

УДК 57.044

## ОТВЕТНЫЕ МОРФОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ РЕАКЦИИ РАСТЕНИЙ НА ЗАГРЯЗНЕНИЕ СРЕДЫ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

**Петухов Александр Сергеевич**

студент

**Петухова Галина Александровна**

д-р биол. наук

Тюменский государственный университет, Тюмень

*author@apriori-journal.ru*

**Аннотация.** В статье отмечается негативное влияние присутствия ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  в органогенной и минеральной почве на всхожесть и морфометрические показатели овса посевного. Эффект был различен в зависимости от типа почвы. Наиболее чувствительным органом растений оказался корень.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы; овес посевной; всхожесть; морфометрические показатели.

---

## MORPHOPHYSIOLOGICAL RESPONSE OF PLANTS TO ENVIRONMENTAL POLLUTION BY HEAVY METALS

**Petukhov Aleksandr Sergeevich**

student

**Petukhova Galina Aleksandrovna**

doctor of biological sciences

Tyumen State University, Tyumen

**Abstract.** The article considers negative influence of presence of ions  $\text{Cu}^{2+}$  and  $\text{Zn}^{2+}$  in organogenic and mineral soil on germination and morphometric indexes of oat. The effect depended on type of soil. The most sensitive part of plants was a root.

**Key words:** heavy metals; oat; germination; morphometric indexes.

К настоящему моменту в биосфере зафиксировано высокое содержание техногенной меди и цинка, что связано с работой предприятий химической и металлургической промышленности. Пути поступления тяжелых металлов в окружающую среду различны, но часто они связаны с накоплением в почве [1].

Уровень содержания металлов в почвах зависит от химического состава почвообразующих пород. Известно, что гумусовые структуры органогенной почвы прочно закрепляют ионы тяжелых металлов в комплексные соединения, что делает их малоподвижными. В условиях минеральной матрицы металлы обладают большей подвижностью по профилю почвы [2].

Накопление тяжелых металлов в почвах приводит к их поглощению растениями. В результате интоксикации наблюдается угнетение роста, опадение листьев и гибель растений [3].

Целью работы стало изучение всхожести и морфометрических показателей растений при загрязнении почвы тяжелыми металлами.

Материалом для исследований стали проростки овса посевного. Среди разнообразия тяжелых металлов было решено выбрать медь и цинк из-за их двойственной роли в жизни растений: биогенной функции и токсического воздействия. Использовались сульфаты этих металлов, как наиболее инертные анионы.

Уровень загрязнения был выбран на отметке в 2 ПДК по валовому содержанию соответствующих металлов в почве.

Соответствующие сульфаты, находившиеся в виде порошка, перемешивали с почвой, а затем помещали в нее семена овса. Было поставлено 4 варианта эксперимента:

- 1) Контроль – семена овса были посажены в почву без внесения тяжелых металлов;
- 2) О1 – овес находился в почве, загрязненной  $\text{CuSO}_4$  в концентрации, соответствующей 2 ПДК (110 мг/кг);

- 3) O2 – овес находился в почве, загрязненной  $ZnSO_4$  в концентрации, соответствующей 2 ПДК (200 мг/кг);
- 4) O3 – овес находился в почве, загрязненной  $CuSO_4$  (110 мг/кг) и 2 ПДК  $ZnSO_4$  (200 мг/кг).

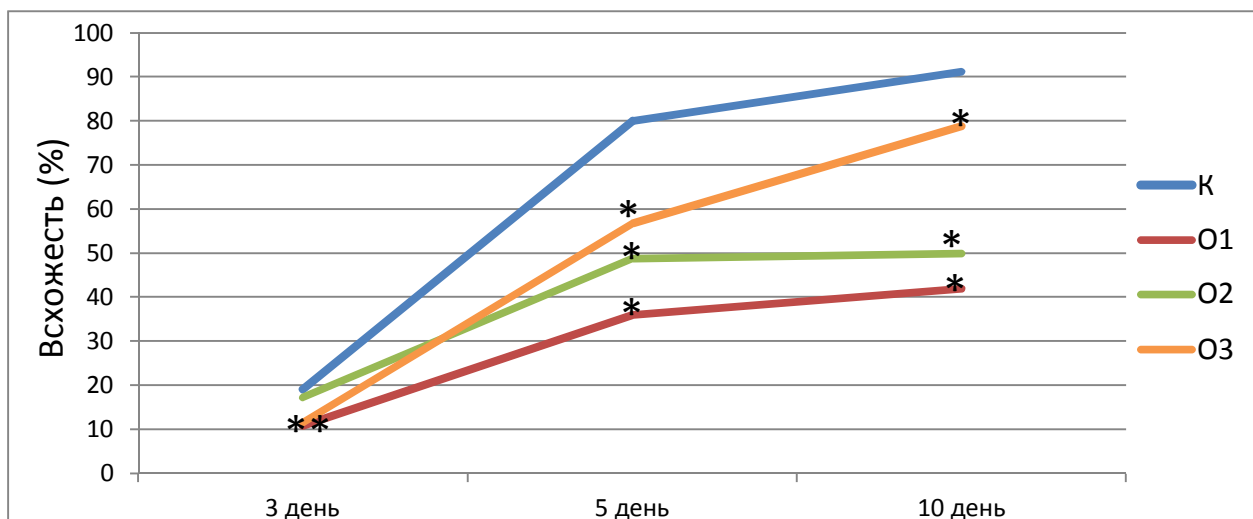
Растения росли в равных условиях освещенности и температуры. Эксперимент длился две недели. Каждые два дня проростки поливали отстоянной водой. В конце эксперимента у растений были измерены всхожесть и морфометрические показатели: количество корней, длина корней, гипокотиль, листа и растения. Полученные результаты были подвергнуты стандартной статистической обработке [4].

На всхожесть семян овса в органогенной почве большое влияние оказывало присутствие ионов  $Cu^{2+}$ : в варианте O1 она была снижена почти на 50 % по сравнению с контрольным вариантом (рис. 1). Действие цинка оказалось менее токсичным по сравнению с медью, но относительно контроля всхожесть была тоже значительно снижена. В случае комбинированного действия двух металлов наблюдался отрицательный синергетический эффект (антагонизм) по сравнению с моноопытами: всхожесть семян угнеталась в меньшей степени. Отрицательное воздействие металлов на прорастание семян может быть связано с тем, что попадая в органогенную почву, они связываются в труднорастворимые комплексные соединения с гумусовыми кислотами, блокируя тем самым питательные элементы для растений.

В аналогичном опыте с минеральной почвой наблюдалась другая картина (рис. 2). На первых сроках эксперимента (3 и 5 день) совместное действие Cu и Zn повышало всхожесть по сравнению с контролем. Однако к концу эксперимента данный эффект исчез.

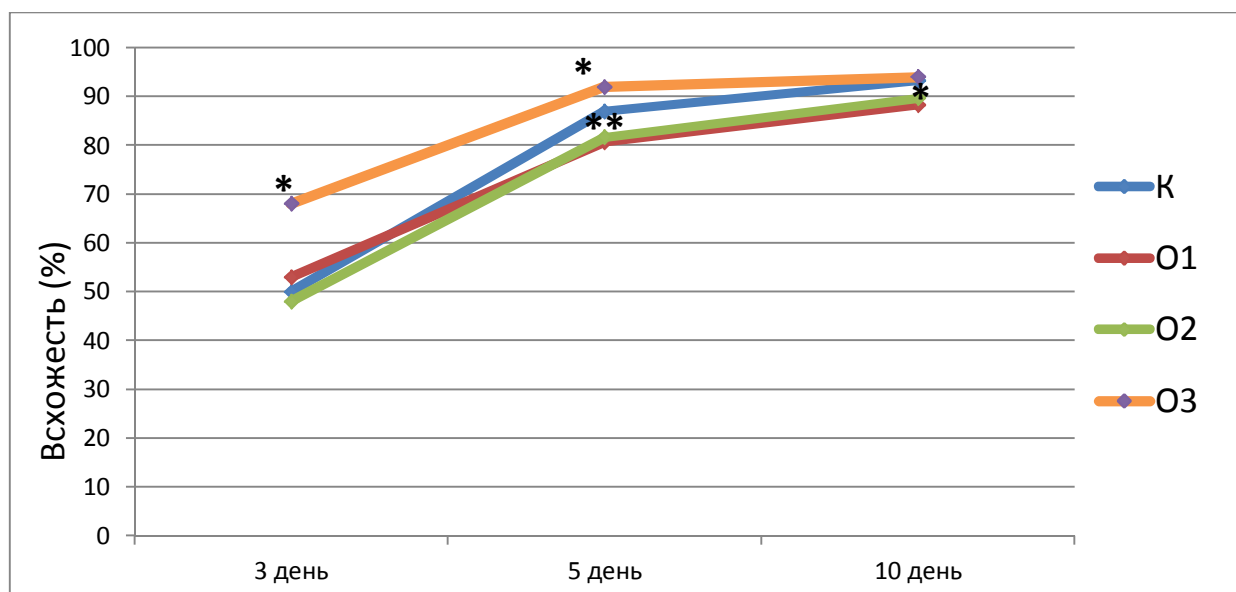
Как известно из литературы, Cu и Zn являются важными микроэлементами для растений. Поэтому можно предположить, что на первых этапах эксперимента содержание металлов в растениях было небольшим, и оно стимулировало жизнедеятельность растений. Однако к концу

эксперимента содержание тяжелых металлов увеличилось, и стимуляция исчезла.



Условные обозначения: \* – статистически достоверные различия между контролем и вариантом опыта (при  $P \leq 0,05$ ).

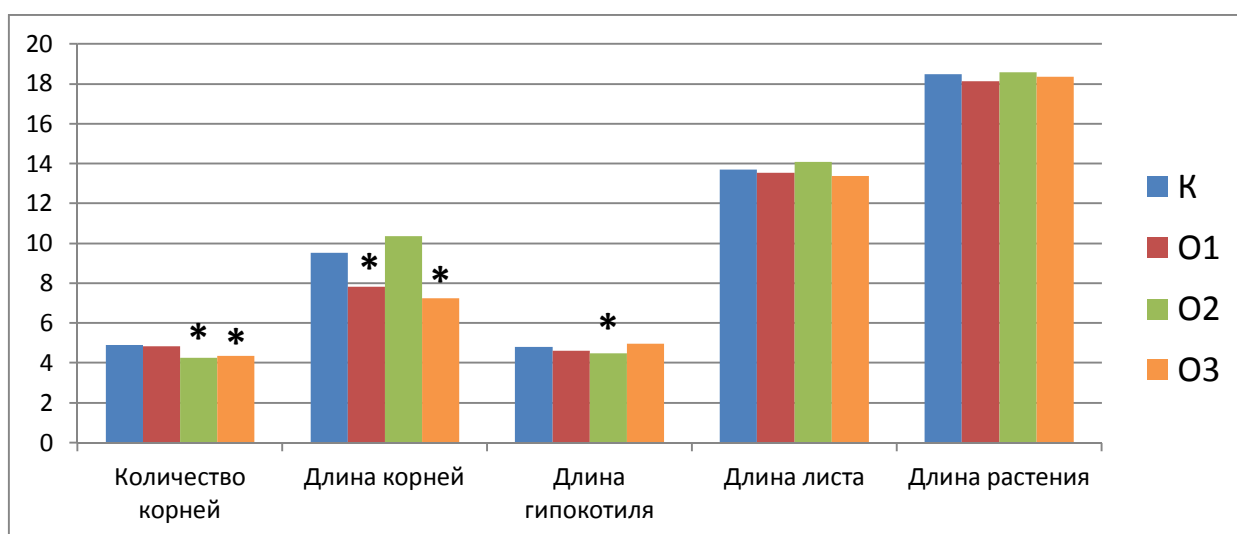
**Рис. 1. Всхожесть семян овса в органогенной почве, загрязненной тяжелыми металлами**



**Рис. 2. Всхожесть семян овса в загрязненной минеральной почве**

Раздельное присутствие Cu и Zn в почве приводило к уменьшению всхожести по сравнению с контролем в конце эксперимента. Комбинированное воздействие двух металлов в данном случае является антагонистическим, потому что эффект выражен слабее, чем простая сумма вариантов опыта O1 и O2.

В целом, уменьшение морфометрических показателей от присутствия тяжелых металлов в почве выражено слабо (рис. 3). Однако корневая система растений претерпевает угнетение: количество корней и длина корней снижены в вариантах O2 и O3; O1 и O3 соответственно. Большое токсическое воздействие металлов на корневую систему легко объясняется тем, что корни находятся в непосредственном контакте с поллютантом и обладают высокой аккумулятивной способностью. О высокой чувствительности корней в ответ на антропогенное загрязнение сообщается в работе [5].



**Рис. 3. Морфометрические показатели овса, выросшего в загрязненной минеральной почве**

Длина надземной части растений при действии тяжелых металлов практически не отличалась от контрольного варианта и находилась в пределах погрешности опыта.

Слабый токсический эффект можно объяснить большой подвижностью тяжелых металлов в минеральной почве, и как следствие, их более равномерным распределением по растению.

Таким образом, присутствие тяжелых металлов в концентрации 2 ПДК в виде ионов  $\text{Cu}^{2+}$  и  $\text{Zn}^{2+}$  в двухнедельном эксперименте приводило к уменьшению всхожести семян овса посевного в органогенной почве и минеральной почве, а также к уменьшению количества и длины корней в минеральной почве.

## Список использованных источников

1. Каббата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М.: Мир, 1989. 440 с.
2. Башкин В.Н., Касимов Н.С. Биогеохимия. М.: Научный мир, 2004. 648 с.
3. Ильин В.Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск: Наука, 1991. 152 с.
4. Лакин Г. Ф. Биометрия. М.: Просвещение, 1980. 213 с.
5. Петухова Г.А. Механизмы устойчивости организмов к нефтяному загрязнению среды. Тюмень: Изд-во ТюмГУ, 2008. 172 с.