

С.В.Лукин, доктор сельскохозяйственных наук

Ф.Н.Лисецкий, доктор географических наук

Белгородский государственный университет

В.Е.Львтушенко, доктор сельскохозяйственных наук

Всероссийский научно-исследовательский институт удобрений и агропочвоведения
имени Д.Н.Прянишникова

УДК 631.95/631.445.4

Нормирование содержания тяжелых металлов в черноземе

Установлены концентрации тяжелых металлов в черноземе типичном тяжелосуглинистом, при которых загрязненность продукции основных сельскохозяйственных культур превышает санитарно-гигиенические нормы.

С ОХРАНИТЬ почву в нативном состоянии в современных условиях невозможно, так как вся поверхность земного шара в той или иной степени подвержена воздействию антропогенных факторов, в частности загрязнению почвы тяжелыми металлами. В связи с этим важное значение приобретает вопрос экологического нормирования содержания тяжелых металлов в почве, предусматривающий установление их ориентировочно допустимых концентраций (ОДК) или предельно допустимых концентраций (ПДК). В настоящее время установлены ОДК валового содержания основных тяжелых металлов для разных почв и ПДК для подвижных форм, извлекаемых аммонийно-ацетатным буфером с рН 4,8 [5]. На основании этих нормативов в России выявлено почв, загрязненных свинцом, цинком, кадмием и медью, соответственно 519, 326, 184 и 1416 тыс. га [2].

Однако установленные ОДК и ПДК тяжелых металлов в почве условны. Они не имеют достаточного научного обоснования и на их основе можно лишь приблизительно судить о вероятности загрязнения растениеводческой продукции [1, 3]. Между тем именно через сельскохозяйственные растения тяжелые металлы попадают из почвы в организм человека. Поэтому при экологическом нормировании содержания тяжелых металлов в почве в первую очередь следует ориентироваться на получение экологически безопасной продукции.

Цель нашей работы - установить содержание свинца, цинка, кадмия, меди в черноземе типичном, при котором можно получать экологически безопасную растительную продукцию.

Материалы и методы

Исследования проводили в стационарных микрополевых опытах. Для моделирования различной степени загрязнения почвы свинцом, цинком, кадмием и медью использовали растворимые соли этих металлов [4]. Почва опытного участка - чернозем типичный тяжелосуглинистый, содержащий в пахотном слое 5,4 % гумуса, 74 мг/кг подвижного фосфора и 120 мг/кг подвижного калия (по Чирикову), рНси, - 5,8, сумма поглощенных оснований 35 мгэкв/100 г. Фоновое содержание валовых форм свинца, цинка, кадмия, меди в пахотном слое почвы составляло соответственно 21; 47; 0,97 и 16 мг/кг, подвижных форм этих же металлов - 0,7; 0,3; 0,25 и 0,3 мг/кг.

Результаты

Установлена высокая положительная корреляция между валовым содержанием тяжелых метал-

Determined concentrations of heavy metals in typical heavy loam chernozems that show the pollution of basic farm crops produce to exceed sanitary hygiene standards.

лов в почве и концентрацией их подвижных форм, извлекаемых аммонийно-ацетатным буфером с рН 4,8. Коэффициент множественной корреляции (R) был в пределах 0,86...0,99. Наблюдалась тесная связь между концентрацией тяжелых металлов в почве и их накоплением в растениях ($R = 0,8...0,99$), что дало возможность по уравнениям регрессии с высокой степенью достоверности рассчитать содержание тяжелых металлов в почве, при которых загрязнение продукции основных продовольственных культур превышало санитарно-гигиенические нормы. При этом загрязненность почвы не влияла на урожайность сельскохозяйственных культур.

Растительная продукция считается экологически безопасной для использования в продовольственных целях, если содержание в ней тяжелых металлов не превышает ПДК [5]. Предельно допустимые концентрации свинца, цинка, кадмия и меди в зерне составляют соответственно 0,5; 50; 0,1; 10 мг/кг, овощей, включая картофель, - 0,5; 10; 0,03; 5 мг/кг. Сельскохозяйственные растения сильно различаются по способности аккумулировать тяжелые металлы. Так, картофель проявлял высокую толерантность к накоплению свинца и цинка (см. таблицу). Загрязнение клубней происходило при содержании этих металлов в почве значительно выше официально установленных показателей ОДК и ПДК. В то же время кадмием эта продукция загрязнялась при валовом содержании его в почве 1,8 мг/кг, что даже ниже ОДК (2 мг/кг). При таком же содержании кадмия в почве становилось экологически опасным зерно пшеницы и гороха. Наиболее высокую толерантность к накоплению кадмия проявил ячмень.

Для оценки экологической безопасности растительной продукции, используемой в кормовых целях, установлены максимально допустимые уровни (МДУ). МДУ свинца, кадмия, меди для зерна, сочных и грубых кормов, корнеплодов составляют соответственно 5; 0,3; 30 мг/кг, цинка для корнеплодов - 100 мг/кг, для остальных кормов - 50 мг/кг. Опытные культуры не накапливали свинец выше МДУ даже при валовом содержании этого токсиканта в почве 411 мг/кг, что в 20 раз выше фоновых показателей и в 3 раза выше ОДК. Исключение составляли люцерна и горох, однако в горохе свинцом загрязнялась солома, а не зерно (см. таблицу). Не установлено загрязнения цинком выше МДУ продукции картофеля, гороха, кукурузы, сахарной и кормовой свеклы. Загрязненность продукции пшеницы, ячменя, люцерны этим металлом превышала МДУ, но при довольно высоком его содержании в почве. Кадмий считается одним из самых опасных тяжелых металлов. Большинство растений харак-

Культура	Концентрация форм, мг/кг					
	Pb		Zn		Cd	
	валовых	подвижных	валовых	подвижных	валовых	подвижных
<i>Продовольственные</i>						
Картофель, клубни	293	51	> 707	> 180	1,8	0,7
Горох, зерно	144	19	> 707	> 180	1,8	0,7
Пшеница, зерно	138	24	350	92	2,1	0,7
Ячмень, зерно	211	39	392	103	5,9	2,0
<i>Кормовые</i>						
Картофель, клубни	> 411	> 73	> 707	> 180	> 6,97	> 2,3
Горох						
зерно	> 411	> 73	> 707	> 180	> 6,97	> 2,3 ¹
солома	159	22	> 707	> 180	2,2	0,8
Пшеница						
зерно	> 411	> 73	350	92	6,7	2,2
солома	> 411	> 73	> 707	> 180	2,2	0,7
Ячмень'						
зерно	> 411	> 73	392	103	> 6,97	> 2,3
солома	> 411	> 73	414	114	> 6,97	> 2,3
Сахарная свекла						
корнеплоды	> 411	> 73	> 707	> 180	> 6,97	> 2,3
ботва	> 411	> 73	> 707	> 180	4,3	1,6
Кормовая свекла						
корнеплоды	> 411	> 73	> 707	> 180	6,6	2,2
ботва	> 411	> 73	> 707	> 180	3,6	1,2
Кукуруза, силос	> 411	> 73	> 707	> 180	> 6,97	> 2,3
Люцерна, сено	293	55	279	74	2,7	1,0

теризовалось слабой толерантностью к его накоплению. В соломе гороха кадмий накапливался в концентрациях выше МДУ при его валовом содержании в почве 2,2 мг/кг, в сене люцерны - при содержании 2,7 мг/кг. Не загрязнялись кадмием картофель, ячмень, кукуруза.

Наиболее слабо поглощалась растениями медь. Несмотря на то что в опыте были смоделированы очень высокие уровни содержания меди в почве (544 мг/кг валовое содержание, 100 мг/кг - содержание подвижных форм), ни одна из изучаемых культур не накапливала этот металл выше установленных ПДК и МДУ.

Исследования показали, что практически для каждого сельскохозяйственного растения должен быть установлен свой ОДК тяжелых металлов в почве. Однако при эколого-токсикологической оценке почв и картировании удобнее использовать единые ОДК подвижных форм тяжелых металлов в почве. В качестве таких ОДК, на наш взгляд, целесообразно использовать уровни, при которых происходит загрязнение продукции наименее толерантных сельскохозяйственных культур. По результатам исследований, за ОДК подвижных форм свинца, цинка, кадмия в черноземе типичном тяжелосуглинистом с pH > 4,8 можно принять соответственно

19; 74 и 0,7 мг/кг. ОДК подвижной меди составляет не менее 100 мг/кг.

Установив для каждой сельскохозяйственной культуры безопасный уровень содержания тяжелых металлов в почве, можно путем подбора наиболее толерантных к накоплению их растений даже на загрязненных почвах получать экологически безопасную продукцию. Такой способ мелиорации загрязненных почв - наиболее эффективный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Ильин В.В. К экологии промышленных городов. Тяжелые металлы и радионуклиды в агроэкосистемах/Матер. науч.-практ. конф.-М.: МГУ, 1994.
2. Кузнецов А.В. Контроль техногенного загрязнения почв и растений//Агрехимический вестник. 1997. № 5.
3. Лукин С.В., Солдат И.Е., Пендюрин Е.А. Закономерности накопления цинка в сельскохозяйственных растениях//Агрехимия. 1999. № 2.
4. Лукин С.В. Эколого-агрехимические основы адаптивных систем земледелия для эрозионно-опасных и загрязненных тяжелыми металлами агроландшафтов в ЦЧР России: Авто реф. дис. д-ра с.-х. наук.-М.: ВИУА, 1999.
5. Овчаренко М.Ж. Тяжелые металлы в системе почва-растение-удобрение.-М: ЦИНАО, 1997.