

## ПРИМЕНЕНИЕ ФИТОТЕСТИРОВАНИЯ ПРИ ОЦЕНКЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ КАДМИЕМ

Коротченко И.С., Тюлюш Т.С.

*ФГБОУ ВО «Красноярский государственный аграрный университет»,  
Красноярск, e-mail: bio\_eco@krasnou.ru*

В лабораторно-вегетационном эксперименте изучено отрицательное воздействие кадмия при разных концентрациях в почве на посевные качества семян и морфометрические параметры проростков горчицы сорта Семеновская. Наиболее негативное влияние на состояние семян и растений оказал кадмий в дозе 3 ПДК. Так, длина побега растений горчицы уменьшилась ( $P \leq 0,01$ ) на 37,42%, а длина корня – 38,97% по сравнению с контролем. В результате проведения регрессионного анализа выявлена отрицательная зависимость между посевными качествами семян, морфометрическими параметрами проростков горчицы и концентрацией кадмия в почве. Предложена формула для расчета индекса интегральной фитотоксичности, включающая значения морфометрических параметров проростков горчицы. Выявили, что индекс интегральной фитотоксичности тесно коррелирует с концентрацией тяжелого металла (кадмия). Таким образом, индекс интегральной фитотоксичности возможно применять при оценке воздействия токсикантов на растения.

**Ключевые слова:** кадмий, тяжелые металлы, биотестирование, индекс интегральной фитотоксичности

## APPLICATION OF PHYTOTESTING AT THE ASSESSMENT OF POLLUTION OF SOILS CADMIUM

Korotchenko I.S., Tyulyush T.S.

*Krasnoyarsk state agrarian university, Krasnoyarsk, e-mail: bio\_eco@krasnou.ru*

In a laboratory-vegetation experiment negative influence of cadmium at different concentration in the soil on sowing qualities of seeds and morphometric parameters of sprouts of mustard of a grade is studied Semenovskaya. The most negative influence on a condition of seeds and plants was rendered by cadmium in a dose of 3 maximum concentration limits. So, length of escape of plants of mustard decreased ( $P \leq 0,01$ ) by 37,42%, and root length – 38,97% in comparison with control. As a result of carrying out the regression analysis negative dependence between sowing qualities of seeds, morphometric parameters of sprouts of mustard and concentration of cadmium in the soil is revealed. The formula for calculation of an index of integrated phytotoxicity including values of morphometric parameters of sprouts of mustard is offered. Revealed that the index of integrated phytotoxicity closely correlates with concentration of heavy metal (cadmium). Thus, it is possible to apply an index of integrated phytotoxicity at an assessment of impact of toksikant on plants.

**Keywords:** cadmium, heavy metals, biological testing, the integrated index of phytotoxicity

Агрэкосистемы лесостепной зоны Красноярского края, на которые приходится 70,2% пахотных земель региона, испытывают значительную антропогенную нагрузку, в связи с тем, что выбросы в окружающую среду промышленными предприятиями, ТЭЦ и автотранспортом поллютантов, особенно тяжелых металлов, в последние десятилетия остаются стабильно высокими. Один из способов, позволяющих оценить негативное воздействие тяжелых металлов на агроэкосистемы, является фитотестирование [3].

В лабораторно-вегетационном эксперименте изучалось влияние на жизнеспособность тест-растения загрязнения почвы кадмием в дозах от 1 до 3 ПДК. Варианты модельного загрязнения: 0 – Контроль; I (1 ПДК Cd); II (2 ПДК Cd); III (3 ПДК Cd). Расчет концентраций тяжелого металла произведен согласно данным ПДК, приведенных гигиеническими нормативами [1]. Растения выращивались в сосудах емкостью 300 г. Кадмий вносился в виде хорошо растворимой соли  $CdSO_4 \cdot 3H_2O$ . Произво-

дили посев горчицы сорта Семеновская по 30 шт. в емкость, повторность опыта 4-кратная. Токсичность кадмия в каждом варианте оценивали по энергии прорастания на 3-е сутки; по всхожести семян – 6 суток [2], длине побега и корня проростков на 14-е сутки.

Статистическую обработку результатов проводили с использованием программ Microsoft Excel, SNEDECOR.

Оценивая посевные качества можно отметить негативное влияние ионов кадмия на всхожесть и энергию прорастания семян горчицы (табл. 1). Наибольшее отрицательное влияние оказал кадмий в концентрации 3 ПДК, в этом случае энергия прорастания уменьшилась ( $P \leq 0,01$ ) на 23,3%, а всхожесть – 7,66% по сравнению с контролем. Так же, негативное влияние оказал кадмий в концентрации 2 ПДК, энергия прорастания уменьшилась ( $P \leq 0,01$ ) на 18,48%, а всхожесть – 4,96% по сравнению с контролем и даже в концентрации 1 ПДК кадмий оказывал негативное воздействие, при

этом энергия прорастания уменьшилась ( $P \leq 0,05$ ) на 12,2%, всхожесть – 1,68%.

В результате проведения регрессионного анализа установлена отрицательная зависимость ( $R^2 = 0,9521$ ) между энергией прорастания семян горчицы сорта Семеновская от концентрации кадмия в почве (рис. 1)

Также установлена отрицательная зависимость ( $R^2 = 0,9857$ ) между всхожестью семян горчицы сорта Семеновская от концентрации кадмия в почве.

Оценивая морфометрические показатели можно отметить негативное влияние ионов кадмия на длину побега и длину кор-

ня горчицы (табл. 2). Наибольшее отрицательное влияние оказал кадмий в концентрации 3 ПДК, в этом случае длина побега уменьшилась ( $P \leq 0,01$ ) на 37,42%, а длина корня – 38,97% по сравнению с контролем. Так же, негативное влияние оказал кадмий в концентрации 2 ПДК, длина побега уменьшилась ( $P \leq 0,05$ ) на 9,84%, а длина корня – 10,17% по сравнению с контролем. При концентрации 1 ПДК кадмий оказал стимулирующее воздействие на длину побега ( $P \leq 0,01$ ) на 13,7%, а длина корня уменьшилась на 11,54% по сравнению с контролем.

Таблица 1

Влияние кадмия на посевные качества семян горчицы

Вариант опыта	Посевные качества	
	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
Контроль (0)	66,18 ± 4,552	81,55 ± 0,318
1 ПДК	58,10 ± 0,667*	80,18 ± 0,554
2ПДК	53,95 ± 0,701**	77,50 ± 0,535**
3 ПДК	50,75 ± 0,507**	75,30 ± 1,004**
НСР (5%) – *	7,21	2,01
НСР (1%) – **	10,11	2,82

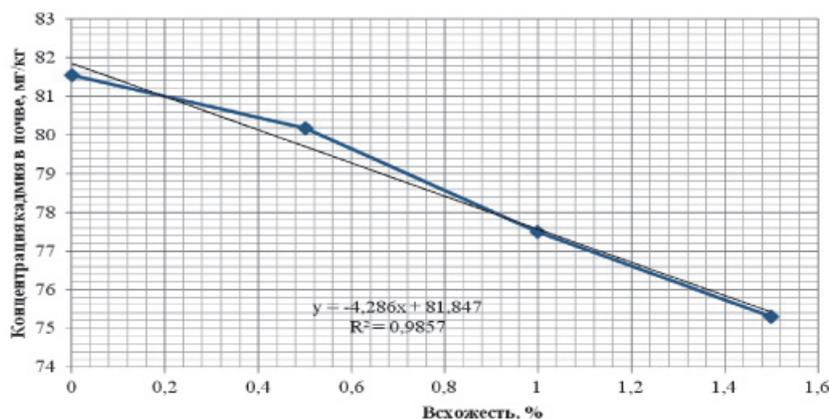
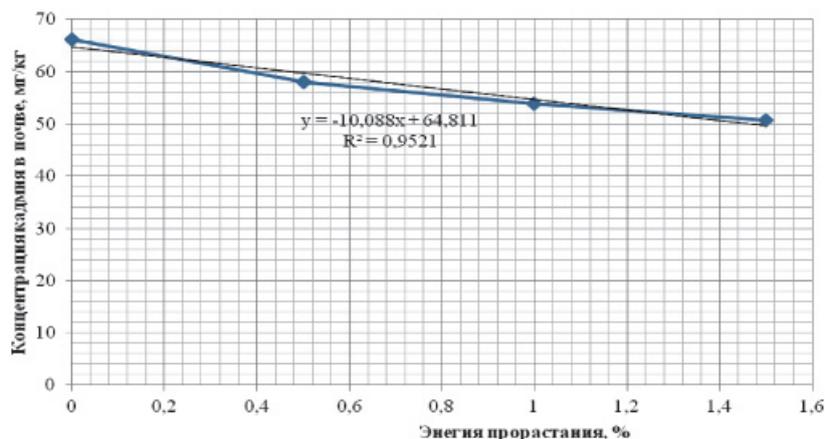


Рис. 1. Регрессионная зависимость посевных качеств семян горчицы сорта Семеновская от концентрации кадмия в почве

Таблица 2

Влияние кадмия на длину побега и корня проростков горчицы белой

Вариант опыта	Длина побега, см	Длина корня, см
Контроль (0)	4,043 ± 0,096	6,240 ± 0,245
1 ПДК	4,662 ± 0,131**	5,520 ± 0,231*
2ПДК	3,645 ± 0,095*	5,605 ± 0,245
3ПДК	2,530 ± 0,111**	3,808 ± 0,210**
НСР (5%) – *	0,30	0,65
НСР (1%) – **	0,40	0,85

В результате проведения регрессионного анализа выявлена отрицательная зависимость ( $R^2 = 0,639$ ) между длиной побега горчицы сорта Семеновская и концентрацией кадмия в почве, а также отрицательная зависимость ( $R^2 = 0,7998$ ) между длиной корня горчицы сорта Семеновская от концентрации кадмия в почве.

В результате фитотестирования были отмечены однозначные изменения длины проростков и корней как тест-реакции высших растений. Для получения еще более сопоставимых результатов нами был предложен индекс фитотоксичности (ИФ), рассчитываемый по формуле:

$$\text{ИФ} = \lg \left\{ \frac{(L_p + L_k)_{\text{опыт}}}{(L_p + L_k)_{\text{контр}}} \right\},$$

где  $L_p$  – длина побега;  $L_k$  – длина корня.

Результаты расчета индекса интегральной фитотоксичности представлены в табл. 3.

Таблица 3

Индекс интегральной фитотоксичности при биотестировании почв

Вариант опыта	ИФ
1 ПДК	0,408
2 ПДК	0,049
3 ПДК	0,235

Комплексный индекс (ИФ) (на рисунке обозначен под цифрой 2), как видно по результатам, для культуры горчицы наиболее тесно ( $R^2 = 0,79$ ,  $P \leq 0,05$ ) коррелирует с концентрацией тяжелого металла (Cd) (1) (рис. 2).

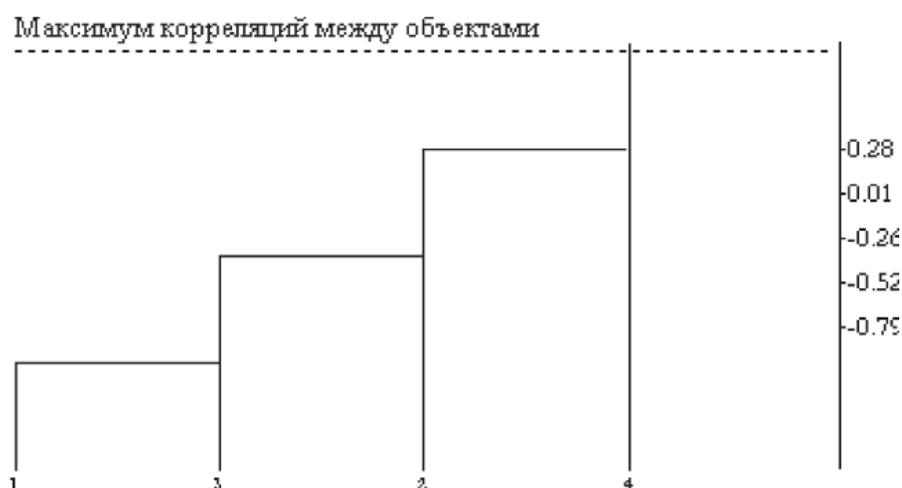


Рис. 2. Кластеризация по максимуму коэффициента корреляции между признаками: 1 – концентрация кадмия в почве; 2 – ИФ; 3 – длина корня тест-растения; 4 – длина побега тест-растения

### Выводы

Таким образом, в результате исследования выявили отрицательное влияние кадмия в разных концентрациях на посевные качества семян и морфометрические параметры проростков горчицы с помощью метода фитотестирования. Наиболее негативное влияние оказал кадмий в концентрации 3 ПДК, в этом случае, энергия прорастания уменьшилась ( $P \leq 0,01$ ) на 23,3%, а всхожесть – 7,66% по сравнению с контролем. Так же при внесении в почву кадмия в дозе 3 ПДК, длина побега уменьшилась ( $P \leq 0,01$ ) на 37,42%, а длина корня – 38,97% по сравнению с контролем.

Наибольшее число корреляционных связей образуется между всхожестью семян горчицы и концентрацией кадмия в почве. Так, всхожесть семян снижается при

увеличении концентрации кадмия в почве. Повышенная концентрация кадмия в почве приводит к уменьшению длины побега и корней проростков горчицы.

Предложенный индекс интегральной фитотоксичности позволяет представлять воздействия загрязненных почв на тест-реакции высших растений более объективно.

### Список литературы

1. Гигиенические нормативы 2.1.7.2041-06. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в почве. – Введ. 01.04.2006. – М.: Изд-во стандартов, 2006. – 11 с.
2. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – Введ. 1986-01-07. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 29 с.
3. Коротченко И.С. Детоксикация тяжелых металлов (Pb, Cd, Cu) в системе «почва-растение» в лесостепной зоне Красноярского края / И.С. Коротченко, Н.Н. Кириенко; Краснояр. гос. аграр. ун-т. – Красноярск, 2012. – 250 с.