

ВЫНОС РАДИОНУКЛИДОВ ^{137}CS И ^{90}SR ИЗ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЫ РАЗЛИЧНЫМИ СОРТАМИ ОВСА

О. М. Таврыкина, В. А. Довнар

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Одним из наиболее тяжелых последствий катастрофы на ЧАЭС является ведение агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения в течение длительного периода времени. Потребление сельскохозяйственной продукции с содержанием радиоактивных веществ населением, проживающим на радиоактивно загрязненных территориях, все еще остается одним из основных источников облучения. На всех этапах поставарийного периода вклад внутреннего облучения населения за счет потребления загрязненных пищевых продуктов составлял 50 % и более от суммарной годовой дозы. Важность снижения доз внутреннего облучения населения заключается еще и в том, что оно достигается существенно меньшими экономическими затратами, чем уменьшение доз внешнего облучения. Вследствие этого реабилитация сельскохозяйственных земель рассматривается как один из главных элементов общей реабилитации загрязненных территорий, включающей медицинские, социально-демографические, экономические и другие направления деятельности, обеспечивающие радиационную безопасность населения. С 2001 года в Беларуси защитные меры направлены на социально-экономическую реабилитацию населения.

Эффективность контрмер в сельском хозяйстве определяется уровнем и характером загрязнения (например, снизить поглощение цезия легче, чем стронция), а так же зависит от системности применяемых подобных мер. При снижении влияния экологических ограничений на экономическое развитие, эффективным можно считать только те контрмеры, которые позволяют производить продукцию по конкурентным ценам. К сожалению, многие контрмеры требуют значительных субсидий, без которых конечная продукция оказывается слишком дорогой для продажи.

С момента аварии и до настоящего времени ведется обширная научно-исследовательская деятельность, в результате которой накоплен значительный практический опыт применения различных контрмер [1, 2, 4, 15]. Однако большинство таких работ невозможно реализовать без применения дополнительных затрат. При оценке их экономической эффективности, а также при внедрении и разработке новых мер приоритетным, наряду с уменьшением коллективной и индивидуальной доз внутреннего облучения населения, все же необходимо считать их стоимость и снижение уровня государственных субсидий.

В предлагаемых нами исследованиях сорта овса рассмотрены как беззатратный способ снижения радионуклидов, так как стоимость посевного материала не зависит от сорта, поэтому выбор того или иного районированного в республике

сорта с низкими параметрами накопления радионуклидов позволит получить чистую продукцию без лишних капиталовложений. Выбор этой культуры определен еще и тем, что овес способен накапливать радионуклидов больше, чем другие зерновые культуры, и посев овса на продовольственные цели на почвах, загрязненных ^{90}Sr , сильно ограничен [4]. Предельная плотность загрязнения дерново-подзолистых супесчаных почв ^{90}Sr для получения нормативно чистого продовольственного зерна для большинства зерновых культур лимитируется пределом 7,4-14,8 кБк/м² (0,2-0,4 Ки/км²), в то время как посев овса на продовольственные цели на почвах, загрязненных ^{90}Sr более 6,0-7,0 кБк/м² (более 0,15 Ки/км²) не рекомендуется. На хорошо окультуренных дерново-подзолистых суглинистых, дерново-подзолистых связно- и рыхлосупесчаных почвах продовольственные зерновые культуры в том числе и овес можно возделывать без ограничений при плотности загрязнения ^{137}Cs до 1480 кБк/м² (40 Ки/км²) [4].

Посевные площади овса стабильно высокие и за последние четыре года составили 155,2-221,5 тыс. га в целом по республике и, в частности, в Гомельской области 33,5-57,7 тыс. га. Объем посевных площадей овса составляет 7,2-9,5 % от всех возделываемых в республике зерновых колосовых культур, в Гомельской области доля его посевов больше общереспубликанского значения и составляет 11,1-16,6 %. Эти площади способны обеспечить валовой сбор зерна овса 413,9-580,0 тыс. тонн в республике с урожайностью 24,6-33,6 ц/га [11].

Сортовая специфика в радиочувствительности растений, а также в различной способности накапливать радионуклиды выявлена рядом исследователей [3, 6-9, 14]. На накопление радионуклидов разными сортами растений влияют такие биологические особенности растений как разная продолжительность вегетационного периода, характер распределения корневых систем в почве, различия в продуктивности и т. д. Е. Г. Смирновым [13] было установлено, что на способность к накоплению радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr влияет наличие у растений объемных и длительно существующих органов, запасующих биомассу, строение их корневой системы и совокупность приспособлений к водному и солевому режиму почв. По мнению Б. С. Пристера и др. (1991), важная роль в различном накоплении радионуклидов сортами растений принадлежит особенностям корневой системы: размещение корней в почве, глубина их залегания, особенности активной всасывающей части, катионно-обменная емкость. Чем с большей глубины растения получают минеральные вещества, тем меньше накапливают радионуклидов. Теоретической основой создания сортов, обеспечивающих получение относительно чистой продукции на загрязненных территориях, служит генетика минерального питания [5, 10].

В связи со всем вышеизложенным, целью нашего исследования явилась оценка наиболее распространенных районированных сортов овса по продуктивности, размерам накопления и выноса ^{137}Cs , ^{90}Sr для выбора эффективных сортов, способствующих снижению внутренних доз облучения населения.

МЕТОДИКА И ОБЪЕКТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования по изучению параметров накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr зерном и соломой овса проводили в полевых условиях в регионе, непосредственно пострадавшем от выброса на ЧАЭС – в КСУП «Стреличево» Хойникского

района Гомельской области. Опыты закладывались в период 2003–2005 гг. на дерново-подзолистой супесчаной почве, подстилаемой с глубины 0,7 м моренным суглинком.

Агрохимическая характеристика почвы опытного участка: $pH_{(KCl)}$ – 5,95, подвижные формы фосфора P_2O_5 (0,2n HCl, по Кирсанову) – 197 мг/кг и K_2O (0,2n HCl, по Кирсанову) – 288 мг/кг почвы, обменные формы кальция (Ca) (1 M KCl, по Мазеевой, Неугодовой) – 542–650 мг/кг и Mg – 94–176 мг/кг почвы, содержание гумуса (0,2n $K_2Cr_2O_7$, по Тюрину) – 1,9 %. Плотность загрязнения почвы радионуклидом ^{137}Cs – 320 кБк/м², ^{90}Sr – 30 кБк/м². Предшественник – клевер луговой.

Объектами исследований служили районированные и перспективные сорта овса:

- ▶ Стралец (Беларусь, Польша);
- ▶ Дукат (Польша);
- ▶ Чакал (Польша);
- ▶ Эрбграф (Германия);
- ▶ Альф (Германия).

Посевные площади исследуемых сортов овса по данным Комитета по сортоиспытанию [12] в среднем в 2003–2004 гг. распределились следующим образом (в % от общей площади): сорта Эрбграф – 31,4 %, Альф – 18,2 %, Стралец – 14,9 %, Дукат – 3,4 %, Чакал – 0,1 %. Сорта овса Альф, Эрбграф и Чакал вошли в список наиболее ценных по качеству сортов зерновых культур в Республике Беларусь. Созданная система продовольственного и кормового использования овса позволяет отнести сорта Альф и Чакал к продовольственным, Стралец и Дукат – кормовым.

Агротехника на опытном поле общепринятая для данной зоны. Минеральные удобрения в дозе $N_{90}P_{60}K_{120}$ вносили под все культуры в предпосевную культивацию в форме карбамида, аммонизированного суперфосфата, хлористого калия. Повторность в опытах четырехкратная. Учетная площадь делянки 1,5 м².

Удельную активность ^{90}Sr оценивали по дочернему продукту распада ^{90}Y после проведения радиохимической очистки от мешающих анализу радионуклидов с последующим измерением на β -радиометре «Прогресс БГ» с пластиковым детектором. Выход носителя иттрия определяли гравиметрическим методом, выход носителя стронция – на атомно-абсорбционном спектрометре. Относительная погрешность измерения составила не более ± 15 % при доверительной вероятности 0,95.

Урожайность зерна овса дана в переводе на стандартную влажность – 14 %. Сравнение проводилось по отношению к стандартному сорту Стралец, являющемуся по результатам сортоиспытательных станций наиболее продуктивным, то есть эталоном, рекомендованным для возделывания. Удельная активность продукции, использующаяся при расчете суммарного выноса радионуклидов, рассчитана при плотности загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м², ^{90}Sr – 37 кБк/м². Вынос радионуклидов рассчитывали как произведение удельной активности на урожайность с единицы площади (кБк/га). С радиологической точки зрения применение этого параметра целесообразно для расчетов коллективных доз облучения населения за счет потребления радионуклидсодержащих пищевых продуктов, его использование позволит более полно оценить выбор того или иного сорта на загрязненных территориях.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования показали, что сорта овса достоверно отличались по накоплению радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr (табл. 1). Наименьшая удельная активность ^{137}Cs в зерне овса, равная 17-18 Бк/кг, оказалась у сортов Чакал и Альф, кратность снижения по сравнению со стандартным сортом составила 1,1-1,2 раза. Содержание ^{137}Cs у сортов Дукат и Эрбграф было наибольшим – 23 Бк/кг.

Таблица 1

Урожайность, удельная активность радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и соломе сортов овса (плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м², ^{90}Sr 37 кБк/м²)

Сорт	Урожайность, т/га	^{137}Cs		^{90}Sr	
		Удельная активность, Бк/кг	Кратность снижения	Удельная активность, Бк/кг	Кратность снижения
зерно					
Стралец (ст.)	4,94	20	1,0	64,9	1,0
Дукат	5,13	23	0,9	43,9	1,5
Эрбграф	6,03	23	0,9	47,4	1,4
Альф	6,09	18	1,1	45,9	1,4
Чакал	5,58	17	1,2	58,4	1,1
НСР ₀₅	2,43	0,9		1,71	
солома					
Стралец (ст.)	4,93	69	1,0	443	1,0
Дукат	4,91	69	1,0	365	1,2
Эрбграф	5,82	62	1,1	375	1,2
Альф	6,13	64	1,1	365	1,2
Чакал	5,83	61	1,2	462	1,0
НСР ₀₅	3,51	2,8		13,12	

Аккумуляция радионуклида ^{90}Sr зерном овса оказалась намного выше, чем ^{137}Cs , при этом была выявлена существенная разница в накоплении исследуемыми сортами ^{90}Sr , достигающая 1,4-1,5 раза. Стандартный сорт Стралец отличился наибольшим накоплением радиостронция, сорта Дукат и Альф содержали минимальное его количество – 43,9-45,9 Бк/кг (табл. 1).

В побочной продукции содержание радионуклидов ^{137}Cs в 3-4 раза и ^{90}Sr в 6-11 раз превышало таковое в зерне. Это подтверждает известное правило о том, что при корневом поглощении радионуклидов накопление их напрямую зависит от удаленности того или иного органа растения от почвы, то есть чем выше находится орган, тем меньше в нем содержится радионуклидов. Удельная активность ^{137}Cs в соломе овса изменялась в зависимости от сорта от 61 (Чакал) до 69 Бк/кг (Стралец (ст.) и Дукат), удельная активность ^{90}Sr составила от 365 (Дукат и Альф) до 462 Бк/кг (Чакал). Сорта Дукат и Альф характеризовались наименьшим накоплением ^{90}Sr как в основной, так и в побочной продукции, что дает право отнести их к низкоаккумулирующим ^{90}Sr сортам. Кроме этого, сорт Альф обеспечил наибольшую продуктивность зерна – 6,09 т/га и соломы – 6,13 т/га. Урожайность

зерна сортов Дукат и Чакал по результатам трехлетних исследований была также достаточно высокой – 5,13 и 5,58 т/га соответственно.

Учитывая то, что на продовольственные цели пригодно зерно с содержанием ^{90}Sr , не превышающим 11 Бк/кг и ^{137}Cs не более 90 Бк/кг, а в условиях нашего эксперимента овес может быть использован только на фураж для производства цельного молока, представляется целесообразным выявить те земли, где данная культура может возделываться на продовольственные нужды.

Так как коэффициенты накопления ^{137}Cs у овса выше, чем у пшеницы, существуют ограничения по возделыванию сортов на продовольственные цели. Так, сорта Дукат и Эрбграф можно выращивать при максимальной плотности загрязнения ^{137}Cs 1452 кБк/м², остальные сорта можно возделывать без ограничений (рис. 1).

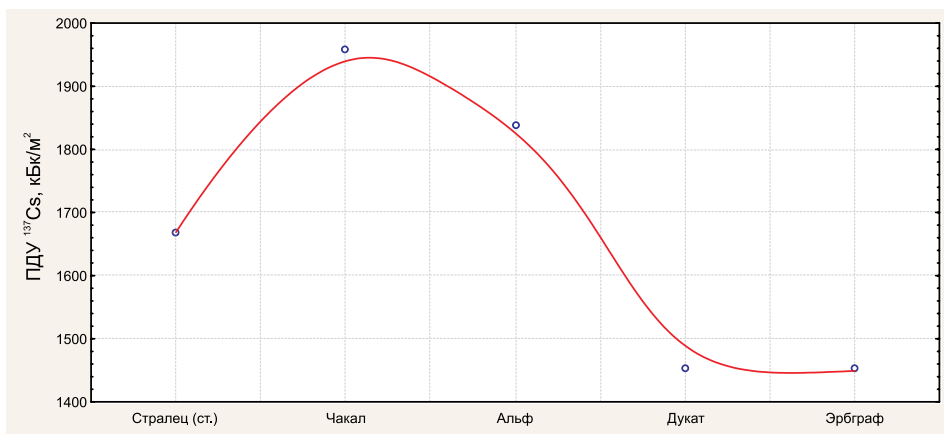


Рис. 1. Предельно-допустимые уровни загрязнения почв ^{137}Cs для получения продовольственного зерна овса

По ^{90}Sr на продовольственные цели все исследуемые сорта овса можно выращивать при плотности загрязнения почвы, не превышающей 6,3-9,2 кБк/м² (рис. 2). Сорта Дукат, Эрбграф и Альф можно выращивать при плотности загрязнения почвы ^{90}Sr в 1,4-1,5 раза более высокой, чем стандартный сорт Стралец.

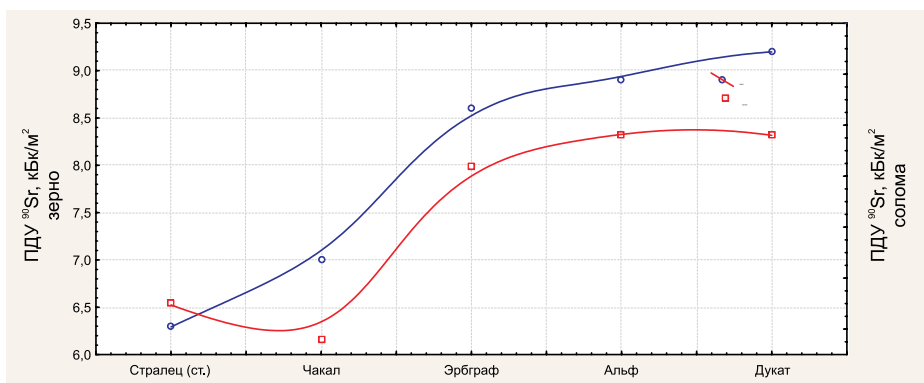


Рис. 2. Предельно-допустимые уровни загрязнения почв ^{90}Sr для получения продовольственного зерна овса и соломы в качестве корма животным

2. Плодородие почв и применение удобрений

На фуражные цели солому сортов овса можно получить на почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr не выше 14,8-18,8 кБк/м².

Известно, что радионуклиды ^{137}Cs и ^{90}Sr располагаются в корнеобитаемом слое растений и в силу своих биологических особенностей практически все растения в большей или меньшей мере извлекают (экстрагируют) радионуклиды из почв и накапливают в своих тканях. Если такие растения в дальнейшем используются для корма скота, для производства продуктов питания или если они непосредственно используются для питания человека, то это приводит к увеличению дозовой нагрузки на организм человека вследствие внутреннего облучения. Поэтому стратегия реабилитации территорий с радиоактивным загрязнением почв решает задачу уменьшения выноса радионуклидов из почв. По нашему мнению, сорта овса можно также использовать как контрмеру по снижению коллективной дозы облучения человека, поскольку они существенно отличались по выносу радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr (табл. 2).

По результатам нашего эксперимента наименьшим выносом ^{137}Cs с зерном характеризовался сорт Чакал – 95 кБк/га, его использование позволит снизить дозовую нагрузку в 1,5 раза по сравнению с сортом Эрбграф, вынос которого был наибольшим. Вынос стандартного сорта Стралец был также невысоким – 99 кБк/га. Вынос ^{137}Cs с соломой составил для сортов 339-392 кБк/га. Наименьший вынос радионуклида с побочной продукцией обеспечили сорта Стралец и Дукат. По суммарному выносу сорта расположились в ряд по убыванию: Альф, Эрбграф, Дукат, Чакал, Стралец.

Таблица 2

**Вынос радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr сортами овса
(плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 370 кБк/м², ^{90}Sr 37 кБк/м²)**

Сорт	Солома		Зерно		Суммарный вынос	Кратность снижения
	Вынос, кБк/га	Кратность снижения	Вынос, кБк/га	Кратность снижения		
^{137}Cs						
Стралец (ст.)	99	1,0	340	1,0	439	1,0
Дукат	118	0,8	339	1,0	457	1,0
Эрбграф	139	0,7	361	0,9	500	0,9
Альф	110	0,9	392	0,9	502	0,9
Чакал	95	1,0	356	1,0	451	1,0
^{90}Sr						
Стралец (ст.)	321	1,0	2184	1,0	2505	1,0
Дукат	225	1,4	1792	1,2	2017	1,2
Эрбграф	286	1,1	2183	1,0	2469	1,0
Альф	280	1,1	2237	1,0	2517	1,0
Чакал	326	1,0	2693	0,8	3019	0,8

Вынос радионуклида ^{90}Sr превышал вынос ^{137}Cs у сортов овса (табл. 2). Сорта овса Дукат и Альф характеризовались наименьшей удельной активностью ^{90}Sr в зерне по сравнению с остальными. Самым низким размером выноса радионуклида, который составил 225 кБк/га, отличился сорт Дукат, вынос радионуклида с зерном у сорта Альф был выше – 280 кБк/га. В целом суммарный вынос сортов

овса был достаточно высок за счет вклада выноса ^{90}Sr с соломой и составил по сортам 2017-3019 кБк/га, а сорта по убыванию показателя расположились в следующем порядке: Чакал, Стралец, Альф, Эрбграф, Дукат.

Поскольку вынос является величиной произведения урожайности и удельной активности, при подходе к объективной оценке сорта по этому показателю необходимо учитывать степень влияния каждого из этих множителей на конечную величину. Так, к примеру, в случае если сорт накапливает небольшое количество радионуклидов, при этом является урожайным, то показатель выноса возрастает за счет вклада урожайности, и этому сорту следует отдать предпочтение перед тем, у которого близкая величина выноса была сформирована за счет высокой удельной активности и низкой урожайности. Сорт с высокой удельной активностью и низкой урожайностью представляет собой наиболее неблагоприятное сочетание. Если сорт сильно аккумулирует радионуклиды и является при этом высокоурожайным, то вынос возрастает за счет обоих множителей, у сорта с низкой и удельной активностью, и урожайностью вынос оказывается невысоким, однако и эффективность производства такого сорта не будет высокой. Случай, если применяется сорт с невысокими параметрами накопления и высокой урожайностью, будет способствовать и минимизации индивидуальной дозы облучения, и эффективному возделыванию сорта.

С учетом вышесказанного, у сорта Стралец соотношение между урожайностью и удельной активностью ^{137}Cs не самое благоприятное, поскольку низкое значение выноса ^{137}Cs формируется в основном за счет низкой урожайности, удельная активность при этом выше, чем у сортов Чакал и Альф (табл. 3). В этом случае следует отдать предпочтение сортам Чакал и Альф, которые характеризовались небольшим выносом, хорошими показателями продуктивности и наименьшей удельной активностью ^{137}Cs в конечной продукции. При оценке сортов по снижению коллективной дозы внутреннего облучения, сформированной за счет радионуклида ^{90}Sr , рекомендовано возделывание сортов Дукат и Альф, поскольку низкий вынос у них образован за счет самой низкой из всех исследуемых сортов удельной активности – 43,9 и 45,9 Бк/кг при высокой продуктивности – 5,13 и 6,09 ц/га соответственно. Таким образом, на дерново-подзолистых окультуренных супесчаных почвах, загрязненных только радионуклидом ^{137}Cs , наиболее предпочтительно возделывание сортов Чакал и Альф с низкой удельной активностью и выносом с хорошими показателями продуктивности, на почвах, загрязненных только ^{90}Sr , по результатам исследования лучшими для возделывания можно считать сорта Дукат и Альф с самой низкой среди сортов удельной активностью ^{90}Sr в зерне и выносом, на почвах, загрязненных обоими радионуклидами, предпочтение следует отдать сорту Альф.

Переход радионуклидов из почвы в растения является результатом действия не только почвенно-химического процесса, но и биологического, связанного с поглощением радионуклидов корневой системой растений из почвенного раствора. Катион радионуклида $^{90}\text{Sr}^{2+}$ абсорбируется растением посредством транспортных систем его макроаналога Ca^{2+} , а поведение $^{137}\text{Cs}^+$ сходно с поглощением его химического аналога K^+ .

В связи с этим нам представлялось интересным определить и проанализировать вынос калия К и кальция Са в сортах овса по отношению к выносу радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr , результаты анализа представлены на рис. 3-4.

Таблица 3

**Ранжирование сортов овса в зависимости от продуктивности
и накопления радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне**

№	Показатель		
	Урожайность зерна*	Удельная активность	Вынос
^{137}Cs			
1.	Альф	Чакал	Чакал
2.	Эрбграф	Альф	Стралец (стандарт)
3.	Чакал	Стралец (стандарт)	Альф
4.	Дукат	Дукат	Дукат
5.	Стралец (стандарт)	Эрбграф	Эрбграф
^{90}Sr			
	-	Дукат	Дукат
	-	Альф	Альф
	-	Эрбграф	Эрбграф
	-	Чакал	Стралец (стандарт)
	-	Стралец (стандарт)	Чакал

* Урожайность – ранжирование по убыванию, удельная активность и вынос ^{137}Cs и ^{90}Sr – по возрастанию.

Вынос калия с зерном овса составил по сортам 15,2-19,1 кг/га, сорта Альф и Эрбграф характеризовались наибольшим выносом калия, сорт Стралец – наименьшим (рис. 3). В целом, корреляционная связь между выносом радионуклида ^{137}Cs и выносом калия у сортов овса обнаружена слабая.

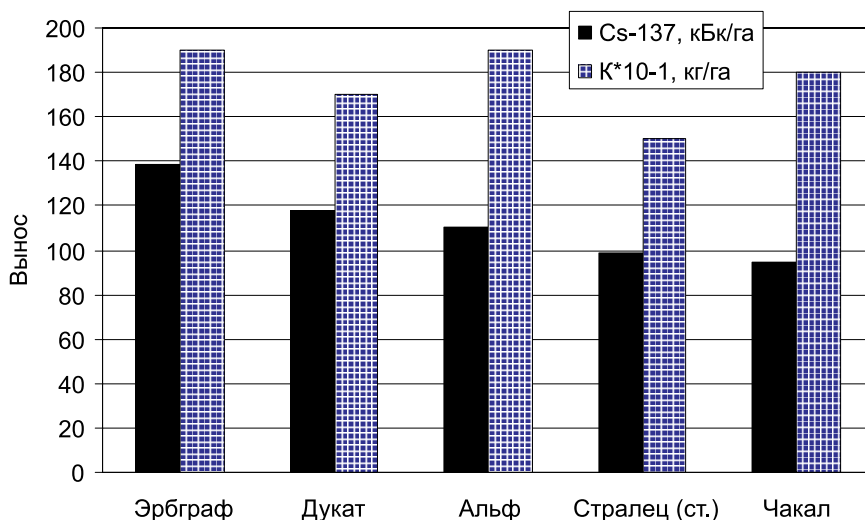


Рис. 3. Вынос радионуклида ^{137}Cs и калия К с зерном сортов овса

Вынос кальция с зерном овса составил в зависимости от сорта 2,6-3,2 кг/га. Сорта овса Чакал и Стралец выносили больше остальных сортов ^{90}Sr и Са, наименьшим выносом ^{90}Sr и Са отличились сорта Альф и Дукат.

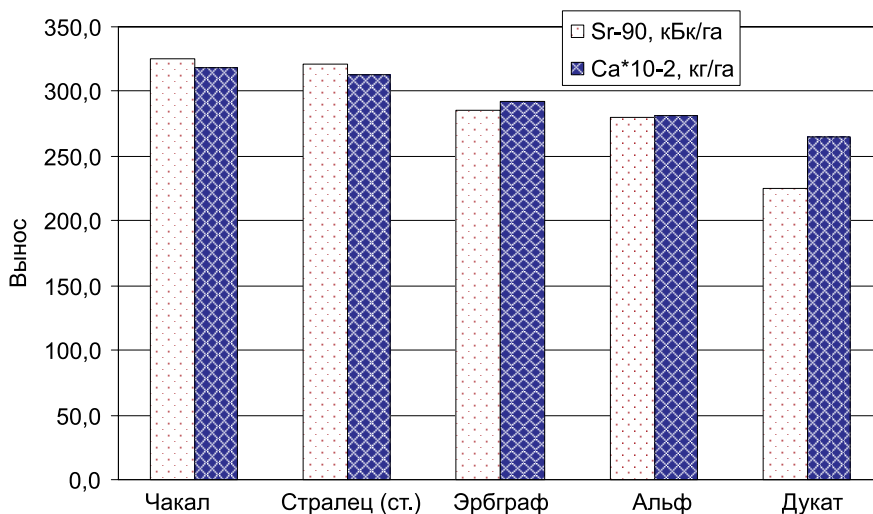


Рис. 4. Вынос радионуклида ^{90}Sr и кальция Ca с зерном сортов овса

У сортов овса наблюдалась тесная корреляционная связь между выносом Ca и выносом радионуклида ^{90}Sr с зерном ($r = 0,97$, $n = 5$, $p = 0,02$).

ВЫВОДЫ

1. Современное ведение сельскохозяйственного производства на загрязненных радиологически значимыми радионуклидами ^{137}Cs и ^{90}Sr территориях определяет необходимость применения защитных контрмер в течение длительного времени после аварии с использованием наименее затратных технологий, одной из которых является подбор сортов с низкими параметрами накопления и выноса радионуклидов. При оценке сортов по комплексу показателей для снижения внутренней дозы облучения населения было выявлено, что на дерново-подзолистых окультуренных супесчаных почвах, загрязненных только радионуклидом ^{137}Cs , наиболее предпочтительно возделывание сортов Чакал и Альф, на почвах, загрязненных только ^{90}Sr , лучшими для возделывания можно считать сорта Дукат и Альф и на почвах, загрязненных обоими радионуклидами, предпочтение следует отдать сорту Альф.

2. Учет установленных сортовых различий овса позволяет расширить диапазон пригодных почв для возделывания продовольственного зерна до 1,5 раза с 6,3 до 9,2 кБк/м², применив сорта Дукат, Эрбграф и Альф.

3. У исследуемых сортов овса обнаружена тесная корреляционная связь между выносом Ca и ^{90}Sr , что позволяет судить о сходных процессах метаболизма этих элементов в растении.

ЛИТЕРАТУРА

1. Алексахин, Р. М. Концепция реабилитации загрязненных сельскохозяйственных угодий в отдаленный период после аварии на Чернобыльской АЭС / Р. М. Алексахин [и др.] // Вестник РАСХН. – 2003. – №3. – С. 14-17.

2. Плодородие почв и применение удобрений

2. Алексахин, Р. М. Сельскохозяйственная радиоэкология / Р. М. Алексахин; под ред. Р. М. Алексахина, Н. А. Корнеева. – М.: Экология, 1992. – 400 с.
3. Богдевич, И. М. Влияние сортовых особенностей кукурузы на урожайность и накопление ^{137}Cs и ^{90}Sr в зерне и зеленой массе на дерново-подзолистой супесчаной почве / И. М. Богдевич [и др.] // Земляробства і ахова раслін: навукова-практычны часопіс. – 2007. – №2. – С. 39-42.
4. Богдевич, И. М. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь / И. М. Богдевич [и др.] / Министерство сельского хозяйства и продовольствия РБ, Комитет по проблемам последствий катастрофы на Чернобыльской АЭС, под ред. И. М. Богдевича. – Минск, 2003. – С. 41.
5. Гончарова, Н. В. Экспериментальное обеспечение оценки поведения ^{137}Cs в системе почва-растение / Н. В. Гончарова, В. В. Путырская // Агроэкология. – 2004. – Вып. 1. – С. 41-43.
6. Дробышевская, В. Подбор сорта как эффективный способ снижения накопления радионуклидов в ячмене / В. Дробышевская // Агроэкономика. – 2005. – №4. – С. 34-35.
7. Корольков, А. Г. Степень накопления радиоцезия сортообразцами клевера лугового позднеспелого типа / А. Г. Корольков, Е. Г. Кравцова // Хозяйственная деятельность и окружающая среда: материалы факульт. науч. конф., 18 декабря 2008 г., г. Горки / Мин-во сельского хозяйства и продовольствия РБ, Главное управление образования, науки и кадров, Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, Агроэкологический факультет. – Горки, 2009. – С. 71-73.
8. Крук, А. В. Особенности накопления радионуклидов овощными культурами / А. В. Крук, Г. Г. Гончаренко, А. В. Кильчевский // Весці Нац. акад. навук Беларусі. Сер. біял. навук. – 2004. – №2. – С. 25-29.
9. Маликов, В. Г. Значение сорта в снижении накопления в урожае радионуклидов и тяжелых металлов / В. Г. Маликов [и др.] // Экологическая безопасность и беспестицидные технологии получения растениеводческой продукции. – Пуццино, 1994. – С. 169-170.
10. Молчан, И. М. Селекционно-генетические аспекты снижения содержания экотоксикантов в растениеводческой продукции / И. М. Молчан // С.-х. биология. – 1996. – №1. – С. 55-66.
11. Размеры посевных площадей в Республике Беларусь в 2009 году = Валовой сбор и урожайность сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь в 2009 году: стат. бюллетень. – Минск: Нац. стат. ком. РБ, 2010. – 64 с.
12. Результаты испытания сортов сельскохозяйственных культур в Республике Беларусь за 2002-2004 гг. / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь, Комитет по государственному испытанию и охране сортов растений. – Ч. I. – Мн., 2004. – 339 с.
13. Смирнов, Е. Г. Жизненные формы и радиоэкология растений. Экологические последствия радиоактивного загрязнения на Южном Урале / Е. Г. Смирнов. – М.: Наука, 1993. – С. 103-119.
14. Тимофеев, С. Ф. Влияние видовых и сортовых особенностей на аккумуляцию ^{90}Sr зерновыми культурами / С. Ф. Тимофеев, И. А. Машков // Приемы повышения плодородия почв и эффективности удобрений: материалы Междунар. науч.-практ. конф, 2007, г. Горки. – С. 304-306.

15. Четверть века после чернобыльской катастрофы: итоги и перспективы преодоления. Национальный доклад РБ. – Минск: Департамент по ликвид. последств. катастроф. на ЧАЭС Мин-ва по чрезвычай. ситуац. РБ. – 2011. – 90 с.

REMOVAL OF RADIONUCLIDES ^{137}CS AND ^{90}SR BY OATS FROM THE SOD-PODZOLIC LOAMY SAND SOIL

O. M. Tavrykina, V. A. Dovnar

Summary

The data on crop yield of oats, specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr in grain and straw, total removal of radionuclide ^{137}Cs and potassium, ^{90}Sr and calcium are presented. Estimated data of zoning and potential five oats varieties at its cultivation on lands contaminated by radionuclide ^{137}Cs and ^{90}Sr is given.

Поступила 3 октября 2011 г.

УДК 631.265:631.828:631.832

ВЛИЯНИЕ НАТРИЯ И ХЛОРА НА УРОЖАЙНОСТЬ И ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ РАЙГРАСА ОДНОЛЕТНЕГО

С. Е. Головатый, З. С. Ковалевич, Н. К. Лукашенко,
И. А. Ефимова, Н. В. Сидорейко

Институт почвоведения и агрохимии, г. Минск, Беларусь

ВВЕДЕНИЕ

Натрий и хлор относятся к эссенциальным элементам, они входят в состав всех живых организмов. Кларк натрия в литосфере составляет 2,3 %, биосе – 0,02 %. Кларк хлора в литосфере составляет 0,017 %. В организме человека хлора содержится около 0,14 % от массы тела [1].

В животном организме хлорид-ион с ионами натрия и калия участвуют в создании постоянного осмотического давления и регуляции водно-солевого обмена. Около 85 % хлора сосредоточено в межклеточных жидкостях. Физиологическая значимость хлора в растительном организме состоит в его участии в энергетическом обмене – активации окислительного фосфорилирования. Хлор-ион усиливает поглощение корнями кислорода, соединений калия, кальция, магния [2].

Физиологическая значимость натрия в животном организме определяется его участием в регулировании водно-солевого обмена. В исследованиях немецких авторов установлено, что недостаток натрия в рационе дойных коров оказывал отрицательное влияние на жирность молока [3].

В растительном организме основная функция натрия состоит в создании постоянного осмотического давления в клетке, натрий может заменить неспецифические функции калия.

Сельскохозяйственные культуры по-разному относятся к содержанию натрия и хлора в почве. К растениям с высокой потребностью в натрии относятся кормо-