

### ВЛИЯНИЕ ГУМАТА НАТРИЯ НА ПОСЕВНЫЕ КАЧЕСТВА ТЕСТ-КУЛЬТУРЫ В УСЛОВИЯХ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ТЯЖЕЛЫМИ МЕТАЛЛАМИ

Установлено ингибирующее действие ионов тяжелых металлов на посевные качества ярового ячменя. Наличие в почве гумата натрия как детоксиканта кадмия и свинца способствует повышению энергии прорастания и лабораторной всхожести зерна, причем более эффективной оказалась концентрация детоксиканта 0,30 г/кг почвы.

**Ключевые слова:** тяжелые металлы, кадмий, свинец, детоксикант, гумат натрия, энергия прорастания, лабораторная всхожесть.

*E.N. Yeskova, I.S. Korotchenko*

### THE SODIUM HUMATE INFLUENCE ON THE TEST-CULTURE SOWING QUALITIES IN THE CONDITIONS OF THE SOIL POLLUTION BY HEAVY METALS

The inhibiting action of the heavy metal ions on the summer barley sowing qualities is established. The availability of the sodium humate in the soil as the detoxicant of cadmium and lead promotes the increase of the grain germination energy and laboratory viability, the detoxicant concentration of 0,30 g/kg of the soil appeared to be more effective.

**Key words:** heavy metals, cadmium, lead, detoxicant, sodium humate, germination energy, laboratory viability.

**Введение** В последние десятилетия в связи с быстрым развитием промышленности во всем мире наблюдается значительное возрастание содержания тяжелых металлов в окружающей среде. Наиболее токсичными среди них считаются свинец и кадмий [1, 2, 4]. Несмотря на то, что кадмий не является необходимым для жизнедеятельности растений элементом, а свинец нужен лишь в очень малых концентрациях для работы некоторых ферментов, эти металлы активно поглощаются растениями. Их опасность усугубляется тем, что свинец и кадмий сохраняют свои токсические свойства в течение продолжительного времени и обладают кумулятивным действием [11]. В связи с этим изучение реакции растений на присутствие повышенных концентраций тяжелых металлов в окружающей среде вызывает большой научный и практический интерес.

Следует отметить, что влиянию свинца и кадмия на растения посвящено довольно большое количество работ [1, 5–10, 13–16]. Однако многие аспекты их действия на растительный организм остаются недостаточно изученными.

Особой актуальностью отличаются исследования, направленные на снижение негативного воздействия тяжелых металлов и их соединений на компоненты биосферы. Одним из способов предотвращения их неблагоприятного воздействия является использование детоксицирующих препаратов. В качестве детоксикантов могут выступать различные по происхождению вещества (органической, минеральной и синтетической природы), которые способны инактивировать металлы в почве.

**Цель исследований.** Оценка влияния гумата натрия на посевные качества тест-культуры в условиях загрязнения почв кадмием и свинцом.

**Объекты и методы исследований.** В качестве тест-культуры для исследования фитотоксичности почв, загрязненных кадмием и свинцом, использован яровая ячмень сорта Красноярский 80.

Оценка влияния тяжелых металлов и гумата натрия на посевные качества ярового ячменя проводилась в лабораторных условиях с использованием вегетационных сосудов, наполненных почвой (чернозем выщелоченный). Для закладки опыта использовали почву пахотного слоя, взятую с полей СПК «Зыковский». Перед закладкой опыта, по результатам агрохимического анализа, почва имела следующие характеристики: гумус – 7,7 %; рН<sub>KCl</sub> – 7,5; гидролитическая кислотность – 6,3 мг-экв/100 г почвы; сумма обменных оснований – 42 мг-экв/100 г; подвижный фосфор – 300 мг/кг; обменный калий – 150 мг/кг; ЕКО – 57,6 мг-экв/100 г почвы.

Тяжелые металлы в концентрации от 1 до 5 ПДК вносили в опытные варианты в виде хорошо растворимых солей:  $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ ,  $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ . Расчет концентрации проводили согласно данным ПДК [3]. В качестве детоксиканта тяжелых металлов использовали гумат натрия в дозе 0,15 и 0,3 г на 1 кг почвы. После внесения необходимых ингредиентов почва инкубировалась в течение 7 дней. Объектами служили 30 семян в одном сосуде, все опыты проводили в 4 повторностях. По истечении 3 суток определили энергию прорастания семян, 7 суток – лабораторную всхожесть.

Статистическую обработку проводили при помощи пакета Microsoft Excel 97 для Windows и компьютерного пакета статистических программ «Snedecor».

**Результаты исследований и их обсуждение.** При оценке влияния модельного загрязнения почвы кадмием и свинцом отмечено, что процесс прорастания семян является довольно устойчивым к действию токсикантов только при низкой концентрации тяжелых металлов (1 и 2 ПДК) (табл. 1). Наблюдалось даже некоторое увеличение энергии прорастания при данных концентрациях кадмия и свинца, однако отличие от контроля недостоверно, и можно говорить лишь о тенденции к стимуляции прорастания семян. Подобный эффект отмечен О.Б. Могуновой и Ю.А. Горюновой (1998) [12].

При увеличении концентрации свинца и кадмия в почве было выявлено значимое ( $P \leq 0,01$ ) ингибирующее действие на энергию прорастания ярового ячменя (табл.1). При концентрации 3 ПДК отличие от контроля в варианте со свинцом составляет 11 %, 4 ПДК – 28 %, 5 ПДК – 54 %. В опытном в варианте с кадмием также наблюдалось снижение данного показателя, в чуть в большей степени: при 3 ПДК – 24 %, 4 ПДК – 33 %, 5 ПДК – 69 %.

Отметим, что подобную задержку начальных этапов роста, только у других видов растений (бобов, гороха, риса, *Crepis capillaries*; *Vaccinium myrtillus*), отмечали также и другие авторы [8–10].

В качестве детоксиканта свинца и кадмия был использован гумат натрия в концентрациях 0,15 и 0,30 г/кг почвы. Отмечено, что он в обеих концентрациях оказывает положительное влияние на энергию прорастания семян при низком уровне загрязнения почв свинцом и кадмием (табл. 1). С увеличением содержания тяжелых металлов (от 3 до 5 ПДК) происходит достоверное ( $P \leq 0,01$ ) снижение показателя. Внесение гумата натрия в дозе 0,3 г/кг сильнее ослабляет негативное действие тяжелых металлов. При сравнении опытных вариантов с использованием гумата натрия с образцами без внесения детоксиканта с соответствующими концентрациями тяжелых металлов установлено значимое положительное влияние.

Таблица 1

**Влияние гумата натрия на энергию прорастания ярового ячменя при загрязнении кадмием и свинцом**

ТМ	Вариант опыта	Доза гумата Na, г/кг почвы	Доза внесения в почву ТМ				
			1 ПДК	2 ПДК	3ПДК	4 ПДК	5 ПДК
Энергия прорастания (фон – 35,4±0,15), %							
Pb	Без детоксиканта	–	35,8±0,23	35,4±0,12	31,5±0,69**	25,3±0,79**	16,3±0,40**
	Гумат натрия	0,15	36,7±0,38	36,4±0,27	33,1±0,61**	31,9±0,21**	29,4±0,56**
		0,30	38,0±0,39**	37,6±0,31**	36,1±0,61	34,5±0,37**	32,5±1,07**
Cd	Без детоксиканта	–	35,7±0,39	35,4±0,36	27,0±0,61**	23,8±1,19**	10,7±0,09**
	Гумат натрия	0,15	36,4±0,32	35,8±0,41	29,8±0,66**	26,4±0,95**	20,6±0,40**
		0,30	37,5±0,53*	36,5±0,42	32,1±0,66**	28,7±0,65**	26,7±0,84**

Примечания: \* – значения достоверны при  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$  (в качестве контроля выступает фон).

По результатам исследований, при загрязнении почвы тяжелыми металлами в повышенных концентрациях наблюдалось снижение лабораторной всхожести семян ярового ячменя. Причем кадмий оказал большее негативное влияние на данный показатель, чем свинец (табл.2).

При низких концентрациях (1–2 ПДК) свинец оказывает положительное влияние на всхожесть ячменя. Затем, с повышением его концентрации от 3 до 5 ПДК, наблюдается значимое ( $P \leq 0,01$ ) снижение величины рассматриваемого показателя. Отличия от фона составляют: при 3 ПДК – 3 %, 4 ПДК – 9 %, а при 5 ПДК – 16 %. Кадмий же проявил своё негативное действие уже с концентрации его в почве 1 ПДК. И потом, с увеличением концентрации металла, наблюдалось лишь усиление его токсичного действия на всхожесть семян тест-культуры.

Таблица 2

**Влияние гумата натрия на лабораторную всхожесть ярового ячменя при загрязнении почвы кадмием и свинцом**

ТМ	Вариант опыта	Доза гумата Na, г/кг почвы	Доза внесения в почву ТМ				
			1 ПДК	2 ПДК	3ПДК	4 ПДК	5 ПДК
Лабораторная всхожесть (фон – 88,3±0,18), %							
Pb	Без детоксиканта	–	87,6±0,36	87,4±0,47	85,6±0,48**	80,5±1,53**	74,2±0,36**
	Гумат натрия	0,15	88,5±0,23	88,5±0,37	86,9±0,49	82,7±0,72**	81,8±0,19**
		0,30	89,5±0,29	89,4±0,39	88,1±0,48	86±0,43**	85,2±0,29**
Cd	Без детоксиканта	–	85,3±0,73**	84,3±0,27**	81,7±0,37**	77,2±0,56**	70,5±0,39**
	Гумат натрия	0,15	87,5±0,36	86,6±0,33**	85,5±0,56**	83,3±0,35**	80,3±0,64**
		0,30	89,1±0,56	88,7±0,35	87,2±0,38**	86,2±0,36**	84,5±0,37**

Примечания: \* – значения достоверны при  $P \leq 0,05$ ; \*\* –  $P \leq 0,01$  (в качестве контроля выступает фон).

Отмечено, что гумат натрия в обеих концентрациях оказывает положительное влияние на лабораторную всхожесть семян при низком уровне загрязнения почв свинцом и кадмием (табл. 2). С увеличением содержания свинца (от 4 до 5 ПДК) происходит достоверное ( $P \leq 0,01$ ) снижение всхожести. Отличия от фона: при внесении гумата натрия в дозе 0,15 г/кг составляют 4 ПДК – 6,3 %, 5 ПДК – 7,4 %, в дозе 0,3 г/кг – 2,6 и 3,5 % соответственно.

В опытном варианте с кадмием наблюдается достоверное ( $P \leq 0,01$ ) снижение всхожести при дозе детоксиканта 0,15 г/кг с 2 ПДК, при 0,3 г/кг с 3 ПДК. Наиболее эффективной оказалась двойная концентрация детоксиканта.

По результатам регрессионного анализа установлена прямая зависимость лабораторной всхожести семян ячменя от концентрации тяжелых металлов (свинца и кадмия), внесенных в почву (рис. 1). Причем эта зависимость носит линейный характер с высоким значением коэффициента детерминации (в варианте со свинцом  $R^2 = 0,813$ ; с кадмием  $R^2 = 0,924$ ). Также наблюдается тесная положительная корреляция между дозой детоксиканта и лабораторной всхожестью семян ячменя (рис. 2).

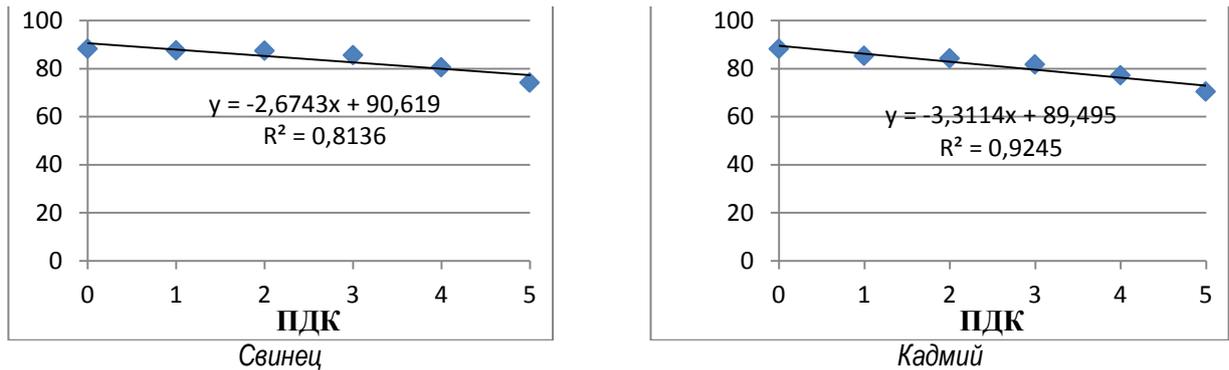


Рис. 1. Зависимость лабораторной всхожести ярового ячменя от концентрации ионов свинца и кадмия

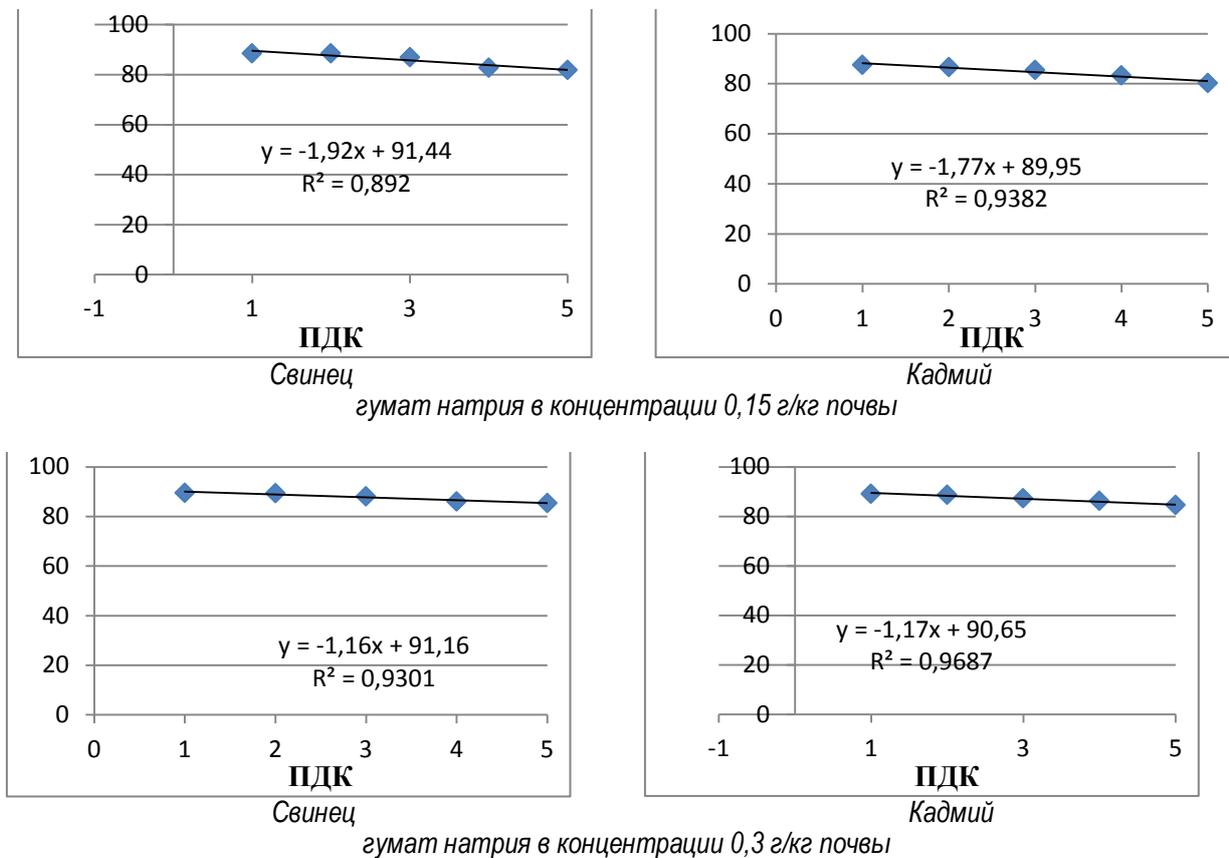


Рис. 2. Зависимость лабораторной всхожести ярового ячменя от дозы гумата натрия при загрязнении почвы свинцом и кадмием

### Выводы

1. Ионы свинца и кадмия в невысоких концентрациях способны оказывать незначительное положительное действие на посевные качества ярового ячменя. Более высокие концентрации данных металлов приводят к заметному ингибированию энергии прорастания и лабораторной всхожести проростков тест-культуры.
2. Использование в качестве детоксиканта тяжелых металлов гумата натрия улучшало посевные качества ярового ячменя, причем более эффективной оказалась концентрация детоксиканта 0,30 г/кг почвы.

### Литература

1. *Алексеев Ю.В.* Тяжелые металлы в почвах и растениях. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 142 с.
2. *Важенин И.Г.* Почва как активная система самоочищения от токсического воздействия тяжелых металлов – ингредиентов техногенных выбросов // *Химия в сельском хозяйстве.* – 1982. – № 3. – С. 3–5.
3. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – Введ. 2006–01–04. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 11 с.
4. *Добровольский В.В.* Биосферные циклы тяжелых металлов и регуляторная роль почвы // *Почвоведение.* – 1997. – № 4. – С.431–441.
5. *Ковда В.А., Золотарева Б.И., Скрипниченко И.И.* О биологической реакции растений на тяжелые металлы в среде // *Докл. АН СССР.* – 1979. – Вып. 247. – № 3. – С. 766–768.
6. *Коньшова Е.Н.* Влияние тяжелых металлов на посевные качества сельскохозяйственных культур // *Вестник КрасГАУ.* – 2009. – №11. – С. 107–111.
7. *Коньшова Е.Н.* Влияние детоксикантов тяжелых металлов на зерновые культуры в ювенильный период развития // *Вестник КрасГАУ.* – 2010. – № 5. – С. 65–69.
8. *Коротченко И.С., Кириенко Н.Н.* Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растение» в лесостепной зоне Красноярского края. – Красноярск, 2012. – 250 с.
9. *Лянгузова И.В.* Влияние никеля и меди на прорастание семян и формирование проростков черники // *Физиология растений.* – 1999. – Т. 46. – № 3. – С. 500–502.
10. *Мельничук Ю.П.* Влияние ионов кадмия на клеточное деление и рост растений. – Киев: Наук. думка, 1990. – 148 с.
11. *Минеев В.Г., Макарова А.И., Гришина Г.А.* Тяжелые металлы и окружающая среда в условиях современной интенсивной химизации. Сообщение 1. Кадмий // *Агрохимия.* – 1981. – № 5. – С.146–154.
12. *Могунова О.В., Горюнова Ю.А.* Влияние солей тяжелых металлов на прорастание семян // *Сб. науч. тр. ЯГСХА.* – Ярославль, 1998. – С. 36–40.
13. *Нестерова А.Н.* Действие тяжелых металлов на корни растений. 1. Поступление свинца, кадмия и цинка в корни, локализация металлов и механизмы устойчивости растений // *Биол. науки.* – 1989. – № 9. – С. 72–86.
14. *Первунина Р.И., Зырин Н.Г.* Влияние кадмия на рост и развитие ячменя. Загрязнение атмосферы, почвы и растительного покрова. – М.: Гидрометеиздат, 1980. – С. 79–85.
15. *Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П.* Влияние ионов кадмия и свинца на рост и содержание пролина и АБК в проростках огурца // *Физиология растений.* – 1999. – Т. 46. – № 1. – С. 164–167.
16. *Таланова В.В., Титов А.Ф., Боева Н.П.* Влияние свинца и кадмия на проростки ячменя // *Физиология и биохимия культ. растений.* – 2001. – Т. 33. – № 1. – С. 33–37.

