

ПОСТУПЛЕНИЕ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ С МИНЕРАЛЬНЫМИ УДОБРЕНИЯМИ И ПРОГНОЗ ИХ НАКОПЛЕНИЯ В ЧЕРНОЗЕМЕ ВЫЩЕЛОЧЕНОМ ЗАПАДНОГО КАВКАЗА

А.Х. ШЕУДЖЕН (фото),

доктор биологических наук, профессор, заведующий кафедрой агрохимии,

И.А. ЛЕБЕДОВСКИЙ,

кандидат сельскохозяйственных наук, ассистент кафедры агрохимии, Кубанский ГАУ

Х.Д. ХУРУМ,

доктор сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, ВНИИ риса Россельхозакадемии

Ключевые слова: тяжёлые металлы, чернозём выщелоченный, минеральные удобрения, почва.

Удобрения являются быстродействующими и высокоэффективными средствами роста урожайности и повышения плодородия почв. Установлено, что не менее 40-50% прироста урожая формируется за счёт применения удобрений в чернозёмных зонах страны. Однако в состав удобрений могут входить соединения тяжёлых металлов в виде балласта. Таким образом, теоретически возможно повышение содержания тяжёлых металлов в условиях длительного применения удобрений (Симакин А.И., 1963; Шеуджен А.Х., 2003).

Цель исследований

Изучение влияния длительного применения удобрений на содержание тяжёлых металлов в чернозёме выщелоченном Западного Кавказа.

Полевой опыт кафедры агрохимии Кубанского ГАУ заложен в 1981 году по

схеме №57, предложенной ВИУА для Географической сети полевых опытов с удобрениями, и представляет собой 1/4 часть полной схемы факториального эксперимента 4x4x4, образованной тремя факторами: дозами азота, фосфора и калия, а также четырьмя градациями: 0, 1, 2 и 3: 0 – без удобрений, 1 – одинарная доза макроэлемента, 2 – двойная доза, 3 – тройная доза. Кодирование вариантов опыта проводилось следующим образом: первая цифра – доза азотных удобрений, вторая – фосфорных, третья – калийных. Исследования проводили в условиях зернотравнопропашного севооборота люцерна – люцерна – озимая пшеница – озимый ячмень – подсолнечник – озимая пшеница – соя – озимая пшеница – сахарная свёкла – кукуруза (зерно) – яровой ячмень + люцерна.

Таблица 1

Количество минеральных удобрений, внесённых за две ротации полевое севооборота (1981-2003 гг.)

Вариант	Доза удобрений, кг/га		
	I ротация	II ротация	всего
Контроль	–	–	–
N ₈₀ P ₀ K ₀	N ₆₂₀	N ₅₆₀	N ₁₁₈₀
N ₀ P ₆₀ K ₀	P ₅₂₀	P ₅₆₀	P ₁₀₈₀
N ₀ P ₀ K ₄₀	K ₃₆₀	K ₄₀₀	K ₇₆₀
N ₄₀ P ₃₀ K ₂₀	N ₃₁₀ P ₂₆₀ K ₁₈₀	N ₂₈₀ P ₂₈₀ K ₂₀₀	N ₅₉₀ P ₅₄₀ K ₃₈₀
N ₈₀ P ₆₀ K ₄₀	N ₆₂₀ P ₅₂₀ K ₃₆₀	N ₅₆₀ P ₅₆₀ K ₄₀₀	N ₁₁₈₀ P ₁₁₈₀ K ₇₆₀
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₆₀	N ₉₃₀ P ₇₈₀ K ₅₄₀	N ₈₄₀ P ₈₄₀ K ₆₀₀	N ₁₇₇₀ P ₁₆₂₀ K ₁₁₄₀

350044, г. Краснодар,
ул. Калинина, 13;
тел. 8 (861) 221-59-42;
e-mail: kubagrohim@mail.ru



350921, г. Краснодар,
пос. Белозерный, 3;
тел. 8 (861) 229-41-98

Вносили: карбамид (46% N), аммонийную селитру (34% N), двойной суперфосфат (43% P₂O₅), аммофос (12% N, 52% P₂O₅) и хлористый калий (60% K₂O). Удобрения вносили осенью под основную обработку почвы.

Количество удобрений, внесённых за две ротации полевое севооборота, в зависимости от схемы эксперимента существенно изменялось (табл. 1).

Применяемые удобрения содержат определённые количества тяжёлых элементов (табл. 2). Наибольшее их содержание отмечается в фосфорных удобрениях и навозе. Это свидетельствует о том, что необходим постоянный аналитический контроль вносимых удобрений на содержание тяжёлых металлов. Наибольшее количество во всех исследованных удобрениях отмечается марганца (за исключением аммонийной селитры, где преобладает цинк). В навозе цинка и марганца содержится значительно больше, чем в других используемых минеральных удобрениях.

Наиболее экологически безопасными по содержанию тяжёлых металлов являются хлористый калий и аммонийная селитра. Наиболее существенным источником ТМ из всех исследуемых

**Heavy metals,
chernozem leached,
mineral fertilizers, soil.**

Биология

удобрений оказался навоз.

В таблице 3 представлено поступление меди, цинка и свинца в почву с минеральными удобрениями по вариантам опыта за две ротации севооборота, а в таблице 4 – кадмия, марганца и кобальта.

Из названных таблиц следует, что наибольшее количество за две ротации севооборота с минеральными удобрениями поступает марганца; оно составляет от 116,5 до 349 г/га в зависимости от варианта опыта. Кадмия и кобальта на варианте с тройными дозами минеральных удобрений поступает 1,41 и 5,73 г/га соответственно.

Значительное количество поступило с минеральными удобрениями меди и цинка. На вариантах с тройными дозами минеральных удобрений поступление этих элементов составило 96,3 и 109,2 г/га соответственно. Максимальное количество поступления свинца достигало 6,7 г/га за две ротации севооборота.

Далее нами был рассчитан допустимый предел накопления тяжёлых металлов в почве. Для марганца он составил 1164,3 кг/га; меди – 270,5; цинка – 359,6; свинца – 266,2; кобальта – 98; кадмия – 4,6 кг/га (табл. 5).

Из таблицы 5 следует, что данные ПДК весьма различаются для каждого тяжёлого металла (ГН 2.12.020-94). Наибольшее значение ПДК отмечается для марганца – 1000 мг/кг. Затем следуют цинк, медь, свинец, кобальт и кадмий. Для этих элементов значения предельно допустимой концентрации составляют 220 мг/кг, 132,0; 130,0; 50,0; 2,0 мг/кг соответственно. По этим показателям можно отметить, что самым токсичным элементом из представленных является кадмий, а менее токсичным – марганец. Значение ПДК для свинца является достаточно высоким (130 мг/кг), даже по сравнению с таким элементом, как кобальт. Более того, значение ОДК для кобальта в почвах чернозёмного типа не разработано. Свинец является сильным отравляющим веществом; его содержится в изучаемой нами почве высокое количество. Этому предшествовало так называемое автотранспортное загрязнение: как известно, свинец долгое время (до 1991 года) входил в состав этилированных бензинов.

Зная лимит накопления тяжёлых металлов в почве, фактические и допустимые (до превышения ПДК) запасы, а также непосредственно их предельно допустимую концентрацию, было подсчи-

тано количество лет, требуемое для накопления тяжёлых металлов выше значений экологических нормативов (табл. 6). Из данных таблицы 6 видно, что даже на фоне тройных доз их накопление наступит через несколько тысячелетий. Для самых токсичных из изучаемых

нами тяжёлых металлов этот срок наступит: для кадмия – через 65715 лет, а для свинца – через 887333,3 года.

Таким образом, применяемые удобрения не могут являться существенным источником накопления тяжёлых металлов в почве.

Таблица 2
Содержание тяжёлых металлов в применяемых минеральных удобрениях и подстилочном навозе, мг/кг (2006 г.)

Элемент	Суперфосфат двойной	Калий хлористый	Аммонийная селитра	Аммофос	Навоз
Медь	28,00	0,44	2,00	14,00	33,85
Цинк	26,05	2,00	9,20	13,05	22,80
Свинец	1,21	0,31	0,57	0,53	6,37
Кадмий	0,18	0,04	0,08	0,09	0,120
Марганец	94,0	7,16	8,20	47,0	360,4
Кобальт	1,20	0,52	0,46	0,60	4,68

Таблица 3
Поступление меди, цинка и свинца в почву с минеральными удобрениями по вариантам опыта за две ротации севооборота, г/га (1981-2003 гг.)

Вариант	I ротация			II ротация			Итого		
	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb	Cu	Zn	Pb
N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	15,5	17,76	1,10	16,62	18,64	1,15	32,1	36,4	2,25
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	31,0	35,5	2,20	33,20	37,3	2,30	64,2	72,8	4,5
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	46,5	53,28	3,30	50,0	56,0	3,45	96,3	109,2	6,7

Таблица 4
Поступление кадмия, марганца и кобальта в почву с минеральными удобрениями по вариантам опыта за две ротации севооборота, г/га (1981-2003 гг.)

Вариант	I ротация			II ротация			Итого		
	Cd	Mn	Co	Cd	Mn	Co	Cd	Mn	Co
N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	0,15	56,5	1,11	0,32	60,0	0,8	0,47	116,5	1,91
N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	0,30	113,0	2,22	0,64	120,0	1,6	0,94	233,0	3,82
N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀	0,45	170,0	3,33	0,96	180,0	2,4	1,41	349,5	5,73

Таблица 5
Лимит накопления тяжёлых металлов до содержания, превышающего ПДК

Элемент	ПДК или ОДК, мг/кг	Запасы ТМ в почве, кг/га		Допустимый предел накопления ТМ, кг/га
		фактические	допустимые	
Mn	1000	1235,7	2400	1164,3
Cu	132 (ОДК)	46,3	316,8	270,5
Zn	220 (ОДК)	168,4	528,0	359,6
Pb	130 (ОДК)	45,8	312,0	266,2
Co	50	22,0	120,0	98,0
Cd	2,0 (ОДК)	0,20	4,8	4,6

Таблица 6
Число лет, необходимых для превышения ПДК тяжёлых металлов в почве

Элемент	Доза удобрения		
	N ₄₀ P ₃₀ K ₃₀	N ₈₀ P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₉₀ K ₉₀
Марганец	1940000	1455000	64700
Медь	169062	84531	5635
Цинк	200000	99889	63382
Свинец	2660000	1331000	887333,3
Кобальт	980000	490000	326666
Кадмий	1150000	92000	65715

Литература

- Минеев В. Г., Ремпе Е. Х. Агрехимия, биология и экология почвы. М.: Росагропроимздат, 1990. 206 с.
- Мязин Н. Г. Влияние длительного применения удобрений на накопление микроэлементов в чернозёме выщелоченном // Тяжёлые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах: м-лы науч.-практ. конф. М., 1994. С. 187-193.
- Ориентировочно допустимые концентрации (ОДК) тяжёлых металлов и мышьяка в почвах. (Дополнение № 1 к перечню ПДК и ОДК). Гигиенические нормативы ГН 2.12.020-94. Издание официальное / Госкомэпиднадзор России. М., 1995.
- Симакин А. И. Удобрение, плодородие почв и урожай. Краснодар, 1963. 269 с.
- Шеуджен А. Х., Столяров А. И., Леплявченко Л. П., Громова Л. И., Суевов В. П. [и др.]. Влияние доз и сочетаний минеральных удобрений на урожайность и качество сельскохозяйственных культур, возделываемых на чернозёме выщелоченном Западного Предкавказья // Тр. Куб.ГАУ. 431 (459). 2008. С. 48-59.
- Шеуджен А. Х. Биогеохимия. Майкоп: Адыгея, 2003. 1028 с.