

ВЛИЯНИЕ АГРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ЗЕЛЕННОЙ МАССОЙ КУКУРУЗЫ

Ю. В. Путятин, И. М. Богдевич, Н. В. Сидорейко
Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в республике ведущей кормовой культурой стала кукуруза, возделываемая на зерно и силос. Под кукурузу теперь отводится около 1 млн га, или до 18 % посевной площади. В зоне радиоактивного загрязнения белорусского Полесья доля кукурузы в посевах ещё выше и достигает 25-30 %.

Для производства нормативно-чистой продукции растениеводства в загрязнённых районах Беларуси на протяжении многих лет обеспечивается достаточно высокий уровень проведения защитных мероприятий (соответствующий практически 100 % от потребности), в том числе: известкование кислых почв, внесение повышенных доз фосфорных и калийных удобрений. Применение агрохимических контрмер дало не только положительный эффект – снижение содержания радионуклидов в сельскохозяйственной продукции, но и повысило плодородие загрязнённых почв. Средневзвешенные значения pH загрязнённых пахотных почв в настоящее время превышают допустимые показатели на 0,27 единиц по Гомельской области и на 0,40 по Могилевской. В ряду районов доля почв с реакцией близкой к нейтральной ($\text{pH}_{(\text{KCl})} > 6,5$) достигает 41 %. Средневзвешенное содержание подвижных форм калия в пахотных почвах, загрязнённых радионуклидами, за послепаварийный период повысилось в Гомельской, Могилевской и Брестской областях на 64, 36 и 23 мг $\text{K}_2\text{O}/\text{кг}$ почвы соответственно. Аналогичная ситуация наблюдается с обеспеченностью загрязнённых почв подвижными фосфатами, содержание которых возросло в Гомельской и Могилевской областях на 57 и 29 мг P_2O_5 на кг почвы соответственно. Вместе с тем наблюдаются и существенные различия в обеспеченности фосфором и калием, степени кислотности почв по полям севооборотов и рабочим участкам [1, 2]. В настоящее время остается открытым вопрос об оптимальных уровнях агрохимических характеристик почв, которые, с одной стороны, соответствовали бы максимальной агрономической эффективности при возделывании сельскохозяйственных культур, а с другой – способствовали наименьшему накоплению радионуклидов в растениях. Кроме того, нерациональное применение удобрений приводит к увеличению себестоимости продукции и снижению рентабельности производства. В связи с этим в условиях радиоактивного загрязнения сельскохозяйственных земель на первый план ставится задача оптимизации защитных мероприятий на основе учета всей совокупности агрохимических, радиологических и экономических факторов.

Цель исследований – установить количественные параметры зависимости накопления ^{137}Cs в зелёной массе кукурузы от агрохимических свойств дерново-подзолистых супесчаных почв.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Маршрутные исследования проводили в 2014-2016 гг. путём отбора проб зелёной массы кукурузы в фазу молочно-восковой спелости зерна и сопряжённых образцов почв в производственных посевах Хойникского и Брагинского районов Гомельской области методом учетных площадок на дерново-подзолистых супесчаных почвах. Почвенные образцы отбирали из пахотного слоя (0-20 см). Все измерения удельной активности ^{137}Cs в растительных образцах (Бк/кг) пересчитывали на стандартную влажность 75 %.

Агрохимические показатели почв определяли по общепринятым методикам: гумус – по Тюрину в модификации ЦИНАО (0,4 н $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$ – ГОСТ 26213-91), обменную кислотность – $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ потенциометрическим методом (1 М KCl – ГОСТ 26483-85), содержание подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову (0,2 М HCl – ГОСТ 26207-91), обменных форм кальция и магния – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 (1 М KCl – ГОСТ 26487-85).

Измерения удельной активности ^{137}Cs в растительных и почвенных образцах проводили в соответствии с методами испытаний МИ 2143-91 «Государственная система обеспечения единства измерений. Активность радионуклидов в объемных образцах. Методика выполнения измерений на гамма-спектрометре», утвержденными 28.12.1990 г. Линия гамма-излучения ^{137}Cs соответствовала 661,66 кэВ. Ошибка измерений не превышала 5–7 %. Для измерений использовался гамма-спектрометр ORTEC с германиевым детектором GEM-C5970P4 и разрешением на линии 1332 кэВ – 1,79 кэВ. Геометрия измерений – сосуд Маринелли емкостью 1 л.

Коэффициенты перехода (K_p) радионуклида ^{137}Cs из почвы в растения рассчитывались по формуле:

$$(1) \quad K_p = \frac{A_p}{A_s}$$

где:

A_p – удельная активность радионуклида в растении, (Бк/кг);

A_s – плотность загрязнения почвы радионуклидом, (кБк/м²).

Значения агрохимических свойств почв, при которых наблюдается минимальное накопление ^{137}Cs , рассчитывали на основе квадратичной функции распределения путем деления коэффициента пропорциональности первого порядка на удвоенное значение коэффициента второго порядка. Для математической обработки экспериментального материала использовали регрессионный, корреляционный и методы описательной статистики с использованием программ MS Excel, STATISTICA Program, StatSoft Inc. (2001).

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В Беларуси вегетационные периоды с показателями ГТК (гидротермический коэффициент – условный показатель увлажнения по Селянинову) характеризуются: от 0,2 до 0,4 – сухие; от 0,4 до 0,7 – очень засушливые; от 0,7 до 1,0 – засушливые, от 1,0 до 1,3 – слабозасушливые, 1,3-1,6 – оптимальные, а больше 1,6 – влажные [3]. Погодные условия в годы исследований можно охарактеризовать как засушливые. ГТК по данным Брагинской метеостанции составили в 2014 г. – 1,0; в 2015 г. – 0,7 и в 2016 г. – 1,0. Усредненные коэффициенты перехода ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы в 2014 г. составили 0,0122 (медиана – 0,0111), в 2015 г. – 0,0063 (медиана – 0,0060) и в 2016 г. – 0,0076 (медиана – 0,0053). Вегетационный период 2015 г. характеризовался меньшим количеством осадков по сравнению с 2014 г., что в некоторой степени вызвало пониженное накопление ^{137}Cs растениями кукурузы в 2015 г.

Несмотря на то что химический состав растений контролируется генетически, уровень минерального питания оказывает существенное влияние на химический состав продукции растениеводства. При этом более значительные изменения химического состава от условий питания характерны для вегетативных органов, нежели для репродуктивных. Корреляционный анализ показал достаточно тесную отрицательную взаимосвязь (r) между агрохимическими показателями дерново-подзолистой супесчаной почвы и коэффициентами перехода (K_p) ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы. В среднем за 3 года, наиболее тесная отрицательная взаимосвязь K_p ^{137}Cs была отмечена с содержанием в почве подвижного калия ($r = -0,57$), обменного магния ($r = -0,54$) и гумуса ($r = -0,52$) (табл. 1).

Таблица 1

Коэффициенты корреляции (r) между агрохимическими показателями дерново-подзолистой супесчаной почвы и коэффициентами перехода (K_p) ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы (2014–2016 гг.)

Год	n	Гумус, %	рН _(KCl)	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg		
				Подвижный		Обменный			
				мг/кг почвы					
				r					
2014	59	-0,35	-0,21	-0,15	-0,46	-0,09	-0,43		
2015	29	-0,58	-0,50	-0,23	-0,66	-0,47	-0,62		
2016	29	-0,63	-0,29	-0,43	-0,59	-0,41	-0,56		

Важным показателем, определяющим миграционную способность радионуклидов, является содержание в почвенном компоненте органического вещества. Органическое вещество почвы способно образовывать сложные комплексные соединения с поллютантами, поэтому в почвах с высоким содержанием гумуса они менее доступны для растений. Гумус объединяет огромный комплекс или группу химических веществ, в состав которых входит как органическая часть (гуминовые и фульвокислоты), так и неорганическая составляющая – химические элементы неорганического происхождения. Органическая часть гумуса – гуминовые кислоты, которые обладают высокой сорбционной емкостью по отношению к рудным элементам, а также изотопным носителям долгоживущих радионуклидов: 1 г гуминовых кислот сорбирует 30 мг цезия, 18 мг стронция. В связи с этим гуминовые кислоты выступают как эффективный геохимический барьер, ограничивающий подвижность ионов радионуклидов [4].

В наших исследованиях зависимость перехода ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы от содержания гумуса в почве удовлетворительно описывалась вогнутой параболой второго порядка ($R^2=0,30-0,77$). Содержание гумуса, при котором отмечено минимальное накопление ^{137}Cs , составило 3,1 % и находилось в пределах 2,8–3,5 %. Наиболее заметное снижение поступления ^{137}Cs наблюдается до 2,8 % (табл. 2, рис. 1). Полученное среднее значение несколько выше верхнего уровня диапазона оптимального содержания гумуса для дерново-подзолистых связносупесчаных почв, который установлен в пределах 2,4–2,8 % [1]. По данным последнего тура обследования, доля пахотных почв с содержанием гумуса более 3 % в наиболее пострадавших районах составляет 18,1, 24,4 и 14,0 % в Брагинском, Наровлянском и Хойникском районах соответственно [1].

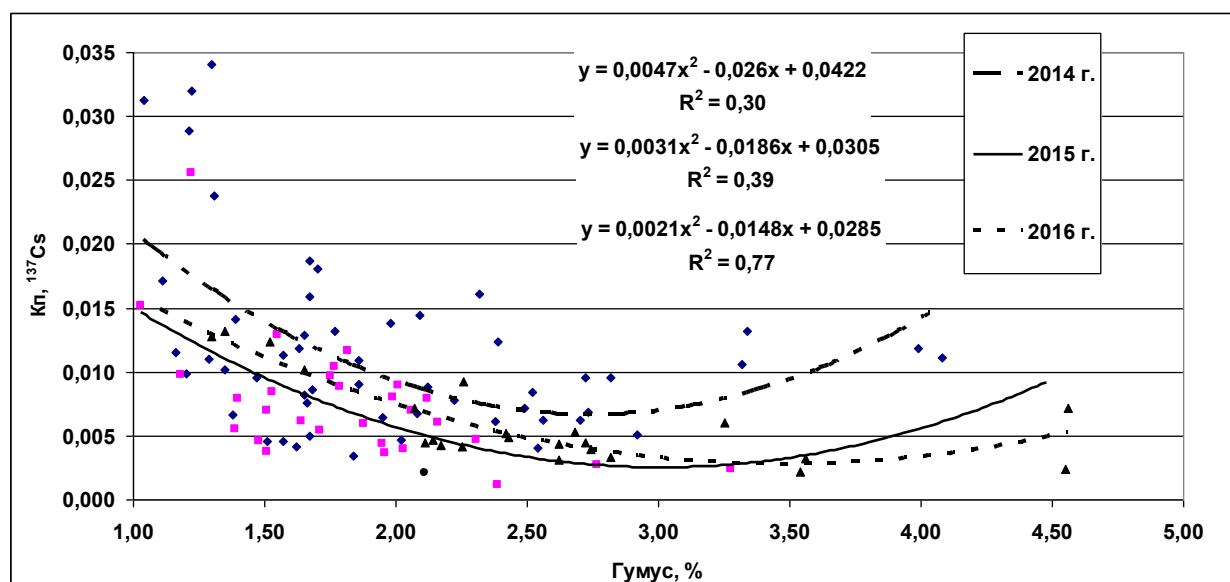


Рис. 1. Коэффициенты перехода (K_p) ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы в зависимости от содержания гумуса в дерново-подзолистых супесчаных почвах

При нейтрализации кислотности почв и повышении показателя pH, радионуклиды могут переходить из ионной формы в различные гидролизные комплексные соединения, что снижает их доступность для растений. Кислотность оказывает и косвенное влияние на сорбцию почвами радионуклидов, изменяя емкость катионного обмена [5, 6]. Оптимальные параметры показателя pH для основных культур, возделываемых на дерново-подзолистых связносупесчаных почвах Беларуси, установлены в интервале 5,8–6,5 [1]. В наших исследованиях минимальное накопление ^{137}Cs зеленой массой кукурузы имело место при значении pH, которое, в среднем за три года, составило 6,3 и варьировало в пределах 6,1–6,5. Однако, заметное снижение поступления ^{137}Cs в растения кукурузы наблюдается при нейтрализации кислотности от сильнокислого интервала до pH 6,0 (рис. 2, табл. 2). Рассчитано, что увеличение $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ почвы на 0,1 единицы в интервале 5,0–6,0 вызывает уменьшение накопления ^{137}Cs кукурузой на 5 %. По данным последнего тура обследования доля пахотных почв с pH более 6,0 в наиболее пострадавших районах составляет в Брагинском, Наровлянском и Хойникском районах 48, 43 и 52 % соответственно [1].

Экспериментально установлено на ряде культур, что абсолютное, минимальное накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческой продукции достигается при дальнейшем сдвиге реакции почв на 0,2–0,3 единицы pH в сторону щелочного диапазона [2]. Однако снижение накопления радионуклидов в растениях в нейтральном и щелочном диапазонах незначительно, им можно пренебречь. В нейтральном и щелочном диапазонах заметно снижается доступность растениям некоторых микроэлементов (Mn, Cu, Zn). Поэтому дозы извести на загрязненных радионуклидами почвах определены для достижения оптимальных диапазонов кислотности почв из расчета на максимальную урожайность возделываемых культур [7].

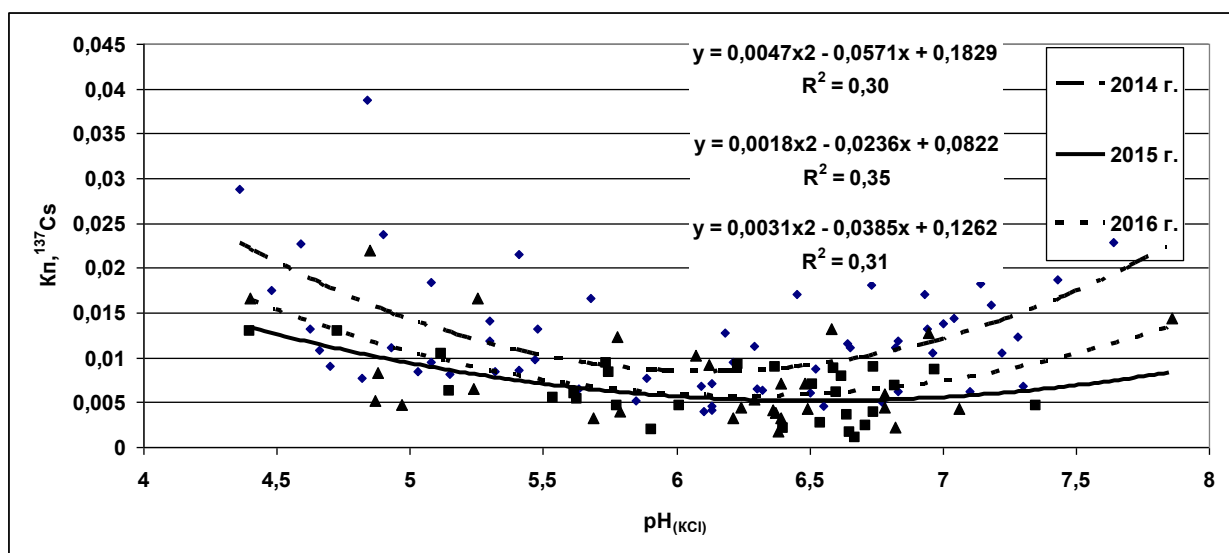


Рис. 2. Коэффициенты перехода (K_p) ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы в зависимости от обменной кислотности дерново-подзолистых супесчаных почв

Применение калийных удобрений является одним из основных агрохимических приемов, ограничивающих поступление ^{137}Cs из почвы в растения в 1,5–3 раза [7–11]. По мнению ряда авторов [12–14], калийные удобрения снижают переход ^{137}Cs за счет увеличения концентрации ионов калия в почвенном растворе и антагонистического характера поведения ионов цезия и калия при поглощении их растениями. При этом эффективность агрохимических мероприятий может быть определена по степени снижения отношения $^{137}\text{Cs}^+/\text{K}^+$ в почвенном растворе [15].

Максимальное воздействие калийных удобрений на переход ^{137}Cs в растения наблюдается на малоплодородных, бедных элементами питания почвах, и с увеличением степени обеспеченности почв калием эффективность этого защитного мероприятия снижается [11, 12]. При этом уменьшение накопления ^{137}Cs в растениях чаще всего происходит по гиперболической кривой, первая часть которой с увеличением в почве обменного калия представляет собой быструю компоненту снижения биологической аккумуляции ^{137}Cs , а вторая, по мере насыщения ППК калием, характеризует процесс замедленного снижения накопления ^{137}Cs .

В связи с этим на почвах, с оптимальным для растений содержанием калия, дополнительное внесение калийных удобрений оказывает менее значимое влияние на уменьшение накопления ^{137}Cs в урожае сельскохозяйственных культур, что говорит о необходимости различного подхода к проведению защитных агрохимических мероприятий на почвах с различной степенью окультуренности. С практической точки зрения наибольший интерес представляет зона перехода быстрой компоненты снижения в замедленную, область расположения которой представляет собой минимально значимые оптимальные параметры содержания подвижных форм калия в минеральных почвах, подвергшихся радиоактивному загрязнению и достижение которых обладает наибольшей экономической и радиологической эффективностью. Кроме того, поддержание данных уровней содержания калия на радиоактивно загрязненных землях в наибольшей степени способствует предотвращению накопления ^{137}Cs в продукции сельскохозяйственных культур [16].

Уровень обеспеченности почв подвижными формами питательных веществ в почве принадлежит к числу переменных величин, которые взаимодействуют по принципу обратной связи. В связи с чем оптимальный уровень содержания подвижных форм калия в почве будет варьировать в зависимости от культуры и от характеристик, определяющих ее плодородие [16–20].

Определение уровней оптимального содержания подвижных форм калия в почве представляет значительные методические трудности также из-за того, что способность растений использовать питательные элементы зависит не только от их запасов в корнеобитаемом слое почвы («фактор емкости»), но и от степени подвижности элементов в системе почва – раствор («фактор интенсивности»). При одинаковом запасе подвижных форм калия в почве доля непосредственно усвояемого калия из почв легкого гранулометрического состава существенно выше, чем из суглинистых разновидностей [17, 19].

В наших исследованиях минимальное накопление ^{137}Cs зеленой массой кукурузы отмечено при достаточно высоком содержании подвижного калия – 436 мг/кг и варьировало по годам в пределах 385–462 мг/кг почвы ($R^2 = 0,41–0,64$), наиболее интенсивное снижение поступления радионуклида наблюдалось до 350 мг/кг (табл. 2, рис. 3). Данные показатели несколько превышают агрохимические оптимумы (250–300 мг K_2O /кг почвы), установленные для дерново-подзолистых связно-супесчаных почв [1]. По данным последнего тура обследования, доля пахотных почв с со-

держанием подвижного калия более 300 мг/кг в наиболее пострадавших районах составляет 32, 20 и 52 % в Брагинском, Наровлянском и Хойникском районах соответственно [1].

На радиоактивно загрязненных территориях оптимальные уровни содержания калия определяются не только с агрономической, но и радиологической точки зрения. При этом в ряде случаев при повышенной требовательности возделываемых культур к почвенному плодородию и разной степени подвижности ^{137}Cs в почве эти параметры могут не совпадать по своим значениям, что определяет необходимость устанавливать в разных случаях минимально значимые агрохимические или радиологические параметры. Однако в настоящее время достижение минимального содержания ^{137}Cs в зеленой массе кукурузы не имеет экономического смысла, т. к. кукуруза отличается сравнительно невысокими параметрами перехода цезия в продукцию. Так, при плотности загрязнения 1480 кБк/кг (40 Ки/км²) и содержании в дерново-подзолистой супесчаной почве подвижных форм калия на уровне 250 мг K_2O на кг почвы коэффициент перехода не превысит 0,01, а активность ^{137}Cs в зеленой массе кукурузы не будет выше 15 Бк/кг, при допустимой концентрации для кормления дойного стада 165 Бк/кг [7]. В данном случае следует ориентироваться на оптимальный диапазон содержания подвижных форм калия для получения высокой урожайности кукурузы – агрохимические оптимумы.

На пахотных землях при возделывании зерновых культур на основании анализа «затраты-выгода» показано, что затраты на предотвращение коллективной дозы за счет повышения содержания калия составляют от 80 до 700 тыс. USD на 1 чел.-Зв в зависимости от плотности загрязнений почв ^{137}Cs пострадавших районов, что является экономически не целесообразным при нормативе в 40 тыс. USD [22].

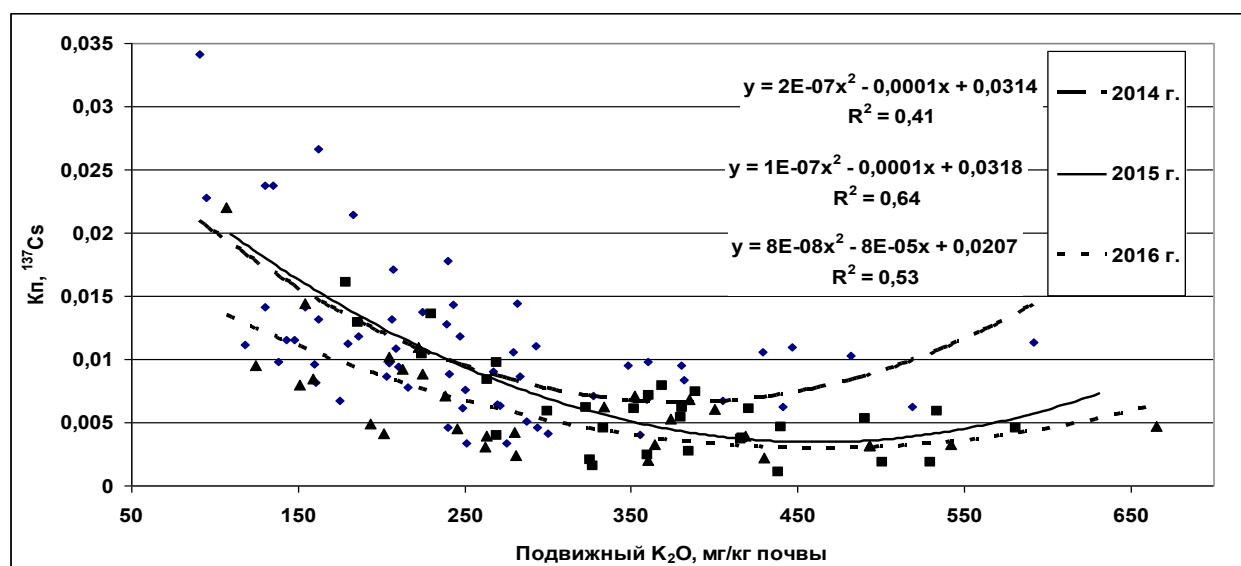


Рис. 3. Коэффициенты перехода (K_p) ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы в зависимости от содержания подвижного калия в дерново-подзолистых супесчаных почвах

Положительная роль известкования многогранна и не сводится к изменению реакции почвы. Важный механизм влияния извести на рост растений состоит в изменении ионного состава и концентрации элементов питания в почвенном растворе и поглощающем комплексе. Нейтрализация кислотности доломитовой мукой сопровождается увеличением в почве содержания обменных форм магния, который, как и калий, в почвенном растворе может вступать в антагонизм с цезием при поглощении их растениями.

Наши исследования в производственных посевах кукурузы показали, что повышение содержания обменного магния в почве способствовало снижению содержания ^{137}Cs в урожае зеленой массы кукурузы. По результатам маршрутных исследований величина содержания обменного магния, при котором отмечается минимальное накопление ^{137}Cs кукурузой, составило 244 мг/кг и варьирует по годам в пределах 197–302 мг/кг в пересчете на Mg.

Согласно действующим градам по содержанию обменного магния (MgO) минеральные почвы Республики Беларусь подразделяются на очень низкообеспеченные (менее 60 мг/кг), низкообеспеченные (61–90 мг/кг), среднеобеспеченные (91–150 мг/кг), с повышенным содержанием (151–300 мг/кг), высокообеспеченные (301–450 мг/кг) и очень высокообеспеченные (более 450 мг/кг) [21]. Средняя величина агроэкологического оптимума содержания обменного магния, при котором отмечается минимальное накопление ^{137}Cs кукурузой, соответствует высокообеспеченным почвам по данному элементу. По данным последнего тура обследования доля пахотных почв

с содержанием обменного магния более 300 мг/кг почвы MgO в наиболее пострадавших районах составляет 26, 24,5 и 18 % в Брагинском, Наровлянском и Хойникском районах соответственно [1].

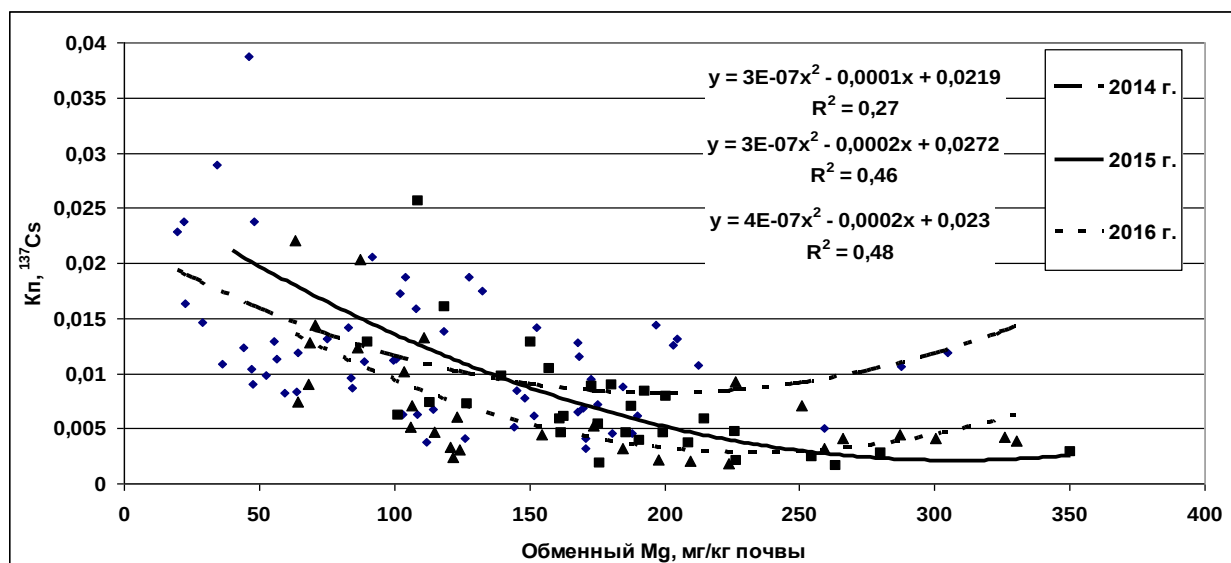


Рис. 4. Коэффициенты перехода (K_p) ^{137}Cs в зеленую массу кукурузы в зависимости от содержания обменного магния в дерново-подзолистых супесчаных почв

Таблица 2

Параметры агрохимических показателей дерново-подзолистых супесчаных почв, обеспечивающие минимальное поступление ^{137}Cs (K_p) в зеленую массу кукурузы

Агрохимический показатель	Значение минимума		Величина аппроксимации (R^2) K_p ^{137}Cs и агрохимических показателей	
	среднее	интервал	среднее	интервал
Гумус, %	3,1	2,8–3,5	0,49	0,30–0,77
$\text{pH}_{(\text{KCl})}$	6,3	6,1–6,5	0,32	0,30–0,35
K_2O , мг/кг почвы	436	385–462	0,53	0,41–0,64
Mg, мг/кг почвы	244	197–302	0,40	0,27–0,48

Таким образом, в качестве минимально значимых оптимальных уровней содержания калия в загрязненных минеральных почвах следует понимать некоторую зону, в пределах которой при прочих благоприятных факторах урожайность возделываемых культур и кратность снижения накопления ^{137}Cs , достигнув наибольших величин, стабилизируется или изменяется в дальнейшем незначительно. Конкретное численное значение оптимума целесообразно устанавливать по его нижней и верхней границам отдельно для каждой групп почв и сельскохозяйственных культур.

ВЫВОДЫ

1. В результате маршрутных исследований, проведенных на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных радионуклидами, установлены пределы параметров агрохимических свойств почв, при которых обеспечивается минимальное накопление ^{137}Cs растениями. Минимум биологической доступности ^{137}Cs для кукурузы, возделываемой на зеленую массу, отмечен при содержании гумуса 3,1 (2,8–3,5) %, подвижного калия – 436 (385–462) мг/кг, обменного магния – 244 (197–302) мг/кг и $\text{pH}_{(\text{KCl})}$ – 6,3 (6,1–6,5).

2. Эффективность насыщения почвы органическим веществом, калием и магнием в дискриминации ^{137}Cs значительно выше на почвах с низкой обеспеченностью данными элементами питания растений.

3. Определение интервалов агроэкологических оптимумов, в границах которых обеспеченность почв элементами питания, не приводит к существенным изменениям в накоплении радионуклидов, позволяет более рационально подходить к программированию повышения плодородия почв, ставить конкретные цели применительно к каждому участку с учетом биологических особенностей растений и наиболее адекватно оценивать эколого-экономическую эффективность защит-

ных агрохимических мероприятий в радиационно-стабильных условиях, характеризующихся прочностью фиксации радиоцезия и его низкими переходами в растения.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрохимическая характеристика почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь (2013–2016 гг.) / И.М. Богдевич [и др.]; под ред. И. М. Богдевича; Ин-т почвоведения и агрохимии. – Минск: ИВЦ Минфина, 2017. – 275 с.
2. Путятин, Ю. В. Минимизация поступления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в растениеводческую продукцию: монография / Ю. В. Путятин – Минск, 2008. – 255 с.
3. Мельник, В. И. Агроклиматические ресурсы Белорусской ССР / В. И. Мельник, М. А. Гольберг. – Минск, 1985. – 450 с.
4. Смагин, А. И. Экология водоемов зоны техногенной радиационной аномалии на Южном Урале / А. И. Смагин. – Пермь, 2008. – 51 с.]
5. Алексахин, Р. М. Поведение ^{137}Cs в системе почва–растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожай / Р. М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127–132.
6. Анненков, Б. Н. Основы сельскохозяйственной радиологии / Б. Н. Анненков, Е. В. Юдинцева. – М.: Агропромиздат, 1991. – 287 с.].
7. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.]; под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2003. – 72 с.
8. Апробация технологий реабилитации сельскохозяйственных угодий с высокими уровнями радиоактивного загрязнения, временно выведенных из землепользования после аварии на ЧАЭС / И. Е. Титов [и др.] // Радиация и риск. – 2012. – Т. 21. – № 2. – С. 33–38.
9. Накопление ^{137}Cs сельскохозяйственными культурами на песчаных и супесчаных почвах Белорусского Полесья под влиянием различных мелиорантов / Н. И. Санжарова [и др.] // Сельскохозяйственная биология. – 1996. – № 5. – С. 55–60.
10. Снижение накопления ^{137}Cs в сельскохозяйственных культурах под воздействием мелиорантов / В. К. Кузнецов [и др.] // Агрохимия. – 1995. – № 4. – С. 7–79.
11. Юдинцева, Е. В. О роли калия в доступности ^{137}Cs растениям / Е. В. Юдинцева, Э. М. Левина // Агрохимия. – 1982. – № 4. – С. 75–83.
12. Алексахин, Р.М. Агрохимия ^{137}Cs и его накопление сельскохозяйственными растениями / Р.М. Алексахин, И. Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1977. – № 2. – С. 129–142.
13. Моисеев, И. Т. К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность ^{137}Cs из почвы сельскохозяйственным растениям / И. Т. Моисеев, Ф. А. Тихомиров, Л. А. Рерих // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С. 89–94.
14. Quantitative analysis of radiocæesium retention in soils / A. Cremers [et al.] // Nature. – 1988. – Vol. 335. – P. 247–249.
15. Nisbet, A. F. Application of fertilisers and ameliorants to reduce soil to plant transfer of radiocæesium and radiostrontium in the medium to long term – a summary / A. F. Nisbet // Sci. Total Environ. – 1993. – № 137. – P. 173–182.
16. Кузнецов, В. К. Научные основы и системы мероприятий по реабилитации радиоактивно загрязненных сельскохозяйственных территорий в адаптивно-ландшафтном земледелии: автореф. дис. ...д-ра. биол. наук: 03.01.01 / В. К. Кузнецов; ГНУ «ВНИИСХРАЭ». – Обнинск, 2014. – 51 с.
17. Величко, В. А. Оптимальные уровни содержания подвижного фосфора и обменного калия в дерново-подзолистой и серой лесной почвах центрального района Нечерноземной зоны России для основных полевых культур / В. А. Величко, В. А. Прошкин. – Агрохимия. – 1999. – № 12. – 359 с.
18. Дерюгин, И. П. Агрохимическое обоснование оптимальных параметров содержания в почве подвижных форм фосфора и калия и оптимизация доз фосфорных и калийных удобрений на дерново-подзолистых почвах / И. П. Дерюгин, Н. А. Кирпичников, В. В. Прокошев // Агрохимия. – 1995. – № 2. – С. 3–11.
19. Минеев, В. Г. Агрохимические и экологические функции калия: монография / В. Г. Минеев. – М: Изд-во МГУ, 1999. – 332 с.
20. Оптимальные параметры плодородия почв: монография; под ред. Т. Н. Кулаковской. – М.: Колос, 1984. – 271 с.
21. Крупномасштабное агрохимическое и радиологическое обследование почв сельскохозяйственных земель Республики Беларусь: методические указания / И. М. Богдевич [и др.]; под ред. И. М. Богдевича. – Минск: Ин-т почвоведения и агрохимии, 2012. – 48 с.
22. Путятин, Ю. В. Прогноз снижения коллективной дозы облучения населения Республики Беларусь за счет оптимизации содержания подвижного калия в почвах, загрязненных ^{137}Cs /

INFLUENCE OF AGROCHEMICAL PROPERTIES OF SOD-PODZOLIC SANDY SOIL ON THE ACCUMULATION ^{137}Cs BY GREEN MASS OF CORN

Yu. V. Putyatin, I. M. Bogdevitch, N. V. Sidoreiko

Summary

The close negative nonlinear correlations have been found between indexes of soil fertility and ^{137}Cs accumulation by corn in field experiments conducted on sod-podzolic sandy soils. The minimum bioavailability of ^{137}Cs for corn cultivated for green mass was observed at the organic matter content of 3.1 (2.8–3.5) %, mobile potassium – 436 (385–462) ppm, exchange magnesium – 244 (197–302) ppm and pH(KCl) – 6.3 (6.1–6.5). The effectiveness of soil saturation with organic matter, potassium and magnesium in ^{137}Cs discrimination is much higher on soils with low supply of these nutrients for plants.

Поступила 21.11.18