруживает изучаемая тест-культура. В целом можно сказать, что сульфат проявляет фитотоксичность на более низких дозах, но при более мягком токсическом действии, в сравнении с элементарной серой. Это может быть связано с тем, что сера в форме сульфата является активным метаболитом в клетке растений [3].

Люпин же наоборот испытывает стимулирующее действие сульфата калия (Таблица 3, Рисунок 1).

Таблица 3.

ВЛИЯНИЕ СУЛЬФАТА КАЛИЯ НА РАЗВИТИЕ ПРОРОСТКОВ ЛЮПИНА УЗКОЛИСТНОГО

Вариант опыта	Средняя длина корешков		Фитозэффект, %
	мм	по отношению к контролю, %	
Контроль	31,41±1,31	115,19	0,00
1 ПДК	36,17±1,45	116,30	0,00
2 ПДК	36,52±1,63	102,22	0,00
3 ПДК	32,12±1,56	105,41	0,00
4 ПДК	33,11±1,71	112,26	0,00
5 ПДК	35,25±1,70	115,19	0,00

Данные показывают, что при концентрациях раствора: 1 ПДК (870 мг/л), 2 ПДК (1740 мг/л), 5 ПДК — наблюдается резкий достоверный ($F_{выч} > F_{ст}$, при $p < 0,05$) скачок роста корешков у тест-организма. Это может быть связано с тем, что кормовые бобовые культуры, в целом, склонны повышать свою урожайность и скорость роста при обеспечении их серой, о чем свидетельствуют данные [4-6].

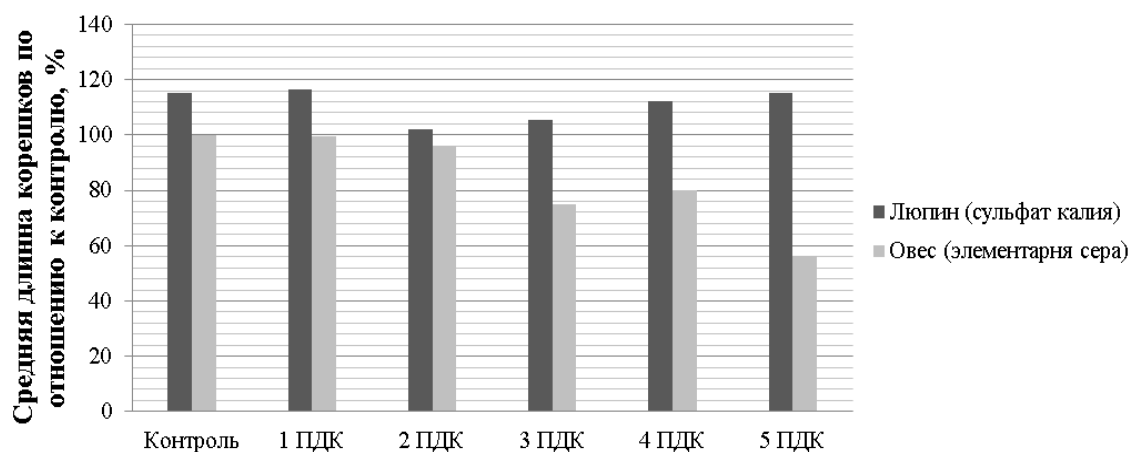


Рисунок 1. Сравнительная диаграмма длины корешков у люпина узколистного и овса посевного по отношению контролю при воздействии сульфатов калия и элементарной серы.

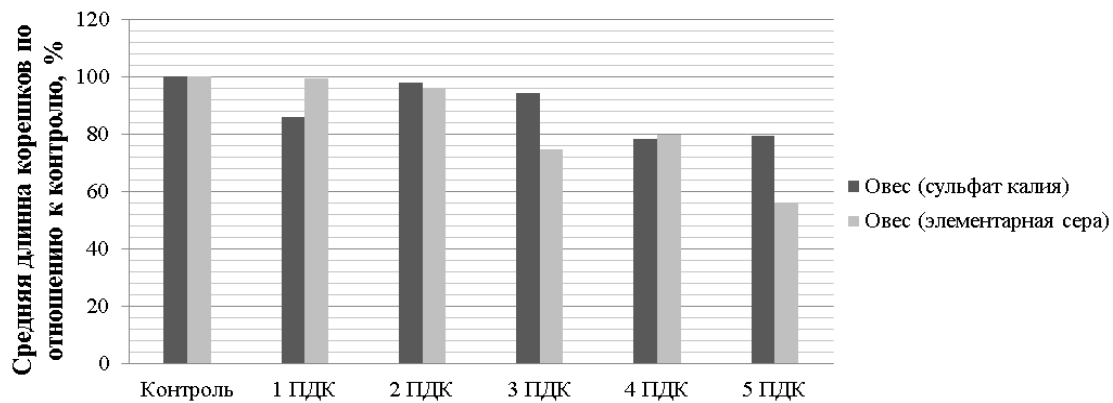


Рисунок 2. Сравнительная диаграмма длины корешков у овса посевного по отношению контролю при воздействии сульфатов калия и элементарной серы.

Также можно сказать, что люпин возможно изучать как перспективную культуру– фиторемедиант, на зараженных серой почвах. Любопытен факт того, что фазы активации роста у люпина, примерно совпадают с фазами ингибирования роста у овса. Это также может наталкивать на мысль о синергическом действии катионов калия, которые усиливают токсическое действие сульфата серы для овса и активирующее — для люпина (Рисунок 3).

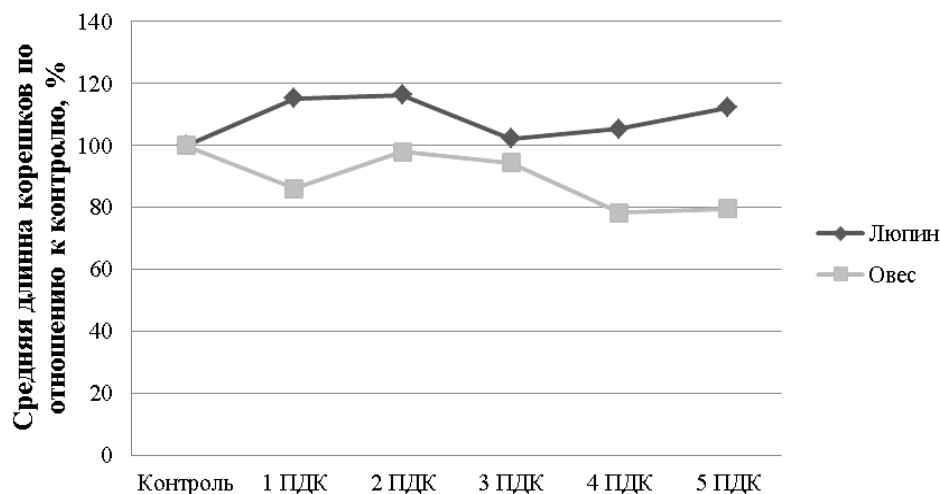


Рисунок 3. Сравнение длины корешков у люпина узколистного и овса посевного по отношению контролю при воздействии сульфатов калия.

Подводя итоги, можно сказать что характер токсического действия меняется как от токсиканта, так и от тест–культуры. Люпин не испытал токсического действия сульфата калия, показав активацию роста. Овес посевной испытывал в целом ингибирующее действие, но характер этого действия немного различался, в зависимости от токсиканта. Так, при воздействии элементарной серы наблюдался выраженный токсический скачок, при воздействии высоких доз. А при действии сульфата калия токсический эффект наблюдался при малых концентрациях, но был более щадящим.

Список литературы:

1. Лисовицкая О. В., Терехова В. А. Фитотестирование: основные подходы, проблемы лабораторного метода и современные решения // Доклады по экологическому почвоведению. 2010. Т. 1. №13. 18 с.

2. Методические рекомендации МР 2.1.7.2297–07 «Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности». Введ. 28.12.2007. М.: Федеральная служба по надзору в сфере защиты прав потребителей и благополучия человека, 2007.

3. Хелдт Г. В. Биохимия растений. М.: БИНОМ, 2011. 476 с.

4. Lange A., 1998. Cited in S. Haneklaus, E. Bloem, and E. Schnug. 2007. In M. J. Hawkesford (ed.) Sulfur in Plants: An ecological perspective. Springer, pp.17–59.

5. Domaldson K., Aitken R., Tran L., Stone V., Duffin R., Forrest G., Alexander A. Carbon nanotubes: review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety. Toxicological Science, 2006, v. 92, issue 1, pp. 5–22.

6. Багдасарян А. С. Биотестирование почв техногенных зон городских территорий с использованием растительных организмов: дис. ... канд. биол. наук. Ставрополь, 2005. 160 с.

References:

1. Lisovitskaya O. V. Terekhova V. A. Phytotest: main approaches, problems of laboratory method and actual solutions. Reports on environmental soil science, 1980, v. 1, no. 13, 18 p.

2. Guidelines 2.1.7.2297–07. Justification hazard class waste production and consumption of phytotoxicity. (in Russian).

3. Heldt G. V. Biokhimiia rasteniy (Biochemistry of plants). Moscow, Bean. Knowledge Laboratory Publ., 2011. 476 p.

4. Lange A., 1998. Cited in S. Haneklaus, E. Bloem, and E. Schnug. 2007. In M. J. Hawkesford (ed.) Sulfur in Plants: an ecological perspective. Springer, pp.17–59.

5. Domaldson K., Aitken R., Tran L., Stone V., Duffin R., Forrest G., Alexander A. Carbon nanotubes: review of their properties in relation to pulmonary toxicology and workplace safety. Toxicological Science, 2006, v. 92, issue 1, pp. 5–22.

6. Baghdasaryan A. S. Biotesting of technogenic soil zones of urban areas using vegetable organisms. Diss.... degree Cand. Biol. Sciences. Stavropol, 2005, 159 p.

*Работа поступила
в редакцию 25.07.2016 г.*

*Принята к публикации
28.07.2016 г.*