

Влияние регулярных дозовых нагрузок жидких органических удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в растениеводческую продукцию

Е. Н. Богатырева, Т. М. Серая, А. В. Юхновец, И. И. Касьяненко, кандидаты с.-х. наук
Институт почвоведения и агрохимии

(Дата поступления статьи в редакцию 23.03.2018г.)

Представлены данные по влиянию длительного воздействия жидких органических удобрений на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их накопление в растениях, определены приоритетные загрязнители (Zn, Cu, Mn, Fe). Ежегодное внесение этих удобрений в дозах от 100–200 до 900–1000 т/га увеличило концентрацию подвижных форм Fe в почвах на 16–227 %, Cu – на 11–211 %, Zn – на 23–379 %, Mn – на 42–139 %. В сельскохозяйственных культурах накопление Fe при дозах от 200–300 до 900–1000 т/га увеличилось на 10–66 %, Cu – на 13–69 %, Zn – на 29–113 %, Mn – на 18–269 %.

Введение

Одним из основных источников загрязнения окружающей среды в настоящее время являются предприятия индустриального животноводства вследствие высокой концентрации поголовья животных на ограниченных площадях. На сегодняшний день в Республике Беларусь функционирует 198 животноводческих комплексов, в т. ч. 78 комплексов по откорму КРС и 120 свиномкомплексов. Общая численность поголовья крупного рогатого скота на выращивание и откорм в сельскохозяйственных организациях составляет 4188,1 тыс., свиней – 2734,5 тыс. голов [1]. Внедрение на таких предприятиях технологии бесподстилочного содержания животных способствует ежегодному выходу более 12 млн т жидкого навоза и навозных стоков (без учета технологической воды), что составляет около 25 % от общего количества экскрементов всей животноводческой отрасли. Главным способом утилизации этих отходов в подавляющем большинстве случаев является использование их в качестве органических удобрений. Научой и практикой доказано, что при соблюдении рекомендуемых доз и технологии внесения жидкие органические удобрения являются эффективным способом улучшения плодородия почв и повышения продуктивности культур [2–7]. Однако в республике большинство комплексов не обеспечены необходимым объемом навозохранилищ, некоторые не имеют достаточных площадей сельскохозяйственных земель для экологически безопасной утилизации жидких органических удобрений и ограничены наличием технических средств. Кроме того, в силу субъективных и объективных причин в условиях реального производства эти удобрения в основном вносятся в радиусе 5–6 км от животноводческих комплексов. В результате нагрузка жидких органических удобрений на 1 га пахотных земель в отдельных сельскохозяйственных организациях составляет 600 тонн и более. Необоснованно высокие дозы их применения на ограниченной территории могут привести не только к избыточному накоплению макроэлементов в почве, но и способствовать повышению содержания тяжелых металлов [8–11]. В настоящее время в республике отсутствует достаточно полная информация об изменении содержания подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах, подвергающихся воздействию интенсивных дозовых нагрузок жидких органических удобрений, а также их нако-

The data on the effect of prolonged exposure to liquid organic fertilizers on the content of heavy metals in sod-podzolic soils and their accumulation in plants, identified priority pollutants (Zn, Cu, Mn, Fe). The annual application of these fertilizers in doses of 100–200 to 900–1000 t/ha increased the concentration of mobile forms of Fe in soils at 16–227 %, Cu – 11–211 %, Zn – 23–379 %, Mn – 42–139 %. In agricultural cultures the accumulation of Fe at doses of 200–300 to 900–1000 t/ha increased by 10–66 %, Cu – in 13–69 %, Zn – 29–113 %, Mn – 18–269 %.

плении в растениеводческой продукции, что актуализировало необходимость проведения данных исследований.

Цель исследований – установить влияние длительного применения жидкого навоза КРС и свиных навозных стоков на содержание тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в сельскохозяйственные культуры.

Методика и объекты исследований

В качестве объектов исследования были использованы дерново-подзолистые почвы в зоне влияния животноводческих комплексов и возделываемые на них сельскохозяйственные культуры. Комплексные работы включали маршрутное обследование сельскохозяйственных земель Столбцовского, Миорского и Браславского районов в 2016–2017 гг.

Отбор образцов почв и растений проводили сопряженно в производственных посевах в 5 разных точках с расстоянием 150–200 м между ними с площадок размером 0,25 м². Растительные образцы зерновых культур и ярового рапса отбирали в фазе полной спелости зерна (семян), кукурузы на зеленую массу – в фазе молочной спелости зерна, многолетних трав – в фазе выметывания метелки – начало колошения. На всех сельскохозяйственных землях для отбора растительных и почвенных образцов без нагрузки жидких органических удобрений и при их внесении выбирали участки, расположенные в сходных условиях рельефа и в пределах той же почвенной разности. Дозы жидких органических удобрений под многолетние травы – 200–300 и 300–400 т/га вносили в два приема под 1-й и 2-й укосы; при дозе 900–1000 т/га многолетние травы возделывали по 2-му году последствия жидкого навоза КРС, ежегодно вносимого в течение 24 лет. Под зерновые культуры, кукурузу и яровую рапс жидкие органические удобрения внесены в летне-осенний период после уборки предшественника; под озимые тритикале и пшеницу урожая 2016 г. жидкий навоз КРС в дозе 900–1000 т/га и свиные навозные стоки в дозе 700–800 т/га последний раз внесены в 2014 г. под предшественник (кукуруза в монокультуре).

В отобранных пробах содержание тяжелых металлов определяли методом атомно-абсорбционной спектроскопии на атомно-абсорбционном спектрометре ICE 3000 Series [12]. Для экстракции подвижных форм тяжелых

металлов из почвы использовали ацетатно-аммонийный буфер (рН 4,8). Содержание тяжелых металлов в растениях определяли в зольном остатке после сухой минерализации при температуре 525–530 °С. Для количественной характеристики степени загрязнения почв или растений тяжелыми металлами использовали коэффициент техногенной концентрации элемента, который показывает во сколько раз содержание определяемого металла в почве, подвергающейся воздействию жидких органических удобрений, и в растении на ней произрастающем превышает его содержание в компонентах без нагрузок – $K_c = C_i/C_f$. Дополнительно произведен расчет суммарного показателя загрязнения (Z_c), который равен сумме K_c и выражен формулой (где n – число суммируемых элементов при $K_c > 1$):

$$Z_c = \sum_{i=1}^n K_c - (n - 1)$$

Оценку загрязнения дерново-подзолистых почв в зоне влияния животноводческих комплексов подвижными формами тяжелых металлов осуществляли согласно методическим указаниям [13]: $Z_c < 16$ – допустимое загрязнение; $Z_c = 16–32$ – умеренно опасное; $Z_c = 32–128$ – опасное; растений – в соответствии с градацией, предложенной Р. Ф. Байбековым [и др.]: $Z_c < 3$ – слабая степень загрязнения; $Z_c = 3–10$ – средняя; $Z_c > 10$ – сильная [14]. Для характеристики интенсивности накопления тяжелых металлов сельскохозяйственными культурами использовали коэффициент биологического поглощения: $КПБ = C_{расм}/C_{вал}$, где $C_{расм}$ – концентрация металла в золе растения, мг/кг; $C_{вал}$ – валовое содержание элемента в почве, мг/кг.

Результаты исследований и их обсуждение

Для почв Республики Беларусь предельно допустимые концентрации (ПДК) подвижных форм тяжелых металлов составляют (мг/кг): медь (Cu) – 3, цинк (Zn) – 23, марганец (Mn) – 60–100 (в зависимости от показателя рН), кадмий (Cd) – 0,5, свинец (Pb) – 6, никель (Ni) – 4, кобальт (Co) – 5, хром (Cr) – 6 [15, 16]. Установлено, что в дерново-подзолистых почвах, не подвергающихся воздействию жидких органических удобрений, подвижных соединений хрома содержалось 0,09–0,52 мг/кг, Pb – 0,35–0,77, Cd – не более 0,05 мг/кг. Количество подвижных форм Ni в почвах без нагрузок было на уровне 0,12–0,65 мг/кг, не

превышая 0,30 мг/кг в большинстве отобранных образцов; концентрация подвижного Co варьировала от 0,08 до 0,35 мг/кг, при этом около 75 % всех значений лежит в области до 0,20 мг/кг. По результатам маршрутного обследования не установлено различий в содержании подвижных форм Cd, Pb, Ni, Cr и Co в почвах при регулярных нагрузках жидких органических удобрений от 100–200 до 500–600 т/га и без их внесения. Несмотря на довольно длительный период воздействия, наблюдаемые изменения не превышали 10 %, что, по-видимому, обусловлено довольно низким их содержанием в используемых навозных стоках свиней и жидкого навоза КРС. Анализ органических удобрений, отобранных в период проведения исследований, показал, что в зависимости от их вида и дозы внесения ежегодно на 1 гектар почв в среднем поступало всего 2–10 г кадмия, 11–200 г свинца, 111–703 г никеля, 20–124 г кобальта. Дополнительное накопление отмечено только в почвах пахотных земель Браславского района, где в течение 21–26 лет ежегодно вносили свиные навозные стоки в дозе 700–800 т/га и жидкий навоз КРС из расчета 900–1000 т/га: прирост по Pb составил 17 %, Ni – 18–21 %, Co – 12–16 %, Cr – 18–20 %.

Проведенные исследования показали, что в Браславском и Миорском районах количество подвижных соединений железа в дерново-подзолистых почвах на фоне ежегодных дозовых нагрузок жидкого навоза КРС 100–200 т/га на протяжении 26–30 лет увеличилось на 16–21 %, марганца – на 42–55 %, меди – на 11–13 %, цинка – на 23–27 % (таблица, рисунок 1).

При дозовой нагрузке жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы от 500–600 до 900–1000 т/га в обследуемых хозяйствах прирост в содержании подвижных форм Fe составил 2,1–17,0 мг/кг (40–227 %), Mn – 5,9–17,2 мг/кг (53–139 %), Cu – 0,08–0,71 мг/кг (62–211 %). Наибольшая прибавка в содержании подвижных форм из всех изучаемых тяжелых металлов отмечена для Zn (213–379 %) при максимальном показателе в супесчаной почве на фоне ежегодных нагрузок свиных навозных стоков 700–800 т/га в течение 21 года (количество его подвижных соединений увеличилось на 570 %). Более высокий уровень накопления подвижного цинка в этой почве, по-видимому, обусловлен разным его содержанием в применяемых удобрениях. Так, согласно нашим расчетам, ежегодно на 1 гектар почвы со свинными

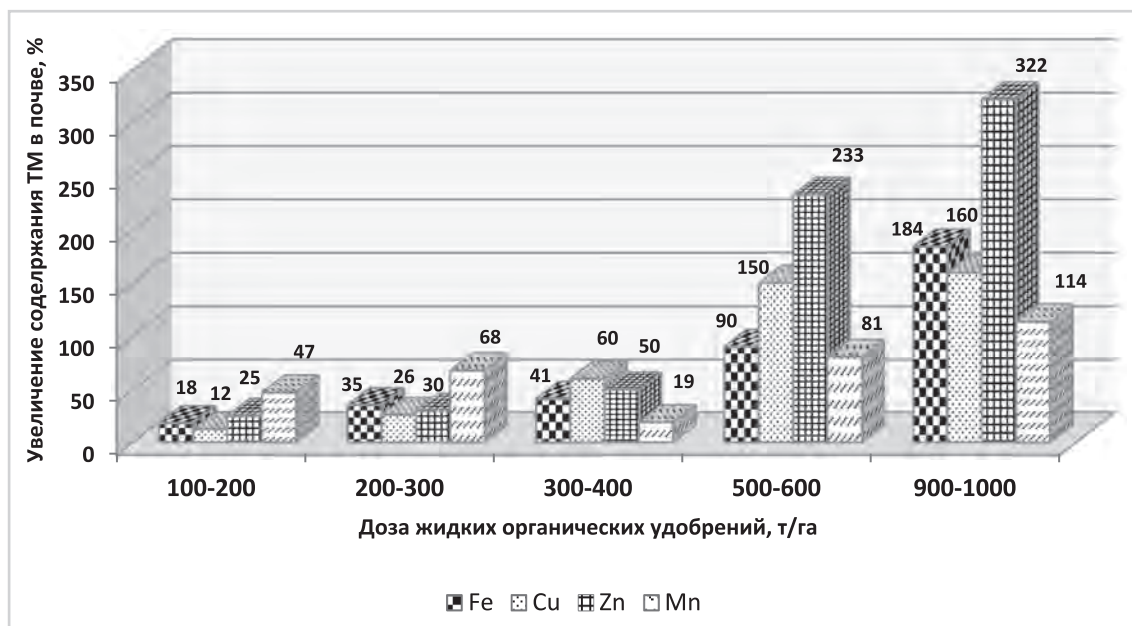


Рисунок 1 – Средние значения увеличения содержания подвижных форм Fe, Cu, Zn и Mn в дерново-подзолистых почвах при регулярных дозовых нагрузках жидких органических удобрений в течение 20–30 лет, %

Влияние регулярных нагрузок жидких органических удобрений на содержание подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах и их поступление в сельскохозяйственные культуры

Поч- ва	Культура		Срок внесе- ния, лет	Нагрузка жид- ких ОУ*, т/га в год	Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг почвы				Содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг сухого вещества						
					Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn			
Комплекс по откорму КРС, Браславский район															
Суглинистая	кукуруза, з/м**		—	б/н***	5,7	0,09	1,20	12,3	38,9	2,49	16,1	12,3			
			26	900–1000	18,8	0,28	5,39	29,5	64,5	4,22	29,0	25,2			
	озимое тритикале	зерно	—	б/н	5,6	0,12	1,07	10,4	28,7	3,90	20,7	9,1			
		солома							49,4	1,62	6,3	5,0			
		зерно	25	900–1000 (1-й год посл.)	17,2	0,36	5,13	22,4	35,1	5,02	29,5	15,0			
		солома							66,0	2,18	9,6	10,0			
	мн. травы**** (2-й укос)		—	б/н	10,3	0,22	1,15	15,8	80,9	6,67	13,6	15,1			
			24	900–1000 (2-й год посл.)	22,3	0,37	3,89	29,5	109,1	9,18	21,8	26,4			
Свинокомплекс, Браславский район															
Супесчаная	озимая пшеница	зерно	—	б/н	6,2	0,34	0,89	11,9	35,7	2,57	15,0	10,0			
		солома							66,7	1,65	4,7	5,9			
		зерно	21	700–800 (1-й год посл.)	16,3	1,05	5,97	27,2	42,4	3,38	27,5	12,6			
		солома							89,7	2,44	10,0	8,1			
Суглинистая	яровой рапс	семена	—	б/н	11,6	0,36	1,87	14,5	46,8	3,61	35,3	24,7			
		солома							60,2	2,03	9,9	8,1			
		семена	21	500–600	22,5	0,96	6,89	24,9	53,4	4,10	49,4	34,9			
		солома							78,9	2,46	20,4	30,0			
			—	б/н	12,2	0,19	0,84	14,2	69,6	2,94	11,2	11,5			
			23	500–600	29,2	0,50	2,76	25,6	97,5	4,31	18,4	15,8			
			—	б/н	5,1	0,11	0,63	11,1	33,7	2,55	8,0	14,3			
			23	500–600	8,9	0,32	2,03	23,0	46,2	3,57	12,3	19,5			
Супесчаная	кукуруза, з/м		—	б/н	6,2	0,27	0,82	10,2	32,9	4,03	13,7	15,7			
			20	500–600	14,5	0,78	2,8	21,2	47,4	6,28	22,4	22,1			
			Свинокомплекс, Столбцовский район												
			Супесчаная	озимое тритикале	зерно	—	б/н	5,4	0,13	0,83	11,2	37,2	2,13	13,0	18,9
солома	55,3	1,21			4,8							10,2			
зерно	26	500–600			7,5	0,21	2,60	17,1	42,3	2,69	19,4	22,3			
солома									70,7	1,62	7,6	13,7			
яровой ячмень	зерно	—		б/н	3,7	0,17	0,97	10,2	43,1	4,03	27,1	9,5			
	солома								52,2	1,76	6,6	13,3			
	зерно	26		500–600	5,9	0,39	3,12	16,7	51,3	5,01	39,2	13,3			
	солома								66,0	2,41	10,9	20,6			
Свинокомплекс, Браславский район															
Суг- лин.	мн. травы (2-й укос)		—	б/н	18,9	0,48	2,03	19,6	118,6	4,51	17,9	17,0			
			22	300–400	26,7	0,77	3,04	23,5	143,9	6,26	26,3	20,6			
Комплекс по откорму КРС, Браславский район															
Суг- песч.	мн. травы (2-й укос)		—	б/н	8,0	0,19	1,26	11,3	50,5	7,05	14,2	11,0			
			27	200–300	10,8	0,24	1,64	19,0	55,7	7,96	18,3	15,7			

Поч- ва	Культура		Срок внесе- ния, лет	Нагрузка жид- ких ОУ*, т/га в год	Содержание подвижных форм тяжелых металлов в почвах, мг/кг почвы				Содержание тяжелых металлов в растениях, мг/кг сухого вещества			
					Fe	Cu	Zn	Mn	Fe	Cu	Zn	Mn
Песчаная	озимая пшеница	зерно	—	б/н	5,7	0,16	1,28	13,5	35,1	1,44	19,4	8,7
		солома							51,6	1,03	5,6	6,1
		зерно	27	100—200	6,8	0,18	1,60	19,6	38,3	1,50	20,7	8,8
		солома							55,9	1,12	6,2	6,7
	яровой ячмень	зерно	—	б/н	6,1	0,23	1,14	15,1	49,6	4,82	27,7	9,4
		солома							73,9	2,91	8,2	14,3
		зерно	26	100—200	7,1	0,26	1,40	23,5	52,7	4,83	29,9	9,7
		солома							79,7	2,95	9,4	14,5
Комплекс по откорму КРС, Миорский район												
Суг- лин.	кукуруза, з/м		—	б/н	14,6	0,09	1,75	12,9	77,0	2,86	17,0	13,7
			30	100—200	17,0	0,10	2,22	18,3	79,1	3,15	19,3	15,7

Примечание – *ОУ – органические удобрения, **з/м – зеленая масса, ***б/н – без нагрузки, ****мн. травы – многолетние травы.

навозными стоками при дозе внесения 700–800 т/га поступало около 17 кг цинка, в то время как с жидким навозом КРС при дозе 900–1000 т/га – всего 6 кг.

На основании выполненной работы не установлено превышения ПДК подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах, расположенных вблизи животноводческих комплексов, полученные показатели были значительно ниже установленных нормативов [15, 16].

Согласно рассчитанным коэффициентам техногенной концентрации, в дерново-подзолистых почвах, подвергающихся нагрузкам жидких органических удобрений в дозах от 100–200 до 900–1000 т/га, основным загрязнителем является Zn, далее по значимости Cu, Fe и Mn при слабом накоплении Pb, Ni, Co и Cr:

$$Zn_{1,2-6,7} > Cu_{1,1-3,1} > Fe_{1,1-3,3} > Mn_{1,2-2,4} > Pb_{0,9-1,2} \approx \\ \approx Ni_{0,9-1,2} \approx Co_{0,9-1,2} \approx Cr_{0,9-1,2}$$

По суммарному показателю загрязнения тяжелыми металлами дерново-подзолистые почвы сельскохозяйственного назначения характеризовались допустимым уровнем ($Z_c < 16$). При этом отмечена четко выраженная тенденция увеличения данного показателя по мере увеличения нагрузки жидких органических удобрений на исследуемые почвы. При ежегодном внесении жидких органических удобрений в дозе не более 300–400 т/га величина Z_c не превышала 3 ед., в то же время при их нагрузке от 700–800 до 900–1000 т/га данный показатель достиг уровня 10,5–12,0 ед. Наблюдаемый негативный эффект повышения подвижности тяжелых металлов (в частности Zn, Cu, Mn, Fe) при постоянно вносимых высоких дозах жидких органических удобрений в дальнейшем может привести к более значимому повышению этого показателя, что увеличит риск загрязнения сельскохозяйственной продукции данными элементами.

Химический анализ показал, что ежегодное внесение жидкого навоза КРС в дозе 100–200 т/га в течение 26–30 лет практически не влияло на содержание тяжелых металлов в сельскохозяйственных культурах. Регулярные нагрузки жидких органических удобрений от 300–400 до 900–1000 т/га на почвы также не изменяли содержание Cd, Pb, Ni, Co и Cr в растительных образцах по сравнению с неудобренными почвами.

Ежегодная утилизация на землях исследуемых хозяйств больших объемов жидких органических удобрений

в наибольшей степени повлияла на накопление Cu, Zn, Mn и Fe в растениях. При нагрузке жидкого навоза КРС 900–1000 т/га содержание Cu в зеленой массе кукурузы составило 4,22 мг/кг, Zn – 29,0, Mn – 25,2, Fe – 64,5 мг/кг, что на 69 %, 80, 105 и 66 % соответственно превышало аналогичные показатели на почве без нагрузок (таблица, рисунок 2). В хозяйствах, где в течение 20–23 лет ежегодно на почвы вносили 500–600 т/га свиных навозных стоков, прирост этих элементов в кукурузе составил: Cu – 40–56 %, Zn – 53–64, Mn – 36–41, Fe – 37–44 %. Содержание Cu в многолетних травах в зависимости от дозовой нагрузки жидких органических удобрений увеличилось на 13–39 %, Zn – на 29–61, Mn – на 21–75, Fe – на 10–35 %.

В Столбцовском и Браславском районах под действием нагрузок жидких органических удобрений от 500–600 до 900–1000 т/га на почвы пахотных земель в течение 21–26 лет превышение концентрации Cu в основной продукции зерновых культур относительно показателей неудобренных почв составило 24–32 %, Zn – 42–84, Fe – 14–23, Mn – 18–65 % (рисунок 3, 4). Содержание этих элементов в побочной продукции возросло на 21–48 %, 52–113, 26–34, 35–269 % соответственно. В отличие от остальных тяжелых металлов, для Zn, Cu и Mn характерен более высокий уровень накопления в репродуктивных органах при меньшей аккумуляции в вегетативных. В относительном выражении эти элементы более интенсивно накапливались в побочной продукции, что указывает на существование определенных барьеров по их перемещению в генеративные органы.

Установлено, что концентрация Zn, Cu и Mn в исследуемых культурах на почвах без нагрузок в основном значительно ниже предела биологической нормы для животных (Cu – 5–12 мг/кг, Zn и Mn – 20–60 мг/кг сухой массы [17]). Внесение жидких органических удобрений в дозах от 300–400 до 900–1000 т/га обеспечило в некоторых случаях повышение их содержания в зерне, зеленой массе кукурузы и клевера до нижних уровней оптимальных концентраций в корме или довольно близких к ним.

Результаты расчета коэффициентов техногенной концентрации тяжелых металлов показали, что внесение жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы в дозах от 100–200 до 900–1000 т/га в течение 20–30 лет практически не вызывало загрязнения возделыва-

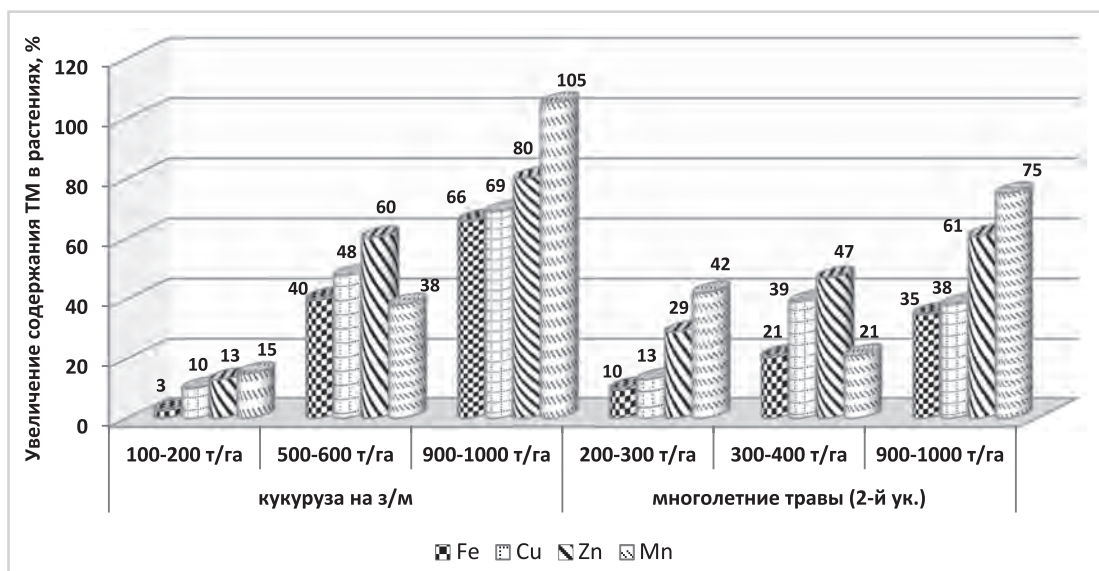


Рисунок 2 – Средние значения увеличения содержания Zn, Cu, Mn и Fe в кукурузе и многолетних травах, произрастающих на дерново-подзолистых почвах вблизи животноводческих комплексов, %

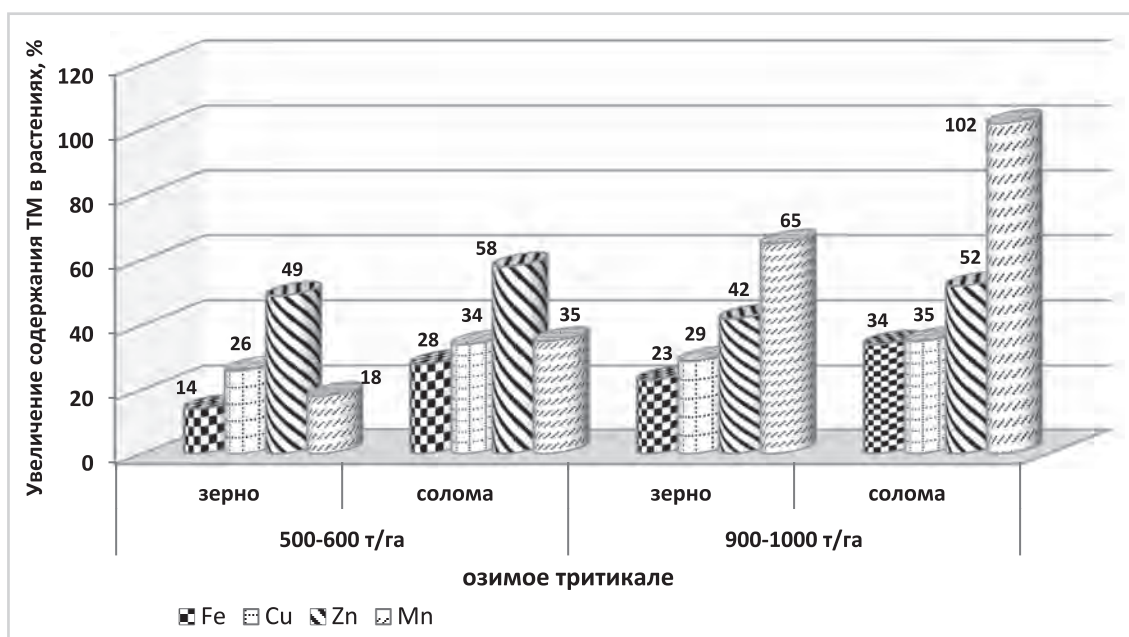


Рисунок 3 – Средние значения увеличения содержания Fe, Cu, Zn и Mn в озимом тритикале, произрастающем на дерново-подзолистых почвах вблизи животноводческих комплексов, %

емых на них культур Cd, Pb, Ni, Co и Cr ($K_c \leq 1,1$ ед.). При ежегодном их воздействии на почвы в дозах от 300–400 до 900–1000 т/га основными поллютантами растений являются Zn ($K_c - 1,4-2,1$ ед.), Cu ($K_c - 1,2-1,7$ ед.), Mn ($K_c - 1,2-3,7$ ед.) и Fe ($K_c - 1,2-1,7$ ед.), при меньших нагрузках K_c по этим элементам не более 1,1 ед., т. е. установлены сходные тенденции накопления тяжелых металлов в растительных образцах и их подвижных форм в почвах.

При нагрузках жидких органических удобрений от 700–800 до 900–1000 т/га согласно градации солома озимых пшеницы и тритикале, зеленая масса кукурузы и многолетних трав, а также солома ярового рапса при дозе свиных навозных стоков 500–600 т/га относятся к среднезагрязненным ($Z_c = 3,2-5,4$ ед.), в остальных растительных образцах показатель Z_c не превышал 3,0 ед., что характеризовало их как слабозагрязненные. Суммарные показатели загрязнения тяжелыми металлами соломы зерновых культур на 16–26 % превышали сопряженные для зерна, для рапса различие составило 2,3 раза.

Не установлено четкой закономерности в изменении величин КБП в зависимости от уровня дозовых нагрузок жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы. Наблюдалось даже небольшое снижение, что обусловлено менее выраженным увеличением концентрации тяжелых металлов в надземной части растений по сравнению с повышением их содержания в почвах. Расчеты показали, что по величине КБП Zn и Cu являются элементами сильного и энергичного накопления (рисунок 5). Mn, Co и Ni для большинства исследуемых культур также элементы сильного захвата; Fe, Cr и Pb относятся к группе слабого накопления и среднего биологического захвата. В целом по величине КБП тяжелых металлов исследуемые сельскохозяйственные культуры образуют следующий нисходящий ряд:

$$Zn_{4,8-103,9} > Cu_{4,0-69,1} > Mn_{0,5-5,5} \approx Co_{0,4-5,2} > Ni_{0,3-5,0} > Pb_{0,1-2,5} \approx Cr_{0,1-1,1} > Fe_{0,1-0,6}$$

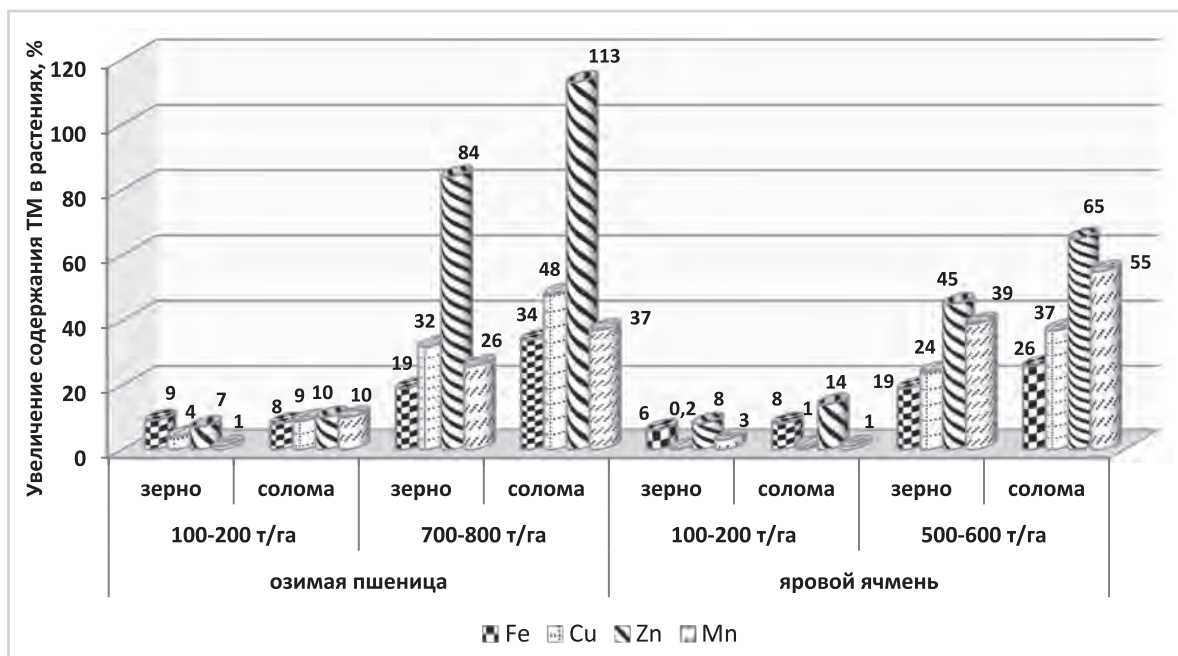


Рисунок 4 – Средние значения увеличения содержания Zn, Cu, Mn и Fe в озимой пшенице и яровом ячмене, произрастающих на дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов, %

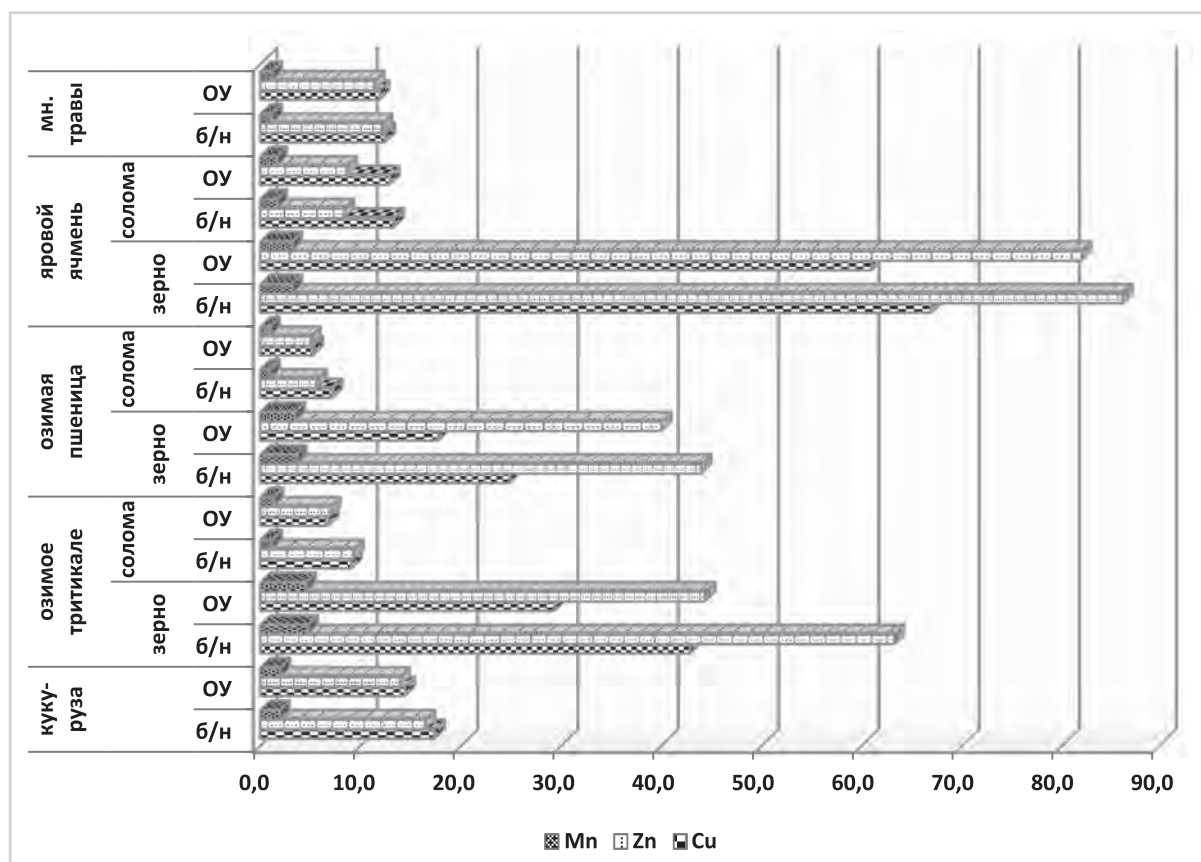


Рисунок 5 – Средние значения КБП Zn, Cu и Mn для сельскохозяйственных культур, произрастающих на дерново-подзолистых почвах в зоне влияния животноводческих комплексов

Выводы

- Ежегодные нагрузки жидких органических удобрений от 100–200 до 900–1000 т/га увеличили концентрацию подвижных форм Fe в дерново-подзолистых почвах на 16–227 %, Cu – на 11–211, Zn – на 23–379, Mn – на 42–139 %, практически не оказав влияния на содержание Cd, Pb, Ni, Co и Cr. Согласно коэффициентам

техногенной концентрации основными загрязнителями почв при нагрузках жидких органических удобрений являются Zn, Cu, Fe и Mn при слабом накоплении Pb, Ni, Co и Cr. По суммарному показателю загрязнения почвы характеризовались допустимым уровнем ($Z_c < 16$) с максимальными значениями (10,5–12,0 ед.) при дозах 700–800 и 900–1000 т/га. Превышения нор-

мативов ПДК подвижных форм тяжелых металлов в дерново-подзолистых почвах вблизи животноводческих комплексов не обнаружено.

2. При ежегодной утилизации жидких органических удобрений в дозах от 200–300 до 900–1000 т/га на дерново-подзолистые почвы в течение 20–30 лет основными поллютантами сельскохозяйственных культур являются Fe, Cu, Zn и Mn: концентрация Fe увеличилась на 10–66 %, Cu – на 13–69, Zn – на 29–113, Mn – на 18–269 % при содержании Cd, Pb, Ni, Cr и Co на уровне неудобренных почв. Внесение в дозе 100–200 т/га не влияло на накопление тяжелых металлов в растениях.

Согласно градации зеленая масса кукурузы и многолетних трав, солома озимых пшеницы и тритикале при нагрузках жидких органических удобрений от 700–800 до 900–1000 т/га, а также солома ярового рапса при дозе свиных навозных стоков 500–600 т/га относятся к среднезагрязненным ($Z_c = 3,2–5,4$ ед.), в остальных растительных образцах показатель Z_c не превышал 3,0 ед. (слабозагрязненные). Суммарные показатели загрязнения тяжелыми металлами соломы превышали сопряженные для зерна на 16–26 %, для рапса – на 128 %.

3. Не установлено четкой закономерности в изменении КБП в зависимости от нагрузок жидких органических удобрений на дерново-подзолистые почвы. По величине КБП Zn и Cu – элементы сильного и энергичного накопления; Mn, Co и Ni для большинства исследуемых культур также элементы сильного биологического захвата; Fe, Cr и Pb относятся к группе слабого накопления и среднего захвата.

Литература

1. Статистический ежегодник Республики Беларусь, 2017 / Нац. статистический комитет Республики Беларусь ; редкол.: И. В. Медведева [и др.]. – Минск, 2017. – 506 с.
2. Агроэкономическая эффективность жидкого навоза КРС и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на зеленую массу на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве / Т. М. Серая [и др.] // Земледелие и защита растений. – 2014. – № 4 (№ 95). – С. 39–42.
3. Серая, Т.М. Удобрение жидким навозом / Т. М. Серая, Е. Н. Богатырева // Наше сельское хозяйство. – 2014. – № 2. – С. 52–56.
4. Барановский, И. Эффективность жидкого навоза на дерново-подзолистых почвах / И. Барановский, А. Павлоцкий // Главный агроном. – 2010. – № 10. – С. 7–9.
5. Бабенко, М. В. Влияние отдельных фракций свиного навоза на продуктивность зернотравяного звена севооборота и плодородие дерново-подзолистой супесчаной почвы: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / М. В. Бабенко; РГАУ – МСХА им. К. А. Тимирязева. – Москва, 2016. – 21 с.
6. Сидорцов, В. В. Влияние возрастающих доз свиного навоза и его сочетаний с минеральными удобрениями, соломой и сидератом на урожайность, качество картофеля и переход радионуклидов в продукцию: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.04 / В. В. Сидорцов; НИИСХ ЦРНЗ. – Москва, 2000. – 20 с.
7. Сравнительная эффективность органических и минеральных удобрений при возделывании кукурузы на дерново-подзолистой супесчаной почве / Т. М. Серая [и др.] // Почвоведение и агрохимия. – Минск. – 2011. – № 2 (47) – С. 70–77.
8. Гейгер, Е. Ю. Действие жидкого свиного навоза на продуктивность агрофитоценоза и состояние экосистемы в зоне влияния крупного свиного комплекса: дис. ... канд. с.-х. наук: 03.00.16, 06.01.04 / Е. Ю. Гейгер; Нижегородская ГСХА. – Нижний Новгород, 2003. – 212 с.
9. Демидов, А. Л. Воздействие навозосодержащих отходов животноводческих объектов Республики Беларусь на почвенный покров / А. Л. Демидов, В. В. Мажинская, И. В. Жигунова // Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства: сб. докл. III Междунар. науч. экологической конф., Краснодар, 20–21 марта 2013 г. / Кубанский ГАУ. – Краснодар, 2013. – С. 20–25.
10. Агроэкологическое обоснование ведения сельскохозяйственного производства на мелиорируемых длительно используемых, нарушенных и загрязненных землях: монография; авт. кол-в : И. В. Гурина [и др.]. – Рязань : ФГБОУ ВПО РГАУ, 2014. – 484 с.
11. Агроэкологические основы и технологии использования бесподстилочного навоза / Г. Е. Мерзлая [и др.]. – М.: Россельхозакадемия – ГНУ ВНИПТИОУ, 2006. – 463 с.
12. Методические указания по определению тяжелых металлов в почвах сельскохозяйственной и продукции растениеводства: методические указания: изд. 2-е перераб. и дополненное / А. В. Кузнецов [и др.]; редкол. А. М. Артюшин [и др.]. – М.: Мин-во сел. хоз-ва РФ, ЦИНАО, 1992. – 61 с.
13. Методические указания. Гигиеническая оценка качества почвы населенных мест: МУ 2.1.7.730–99 – 1999. – введ. 05.04.99. – М.: Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава РФ, 1999. – 38 с.
14. Методы исследования городских почв: учебное пособие. / Р. Ф. Байбеков [и др.]. – М.: ФГОУ ВПО РГАУ – МСХА им. Тимирязева, 2007. – 202 с.
15. Перечень предельно допустимых концентраций (ПДК) и ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) химических веществ: ГН 2.1.7.12-1-2004. – Введ. 25.02.2004 г. – Минск: Минздрав Республики Беларусь, 2004. – 29 с.
16. Об утверждении ГН «Предельно допустимые концентрации подвижных форм цинка, хрома, кадмия в почвах (землях) различных функциональных зон населенных пунктов, промышленности, транспорта, связи, энергетики, обороны и иного назначения»: Постановление Министерства здравоохранения Республики Беларусь, 06 нояб. 2008 г., № 187 // Национальный реестр правовых актов Республики Беларусь. – 2012. – 8/25624.
17. Ковальский, В. В. Микроэлементы в почвах СССР / В. В. Ковальский, Г. А. Андрианова. – М.: Наука, 1970. – 182 с.

УДК 633.14:5.632.954

Контроль засоренности посевов озимых зерновых культур гербицидами, содержащими ЭГЭ 2,4-Д и флорасулам

С. В. Сорока, Л. И. Сорока, Р. В. Корпанов, кандидаты с.-х. наук,
Н. В. Кабзарь, старший научный сотрудник,
И. Ю. Петровец, младший научный сотрудник
Институт защиты растений

(Дата поступления статьи в редакцию 27.04.2018 г.)

Показано, что применение гербицидов с содержанием действующих веществ 2,4-Д и флорасулам Балерина, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 410 г/л + флорасулам, 7,4 г/л) производства ЗАО Фирма «Август», Россия; Метеор, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) производства ООО «Франдеса», Беларусь; Прима, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 300 г/л + флорасулам, 6,25 г/л) производства фирмы Дау АгроСаенсес ВмбХ, Австрия; Примадонна, СЭ (ЭГЭ 2,4-Д, 200 г/л + флорасулам, 3,7 г/л) производства АО «Щелково Агрохим», Россия в посевах озимых зерновых культур в Беларуси обеспечивает достаточно высокую биоло-

It is shown that the herbicides application containing active ingredients 2,4-D and florasulam Balerina, SE (EHE 2,4-D, 410 g/l + florasulam, 7,4 g/l) CSS «August» Co. production, Russia; Meteor, SE (EHE 2,4-D, 300 g/l + florasulam, 6,25 g/l), ООО «Frandes» production, Belarus; Prima, SE (EHE 2,4-D, 300 g/l + florasulam, 6,25 g/l) Dow AgroSciences BmbX production, Austria; Primadonna, SE (EHE 2,4-D, 200 g/l + florasulam, 3,7 g/l) SS «Shchelkovo» production, Russia in winter grain crops in Belarus renders rather high biological efficiency against the dominant annual weeds (kill 80–100 %).