

Я.А. Погромская, В.А. Зуза, С.Г. Зуза

## **ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТА СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА (II) НА УРОЖАЙ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ДОНБАССА**

почва, сульфат железа, микроэлементы, мелиорант, вермикомпост

### **Введение**

Ухудшение экологической обстановки на Земле в целом и во многих промышленных странах во второй половине XX века привело к пересмотру экологических концепций охраны природы, поиску новых эффективных методов оценки загрязнения среды и состояния биоты на всех уровнях ее организации, разработке новых экологических нормативов допустимых антропогенных нагрузок на природные экосистемы.

Растительность является важнейшим компонентом биогеоценоза, обеспечивающим жизнедеятельность других биотических компонентов. Изменения растительности под действием различных факторов внешней среды влияют на состояние биогеоценоза в целом и, вследствие этого, могут использоваться в качестве диагностических признаков. В связи с особенностями метаболизма, в частности, наличия высокочувствительного фотосинтетического аппарата, растения больше используются для диагностики загрязнения атмосферного воздуха, однако их также можно использовать и для диагностики загрязнения почв.

Территория Донецкой области составляет 4,4 % территории Украины (26500 км<sup>2</sup>). Здесь сосредоточено 1/5 промышленного потенциала страны. Большая концентрация промышленности, развитая транспортная инфраструктура, высокая плотность населения создали самую интенсивную нагрузку на природную среду в Украине и в Европе. В структуре промышленного производства 78 % приходится на экологически неблагоприятные сферы: металлургию 42 %, горнодобывающие отрасли 16 %, производство электроэнергии 11%, химическое, нефтехимическое и коксохимическое производство 9 %. Комплексное загрязнение почв в таких условиях, его динамический характер и изменение почвенных свойств вызывают необходимость принципиально нового мелиоративного решения.

Известна роль почвенного железа в связывании металлов и металлоидов [1–3]. Активность соединений железа в сорбции тяжелых металлов дает возможность применения их при искусственной дезактивации поллютантов. Для снижения транслокационного переноса загрязнителей использование сульфатов железа в отдельных случаях имеет преимущества над распространенным мелиорантом известью, в частности в силу их эффективности на нейтральных и щелочных почвах. Сульфаты железа эффективны при связывании тех металлов, на которые действие извести не распространяется (Cr, V, Mo, Se, Cd). В мировой практике известны патенты по использованию отходов соединений железа в качестве мелиорантов физических свойств почв [4, 9–10]. Но при явной перспективе использования солей железа в качестве полифункционального мелиоранта весомых исследований по применению их на черноземных почвах недостаточно.

### **Цель и задачи**

Цель работы – выявить мелиоративные эффекты сульфата железа двухвалентного на урожай ячменя на черноземе обыкновенном промышленно загрязненной территории Донбасса.

Были поставлены задачи: исследовать его мелиоративное влияние без внесения удобрений и на фоне использования вермикомпоста, установить влияние мелиоранта на содержание металлов в надземной части ячменя.

### **Объект и методика исследования**

Полевой опыт был заложен на территории Константиновского сельскохозяйственного техникума, поля которого входят в территорию города с юго-востока и имеют значительный уровень техногенного загрязнения. Источниками экологического загрязнения являются антропогенная нагрузка и промышленные предприятия города Константиновка, в частности заводы Укрцинк,

Укрстекло. В непосредственной близости расположен завод железобетонных конструкций. Исследуемый участок находится в направлении преобладающих ветров. Химический анализ почвы показал превышение фонового содержания подвижных форм Zn, Pb, Cd, Cu, высокое содержание Cr и Fe и низкую подвижность Mn.

Схема опыта рендомизированная в пятикратной повторности, включает 5 вариантов доз мелиоранта без внесения удобрений и на фоне применения вермикомпоста 2000 кг/га (содержание органических веществ 30 %; pH 7,1; N 0,5 %; P 0,8 %; K 1,5 %; влажность 14 %). Мелиорант  $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  внесен в почву за два года до проведения опыта, вермикомпост – перед предпосевной культивацией. Культура – ячмень яровой сорта Прерия. Почва – чернозем обыкновенный тяжелосуглинистый, pH 6,9 [6]. Анализ растительных образцов и образцов почвы соответствует Госстандарту [4, 7–8], железо в почве определялось по Тамму [5-7].

Отсутствие промерзания почвы, большое количество зимних запасов влаги, средняя температура воздуха в мае–июле – 16 – 18 °С (оптимум 20–22 °С) при проведении опыта определяют низкий урожай ячменя.

### Результаты исследований и их обсуждение

Вермикомпост при отсутствии мелиоранта на урожай ячменя в условиях опыта не влияет (9,60 ц/га против 9,54 ц/га в контроле). Внесение сульфата железа (II) в дозах 300 кг/га и 600 кг/га дает положительный эффект (табл.). Высокие нормы применения мелиоранта (1200 кг/га и 2400 кг/га) без внесения вермикомпоста приводят к существенному снижению урожайности (6,85 ц/га и 6,05 ц/га, соответственно). Органическое удобрение на фоне мелиоранта 1200 кг/га способствует повышению урожая ячменя (11,51 ц/га против 9,60 ц/га в контроле). То есть, внесение вермикомпоста позволяет применять более высокие дозы мелиоранта (до 1200 кг/га), при том, что без вермикомпоста внесение сульфата железа (II) ограничено дозой 600 кг/га.

Таблица. Урожай ярового ячменя сорта Прерия в зависимости от агрофона при влиянии мелиоранта сульфата железа (II), ц/га

Агрофон	Сульфат железа (II), кг/га				
	0	300	600	1200	2400
Без удобрений	9,5±0,7	11,6±1,0	10,4±1,1	6,9±0,9	6,1±0,5
Вермикомпост, 2000 кг/га	9,6±0,5	10,5±0,9	9,4±2,1	11,5±0,7	6,3±0,8

На фоне действия сульфата железа (II) третьего года после внесения наблюдается изменение содержания подвижного железа в почве (рис. 1). Низкая доза мелиоранта приводит к уменьшению количества  $\text{Fe}_2\text{O}_3$ , высокие дозы увеличивают подвижность железа на 10–20 %. Так, при внесении 300 кг/га сульфата железа без применения удобрений содержание подвижного железа снижается от 100 мг/100 г почвы до 65 мг/100 г почвы. Использование вермикомпоста без применения мелиоранта увеличивает подвижность железа на 15%. Но 300 кг/га, как и 600 кг/га сульфата железа на фоне органического удобрения уменьшает количество  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  от 115 мг/100 г почвы до 95 мг/100 г почвы и 90 мг/100 г почвы, соответственно. Повышение подвижности железа от применения мелиоранта на фоне внесения вермикомпоста происходит при более высоких дозах сульфата железа (II) (1200 кг/га). Без применения вермикомпоста доза мелиоранта 600 кг/га увеличивает подвижность железа на 20 %.

Химический анализ показал, что содержание Zn, Pb, Fe, Cr (53; 6,5; 110; 1,05 мг/кг, соответственно) в соломе ячменя на контрольных вариантах превышает ПДК, концентрация Cd также достаточно высока (0,23 – 0,27 мг/кг против ПДК 0,3 мг/кг). Количество Cu составляет 3,2 мг/кг, при среднем содержании в соломе злаковых 1,1 – 3,0 мг/кг (ПДК 30 мг/кг). Количество Mn (33 мг/кг) меньше среднего для этого элемента (52 мг/кг).

Применение мелиоранта сульфата железа (II) без внесения вермикомпоста снижает в соломе ячменя содержание металлов как тех, что в избытке, так и тех, что в недостатке. Максимальное снижение наблюдается на фоне мелиоранта 1200 мг/кг почвы (Zn – 35; Pb – 4; Fe – 100; Cr – 0,8; Cd – 0,09; Cu – 1,7; Mn – 14 в мг/кг). Доза мелиоранта 2400 мг/кг почвы относительно меньших

его доз способствует повышению содержания Cd (0,21 мг/кг), Pb (5,8 мг/кг), Cu (2,6 мг/кг), Mn (30 мг/кг) и относительно контроля – Fe (170 мг/кг). Это говорит о качественном изменении механизмов сорбции при больших дозах мелиоранта. Урожай ячменя отрицательно коррелирует с содержанием железа в почве ( $r = -0,61$ ). То есть, при активной сорбции мелиорантом загрязнителей и микроэлементов урожай лимитируется избытком подвижного железа в почве.

Вермикомпост увеличивает поступление в растения Cd на 17–144 % и Pb на 34–150 %. При внесении вермикомпоста влияние мелиоранта на содержание Cd в соломе становится менее существенным (среднее снижение от применения сульфата железа без удобрения – 27 %, а на фоне вермикомпоста – 12 %). И на фоне вермикомпоста мелиорант увеличивает содержание Pb в соломе на 23 %. Применение вермикомпоста при дозах сульфата Fe(II) 1200 – 2400 кг/га увеличивает количество Cr в соломе на 14–33 % при дозе 2400 кг/га – Fe в 3 раза. Применение мелиоранта независимо от внесения вермикомпоста приводит к недостаточному содержанию Mn в соломе (12–17 мг/кг).

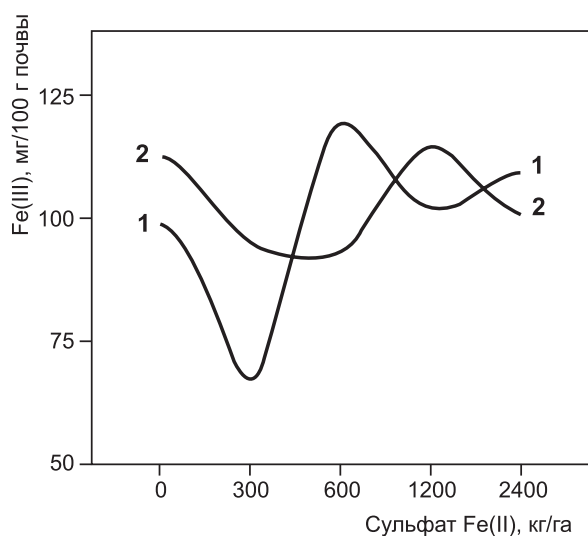


Рис. Содержание аморфного железа в почве в зависимости от дозы внесения мелиоранта сульфата железа (II) (1 – без удобрений; 2 – вермикомпост)

### Выводы

Внесение сульфата железа (II) на загрязненном тяжелыми металлами участке чернозема обыкновенного в дозе 300 кг/га дает прирост урожая ячменя на 0,9–2,1 ц/га как на фоне применения вермикомпоста, так и без него. Высокие нормы мелиоранта (2400 кг/га) приводят к существенному снижению урожайности на 0,8–5,2 ц/га, также независимо от внесения органического удобрения. Применение исследуемого мелиоранта без вермикомпоста ограничено дозой 600 кг/га (прирост урожая 0,9 ц/га). Использование вермикомпоста позволяет получать прирост урожая ячменя (до 2,1 ц/га) на фоне более высоких доз мелиоранта (до 1200 кг/га), при этом без вермикомпоста сульфат железа (II) в этой же дозе на третий год после внесения снижает урожайность на 3,6 ц/га.

Применение в качестве мелиоранта на загрязненных территориях чернозема обыкновенного сульфата железа без внесения вермикомпоста снижает поступление Zn, Fe, Cd, Mn, Cu в растения ячменя.

Вермикомпост увеличивает поступление в растения Cd, что не компенсируется мелиорантом сульфатом железа (II). На фоне вермикомпоста мелиорант увеличивает содержание Pb и Cr в соломе ячменя. Поэтому применение вермикомпоста при загрязнении почв Pb, Cr и Cd нежелательно.

Снижение поступления Mn в растения на фоне внесения сульфата железа (II) также ограничивает его применение при почвенном недостатке данного микроэлемента.

Доза внесения сульфата железа (II) в качестве мелиоранта на промышленно загрязненном черноземе обыкновенном определяется фоновым содержанием тяжелых металлов в почве и применением органических удобрений, в частности, вермикомпоста.

1. Байрак М.В. Сульфати заліза – меліорант техногенного забруднення ґрунтів / М.В. Байрак, В.О. Зуза // Вісник ХДАУ. Серія Ґрунтознавство, агрохімія. – Харків: ХДАУ, 2001. – № 3 – С. 160–162.
2. Водяницький Ю.Н. Соединения железа и их роль в охране почв / Ю.Н. Водяницький. – М.: ГНУ Почвенный институт им. В.В. Докучаева, 2010. – 155 с.
3. Водяницький Ю.Н. Использование соединений железа для оструктурирования почв / Ю.Н. Водяницький // Почвоведение. – 1985. – № 12. – С. 49 – 54.
4. ГОСТ 26929-94. Сырьё и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.
5. Зонн С.В. Железо в почвах / С.В. Зонн. – М.: Наука, 1982. – 206 с.
6. Методи аналізу ґрунтів і рослин. Методичний посібник. – Харків.: Інститут ґрунтознавства та агрохімії, 1999. – Кн. I. – 157 с.
7. Методические указания по определению тяжёлых металлов в почвах сельхозугодий и продукции растениеводства. – М.: 1992. – 36 с.
8. Методические указания 3210-85. Атомно-абсорбционный метод определения никеля и железа. – М, 1985. – 19 с.
9. Павлова О.С. Роль окислов железа и марганца в удержании тяжелых металлов в почве / О.С. Павлова, Г.В. Мотузова // Геохимия тяжелых металлов в природных и техногенных ландшафтах. – М.: Изд-во Моск.гос. ун-та, 1983. – 196 с.
10. Патент № 38192А України, А 01 В 79/02. Спосіб детоксикації важких металів у техногенних ґрунтах / М.В. Байрак, В.А. Зуза // заявник і патентовласник ІГА ім. О.Н. Соколовського, УААН; заяв. від 26.12.2000 р., опубл. від 15.05.2001 р. – Бюл. № 4, 2001 р. – 20 с.

Донецкая опытная станция Национального научного центра  
«Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского» НААН Украины      Получено 29.08.2011

УДК 631.82:631.6

#### ВЛИЯНИЕ МЕЛИОРАНТА СУЛЬФАТА ЖЕЛЕЗА (II) НА УРОЖАЙ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ ТЕХНОГЕННОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ ДОНБАССА

Я.А. Погромская, В.А. Зуза, С.Г. Зуза

Донецкая опытная станция Национального научного центра  
«Институт почвоведения и агрохимии имени А. Н. Соколовского» НААН Украины

Высокие нормы мелиоранта сульфата железа (II) приводят к существенному снижению урожайности ячменя и это не зависит от внесения органических удобрений. Внесение этого мелиоранта в дозе 300 кг/га, увеличивает урожайность ячменя до 2,1 ц/га. При поступлении в почву сульфатов железа в условиях увлажнения и присутствия кислорода образуются коллоиды аморфных гидроксидов железа, которые далее проходят процесс кристаллизации на минеральных коллоидах и органических коллоидах, частицах почвы. При этом также меняется распределение в почве поглощенных обменно и необменно тяжелых металлов.

UDC 631.82:631.6

#### THE EFFECT OF IRON II SULPHATE MELIORANT ON A YIELD OF BARLEY IN CONDITIONS OF TECHOGENICALLY POLLUTED SOIL OF DONBAS

J.A. Pogromskaja, V.A. Zuza, S.G. Zuza

Donetsk Experimental Station of NSC «N.A. Sokolovskiy Institute of Soil Science and Agricultural Chemistry»,  
NAAS of Ukraine

The high rates of iron II sulphate meliorant substantially reduce a yield of barley and is does not depend on the application of organic fertilizers. A dose of 300 kg/ha of this a meliorant increases a yield of barley to 2.1 t/ha. When iron sulfates is brought into the soil in conditions of moisturizing and oxygen presence, the colloids of amorphous iron hydroxide are formed and then crystallize on mineral and organic colloids, soil particles. It also changes the distribution of heavy metals absorbed in soil.