

Количество бобов и масса семян с одного растения

Вариант	2009 г.		2010 г.		2011 г.		Среднее за 3 года	
	кол-во бобов, шт.	масса семян, г	кол-во бобов, шт.	масса семян, г	кол-во бобов, шт.	масса семян, г	кол-во бобов, шт.	масса семян, г
Контроль	66,3	22,9	54,5	25,1	27,8	7,8	49,5	18,6
Биогумус	57,0	22,5	58,3	29,4	22,0	7,0	45,7	19,6
Разница с контр.	-9,3	-0,4	+3,8	+4,3	-5,8	-0,8	-3,8	+1
НСР ₀₅	12,4	2,3	14,6	5,8	9,3	2,1	12,1	3,4

Библиографический список

1. Роде А.А. и др. Толковый словарь по почвоведению. – М., 1975. – 286 с.
 2. Игонин А.И. Черви – гумус – урожай // Достижения науки и техники АПК. – 2004. – № 4. – С. 2-3.
 3. Низкий С.Е., Сергеева А.А., Барышева Н.Д. Применение вермикомпоста при выращивании сладкого перца в условиях южной зоны Амурской области // Аграр-

ный вестник Урала. – 2011. – № 2 (81). – С. 50-52.
 4. Тихончук П.В., Оборская Ю.В. Соя: морфология, биология, технология возделывания. – Благовещенск: Изд-во ДальГАУ, 2010. – 131 с.
 5. Костенков Н.М. и др. Почвы ландшафтов Приморья. – Владивосток: Изд-во Дальневосточного федерального университета, 2011. – 112 с.



УДК 631.6.02

А.В. Тиньгаев

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ТЯЖЁЛЫХ МЕТАЛЛОВ В ПОЧВЕ И КОРМАХ ПРИ ОРОШЕНИИ СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Ключевые слова: тяжелые металлы, прогноз, сточные воды.

Введение

В настоящее время одним из значительных источников загрязнения природной среды и, в частности, поверхностных вод являются сточные воды. В России объём сточных вод достиг 47718 млн м³ [1]. Особое место среди сточных вод занимают городские сточные воды, отличающиеся как большим разнообразием загрязняющих ингредиентов, так и значительным варьированием химического состава.

Экономически целесообразно и экологически оправдано использование сточных вод после приведения к нормам ПДС на орошение, так как помимо экономии природных вод происходит почвенная доочистка сточных вод, прекращается их сброс в поверхностные водоисточники, обеспечивается утилизация питательных веществ, содержащихся в сточных водах, уменьшается антропогенная нагрузка в целом на природную среду.

В связи с особенностями химического состава городских сточных вод, использова-

ние их на орошение, наряду с повышением плодородия почвы, урожайности кормовых культур, может вызвать накопление в почве и увеличение в кормовых культурах тяжелых металлов.

Цель исследований – экологически безопасное орошение городскими сточными водами.

Для реализации цели были поставлены следующие **задачи**:

- выявить закономерности влияния орошения городскими сточными водами на содержание тяжелых металлов в почве и на их накопление в растительной продукции;
- выполнить прогноз влияния орошения сточными водами г. Рубцовска на содержание тяжелых металлов в почве Рубцовского района и на их накопление в кормах.

Объекты и методы

Для выявления влияния городских сточных вод на содержание тяжелых металлов в почве и сельскохозяйственной продукции были использованы материалы исследований ФГУП АФ НИИССВ «Прогресс», проводимые на староорошаемых землях Рубцовского района.

Опытно-экспериментальный участок представлен лугово-черноземными почвами, маломощными (гумусовый горизонт 29 см), слабогумусированными (содержание гумуса менее 2,8%), среднесуглинистыми. Лугово-черноземные почвы обладают благоприятными водно-физическими свойствами. Плотность сложения пахотного горизонта 1,18 г/см³, подпахотного – 1,29 г/см³. По оценке Н.А. Качинского почвы не уплотнены и удовлетворяют требованиям для возделывания сельскохозяйственных культур. Наименьшая влагоемкость (НВ) метрового слоя почвы – 22%. На участке выращивались кормовые культуры: яровая пшеница, люцерна и кукуруза. Поливы на опытном участке проводили очищенными сточными водами г. Рубцовска минерализацией не более 0,7 г/л. Химический состав сточных вод, используемых для поливов, хорошего качества ($SAR^*_{\text{уточненное}} = 3,72$) с маловероятной степенью засоления и осолонцевания почв. Содержание многих тяжелых металлов в сточных водах за годы исследований были ниже уровней ПДК для хозяйственного питьевого водопользования.

Для решения поставленных задач использован регрессионный анализ пакета Statistica. Проверка адекватности регрессионных зависимостей осуществлялась средствами пакета Statistica.

Результаты и их обсуждение

По результатам многолетних исследований были получены следующие регрессионные уравнения, которые можно использовать для прогнозирования концентраций тяжёлых металлов в почве при поливе сточными водами, годовой оросительной нормой 3000 м³/га (табл. 1).

Величина достоверности аппроксимации (R^2) для свинца 0,97, по остальным тяжёлым металлам – 0,99.

С использованием полученных уравнений регрессии составлен оценочный прогноз загрязнения почв тяжёлыми металлами при орошении городскими сточными водами годовой оросительной нормой 3000 м³/га (табл. 2).

Из результатов прогноза следует, что концентрация тяжёлых металлов в почве за 30-летний период увеличивается в несколько раз, но не превышает значений ПДК.

Таблица 1

Функциональные зависимости содержания тяжёлых металлов (ТМ) в почве при орошении городскими сточными водами, мг/кг

Наименование ТМ	Регрессионное уравнение	Обозначения
Медь	$Z = -104,6241 + e^{4,6489 + 0,0209 \cdot X + 0,0099 \cdot Y}$	Z-концентрация меди в почве после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация меди в очищенной сточной воде в интервале 0,029-0,12 мг/кг; Y-концентрация меди в почве до орошения, мг/кг
Цинк	$Z = -302,6767 + e^{5,7127 + 0,006 \cdot X + 0,0034 \cdot Y}$	Z-концентрация цинка в почве после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация цинка в очищенной сточной воде в интервале 0,003-0,5 мг/кг; Y-концентрация цинка в почве до орошения, мг/кг
Кобальт	$Z = -3,2093 + e^{1,1815 + 0,2765 \cdot X + 0,258 \cdot Y}$	Z-концентрация кобальта в почве после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация кобальта в очищенной сточной воде в интервале 0,0012-0,028 мг/кг; Y-концентрация кобальта в почве до орошения, мг/кг
Кадмий	$Z = -0,9898 + e^{0,0951 + 1,9038 \cdot X + 0,6 \cdot Y}$	Z-концентрация кадмия в почве после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация кадмия в очищенной сточной воде в интервале 0,0008-0,007 мг/кг; Y-концентрация кадмия в почве до орошения, мг/кг
Свинец	$Z = -41,9671 + e^{3,7406 + 0,0177 \cdot X + 0,0218 \cdot Y}$	Z-концентрация свинца в почве после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация свинца в очищенной сточной воде в интервале 0,02-0,296 мг/кг; Y-концентрация свинца в почве до орошения, мг/кг

Таблица 2

Содержание тяжёлых металлов в почве при орошении городскими сточными водами, мг/кг

Элемент	Год орошения					ПДК [2]	Баланс ТМ за 30 лет орошения, расчётный	
	3	6	9	12	15			
Медь	3,39	3,59	3,81	4,04	4,29	55		
Цинк	6,03	7,00	8,03	9,11	10,27	100		
Кобальт	0,844	0,859	0,874	0,890	0,907	5		
Кадмий	0,455	0,459	0,462	0,465	0,468	2		
Свинец	6,07	6,14	6,22	6,30	6,38	30		
Элемент	Год орошения							
	18	21	24	27	30			
Медь	4,56	4,86	5,17	5,52	5,90	55		5,9634
Цинк	11,50	12,82	14,23	15,76	17,42	100		18,5913
Кобальт	0,925	0,945	0,966	0,989	1,013	5		1,3129
Кадмий	0,470	0,472	0,474	0,475	0,477	2	0,4963	
Свинец	6,47	6,56	6,66	6,77	6,88	30	7,0480	

При орошении сточными водами важно оценить их влияние на качество сельскохозяйственной продукции, в части содержания тяжёлых металлов в зелёной массе кормовых культур. Для этой оценки, по результатам проведённых ФГУП АФ НИИССВ «Прогресс» исследований, была выполнена статистическая обработка данных и построены

следующие функции регрессии для прогноза содержания тяжёлых металлов в кукурузе при годовой оросительной норме 3000 м³/га с 3-годовым шагом изменений концентраций (табл. 3).

Величина достоверности аппроксимации (R²) для меди 0,95, по остальным тяжёлым металлам – 0,99.

Таблица 3

Функциональные зависимости содержания тяжёлых металлов (ТМ) в зелёной массе кукурузы при орошении городскими сточными водами, мг/кг

Наименование ТМ	Регрессионное уравнение	Обозначения
Медь	$Z = -2,1707 + e^{0,7814+0,0011 \cdot X + 0,0001 \cdot Y}$	Z-концентрация меди в зелёной массе кукурузы после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация меди в очищенной сточной воде в интервале 0,029-0,12 мг/кг; Y-концентрация меди в почве до орошения, мг/кг
Цинк	$Z = -4,3441 + e^{1,4665 + 0,0119 \cdot X + 0,006 \cdot Y}$	Z-концентрация цинка в зелёной массе кукурузы после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация цинка в очищенной сточной воде в интервале 0,003-0,5 мг/кг; Y-концентрация цинка в почве до орошения, мг/кг
Кобальт	$Z = -2,7262 + e^{1,0046 + 0,0005 \cdot X + 0,0006 \cdot Y}$	Z-концентрация кобальта в зелёной массе кукурузы после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация кобальта в очищенной сточной воде в интервале 0,012-0,028 мг/кг; Y-концентрация кобальта в почве до орошения, мг/кг
Кадмий	$Z = -1,8107 + e^{0,5935+0,0015 \cdot X + 0,0012 \cdot Y}$	Z-концентрация кадмия в зелёной массе кукурузы после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация кадмия в очищенной сточной воде в интервале 0,0008-0,007 мг/кг; Y-концентрация кадмия в почве до орошения, мг/кг
Свинец	$Z = -4,0475 + e^{1,3147 + 0,0381 \cdot X + 0,0161 \cdot Y}$	Z-концентрация свинца в зелёной массе кукурузы после 3 лет орошения, мг/кг; X-концентрация свинца в очищенной сточной воде в интервале 0,02-0,296 мг/кг; Y-концентрация свинца в почве до орошения, мг/кг

Содержание тяжёлых металлов в сухой зелёной массе кукурузы после 30 лет орошения, мг/кг

Элемент	Концентрация	МДУ [3]
Медь	0,0152	30
Цинк	0,442	50
Кобальт	0,0063	1
Кадмий	0,00065	0,3
Свинец	0,110	5

С использованием полученных уравнений составлен оценочный прогноз содержания тяжёлых металлов в зелёной массе при оросительной норме 3000 м³/га (табл. 4).

Из данных таблицы 4 следует, что за 30-летний период концентрация тяжёлых металлов увеличится, но не превысит максимально допустимый уровень содержания в кормах для сельскохозяйственных животных.

Таким образом, орошение сточными водами годовой оросительной нормой 3000 м³/га в течение значительного периода времени не окажет существенного влияния на ухудшение качества кормовых культур.

Заключение

Оценочные прогнозы по регрессионным уравнениям показали, что при орошении сточными водами нормой 3000 м³/га в год в течение 30 лет наблюдается некоторое накопление токсичных солей и тяжёлых металлов в почве. Однако их значения не

превысят допустимого уровня. При орошении очищенными городскими сточными водами кукурузы на корм накопление в ней тяжёлых металлов не превысит порога токсичности за весь прогнозируемый период.

Библиографический список

1. Государственный доклад «О состоянии и использовании водных ресурсов Российской Федерации в 2009 году». – М.: НИА-Природа, 2010.
2. ГН 2.1.7.2511-09. Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) химических веществ в почве. Гигиенические нормативы.
3. СанПиН 2.1.7.573-96. 2.1.7. Почва. Очистка населенных мест. Бытовые и промышленные отходы. Санитарная охрана почвы. Гигиенические требования к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения. Санитарные правила и нормы.

