

ВЛИЯНИЕ КАДМИЯ, СВИНЦА И ИХ ДЕТОКСИКАНТОВ НА ЯРОВОЙ ЯЧМЕНЬ В ЮВЕНИЛЬНЫЙ ПЕРИОД РАЗВИТИЯ

Шекк С.Ю.

Научный руководитель – доцент Коньшева Е.Н.

Красноярский государственный аграрный университет

В последние годы выброс в окружающую среду токсичных соединений, особенно тяжелых металлов не снижается и остается высоким. Присутствие тяжелых металлов в среде в опасных количествах отражается на течении целого ряда процессов в растениях. Наиболее общими проявлениями их токсичного действия являются ингибирование фотосинтеза, нарушение транспорта ассимилятов и минерального питания, изменение водного и гормонального обмена, торможение роста и развития, возникновение уродливых форм, иногда даже гибель.

Многие растения обладают способностью накапливать тяжелые металлы в количестве, во много раз превышающем их содержание в почве, и, как результат, являются основным источником их поступления в пищевые цепи. Встраиваясь в цепи питания, аккумулируются в организме животных и человека, оказывая мутагенный и канцерогенный эффекты. Под влиянием ионов тяжелых металлов у животных и человека могут возникать серьезные заболевания центральной нервной системы, кровеносных сосудов, сердца, печени и других органов.

Поэтому 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 настоящей работы – оценка влияния кадмия и свинца и их детоксикантов (гумат натрия, суперфосфат и катионит) на посевные качества и ростовые характеристики ярового ячменя сорта Красноярский 80.

Лабораторно-вегетационный эксперимент проведен на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистого гранулометрического состава, характеризующегося слабощелочной реакцией среды, от средней до высокой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия, средним и высоким содержанием микроэлементов. Искусственное загрязнение почвы создавали внесением в вегетационные сосуды тяжелых металлы в виде хорошо растворимых солей: $(\text{CH}_3\text{COO})_2\text{Pb}$ и $3\text{CdSO}_4 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$ в концентрации 5 ПДК. Одновременно, согласно схеме опыта, вносили гумат натрия в количестве 0,15 г и 0,3 г, суперфосфат – 3,75 и 7,5 г, катионит – 1,5 и 3,0 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-х повторностях. По истечении 3 суток определяли энергию прорастания семян, 7 суток – лабораторную всхожесть. По прошествии десяти суток после появления дружных всходов проводили измерения длины ростков и корней.

Статистическую обработку проводили при помощи компьютерного пакета статистических программ «Snedecor». Рассчитывалась стандартная ошибка, проводился дисперсионный анализ.

На основании проведенных исследований установлено значимое ($p \leq 0,01$)

ингибирующее действие ионов тяжелых металлов на прорастание семян ячменя (таблица 1). Энергия прорастания зерна снизилась на почвах загрязненных ацетатом свинца более чем в 2 раза, сульфатом кадмия – более чем в 3 раза по сравнению с фоном. Вещества, используемые в качестве детоксикантов, в целом значимо ($p \leq 0,01$) повысили энергию прорастания ярового ячменя, за исключением вариантов с использованием катионита в концентрации 1,5 г на кг почвы.

Тяжелые металлы оказали достоверное ($p \leq 0,01$) угнетающее действие на лабораторную всхожесть семян (табл. 1). Снижение составляет от 16 до 21%. Применение детоксикантов различного происхождения привело к увеличению этого показателя, однако всхожесть была ниже, чем на фоне. Наибольший значимый эффект ($p \leq 0,01$) отмечен при использовании двойных доз детоксикантов на почвах загрязненных кадмием и свинцом.

Таблица 1 – Оценка посевных качеств ярового ячменя при различных условиях инкубирования

Варианты опыта	Энергия прорастания (фон – 35,4±1,08), %		Лабораторная всхожесть (фон – 88,3±1,03), %	
	CdSO ₄	(CH ₃ COO) ₂ Pb	CdSO ₄	(CH ₃ COO) ₂ Pb
Без детоксиканта	10,7±0,52*	16,3±0,47*	70,5±0,96*	74,2±0,85*
Гумат Na 0,15	20,6±1,03 ^a	29,4±1,56 ^a	80,3±0,65 ^{aa}	81,8±0,67
Гумат Na 0,3	26,7±1,23 ^a	32,5±1,64 ^a	84,5±0,97 ^a	85,2±1,04 ^a
Суперфосфат 3,75	21,7±0,97 ^a	22,0±1,06 ^{aa}	85,4±0,67 ^a	81,7±1,11
Суперфосфат 7,5	27,4±1,36 ^a	26,8±1,08 ^a	86,9±0,84 ^a	87,3±0,92 ^a
Катионит 1,5	16,2±0,68 ^{aa}	16,9±0,89	76,6±1,02	79,9±1,06
Катионит 3,0	23,6±0,89 ^a	25,4±1,24 ^a	82,3±0,94 ^a	84,7±1,14 ^a

Примечание здесь и далее: * – различия с фоном достоверны при $p \leq 0,01$;

^a – различия с вариантом без использования детоксиканта достоверны при $p \leq 0,01$;

^{aa} – $p \leq 0,05$.

Интенсивность начального роста семян наиболее полно характеризует жизнеспособность растений. Поэтому за показатели толерантности растений к тяжелым металлам мы принимали длину побегов и корней проростков ярового ячменя.

Оценка морфометрических показателей развития проростков зерновых культур инкубированных на различных почвенных фонах (табл. 2) показала достоверное ($P \leq 0,01$) негативное влияние на формирование растений тяжелых металлов.

Таблица 2 – Морфометрические показатели развития проростков ярового ячменя под влиянием кадмия, свинца и их детоксикантов

Варианты опыта	Средняя длина ростка (фон – 208,5±6,2), мм		Средняя длина корня (фон – 61,7±2,6), мм	
	CdSO ₄	(CH ₃ COO) ₂ Pb	CdSO ₄	(CH ₃ COO) ₂ Pb
Без детоксиканта	171,3±5,1*	174,7±6,3*	42,6±1,5*	44,5±0,9*
Гумат Na 0,15	184,5±5,4	188,3±6,0	54,7±1,8 ^a	57,3±1,3 ^a
Гумат Na 0,3	198,3±6,7 ^a	201,9±7,1 ^a	59,9±1,9 ^a	63,9±1,6 ^a
Суперфосфат 3,75	176,5±6,3	179,6±5,6	51,9±1,1 ^a	59,4±1,4 ^a
Суперфосфат 7,5	194,1±7,1 ^a	196,5±6,5 ^a	46,4±0,9	49,8±1,0
Катионит 1,5	190,6±6,8 ^a	192,4±5,9 ^{aa}	53,5±1,2 ^a	54,8±1,3 ^a
Катионит 3,0	203,5±7,4 ^a	203,2±5,4 ^a	60,9±1,8 ^a	58,6±1,5 ^a

С помощью однофакторного дисперсионного анализа отмечено значимое ($P \leq 0,01$) отрицательное действие солей тяжелых металлов на среднюю длину ростков ярового ячменя. Отличие от фона составляет более 15%. Внесение в почву детоксикантов способствует улучшению роста побегов. Наилучший положительный эффект ($P \leq 0,01$) выявлен при использовании двойной дозы детоксикантов.

Отмечены тенденции в снижении размеров корешков ячменя в присутствии тяжелых металлов в почве (табл. 2). Наибольшая значимая ($P \leq 0,01$) депрессия роста корней выявлена под действием кадмия.

Все без исключения детоксиканты при различных условиях инкубирования растений оказали стойкое положительное действие на развитие корневой системы. В опытах с гуматом натрия и катионитом это проявляется в значимом ($P \leq 0,01$) увеличении средней длины корней. При использовании суперфосфата в концентрации 7,5 г на кг почвы наблюдается уменьшение длины корней, однако отмечено увеличение биомассы за счет их утолщения.

Анализ многомерного ранжирования (табл. 3) результатов оценки влияния детоксикантов тяжелых металлов на яровой ячмень сорта Красноярский 80 проводился по следующей совокупности показателей: энергия прорастания, лабораторная всхожесть, длина ростков и корней.

Ранжирование указанных показателей и их сравнение по соответствующему критерию рангов показали, что наименьшее токсичное действие на показатели роста и развития ярового ячменя оказали следующие условия инкубирования растений: использование на загрязненных кадмием и свинцом почвах двойной концентрации органического вещества – гумат натрия, синтетической ионообменной смолы – катионит и минерального удобрения – суперфосфат в двойной концентрации. Применение тех же мелиорантов в одинарной концентрации снижает токсическое действие тяжелых металлов, но к должному эффекту не приводит. Результаты многомерного ранжирования свидетельствуют о положительном влиянии детоксикантов на рост и развитие зерновых культур в ювенильный период развития.

Таблица 3 – Многомерное ранжирование результатов оценки влияния детоксикантов тяжелых металлов на показатели роста и развития ярового ячменя

CdSO ₄		(CH ₃ COO) ₂ Pb	
Вариант	Сумма рангов	Вариант	Сумма рангов
<i>Группа «лучших» объектов</i>			
Катионит 3,0	23,0	Гумат Na 0,3	26,0
Гумат Na 0,3	22,9	Катионит 3,0	21,0
<i>Группа «средних» объектов</i>			
Суперфосфат 7,5	21,0	Суперфосфат 7,5	19,0
Гумат Na 0,15	15,0	Гумат Na 0,15	17,0
<i>Группа «худших» объектов</i>			
Суперфосфат 3,75	12,0	Суперфосфат 3,75	11,0
Без детоксиканта	4,0	Без детоксиканта	4,0

Таким образом, установлено значимое токсичное действие кадмия и свинца на посевные качества и силу начального роста ярового ячменя. Наличие в почве детоксикантов способствует повышению лабораторной всхожести зерна ярового ячменя и увеличению морфометрических показателей развития проростков, что является свидетельством снижения фитотоксичности тяжелых металлов в почве.

Наибольшую эффективность использования при сильном загрязнении почвы тяжелыми металлами показали гумат натрия в концентрации 0,3 г и катионит 3,0 г на кг почвы.