

УДК [631.811+631.415:631.445.2]:633.853.494«321»+635.21

Ю. В. ПУТЯТИН, Т. М. СЕРАЯ, А. И. СОКОЛИК

**ВЛИЯНИЕ КАЛИЙНОГО ПИТАНИЯ И КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ
СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ НА УРОЖАЙ И НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs И ^{90}Sr
ЯРОВЫМ РАПСОМ И КАРТОФЕЛЕМ**

Институт почвоведения и агрохимии НАН Беларуси

(Поступила в редакцию 24.10.2005)

Почва как основной компонент агроценоза оказывает определяющее влияние на интенсивность включения радионуклида в биологические цепочки. Способность почв и грунтов поглощать различные вещества, в том числе и радиоактивные, оказывает большое влияние на характер передвижения радионуклидов в почвах, доступность их растениям, поступление в корм животных и пищу человека [1–3, 8].

Ранее проведенные многочисленные эксперименты показали, что наиболее эффективными способами уменьшения поступления ^{137}Cs и ^{90}Sr из почвы в растения на легких по гранулометрическому составу почвах является применение калийных удобрений и известкование [2–8]. Величина перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в растения в значительной степени зависит от кислотности почвы и обеспеченности ее элементами минерального питания [3, 9, 12, 13, 15, 17].

Корневое поглощение радионуклидов из почвенного раствора является процессом, контролируемым физиологическим состоянием растения. Транспорт Са осуществляется преимущественно в апопласте путем свободной диффузии, ускоряемой водными потоками, в объеме клеточной стенки, где часть ионов находится в растворе, идентичном внешнему почвенному раствору [19]. Перенос ^{137}Cs в симпласт осуществляется высокоаффинным механизмом транспорта катионов, избирательными калиевыми каналами и неизбирательной ионной утечкой; итоговый уровень накопления определяется балансом этих механизмов [16].

Особенно сильными накопительными свойствами обладают клеточные оболочки. По данным Г. Д. Матусова и др. [11], коэффициент накопления ^{137}Cs оболочками клеток в зависимости от условий эксперимента изменялся от 67 до 265. Коэффициент накопления ^{90}Sr при всех условиях превышал 3 000. Такие высокие значения коэффициентов накопления клеточной стенки, вероятно, являются следствием отрицательного заряда, имеющегося на оболочках растительных клеток. Этот отрицательный заряд способствует адсорбции положительно заряженных ионов этих веществ на клеточной стенке и дальнейшему их прохождению внутрь клетки.

Следует отметить, что применение контрмер требует дополнительных затрат, связанных с внесением повышенных доз калийных удобрений и извести. Поэтому чрезвычайно важно знать содержание в почве основных элементов минерального питания, при которых отмечается минимальное накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr .

Перспективным направлением ведения растениеводства на территориях, загрязненных Чернобыльскими выпадениями, является расширение посевных площадей под технические культуры с последующей глубокой переработкой сельскохозяйственного сырья, что позволяет в максимальной степени сократить поток радионуклидов по пищевым цепям. В условиях ограниченных ресурсов и большого числа разнообразных экологических проблем для республики принципиально важно оптимизировать защитные мероприятия с целью рационального использования агроメリорантов.

Цель наших исследований – изучение влияния калийного питания на разных уровнях кислотности дерново-подзолистой супесчаной почвы на накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr клубнями картофеля и семенами ярового рапса, а также определение значений содержания подвижного калия в почве, при которых наблюдается минимальное накопление радионуклидов растениями.

Материалы и методы исследования. Полевой стационарный опыт проводился в экспериментальной базе «Стреличево» Хойникского района Гомельской области на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком. Почва пахотного горизонта характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) – 2,1%, гидролитическая кислотность (по Каппену) – 2,4 мг-экв/100 г почвы, сумма поглощенных оснований (по Каппену-Гильковицу) – 4,9 мг-экв/100 г почвы, насыщенность основаниями (расчетным методом) – 55%; pH_{KCl} (потенциометрическим методом) – 4,9, содержание подвижных форм фосфора (P_2O_5) и калия (K_2O) (по Кирсанову) – 142–164 мг/кг и 135–148 мг/кг почвы соответственно, обменных форм кальция (Ca) и магния (Mg) (по Мазаевой, Неугодовой) – 521 мг/кг и 42 мг/кг. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs – 407 кБк/м², ^{90}Sr – 41 кБк/м².

В опыте возделывали картофель (*Solanum Tuberosum*), сорт Белорусский-3 (1996 г.), и яровой рапс (*Brassica napus*), сорт Явар (1993 г., 2004 г.). Предшественники – яровые зерновые культуры. Схема опыта включала варианты с возрастающими дозами калийных удобрений на трех уровнях кислотности почвы (pH_{KCl} 4,9 (исходный), pH_{KCl} 5,9 и 6,8), создаваемых внесением доломитовой муки в дозах 6 и 18 т/га. Минеральные удобрения вносили согласно схеме опыта.

Агротехника, используемая в опыте, общепринятая для данной зоны. Повторность опыта четырехкратная. Общая площадь делянки 24 м², учетная площадь 16 м².

Для установления корреляционных зависимостей по влиянию обеспеченности подвижным калием дерново-подзолистых супесчаных почв на накопление радионуклидов в семенах ярового рапса и клубнях картофеля параллельно со стационарным полевым экспериментом проводили отбор образцов семян рапса и клубней картофеля в производственных посевах методом закладки пробных площадок размером 1 м² с предварительным измерением гамма-фона на поверхности почвы. Почвенные образцы отбирали методом конверта, т. е. один смешанный образец состоял из 5 индивидуальных проб, взятых на глубину пахотного горизонта с площади 1 м² с помощью почвенного бура. С этой же площадки отбирали пробный сноп. В лабораторных условиях почвенные и растительные образцы высушивали до воздушно-сухого состояния. В отобранных растительных образцах выполнены определения ^{137}Cs и ^{90}Sr , почвенных – ^{137}Cs , ^{90}Sr , гумуса, pH_{KCl} , подвижных форм P_2O_5 и K_2O , обменных Ca и Mg.

Агрохимическая характеристика почв: pH_{KCl} – 5,5–6,0, гумус – 2,01–2,50%, содержание подвижных форм фосфора – 200–250 мг/кг, содержание обменных Ca – 590–710 мг/кг и Mg 60–90 мг/кг, содержание подвижных форм калия – 100–500 мг/кг.

Данные по удельной активности растительных образцов (Бк/кг) в таблицах и рисунках приведены в пересчете на плотность загрязнения почвы по ^{137}Cs – 370 кБк/м² (10 Ки/км²) и по ^{90}Sr – 37 кБк/м² (1 Ки/км²).

Лабораторные эксперименты проводили с 4–5-дневными проростками ярового рапса, выращенными в водной культуре на основе раствора Кнопа [7]. В эксперименте получили кривые временного хода накопления радионуклидов в проростках. Для этого корни проростка погружали в сосуд с питательным раствором, куда был добавлен ^{137}Cs ($5,7 \cdot 10^{-7}$ моль/л). Через определенные промежутки времени проросток, извлеченный из меченого раствора, помещали для измерения накопленной активности. До начала эксперимента определяли геометрическую площадь поверхности корней, к которой относили поглощенную активность.

Эксперименты по вымыванию активности ^{137}Cs из апопласта корней проростков показали, что этот процесс имеет быструю экспоненциальную фазу с постоянной времени порядка 50–100 секунд. Таким образом, для гарантированного выхода нуклида из апопласта корень выдерживали последовательно в двух неизотопных растворах, по 2,5 мин в каждом. Катионообменную емкость апопласта к ^{137}Cs оценивали по разности активности корня сразу после 5-минутной экспозиции в меченом растворе и после вышеописанной процедуры.

По окончании эксперимента проростки разделяли на корень, зеленую часть и зерновку, каждую часть взвешивали и определяли их активность.

Определение содержания ^{137}Cs в почве и растениях проводили на γ -спектрометре HP GC4019, Canberra. Содержание ^{90}Sr оценивали по дочернему продукту распада ^{90}Y после проведения радиохимической очистки от мешающих радионуклидов с последующим измерением на β -радиометре «Прогресс БГ» с пластиковым детектором. Выход носителя иттрия определяли гравиметрическим методом, выход носителя стронция – на атомно-абсорбционном спектрофотометре.

Пороговые параметры содержания подвижного калия, при которых наблюдается минимальное накопление радионуклидов, рассчитывались на основе квадратичной функции путем деления коэффициента пропорциональности первого порядка на удвоенное значение коэффициента второго порядка. Для математической обработки экспериментального материала использовали дисперсионный и корреляционный методы с использованием программ MS Excel, STATISTICA Program, StatSoft Inc. (2001).

Результаты и их обсуждение. Внесение калийных удобрений не только создает условия для лучшего роста растений, но и является одновременно средством существенного ослабления поглощения радионуклидов растениями из почвы [6, 18]. Оптимальные агрохимические уровни содержания подвижного калия были ранее экспериментально доказаны в многолетних полевых стационарных опытах. Оптимальный уровень содержания подвижного калия в дерново-подзолистых супесчаных почвах Беларуси, не загрязненных радионуклидами, находится в пределах 200–250 мг/кг [10].

В своих исследованиях мы попытались установить пороговые концентрации подвижного калия в почве, до которых наблюдается снижение накопления радионуклидов в урожае картофеля и ярового рапса. По результатам анализа растительных и сопряженных почвенных образцов, отобранных в производственных посевах, рассчитаны корреляционные зависимости между обеспеченностью почв подвижным калием и величиной накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr клубнями картофеля и семенами ярового рапса. Наиболее тесно корреляционная зависимость описывалась квадратичным уравнением. На основании уравнений, полученных при квадратичной аппроксимации, рассчитаны пороговые значения подвижного калия в почве, до которых наблюдалось снижение концентрации радионуклидов в сельскохозяйственной продукции.

Математическая обработка результатов радиохимических анализов, проведенных с образцами клубней картофеля, семенами ярового рапса и почвы с пробных площадок, показала, что величины достоверности аппроксимации (R^2) между содержанием подвижного калия и накоплением ^{137}Cs семенами рапса и клубнями картофеля имеют тесную обратно пропорциональную взаимосвязь ($R^2 = 0,65$, $R^2 = 0,72$) (табл. 1, рис. 1, 2). Повышение содержания подвижного калия в почве способствовало существенному уменьшению накопления в клубнях картофеля и семенах ярового рапса не только ^{137}Cs , но и ^{90}Sr ($R^2 = 0,61$ и $R^2 = 0,65$) (рис. 3, 4). Наши исследования показали, что содержание подвижного калия в почве, при котором отмечено минимальное накопление радионуклидов в клубнях картофеля и семенах ярового рапса, выше значений оптимального для роста растений в среднем на 235 мг/кг для ^{137}Cs и 246 мг/кг для ^{90}Sr (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Количественные показатели обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным калием, при которых наблюдается минимальное накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в семенах рапса и клубнях картофеля

Культура	Выборка	R^2		Минимум накопления, K_2O , мг/кг	Отклонение от оптимума, K_2O , мг/кг
		Линейная функция	Квадратичная функция		
^{137}Cs					
Яровой рапс (семена)	34	0,57	0,65	454	+229
Картофель (клубни)	52	0,63	0,72	465	+240
Среднее				460	+235
^{90}Sr					
Яровой рапс (семена)	34	0,52	0,61	449	+224
Картофель (клубни)	93	0,48	0,65	493	+268
Среднее				471	+246

Примечания: 1. Минимум накопления – предельные значения для подвижного K_2O , до которых наблюдалось снижение накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr ; 2. Агрохимический оптимум для дерново-подзолистой супесчаной почвы 200–250 мг K_2O на 1 кг [10], расчеты выполнены исходя из среднего значения K_2O – 225 мг/кг.

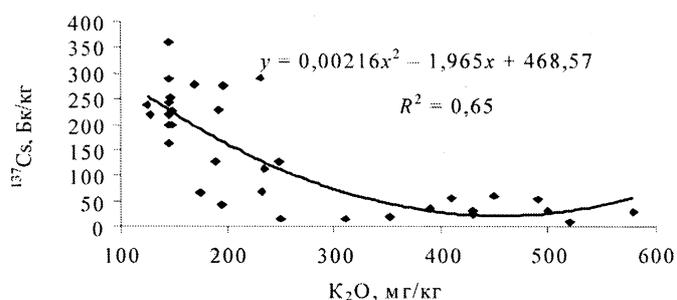


Рис. 1. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным калием на накопление ^{137}Cs семенами рапса

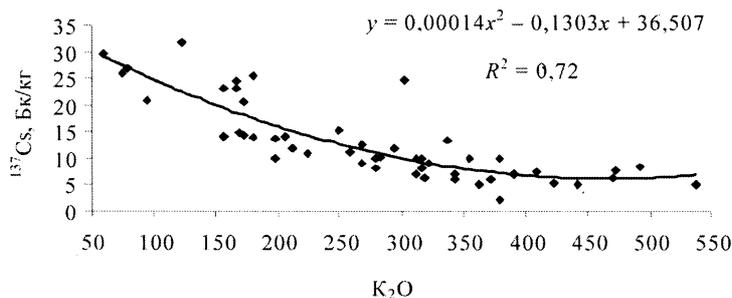


Рис. 2. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным калием на накопление ^{137}Cs клубнями картофеля

101 ц/га по сравнению с контролем, то на фоне $\text{pH}_{\text{KCl}} - 6,8-87$ ц/га (табл. 2).

Внесение доз калийных удобрений способствовало повышению урожайности картофеля на всех фонах кислотности почвы. По сравнению с контролем на удобренных вариантах средняя прибавка урожая составила 74 ц/га при $\text{pH}_{\text{KCl}} 4,9$, 80 ц/га – при $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,9$ и 70 ц/га – при $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,8$.

В ходе нейтрализации кислотности почвы с 4,9 до 6,8 переход ^{137}Cs в клубни картофеля в контроле снизился в 1,7 раза, ^{90}Sr – в 1,5 (табл. 2). Внесение минеральных удобрений ($\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$) способствовало снижению поступления ^{137}Cs в клубни картофеля в среднем по опыту в 1,3 раза, ^{90}Sr – в 1,1 раза. Увеличение доз калийных удобрений от 60 до 180 кг/га K_2O снизило поступление радиоцезия в среднем по опыту в 1,4 раза, радиостронция – в 1,1 раза. Минимальная удельная активность клубней картофеля (по ^{137}Cs 4,3 Бк/кг, по ^{90}Sr 7,1 Бк/кг) отмечена при внесении $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ на фоне pH 6,8. Анализ экспериментальных данных показал, что на дерново-подзолистых супесчаных почвах, загрязненных радионуклидами, картофель на продовольственные цели можно выращивать при плотности загрязнения ^{90}Sr не более 17 кБк/м². Картофель, выращенный на почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr более 17 кБк/м², может быть использован на корм скоту и на технические цели.

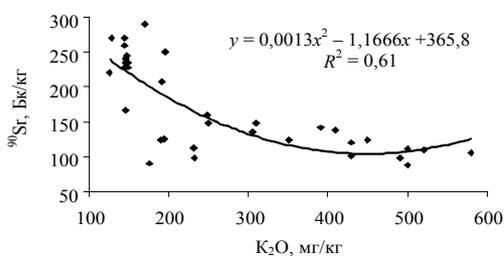


Рис. 3. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным калием на накопление ^{90}Sr семенами рапса

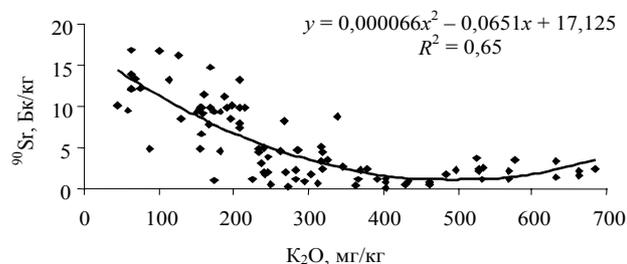


Рис. 4. Влияние обеспеченности дерново-подзолистой супесчаной почвы подвижным калием на накопление ^{90}Sr клубнями картофеля

В исследуемом диапазоне содержания подвижного калия в почве (50–700 мг/кг) более интенсивно идет снижение накопления радионуклидов зерном при увеличении содержания подвижного калия в почве до 300 мг/кг, дальнейшее его повышение менее эффективно и выходит на плато при достижении K_2O 449–493 мг/кг почвы (рис. 1–4).

В результате проведения полевых стационарных опытов установлено, что внесение минеральных удобрений и реакция почвенной среды оказали существенное влияние на формирование урожая клубней картофеля. Прибавка урожая за счет снижения кислотности почвы с 4,9 до 5,9 составила 9%, дальнейшее снижение кислотности почвы до $\text{pH}_{\text{KCl}} 6,8$ отрицательно сказалось на величине урожая: если внесение $\text{N}_{70}\text{P}_{60}\text{K}_{180}$ на фоне $\text{pH}_{\text{KCl}} 5,9$ обеспечило прибавку урожая картофеля на уровне

В ходе проведения полевых стационарных опытов с яровым рапсом установлено, что прибавка урожая семян рапса за счет снижения кислотности почвы с pH_{KCl} 4,9 до pH_{KCl} 5,9 составила 10%, снижение кислотности почвы до pH_{KCl} 6,8 не оказало существенного влияния на рост урожая семян: прибавка урожая была недостоверной по сравнению с pH_{KCl} 5,9 (табл. 2). Снижение кислотности почвы до pH_{KCl} 6,8 не оказало существенного влияния и на переход радионуклидов в семена рапса по сравнению с pH_{KCl} 5,9: изменения удельной активности ^{137}Cs и ^{90}Sr семян рапса были в пределах ошибки опыта.

Т а б л и ц а 2. Влияние внесения калийных удобрений на дерново-подзолистой супесчаной почве на урожай и накопление радионуклидов техническими культурами

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, ц/га	^{137}Cs		^{90}Sr	
			Бк/кг	% к фону	Бк/кг	% к фону
Картофель						
pH 4,9						
Контроль	162	–	12,7	100	12,3	100
$N_{70}P_{60}K_{60}$	210	48	9,6	76	10,3	84
$N_{70}P_{60}K_{120}$	243	81	7,2	57	9,9	80
$N_{70}P_{60}K_{180}$	254	92	6,4	50	9,0	73
pH 5,9						
Контроль	176	–	7,7	100	9,8	100
$N_{70}P_{60}K_{60}$	228	52	6,2	81	8,6	88
$N_{70}P_{60}K_{120}$	264	88	6,1	79	8,1	83
$N_{70}P_{60}K_{180}$	277	101	4,8	62	8,0	82
pH 6,8						
Контроль	154	–	7,5	100	8,0	100
$N_{70}P_{60}K_{60}$	200	46	5,7	76	7,5	94
$N_{70}P_{60}K_{120}$	231	77	5,6	75	7,2	90
$N_{70}P_{60}K_{180}$	241	87	4,3	57	7,1	89
HCP_{05}	14,3					
Яровой рапс (семена, влажность 9%)						
pH 4,9						
Контроль	14,6	–	218	100	252	100
$N_{90}P_{90}K_{60}$	17,1	2,5	176	81	206	82
$N_{90}P_{90}K_{120}$	17,5	2,9	143	66	193	77
$N_{90}P_{90}K_{180}$	18,3	3,7	125	57	185	73
pH 5,9						
Контроль	16,1	–	190	100	169	100
$N_{90}P_{90}K_{60}$	19,2	3,1	159	84	138	82
$N_{90}P_{90}K_{120}$	19,6	3,5	137	72	133	79
$N_{90}P_{90}K_{180}$	20,5	4,4	118	62	125	74
pH 6,8						
Контроль	16,2	–	200	100	167	100
$N_{90}P_{90}K_{60}$	18,9	2,7	163	82	130	78
$N_{90}P_{90}K_{120}$	20,1	3,9	146	73	126	75
$N_{90}P_{90}K_{180}$	20,9	4,7	127	64	118	71
HCP_{05}	1,15					

Внесение калийных удобрений в дозе K_{120} по сравнению с K_{60} на фоне $N_{90}P_{90}$ не обеспечило достоверной прибавки урожая семян рапса, она была существенной только при внесении K_{180} . По сравнению с контролем на удобренных вариантах средняя прибавка урожая семян рапса составила 3,0 ц/га при pH_{KCl} 4,9, 3,7 ц/га – при pH_{KCl} 5,9 и 3,8 ц/га – при pH_{KCl} 6,8.

Внесение минеральных удобрений ($N_{90}P_{90}K_{60}$) способствовало снижению поступления радионуклидов в семена рапса в среднем по опыту в 1,2 раза. Увеличение доз калийных удобрений

от 60 до 180 кг/га K_2O снизило поступление радиоцезия в среднем по опыту в 1,3 раза, радиостронция – в 1,1 раза. Минимальная удельная активность семян рапса отмечена при внесении $N_{90}P_{90}K_{180}$ по ^{137}Cs – 62 Бк/кг на фоне рН 5,9, по ^{90}Sr – 118 Бк/кг на фоне рН 6,8.

Результаты лабораторных опытов с проростками рапса приведены в табл. 3. Отмечено, что при близком к нейтральному значению рН повышение уровня калия в питательной среде в значительной степени снижает коэффициент накопления ^{137}Cs , причем величина эффекта снижается при переходе от корня к надземной части (от 87 к 38 раз соответственно). Величина дискриминации радионуклидов в генеративных органах еще значительно выше [18].

Снижение содержания в питательном растворе кальция в 31 раз способствовало увеличению коэффициента накопления ^{137}Cs в корнях рапса в 2,2 раза. Снижение на этом фоне магния в 20 раз увеличило коэффициент накопления ^{137}Cs в 1,6 раза. Таким образом, результаты лабораторных опытов показали, что повышение калия в питательной среде представляет основной путь снижения накопления ^{137}Cs рапсом, причем потенциальные возможности «калиевой терапии» достаточно велики. Задача состоит в том, чтобы найти оптимальные условия ее реализации, учитывая экономические и экологические факторы.

Т а б л и ц а 3. Влияние содержания минеральных элементов в питательной среде на накопление ^{137}Cs проростками ярового рапса

Коэффициент накопления ^{137}Cs	Содержание минеральных элементов в среде, мг/л											
	I вариант			II вариант			III вариант			IV вариант		
	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg	K	Ca	Mg
	135	125	50	4	125	50	135	4	50	135	4	2,5
В корне	1,7			148			3,7			5,9		
В надземной части	1,0			38			2,6			2,2		

П р и м е ч а н и е. Коэффициент накопления рассчитывали как отношение удельной активности проростка к удельной активности раствора, Бк/г сырого веса проростка к Бк/мл раствора.

Выводы

1. В результате исследований, проведенных на дерново-подзолистой супесчаной почве, загрязненной радионуклидами, установлены пределы «калиевой терапии» для ярового рапса и картофеля. В полевых условиях минимум биологической доступности радионуклидов для ярового рапса отмечен при содержании подвижного калия на уровне 450 мг/кг; для картофеля ^{137}Cs – при 465 мг/кг, ^{90}Sr – при 493 мг/кг.

2. Эффект от насыщения почвы калием проявляется в дискриминации ^{90}Sr и ^{137}Cs при корневом поглощении значительно выше на почвах с низкой обеспеченностью данным элементом питания.

3. Прибавка урожая картофеля при снижении кислотности почвы с 4,9 до 5,9 составила 9%, дальнейшее снижение кислотности почвы до 6,8 отрицательно сказалось на величине урожая. Прибавка урожая семян рапса при снижении кислотности почвы с 4,9 до 5,9 составила 10%, снижение кислотности почвы до 6,8 не оказало существенного влияния на рост урожая семян.

4. Внесение доз калийных удобрений способствовало повышению урожайности картофеля и семян ярового рапса на всех фонах кислотности почвы. В результате нейтрализации кислотности почвы с 4,9 до 6,8 переход ^{137}Cs в клубни картофеля в контроле снизился в 1,7 раза, ^{90}Sr – в 1,5. Увеличение доз калийных удобрений с 60 до 180 кг/га K_2O снизило поступление радиоцезия в урожай в среднем по опыту в 1,35 раза, радиостронция – в 1,1 раза.

5. Лабораторные опыты с проростками рапса показали, что потенциальные возможности снижения накопления радиоцезия за счет повышения уровня калия в питательной среде достаточно велики и позволяют оптимизировать технологию выращивания сельскохозяйственных культур на землях, загрязненных радионуклидами.

Литература

1. Агеец В. Ю. Система радиоэкологических контрмер в агрофере Беларуси. Мн., 2001.
2. Алексахин Р. М., Моисеев И. Т., Тихомиров Ф. А. // *Агрохимия*. 1992. № 8. С. 127–137.
3. Анненков Б. Н., Юдинцева Е. В. Основы сельскохозяйственной радиологии. М., 1991.
4. Бакунов К. А. // *Агрохимия*. 1989. № 5. С. 94–99.
5. Бондарь П. Ф., Лошилов Н. А., Дутов А. И. Особенности применения минеральных удобрений в условиях загрязнения почвы радиоактивными изотопами цезия // *Nuclear Techniques for Sustainable Agriculture and Environmental Preservation*. Vienna, 1995. P. 571–581.
6. Гулякин И. В., Юдинцева Е. В. и др. // *Агрохимия*. 1977. № 6. С. 111–116.
7. Журбицкий З. И. Теория и практика вегетационного метода. М., 1968.
8. Зубарева И. Ф., Фрид А. С. // *Агрохимия*. 1974. № 6. С. 115–121.
9. Кожевникова Р. Н., Тепляков И. Г. // *Агрохимия*. 1989. № 2. С. 91–94.
10. Лапа В. В., Цыганов А. Р., Ивахненко Н. Н. и др. Агрохимические регламенты для повышения плодородия почв и эффективного использования удобрений: Учеб. пособие. Горки, 2002.
11. Матусов Г. Д., Кудряшова Н. Н., Кудряшов А. П. Закономерности накопления ^{137}Cs и ^{90}Sr растительной клеткой // Тез. докл. Междунар. конф. «Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях». М., 2000. С. 451.
12. Моисеев И. Т., Тихомиров Ф. А., Рерих Л. А. и др. // *Агрохимия*. 1990. № 3. С. 100–107.
13. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / Под ред. И. М. Богдевича. Мн., 2003.
14. Санжарова Н. И., Фесенко С. В., Лисянский К. Б. и др. // *Почвоведение*. 1997. № 2. С. 129–134.
15. Сельскохозяйственная радиоэкология / Под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. М., 1992.
16. Соколик А. И., Федорович Д. А. Действие почвенных факторов на механизмы переноса радионуклидов в системе почва-растение // *Радиоактивность при ядерных взрывах и авариях*. СПб., 2000. С. 124–130.
17. Шершова Р. А., Щербак ова В. А. // *Агрохимия*. 1978. № 3. С. 118–123.
18. Юдинцева Е. В., Гулякин И. В. *Агрохимия радиоактивных изотопов стронция и цезия*. М., 1968.
19. White P. J. The Pathways of Calcium Movement to the Xylem // *Journal of Experimental Botany*. 2001. Vol. 52. № 358. P. 891–899.

YU. V. PUTYATIN, T. M. SERAYA, A. I. SOKOLIK

INFLUENCE OF POTASSIUM NUTRITION AND ACIDITY OF THE SOD-PODZOLIC LOAM SAND SOIL ON THE CROP YIELD AND ^{137}CS AND ^{90}SR UPTAKE BY RAPESEED AND POTATO

Summary

In field experiments, close negative correlation dependences between the ^{137}Cs and ^{90}Sr uptake by potato tubers and spring rapeseeds and a content of movable potassium in the sod-podzolic loamy sand soil are revealed.

In laboratory experiments with spring rape, it is established that when the potassium content in the culture medium is increased by a factor of 34, the ^{137}Cs accumulation in the roots decreased by a factor of 87, in the surface part by a factor of 38, which apparently specifies the potential ability of «potassium therapy» while reducing the radionuclide accumulation in plants.

Under field conditions, the minimum of the biological availability of radionuclides for spring rape is seen when the soil contains movable potassium at a level of 450 mg/kg. For potato the minimum of the biological availability of ^{90}Sr is marked when the soil contains movable potassium at a level of 493 mg/kg, that of ^{137}Cs – 465 mg/kg, which on the average is by 240 mg/kg higher than the agrochemical optimum. Radionuclide accumulation and industrial crop yield were essentially varied depending on the dose of potassium fertilizers.