

УДК [633.11:631.453](470.315)

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ СВИНЦА В ПРИСУТСТВИИ ГУМАТА

Т. А. Кирдей

Ивановская государственная сельскохозяйственная академия

им. Д. К. Беляева

Россия, 153012, Иваново, Советская, 45

E-mail: t.a.kirdey@mail.ru

Поступила в редакцию 14.10.13 г.

Фитотоксичность свинца в присутствии гумата. – Кирдей Т. А. – Изучено влияние гуминового препарата из торфа на устойчивость растений пшеницы (*Triticum aestivum* L.) к высоким концентрациям нитрата свинца (1 и 2 мм/л) в условиях вегетационного опыта в водной культуре. Установлено, что гуминовый препарат из торфа ускоряет рост растений пшеницы в 1.5 – 1.8 раз. Обнаружено усиление фитотоксичности нитрата свинца в присутствии гумата. При этом содержание свинца в надземных органах растений увеличивается в 4.5 – 10 раз. Свойство гуминовых препаратов усиливать накопление свинца в надземных органах растений может быть использовано для фиторемедиации загрязненных почв.

Ключевые слова: тяжелые металлы, фитотоксичность, гуматы, гуминовые препараты.

Lead phytotoxicity in the presence of humate. – Kirdey T. A. – The influence of a humic peat preparation on wheat (*Triticum aestivum* L.) adaptation to high concentrations of lead nitrate (1 and 2 mmol/L) under vegetation experiment conditions in an aquatic culture was studied. Our humic peat preparation was found to accelerate the wheat plant growth by 1.5 – 1.8 times. An increased phytotoxicity of lead nitrate in the presence of the humate was found. The lead content in the plant overground organs increases by 4.5 – 10 times. The property of our humic preparation to increase lead accumulation in the plant overground organs can be used for the phytoremediation of contaminated soils.

Key words: heavy metals, phytotoxicity, humates, humic preparations.

Техногенное загрязнение окружающей среды нарушает сбалансированное, устойчивое существование экосистем, является мощным фактором разрушения биосферы. Тяжелые металлы образуют группу наиболее опасных загрязнителей. В результате антропогенной эмиссии металлов их концентрации в промышленных районах превышают фоновые в десятки раз, а около мощных источников выбросов могут увеличиваться в сотни и тысячи раз. Свинец – распространенный токсикант, содержание которого в верхних горизонтах почв может изменяться от 3 до 189 мг/кг, а средние значения по различным типам почв составляют 10 – 67 мг/кг (Кабата-Пендиас, Пендиас, 1989).

Тяжелые металлы в повышенных концентрациях оказывают многостороннее влияние на обмен веществ и рост растений. Выяснение механизмов устойчивости растений к тяжелым металлам имеет приоритетное значение в изучении устойчивости экосистем. В настоящее время накоплен большой фактический материал по способности растений аккумулировать тяжелые металлы (Ильин, 1991; Серегин, Иванов, 2001 и др.). Исследования влияния гуминовых препаратов на фитотоксич-

ность тяжелых металлов единичны (Семенов, 2009; Будаева и др., 2005). В то же время хорошо известна протекторная функция гуминовых веществ – гуматы необратимо связывают тяжелые металлы и радионуклиды, образуя нерастворимые малоподвижные комплексы (Христева, 1977). Гуминовые вещества образуются в процессе гумификации – разложении растительных и животных остатков под действием микроорганизмов и абиотических факторов – и представляют собой сложную смесь макромолекул переменного состава и нерегулярного строения (Орлов, 1990; Перминова, 2008). Гуминовые кислоты плохо растворимы в воде и непосредственно в почве, торфе находятся в малоактивной форме. Физиологической активностью обладают водорастворимые соли гуминовых кислот – гуматы, которые получают при производстве гуминовых препаратов из торфа, сапропеля, бурого угля. Использование различных гуминовых препаратов может стать одним из способов восстановления нарушенных экосистем, снижения токсичности тяжелых металлов для живых организмов.

Цель работы – выяснить влияние гуминового препарата из торфа на процессы поглощения и накопления свинца растениями пшеницы.

Известно, что пшеница относится к растениям-исключателям токсичных ионов, т.е. корневая система эффективно регулирует их накопление в надземной части растений. Исследование влияния гуминового препарата из торфа (Способ получения, 2007) на устойчивость растений пшеницы *Triticum aestivum* L. (сорт Приокская) к высоким концентрациям нитрата свинца проводили в условиях вегетационного опыта в водной культуре в камере искусственного климата. Растения выращивали на питательной смеси Хогланда (Hoagland, Arnon, 1950). В опытных вариантах в питательную смесь добавляли нитрат свинца в концентрациях 1 и 2 мМ/л, гуминовый препарат – в концентрации 0.005% в соответствии со схемой опыта. Концентрация гуминового препарата выбрана как наиболее физиологически эффективная по результатам ранее проведенных экспериментов. Использовали очень высокие концентрации нитрата свинца (также установлены по результатам предварительных экспериментов) с целью изучения процессов устойчивости растений пшеницы в длительном эксперименте. Смену раствора осуществляли каждые 7 – 14 дней. Температуру поддерживали 20 – 22°C, pH раствора – 5.3 – 5.6. Световой период составлял 16 часов. Повторность в опыте – трехкратная. В процессе выращивания растений отмечали фенологические фазы, признаки повреждения растений, определяли сырую и сухую массу корней и надземной части растений, площадь листьев, содержание свинца в растениях. Степень устойчивости определяли по отношению сухих масс надземных органов растений на опытном и контрольном вариантах (Удовенко, 1977). Известно, что одним из эффективных механизмов устойчивости растений к избытку токсичных ионов на организменном уровне является их аккумуляция корневой системой, а также нижними листьями, стеблем. Коэффициент регуляции накопления токсичного иона растениями рассчитывали как отношение содержания иона в корнях (нижних листьях) к общему содержанию иона в надземных органах. Предложенный показатель отражает степень регуляции отдельными органами растения процесса накопления токсичного иона.

ФИТОТОКСИЧНОСТЬ СВИНЦА В ПРИСУТСТВИИ ГУМАТА

В результате исследований установлено, что гуминовый препарат из торфа ускоряет рост растений пшеницы, особенно в ранние фазы развития – масса растений превышает массу контрольных растений в 1.5 – 1.8 раз. Устойчивость растений к нитрату свинца снижается с увеличением концентрации соли и повышается в процессе развития растений (таблица).

Влияние гуминового препарата на устойчивость пшеницы
к высоким концентрациям свинца

Варианты	Устойчивость растений в различные фазы развития, %		
	Кущение	Выход в трубку	Колошение
Гуминовый препарат (ГП)	156	184	115
Нитрат свинца 1мМ/л	80	84	90
Нитрат свинца 1мМ/л + ГП	68	102	108
Нитрат свинца 2мМ/л	40	31	65
Нитрат свинца 2мМ/л + ГП	8	24	25

Гуминовый препарат усиливает токсическое действие нитрата свинца, используемого в концентрации 2 мМ/л в течение всего эксперимента. Фитотоксичность нитрата свинца в концентрации 1 мМ/л проявляется только на ранних фазах развития растений, при этом гуминовый препарат усиливает токсичность свинца только в фазу кущения.

Устойчивость растений к высоким концентрациям свинца коррелирует с накоплением токсичного иона надземными органами растений пшеницы. Обнаружено значительное увеличение (в 4.5 – 10 раз) содержания свинца в надземных органах растений при наличии гумата в корнеобитаемой среде (рис. 1). Регулирующая функция корней и нижних листьев растений существенно снижается при использовании гуминового препарата (рис. 2), что приводит к накоплению свинца в надземных органах растений.

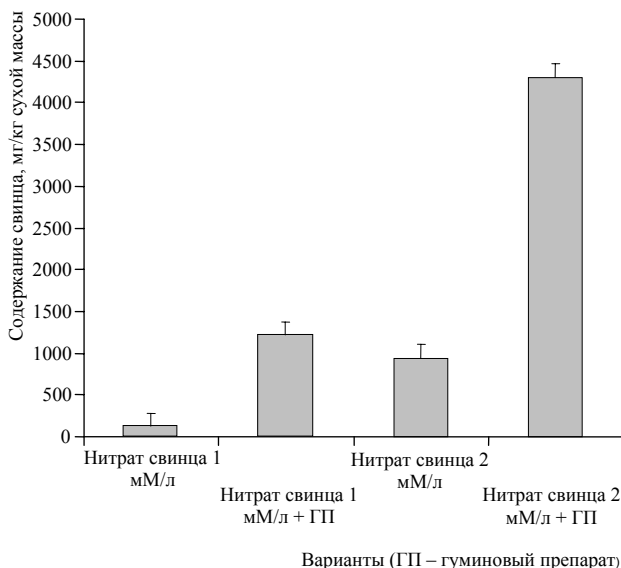


Рис. 1. Влияние гумата на накопление свинца в надземных органах пшеницы (выход в трубку) (бары на диаграмме показывают значение НСП₀₅)

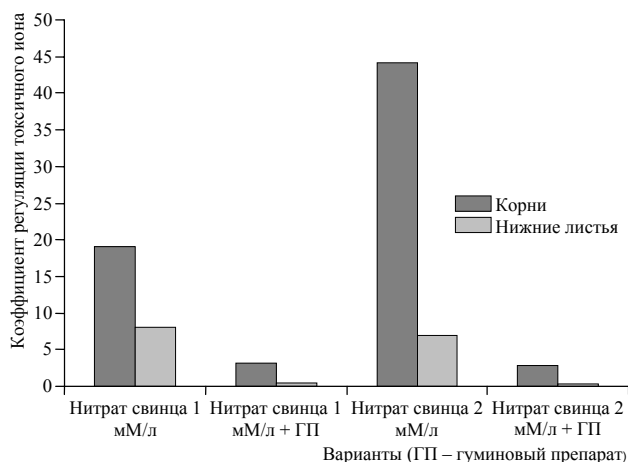


Рис. 2. Регуляция накопления свинца корнями и нижними листьями растений пшеницы (колошение)

Этот эффект зависит от концентрации тяжелых металлов в среде и должен учитываться при изучении и разработке способов фиторемедиации загрязненных почв.

Таким образом, впервые обнаружен эффект усиления фитотоксичности очень высоких концентраций нитрата свинца в присутствии гумата. При используемых в эксперименте концентрациях нитрата свинца в среде гуминовые вещества способствовали интенсивному накоплению свинца в надземных органах растений пшеницы, которая относится к растениям-исключателям по типу накопления токсичных ионов. Очевидно, что обнаруженный эффект зависит от концентрации тяжелых металлов в среде и должен учитываться при изучении и разработке способов фиторемедиации загрязненных почв.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Будаева А. Д., Золотов Е. В., Бодоев Н. В., Бальбузова Т. А. Сорбция ионов тяжелых металлов гуматами аммония, натрия, калия // *Фундаментальные исследования*. 2005. № 9. С. 112 – 113.
- Ильин В. Б. Тяжелые металлы в системе почва-растение. Новосибирск : Наука. Сиб. отделение, 1991. 152 с.
- Кабата-Пендиас А., Пендиас Х. Микроэлементы в почвах и растениях. М. : Мир, 1989. 439 с.
- Способ получения жидких торфяных гуматов : патент № 2310633 РФ, МПК C05F11/02, C10F7/00 / Калинин Ю. А., Вашурина И. Ю., Кирдей Т. А. ; заявитель и патентообладатель ООО Научно-производственная фирма «Недра». № 2006120883/04 ; заявл. 15.06.2006 ; опубл. 20.11.2007. Бюл. № 32. 4 с.
- Орлов Д. С. Гумусовые кислоты почв и общая теория гумификации. М. : Изд-во МГУ, 1990. 325 с.
- Перминова И. В. Гуминовые вещества – вызов химикам XXI века // *Химия и жизнь*. 2008. № 1. С. 50 – 55.
- Семенов А. А. Влияние гуминовых кислот на устойчивость растений и микроорганизмов к воздействию тяжелых металлов : автореф. дис. ... канд. биол. наук. М., 2009. 25 с.
- Серегин И. В., Иванов В. Б. Физиологические аспекты токсического действия кадмия и свинца на высшие растения // *Физиология растений*. 2001. Т. 48, № 4. С. 606 – 630.
- Удовенко Г. В. Солеустойчивость культурных растений. Л. : Колос, 1977. 215 с.
- Христева Л. А. К природе действия физиологически активных гумусовых веществ на растения в экстремальных условиях // *Гуминовые удобрения : теория и практика их применения* / Днепропетр. с.-х. ин-т. Днепропетровск, 1977. Т. 6. С. 3 – 15.
- Hoagland D. R., Arnon D. E. The water culture method for growing plants without soil // *Agricultural Experiment Station / University of California. Berkeley*, 1950. № 347. 32 p.