
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Известия ТСХА, выпуск 1, 1991 год

УДК 631.415.12(510):[546.16+546.48+546.56+546.81

БУФЕРНОСТЬ ПОЧВ ПО ОТНОШЕНИЮ К ТЯЖЕЛЫМ МЕТАЛЛАМ И ФТОРУ В НЕКОТОРЫХ ПОЧВАХ КНР

ХУА ЛО

(Кафедра почвоведения)

Приводятся данные о буферности почв Китая к тяжелым металлам и F. Наибольшей буферностью к Cu, Pb, Cd, отличаются нейтральные и хорошо гумусированные почвы, к F — почвы, содержащие большое количество подвижных форм Fe и Al, при условии образования комплексных соединений с F. Проанализированы причины изменения буферности различных почв. Прогнозируются допустимые дозы этих загрязнителей на основе определения буферности почв.

При современном уровне развития промышленности и интенсификации сельскохозяйственного производства возрастает роль мероприятий, направленных на охрану почв и окружающей среды. Для предупреждения и уменьшения загрязненности почв необходимо располагать данными о предельно допустимой концентрации (ПДК) загрязнителей, степени загрязнения. Получить эти сведения невозможно без углубленного изучения буферности почв по отношению к тем или иным загрязнителям.

Нами исследовалась буферность почв по отношению к таким элементам, как Cu, Pb, Cd и F, поскольку именно ими в наибольшей степени загрязнены почвы при длитель-

ном применении фосфорных удобрений, которые содержат Cd и F, медных препаратов для борьбы с вредителями и болезнями, а также почвы вблизи автомобильных дорог.

Методика

В качестве объектов исследования выбраны коричневая почва полусухих степей умеренной континентальной климатической зоны, развитая на лессовом нагорье (провинция Шаньси); светло-лугово-коричневая почва лесостепной умеренно континентальной зоны, развитая в долине реки Юндина (район Пекина); краснозем и бурый желтозем субтропической зоны, развитые

Физико-химические свойства почв

Почва	Горизонт, см	pH _{вод}	Гумус (по Тюрину), %	S (по Каппену), мг-экв/100 г
Дерново-подзолистая	0—20	7,4	1,5	29,8
Торфяно-глеявая	0—20	6,7	40,3*	78,4
Коричневая	0—20	8,0	1,6	39,9
Светло-лугово-коричневая:				
без удобрений	0—20	8,2	1,0	39,8
240N270P225K	0—20	8,0	1,3	39,8
Бурый желтозем	0—20	5,9	0,8	17,3
	20—40	6,1	0,2	15,6
Краснозем	0—20	4,3	2,8	6,0
	20—40	4,4	1,1	8,4

* Потери при прокаливании.

на волнистых холмах под широколиственным кустарниковым покровом (провинция Хубей). Для сравнения взяты дерново-подзолистая средне-суглинистая и торфяно-глеявая почвы Московской области. Краткая характеристика почв приведена в табл. 1.

Для выяснения состояния соединений Cu, Pb, Cd и F расчета их ПДК в почвах проведены лабораторные опыты. Варианты опыта: 1 — контроль; 2 — Cu(NO₃)₂, Pb(NO₃)₂, Cd(NO₃)₂ и NaF из расчета 3 мг/100 г; 3 — те же соединения из расчета 30 мг/100 г.

Концентрацию Cu и Cd в почве определяли на атомном адсорбционном спектрофотометре, а активность Pb и F — на иономере с ионоселективными электродами.

В работе предлагается оценивать буферную емкость почв применительно к загрязнению их тяжелыми металлами F как отношение изменения концентрации (или активности ионов) их водорастворимых форм в почвенном растворе к изменению количества этих элементов, внесенных в почву, при близких к естественным условиям pH среды.

Результаты

Как видно из данных табл. 2, наибольшая буферность по отношению к Cu, Pb, Cd характерна для коричневой, светло-лугово-коричневой и торфяно-глеевой почв, наименьшая — для краснозема. Наибольшая буферность по отношению к F свойственна краснозему, наименьшая — коричневой и светло-лугово-коричневой почвам.

Ниже рассматриваются причины изменения буферности почв.

pH среды. Чем ниже pH среды, тем меньше буферность по отношению к тяжелым металлам, поскольку в кислой среде тяжелые металлы растворимы. Краснозем отличается самым низким уровнем pH среды (pH 4,3—4,4), а следовательно, и наименьшей буферностью к металлам. При увеличении pH среды с 5,9 до 7,2 поглощение Pb, Cd растениями снижается, а Pb и Cd в большем количестве фиксируется ППК. Коричневая и светло-лугово-коричневая почвы с pH 8 имеют наибольшую буферность к металлам, что обусловлено образованием осадков гидроокисей.

Так как в красноземе pH среды ниже, чем у других почв, т. е.

Таблица 2

Буферные свойства почв по отношению к Cu, Pb, Cd и F (ΔX мг/л: ΔX мг/100 г)

Почва (горизонт A_n)	Cu	Pb	Cd	F	
Дерново-подзолистая	0,03	0,002	0,05	0,26	
	0,01	0,009	0,003	0,04	
Торфяно-глебовая	0,06	0,016	0,01	0,14	
	0,03	0,032	0,002	0,19	
Коричневая	0,03	0,013	0,01	1,33	
	0,02	0,005	0,003	2,54	
Светло-лугово-коричневая:					
	без удобрений	0,02	0,001	0,007	0,36
		0,01	0,043	0,005	1,12
		0,04	0,007	0,03	0,59
240N270P225K	0,01	0,189	0,001	1,32	
Бурый желтозем:					
	A_n	0,01	0,006	0,02	0,01
		0,01	2,946	0,04	0,10
В	0,02	0,002	0,03	0,00	
	0,01	2,625	0,03	0,05	
Краснозем:					
	A_n	0,04	2,400	0,019	0,001
		0,04	2,844	0,47	0,001
		0,02	2,837	0,05	0,001
В	0,02	1,729	0,33	0,0002	

Примечание. Числитель — при внесении 3 мг элемента на 100 г; знаменатель — 30 мг элемента на 100 г.

больше ионов водорода, плотность протонов и экранирование отрицательных зарядов, то анионам фтора легче приблизиться к почвенным коллоидам с отрицательными зарядами, отсюда и наибольшая буферность к фтору.

Содержание гумуса и органических веществ в почве. Чем больше в почве содержится гумуса и органических веществ, тем больше буферность к тяжелым металлам в связи с образованием комплексных соединений. Как видно из табл. 1, торфяно-

глебовая почва богаче органическими веществами (потеря при прокаливании 40,3 %), поэтому она имеет и большую буферность к тяжелым металлам. Этот вывод подтверждается результатами экспериментов по определению комплексобразующей способности [3].

Химический состав почв влияет на их буферность. В коричневой и светло-лугово-коричневой почвах содержится много карбонатов (5—8 %), которые с тяжелыми металлами образуют осадки, в связи с этим они имеют большую буферность к Cu, Pb и Cd. В красноземе много Fe и Al, которые с F образуют комплексные соединения, что обуславливает наибольшую буферность к F. В желтоземе количество Fe, Al и Mn немного ниже, чем в красноземе, поэтому по буферности данная почва занимает место после краснозема.

Минералогический состав и емкость поглощения катионов. Буферность почв по отношению к тяжелым металлам и емкость поглощения катионов находятся в прямой зависимости от содержания минералов монтмориллонитовой группы в почве. Последние имеют слоистую структуру. Связь между трехслойными пакетами слабая, что обуславливает высокую емкость поглощения катионов [2]. Поэтому коричневая и светло-лугово-коричневая почвы, в которых содержится большое количество минералов этой группы, характеризуются высокой емкостью поглощения катионов (39,8—39,9 мг·кв/100 г), а следовательно, и высокой буферностью по отношению к Cu, Pb, Cd. Краснозем с большим количеством минералов коаллинитовой группы, кристаллы которых образованы двумя слоистыми пакетами (водородная связь между пакетами очень прочная),

отличается низкой емкостью поглощения катионов (2,6—8,4 мг·экв/100 г) и низкой буферностью почв по отношению к тяжелым металлам. И лишь по отношению к F буферность краснозема большая, поскольку количество отрицательных зарядов в каолините меньше, чем в монтмориллоните, и анионы F могут легко приблизиться к ним.

Механический состав почвы тоже влияет на ее буферность. В тяжелых почвах тяжелые металлы могут закрепляться [1]. Чем больше содержание глины и ила в почве, тем выше ее буферность по отношению к тяжелым металлам. Это прежде всего относится к торфяно-глеевой тяжелосуглинистой почве.

Длительность периода применения удобрений также отражается на буферности почв. Постоянное применение (более 15 лет) удобрений (мочевина, суперфосфата и K_2SO_4 : N — 240 кг/га, P_2O_5 — 270, K_2O — 225 кг/га) приводит к подкислению светло-лугово-коричневой почвы и уменьшает ее буферность к тяжелым металлам.

Количество тяжелых металлов в почве. При внесении низкой дозы указанных выше элементов их активность и концентрация меньше, чем при внесении высокой дозы. Это совпадает с рабочей гипотезой, согласно которой при малой насыщенности почв исследуемым элементом его растворимость определяется константами ионного обмена в процессе взаимодействия почвенного раствора и ППК, а при большей насыщенности — эффективным произведением растворимости образуемых им осадков. Это значит, что при низких дозах исследуемого элемента в ППК еще существуют свободные адсорб-

ционные места для ионного обмена, а при высоких дозах эти места уже заняты, ионный обмен находится в состоянии кинетического равновесия, остальные ионы в почвенном растворе могут образовать осадки с некоторыми катионами, когда произведение их концентрации выше эффективного произведения растворимости. Очевидно, по мере увеличения рН среды буферность почв к тяжелым металлам возрастает.

Судя по полученным данным, большая буферность к Cu, Pb и Cd свойственна карбонатным, хорошо гумусированным, более глинистым почвам с большей емкостью поглощения, а большая буферность к F — почвам, богатым подвижными соединениями Fe и Al, при величине рН среды, способствующей образованию их комплексов с F.

Полученные величины буферной емкости позволяют судить о том, насколько почва может быть загрязнена Cu, Pb, Cd, F, чтобы их концентрация или активность в растворе не превысила ПДК [2, 4, 5]. Предельно допустимые дозы поступления Cu, Pb, Cd, F в изученные почвы с учетом существующих ПДК представлены в табл. 3.

Как видно из данных табл. 3, в красноземе безопасные дозы Cu, Pb и Cd меньше, чем в остальных почвах, а F — больше. Если каждый год

Таблица 3
Предельно допустимые дозы поступления Cu, Pb, Cd и F (элементы в виде их солей, кг/га) в изученные почвы

Почва	Cu	Pb	Cd	F
Коричневая	2668	98,9	9,43	48,3
Светло-лугово-коричневая	6095	89,7	8,74	69,0
Желтозем	7590	135,7	1,61	156,4
Краснозем	1196	—	0,23	7981,0

вносить 150 кг фосфатных удобрений на 1 га, в которых содержание F составляет 56—60 мг/кг, Cd — 10—15 мг/кг, то концентрация F в исследуемых почвах не может быть выше ПДК, содержание Cd в красноземе может достигнуть ПДК уже через 102 года, а в остальных изученных почвах — через 716 лет.

Заклучение

Буферные свойства почв зависят от pH среды, содержания в них органического вещества, их химического, минералогического, механического состава, поглотительных свойств, ионного обмена, применения химических удобрений и т. д.

Из изученных почв Китая наибольшей подвижностью Cu, Pb и Cd отличаются почвы с кислой реакцией среды (краснозем, желтозем), наибольшей подвижностью F — карбонатные почвы (коричневая и светло-лугово-коричневая почвы), т. е. большая буферная емкость к Cu, Pb, Cd характерна для

нейтральных и хорошо гумусированных почв, к F — для почв, богатых подвижными формами Fe и Al, при условии образования ими комплексных соединений с F. Буферность почв к Cu, Pb, Cd и F как отношение изменения концентрации их водорастворимых форм в почвенном растворе к изменению количества элементов, внесенных в почву, при близких к естественным условиям pH среды может рекомендоваться в качестве показателя оценки и прогноза загрязнения ими почв в сельскохозяйственном производстве.

ЛИТЕРАТУРА

1. Кауричев И. С. Почвоведение.— М.: Агропромиздат, 1986.— 2. Руэце К., Кырстя С. Борьба с загрязнением почвы / Перев. с румын.— М.: Агропромиздат, 1986.— 3. Савич В. И., Трубицина Е. В., Муради Н. М., Диалло С. Б., Смолева О. С. Комплексообразующая способность компонентов почвенного раствора и органического вещества почв.— Изв. ТСХА, 1981, вып. 6, с. 76—85.

Статья поступила 3 мая 1990 г.

SUMMARY

The data about buffering in soils of China to heavy metals and fluorine are presented. The highest buffering to Cu, Pb, Cd is found in neutral and well humified soils, to F — in soils high in mobile forms of Fe and Al, provided they form complex compounds with F. The reasons of variation in buffering in different soils have been analyzed. Permissible doses of these pollutants are forecasted by determining their buffering.