



**Южный университет  
«Институт управления  
бизнеса и права» (ИУБиП)**

**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ**

**«ЗАМЕТКИ УЧЕНОГО»**

**№ 2 / 2021**

**г. Ростов-на-Дону — 2021**

# **ВЛИЯНИЕ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ЦИНКОМ ПОЧВЫ НА СЕМЯННОЕ ПОТОМСТВО ЯЧМЕНЯ**

---

**Васильев Денис Владимирович**

*К.Б.Н., С.Н.С., профессор,*

*ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский  
институт радиологии и агроэкологии*

*Быстрое увеличение концентрации тяжелых металлов в сельскохозяйственных почвах приводит к снижению урожайности и ухудшению свойств сельскохозяйственной продукции. Цинк, являясь важным микроэлементом для растений, в то же время является очень токсичным веществом, способным быстро накапливаться в почве и растениях. Хотя прямое влияние повышенных концентраций цинка в почве на растения хорошо изучено, но мало что известно о его влиянии на их семенное потомство. Данная работа показывает, что повышенные концентрации Zn в почвах могут отрицательно сказаться на качестве потомства семян ячменя - снизить митотическую активность клеток и увеличить частоту митотических аномалий в проростках, что снижает качество семян. Но поскольку цинк также является биологически важным элементом, необходимым для нормального роста и развития растений, его микроконцентрации в почве способствуют значительному увеличению энергии прорастания семян.*

**Ключевые слова:** *цинк, ячмень, митотические аномалии, вегетация, митотический индекс, качество семенного потомства.*

Загрязнение почвы ТМ - серьезная глобальная экологическая проблема [1, 2], представляющая серьезную угрозу стабильности урожайности и качеству продукции растениеводства. Надежность защиты растений от вредного воздействия тяжелых металлов (ТМ) необходимо определять не только по характеристикам роста и процессу развития самих растений, но и по качеству их потомства, так как это один из важнейших показателей устойчивости популяций. Но, к сожалению, сейчас количество подробных

лабораторных исследований, посвященных изучению влияния ТМ на потомство растений, очень мало. Это привело к тому, что нет четкого понимания того, насколько тяжелые металлы опасны для семенного потомства растений и для устойчивости популяций. Конечно, существует множество полевых исследований влияния ТМ на семенное потомство, но в таких исследованиях сложно выделить и количественно оценить влияние одного конкретного фактора. Среди ТМ Zn считается одним из самых опасных загрязнителей для сельского хозяйства из-за его высокой скорости накопления в почвах, а затем и в растениях [1]. Хотя Zn является важным микроэлементом для растений, в высоких токсичных концентрациях он подавляет их рост и развитие и тем самым значительно снижает урожайность и качество семян, что делает определение оптимальных концентраций цинка в окружающей среде очень актуальным. Индикаторы, основанные на изучении ростовых процессов и митотических аномалий, широко и эффективно используются для оценки воздействия тяжелых металлов на растительные организмы. Снижение интенсивности развития и роста растений считается одним из важнейших критериев оценки риска воздействия ТМ. Методы анализа митотических аномалий растений считаются наиболее подходящими для оценки мутагенного риска ТМ. [3]. Они дают достоверные и хорошо воспроизводимые результаты в экспериментах, а также позволяют обнаруживать неблагоприятные процессы на ранних этапах развития реакций растений на неблагоприятное воздействие. В связи с этим определение закономерностей появления митотических аномалий и изменения интенсивности процессов развития и роста растений под действием тяжелых металлов является очень важным этапом исследований, результаты которого потребуются для обоснования и принятия решений по экологическим и сельскохозяйственным проблемам. Целью данной работы была оценка качественных характеристик семян, полученных от растений, выращенных на почвах, содержащих высокие концентрации нитрата цинка.

Материалы и методы. Представленное исследование проведено на семенном потомстве ячменя (*Hordeum vulgare* L.) сорта «Заерский-85», полученном от растений, выращенных в вегетационном эксперименте на трех типах почв в которые был внесен водный раствор нитрата цинка:

- 1) супесчаная окультуренная дерново-подзолистая (25 50 100 150 и 250 мг/кг воздушно сухой почвы);
- 2) типичный тяжелосуглинистый чернозем (50, 100, 250, 500 и 750 мг/кг воздушно сухой почвы);
- 3) болотная низинная торфяная (250, 500 и 1000 мг/кг воздушно сухой почвы).

Семена проращивали в термостате (21° С) в чашках Петри на фильтровальной бумаге, смоченной дистиллированной водой. В процессе прорастания определяли на 7 сутки после замачивания всхожесть семян. Проростки длиной 1–1,5 см фиксировали в ацето-алкоголе. Давленные препараты окрашивали ацетоорсеином. В препаратах подсчитывали количество делящихся клеток и количество клеток с митотическими аномалиями (в среднем для каждого варианта анализировалось 3–6 тысяч анна-телофаз). При анализе спектра нарушений выявлены хроматидные (одиночные), хромосомные (двойные) мостики и фрагменты, мультиполярные митозы, хромосомные отставания.

Митотическую активность клеток меристемы проростков семян оценивали с помощью митотического индекса по формуле:

$$MI = \frac{P+M+A+T}{I+P+M+A+T} * 100,$$

где: P – количество клеток корневой меристемы на стадии профазы; M – количество клеток на стадии метафазы; A – количество клеток на стадии анафазы; T – количество клеток на стадии телофазы; I – количество клеток на стадии интерфазы [4].

Статистическая обработка полученных результатов проводилась в редакторе MS Excel. Для анализа использовались методы вариационной статистики. Статистическая значимость отличий оценивалась по критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. В ходе исследования установлено, что энергия прорастания семян ячменя, полученных от растений, выращенных на почвах загрязненных нитратом цинка, с увеличением концентрации металла во всех исследованных почвах имеет тенденцию к снижению ( $r = 0,51-0,59$ ). Однако в то же время низкая концентрация металла (25-250 мг / кг сухого воздуха в почве) способна повысить всхожесть семян (рис. 1).

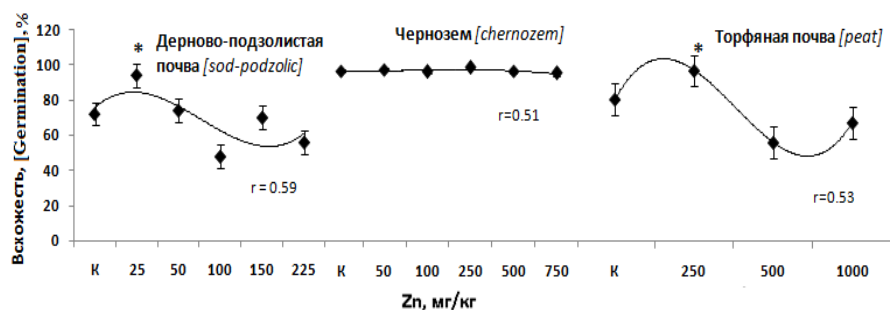


Рисунок 1 - Всхожесть семян ячменя. \* - статистически значимое отличие от контроля

Высокая всхожесть семян ячменя полученных от растений, выращенных на почвах с низким уровнем загрязнения, определяется их потребностью в цинке как важном микроэлементе [5, 6]. Только при превышении критического уровня, установленного для каждого вида растений, Zn может стать токсичным. Снижение всхожести на дерново-подзолистой почве при значительно более низких концентрациях цинка, чем в других вариантах связано со значительно большей доступностью Zn для растений [5].

Самые ранние эффекты ТМ на растения можно обнаружить на клеточном уровне организации. Данное исследование показало статистически значимое увеличение частоты цитогенетических нарушений, а также замедление процесса митотического деления клеток корневой меристемы у проростков семян ячменя, полученных на дерново-подзолистой почве и черноземе с высоким содержанием Zn. У растений, выращиваемых на торфяных почвах, обнаружена тенденция к увеличению частоты цитогенетических нарушений (рис. 2). На дерново-подзолистых почвах увеличение частоты митотических аномалий в клетках проростков ячменя начинается при значительно меньших концентрациях Zn, чем на торфяниках или черноземах, что связано с его большей доступностью для растений [5].



Рисунок 2 - Частота цитогенетических нарушений в клетках корневой меристемы проростков. \* - статистически значимое отличие от контроля

Считается, что тяжелые металлы и в частности цинк способны увеличивать долю геномных aberrаций [5]. Результаты, полученные в данном исследовании, подтверждают это мнение. При анализе спектра обнаруженных в ходе исследования митотических аномалий выявлена тенденция к увеличению частоты встречаемости геномных нарушений [7].

Тяжелые металлы и в частности цинк также способны ингибировать митоз. Токсичность Zn на тканевом уровне оценивалась по изменению митотического индекса. Статистически значимое снижение частоты митотических делений клеток выявлено у проростков ячменя, полученных от растений, выросших на дерново-подзолистой почве с содержанием 250 мг нитрата цинка на 1 кг (рис. 3). Митотическая активность клеток корневой меристемы проростков семян полученных на других почвах, не зависела от концентрации цинка.

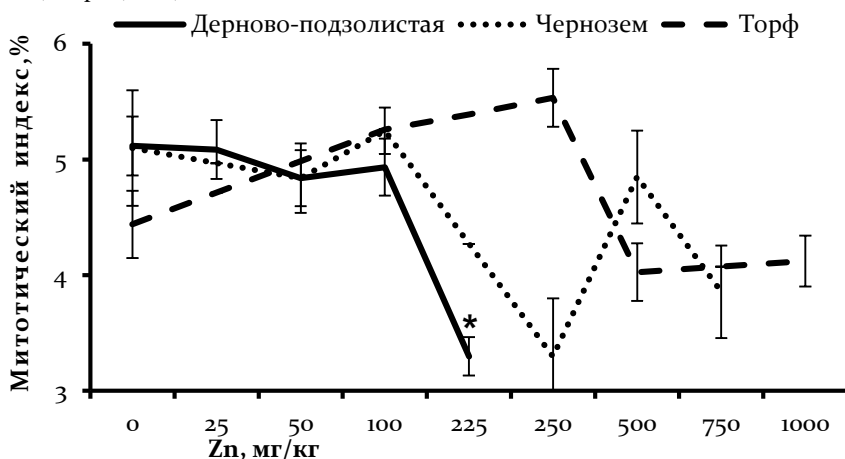


Рисунок 3 - Активность митотического деления клеток корневой меристемы проростков ячменя. \* - статистически значимо отличие от контроля

#### Заключение.

На основании полученных результатов можно сказать, что небольшие концентрации цинка в почвах на которых был получен урожай ячменя, положительно сказываются на всхожести полученных семян. Высокие концентрации способны снижать всхожесть семян, оказывать мутагенное влияние на семенное потомство, снижать митотическую активность клеток корневой меристемы. Токсическое действие цинка на семенное потомство ячменя зависит от типа и агрохимических свойств почв, на которых был получен урожай.

#### Список использованных источников

1. Ilyin V.B. Heavy metals in the soil - plant system. / Novosibirsk: Science. Sib. branch, 1991. 151c. Sep., 1991, 151c.
2. Villiers F., Ducruix C., Hugouvioux V. et al. Investigating the plant response to cadmium exposure by proteomic and metabolomic approaches // *Proteomics*. 2011. V. 11. P. 1650–1663.
3. Evseeva TI, Geraskin SA, Vakhrusheva OM Assessment of the contribution of radiation and chemical factors to the formation of biological effects in the mouse pea population from the territory of storage of radium production wastes (Vodny settlement, Komi Republic) // *Radiation biology. Radioecology*. 2014. T. 54. No. 1. S. 85–96.
4. Lemeshko B.Yu., Gorbunova AA, Lemeshko SB, Postovalov SN, Rogozhnikov AP, Chimitova EV, Computer modeling and investigation of probabilistic laws. // *Bulletin of the Tomsk State University*. 2013. No. 1 (22). S. 74–85.
5. Micieta K., Murin G. Three species of genus *Pinus* suitable as bioindicators of polluted environment // *Water, Air, Soil Pollution*. 1998. V. 104. P. 413–422.
6. Titov AF, Kaznina NM, Talanova VV Heavy metals and plants. Petrozavodsk: Karelian Scientific Center of RAS, 2014. 194 p.
7. Vasiliev D.V., Anisimov V.S., Anisimova L.N., Frigidova L.M. Zinc delivery into barley plants on different types of soils and its influence on the quality of harvest seeds. *Trends in the development of science and education*. 2019. No. 50-3. S. 51–57.

#### EFFECT OF ZINC CONTAMINATED SOIL ON THE SEEDS PROGENY ABOUT BARLEY

A rapid increase in the concentration of heavy metals in agricultural soils leads to a decrease in productivity and deterioration of the properties of agricultural products and even to a deterioration in the microbiological activity of soils. Zinc, being an important trace element for plants, is at the same time a very toxic substance that can quickly accumulate both in the soil and in the plants themselves. Although the direct effect of elevated soil zinc concentrations on plants is well understood, little is known about its effect on seedlings of plants. This work shows that increased Zn concentrations in soils can have a negative effect on the quality of barley seed progeny - reduce the mitotic activity of cells and increase the frequency of mitotic abnormalities in seedlings, which reduces the quality of the seed. But since zinc is also a biologically important element necessary for the normal growth and development of plants, its microconcentrations in the soil

contribute to a significant increase in the germination energy of seeds grown on these soils of plants and thereby increase their quality. The greatest influence of zinc on the quality of seeds and the frequency of occurrence of mitotic anomalies in their seedlings occurs on sod-podzolic soils.

**Key words:** zinc, barley, mitotic anomalies, vegetation, mitotic index, quality of seed progeny.

*Васильев Денис Владимирович, 2021*