

4. Тютюнников, А.И. Однолетние кормовые травы / А. И. Тютюнников. – М. : Россельхозиздат, 1973. – 199 с.

5. Организационно-технологические нормативы возделывания кормовых и технических культур: сб. отраслевых регламентов / Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси, Науч. практ. центр Нац. акад. наук Беларуси по земледелию; рук. Разраб.: Ф.И. Привалов [и др.]; под общ. ред. В.Г. Гусакова, Ф.И. Привалова. – Минск: Беларус. навука, 2012. – С. 380-396.

6. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) /Б.А. Доспехов /. – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

7. Наумович, И.М. Урожайность и качество маслосемян гибридов F₁ ярового рапса в зависимости от сроков сева / И. М. Наумович, Я. Э. Пиллук, В. П. Самсонов // Земледелие и защита растений. – 2016. – № 2. – С. 14–17.

PECULIARITIES OF SPRING RAPE DEVELOPMENT DEPENDING ON SOWING TIME
I.M. Naumovich, Y.E. Piliuk, T.N. Lukashevich

Presented are the results of three-year-old research into the influence of sowing time of spring rape on its development and yield. It's established that 21 days' delay in sowing brings about the reduction of vegetation of the variety Germes and hybrids F₁ Almas and Rubin by 8-9 days. With late sowing the yield of spring rape is reduced by 8,6-10,2 dt/ha or 29,5-34,2 % in comparison with its maximum concerning the studied genotypes.

УДК 574:539.1.04

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ДРЕВЕСНОЙ ЗОЛЫ В КАЧЕСТВЕ УДОБРЕНИЯ И
МЕЛИОРАНТА НА ЗАГРЯЗНЕННОЙ РАДИОНУКЛИДАМИ
ТЕРРИТОРИИ**

Г.В. Седукова, канд. с.-х. наук, **С.А. Исаченко**, **Е.А. Тимченко**

Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие «Институт радиологии» НАН Беларуси, г. Гомель
(Поступила 14.03.2019)

Рецензент: Берестов И.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. Показано, что зола не оказывает существенного влияния на накопление ¹³⁷Cs в продукции овощных культур. Кн ⁹⁰Sr при этом уменьшается от 1,9 до 3,0 раз в зависимости от культуры. Представлен пример графической визуализации, разработанной по результатам исследований модели изменения плотности загрязнения почвы при внесении золы с различной удельной активностью ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr.

Одним из основных видов местного топлива в Республике Беларусь является древесина, что связано с наименьшими объемами капиталовложений и небольшими сроками окупаемости в сравнении с другими видами возобновляемых источников энергии [1]. В соответствии с Государственной программой «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016-2020 гг. в республике увеличивается доля местных видов топлива (МВТ) в балансе котельно-печного топлива [2], что неизбежно влечет за собой образование большого количества древесной золы, а на территории радиоактивного загрязнения – радиоактивных золных отходов.

При использовании древесины, соответствующей действующим в республике нормативам на топливную древесину по содержанию ^{137}Cs (740 Бк/кг) [3], возможно получение золы с высокой удельной активностью ^{137}Cs (содержание в древесине ^{90}Sr в РБ не нормируется). В результате исследований, выполненных РНИУП «Институт радиологии», на территории наиболее загрязненных районов Гомельской, Могилевской и Брестской областей выявлены пробы древесной золы с удельной активностью ^{137}Cs 10 000 Бк/кг и выше. Отбор проб проводился как на промышленных котельных, так и у населения [4, 5, 6, 7].

Зола, полученная от сжигания дров, традиционно используется населением республики в качестве удобрения и мелиоранта на приусадебных участках. Она повышает в почве содержание доступного калия, фосфора, натрия, магния, а также широкого комплекса микроэлементов, при жизни накопленных древесными растениями, и поэтому содержащихся в ней в количествах, близких к оптимальным для роста и развития сельскохозяйственных культур [8, 9, 10, 11].

Следует отметить, что внесение золы на приусадебные участки на территории радиоактивного загрязнения может способствовать повышению плотности загрязнения почвы радионуклидами при условии, что удельная активность радионуклидов в золе выше, чем в почве. При этом наблюдается нейтрализация обменной кислотности почвы и снижение уровней перехода ^{90}Sr из почвы в растениеводческую продукцию [4, 5, 6, 7].

С целью оценки целесообразности применения древесной золы в РНИУП «Институт радиологии» в период с 2015 г. по 2018 г. проводились научные исследования, по результатам которых были разработаны рекомендации по использованию древесной золы в личных подсобных хозяйствах на загрязненной радионуклидами территории, а также рекомендации по обращению с золой при использовании древесного топлива с различным уровнем радиоактивного загрязнения [12, 13].

Методы и методики проведения исследований. В ходе исследований проводился отбор проб древесной золы в котельных наиболее загрязненных районов Гомельской, Брестской и Могилевской областей для определения содержания радионуклидов. В помещении котельных и местах временного хранения золы проведены замеры мощности дозы γ -излучения.

С целью установления влияния древесной золы на поступление ^{90}Sr и ^{137}Cs из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур (лук на перо и репку, морковь столовая, капуста белокочанная) были проведены полевой и вегетационный эксперименты. Схема экспериментов включала контрольные варианты и варианты с внесением условно чистой золы (удельная активность (УА) радионуклидов – до 2000 Бк/кг) и высокоактивной золы (УА радионуклидов свыше 10000 Бк/кг). Повторность опыта трехкратная. Площадь делянки полевого эксперимента 8 м². Культуры возделывали согласно принятым технологиям [0, 0, 0]. Зола вносили из расчета 0,5 кг/м² почвы.

В пробах почвы и золы определяли основные показатели: pH_{KCl} – потенциометрическим методом; подвижные формы фосфора и калия – по Кирсанову; кальций, магний, микроэлементы – на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30; содержание гумуса в почве – по Тюрину в модификации ЦИНАО.

Содержание ^{137}Cs в пробах почвы, древесных опилок, золы и продукции овощных культур определялось на γ -спектрометрических комплексах Canberra и Oxford. Радиохимическое выделение ^{90}Sr – по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α - β счетчике Canberra-2400. Определение форм содержания ^{137}Cs и ^{90}Sr в почве и золе – путем последовательного экстрагирования дистиллированной H_2O (водорастворимые формы), $\text{CH}_3\text{COONH}_4$ (обменные формы), 1н HCl (подвижные формы) и 6н HCl (фиксированные формы).

Результаты исследований и их обсуждение. *Содержание радионуклидов в древесной золе.* Обобщенные данные по удельной активности радионуклидов в пробах золы и значения мощности дозы γ -излучения (МЭД) в местах образования и временного хранения золы приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Мощность дозы γ -излучения и УА радионуклидов в древесной золе из котельных

Район	МЭД, мкЗв/час		УА ^{137}Cs , Бк/кг		УА ^{90}Sr , Бк/кг	
	Min	Max	Min	Max	Min	Max
Хойникский	0,03	0,94	743	27529	1821	54378
Брагинский	0,05	0,80	169	26310	241	64259
Ветковский	0,07	0,47	1007	29763	1143	19053
Чечерский	0,03	1,30	465	42406	750	14376
Добрушский	0,05	1,11	119	74211	81	31013
Кормянский	0,07	0,18	516	29042	625	6871
Наровлянский	0,10	0,40	1960	28266	595	19198
Пинский	0,05	0,22	237	10004	375	2391
Лунинецкий	0,06	0,11	1039	3129	907	1785
Костюковичский	0,03	0,40	475	16558	776	5539

Как видно из таблицы, около 90% максимальных значений УА ^{137}Cs в золе превышает показатель **10000** Бк/кг (категория РАО). Следовательно, при использовании древесины, соответствующей нормативным требованиям на топливную древесину по содержанию ^{137}Cs (740 Бк/кг (РДУ/ЛХ-2001)), велика вероятность получения высокоактивной золы, которая должна утилизироваться как твердые радиоактивные отходы. Содержание ^{90}Sr в древесной золе не достигает значений, по которым ее можно отнести к категории РАО.

Значения мощности дозы γ -излучения на прилегающей территории котельных не превышали показателей естественного фона, характерных для населенных пунктов, в которых проводился отбор проб золы.

Плотность загрязнения почвы

За время проведения полевого эксперимента при ежегодном внесении золы с высокой удельной активностью радионуклидов, плотность загрязнения почвы ^{137}Cs увеличилась на 14 %, ^{90}Sr – почти в 12 раз.

По результатам исследований разработана модель изменения плотности загрязнения почвы при внесении золы с различной УА ^{137}Cs и ^{90}Sr . Визуализация результатов отражается графически (рисунок 1).

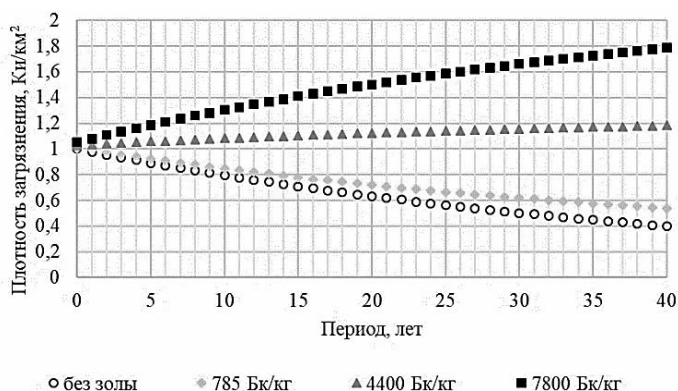


Рисунок 1 – Прогноз изменения плотности загрязнения почвы ^{137}Cs

На рисунке 1 в качестве примера представлен прогноз изменения плотности загрязнения почвы ^{137}Cs , исходная плотность загрязнения почвы 1 Ки/км². Например, за 30 лет без использования золы плотность загрязнения почвы ^{137}Cs должна снизиться до 0,5 Ки/км² за счет радиоактивного распада радионуклида. При ежегодном внесении золы (0,5 кг/м²) с УА ^{137}Cs 4400 Бк/кг через 30 лет плотность загрязнения почвы увеличится на 16% по сравнению с исходным уровнем загрязнения и на 132% по сравнению с участком, где золу не использовали (рисунок 1). Внесение золы с УА ^{137}Cs (7800 Бк/кг) может привести к увеличению плотности загрязнения на 66% и на 230% соответственно.

Если же использовать золу с низкой УА ^{137}Cs (785 Бк/кг), плотность загрязнения почвы будет на 23% выше, чем на участке, где золу не использовали.

Накопление радионуклидов овощными культурами

По результатам исследований рассчитаны усредненные показатели параметров перехода радионуклидов из почвы в продукцию овощных культур при использовании древесной золы (таблица 2).

Внесение золы не оказывало существенного влияния на накопление ^{137}Cs в продукции исследуемых культур. При этом K_p ^{90}Sr при внесении золы существенно уменьшался (от 1,9 до 3,0 раз) в зависимости от культуры.

Снижение перехода ^{90}Sr в овощные культуры можно объяснить перераспределением форм нахождения радионуклида в почве при внесении золы. Это приводило к уменьшению суммарного содержания биологически доступных форм ^{90}Sr в почве, и, в конечном итоге, к снижению накопления радионуклида в исследуемых культурах.

Растворимость соединений стронция, в составе которых он может находиться в золе (карбоната, сульфата или фосфата), в воде (и, соответственно, в почвенном растворе) чрезвычайно низка: SrCO_3 – 0,011 г/л, SrSO_4 – 0,132 г/л, SrHPO_3 – 0,00011 г/л [0, 0].

Аналитические исследования по определению форм нахождения радионуклидов в золе подтверждают, что подавляющая часть ^{90}Sr (в среднем около

Таблица 2 – Коэффициенты перехода (Кп) ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию овощных культур при использовании золы в качестве удобрения

Вариант	Кп ^{137}Cs , Бк/кг:кБк/м ²			Кп ^{90}Sr , Бк/кг:кБк/м ²		
	значение	σ	θ	значение	σ	θ
Капуста						
Без золы	0,007	0,003	0,002	0,44	0,12	0,08
С золой	0,013	0,006	0,003	0,15	0,12	0,06
Морковь						
Без золы	0,010	0,009	0,006	0,62	0,12	0,08
С золой	0,007	0,004	0,002	0,33	0,27	0,12
Лук (перо)						
Без золы	0,010	0,006	0,004	1,77	0,44	0,29
С золой	0,013	0,004	0,002	0,80	0,42	0,2
Лук (репка)						
Без золы	0,004	0,001	0,001	0,49	0,12	0,08
С золой	0,006	0,002	0,001	0,16	0,09	0,04

Примечание: σ – стандартное отклонение, θ – доверительный интервал

88%) содержится в малоподвижной карбонатной (кислоторастворимой) форме, в то время как в почве около 60% радионуклида находится в обменной, доступной растениям, форме [0]. Внесение золы приводит к снижению содержания обменной формы на 5,2%, в то же время содержание подвижной формы увеличивается на 5,4%. Значения содержания ^{90}Sr в растениях по вариантам различаются значительно меньше, чем в почве. Так, содержание ^{90}Sr в растениях в вариантах с активной золой выше, чем в вариантах с малоактивной золой, и в контроле в среднем в 2 раза, тогда как в почве – более чем в 40 раз.

В этой связи предполагается, что внесение в почву золы с избытком анионов CO_3^{2-} , SO_4^{2-} и PO_4^{3-} способствует связыванию ионов $^{90}\text{Sr}^{2+}$ в малоподвижные формы, в результате чего резко ограничивается возможность их участия в процессах ионного обмена, которые лежат в основе поглощения ионов корнем растения, и биологическая доступность радионуклида снижается.

Выводы

1. Использование топливной древесины в качестве местного вида топлива на территории радиоактивного загрязнения влечет за собой образование большого объема зольных отходов, в том числе и отходов с высоким содержанием радионуклидов (категория РАО).

2. Использование золы, образовавшейся при сжигании древесного топлива, заготовленного на территории радиоактивного загрязнения, в качестве мелиоранта и удобрения под сельскохозяйственные культуры, увеличивает плотность загрязнения почвы радионуклидами.

3. Внесение золы не оказывает существенного влияния на накопление ^{137}Cs в продукции овощных культур. При этом Кп ^{90}Sr при внесении золы уменьшаются от 1,9 до 3,0 раз в зависимости от культуры.

4. Неодинаковое влияние золы на параметры перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию овощных культур обуславливается различным количеством образующихся доступных для растений соединений радионуклидов при ее внесении в почву. Внесение золы приводит к снижению суммарного содержания биологически доступных форм ^{90}Sr в почве.

Литература

1. Государственная программа «Энергосбережение» на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] / Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 10.05.2017.

2. Государственная программа «Комфортное жилье и благоприятная среда» на 2016–2020 годы [Электронный ресурс] / Нац. правовой Интернет-портал Республики Беларусь. Режим доступа: <http://www.pravo.by>. – Дата доступа: 28.04.2017.

3. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 в древесине, продукции из древесины и древесных материалов и прочей пищевой продукции лесного хозяйства (РДУ/ЛХ-2001): гигиенические нормативы ГН 2.6.1.10-1-01-2001 // Нац. реестр правовых актов Респ. Беларусь. – 2001. – № 20. – 8/4937. – 3 с.

4. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (годовой). № госрегистрации 20150280. Договор №2 от 16.02.2015 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2015. 60 с.

5. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (годовой). № госрегистрации 20163605. Договор №10 от 26.01.2016 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2016. 48 с.

6. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (годовой). № госрегистрации 20163605. Договор №10 от 26.01.2016 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2017. 46 с.

7. Изучить влияние внесения древесной золы на поступление ^{90}Sr из дерново-подзолистой почвы в продукцию овощных культур: Отчет о НИР (аннотационный). № госрегистрации 20163605. Договор №10 от 26.01.2016 г. РНИУП «Институт радиологии» / Науч. рук. к.с.-х.н. Г.В. Седукова. Гомель, 2018. 26 с.

8. Демаков Ю.П., Швецов С.М., Швецов А.М. Зольный состав древесины различных пород деревьев в пойменном биотопе [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://cyberlenin-ka.ru/article/n/zolnyy-sostav-drevesiny-razlichnyh-porod-dereviev-v-poy-menno-biotope>. – Дата доступа: 20.02.2018.

9. Родин, Л.Е. Динамика органического вещества и биологический круговорот зольных элементов и азота в основных типах растительности земного шара / Л.Е. Родин, Н.И. Базилевич. – М.-Л.: Наука, 1965. – 252 с.

10. Методы биогеохимических исследования растений / Под. Ред. А.И. Ермакова. – Л.: Агропромиздат, 1987. – 450 с.

11. Демаков, Ю.П. Потребление и вынос древесными растениями зольных элементов / Ю.П. Демаков, А.В. Исаев, А.М. Швецов // Вестник ПТГУ. – 2013. – № 1. – С. 36-42.

12. Рекомендации по использованию древесной золы в личных подсобных хозяйствах на загрязненной радионуклидами территории / РНИУП «Институт радиологии», Г.В. Седукова, М.И. Автушко, С.А. Исаченко, Е.А. Тимченко. – Гомель, 2018. – 25 с.

13. Рекомендации по обращению с золой при использовании древесного топлива с различным уровнем радиоактивного загрязнения / РНИУП «Институт радиологии», Г.В. Седукова, М.И. Автушко, С.А. Исаченко, Е.А. Тимченко. – Гомель, 2018. – 18 с.

14. Гануш, Г.И. Овощеводство Беларуси: Экономика, организация, агротехника / Г.И. Гануш. – Мн.: Ураджай, 1996. – 272 с.
15. Справочник по овощеводству / В.И. Алексахин [и др.]; сост. В.А. Брызгалов. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1982. – 511 с.
16. Попков, В.А. Лук в условиях Республики Беларусь: Биология, агротехника, экономика. – Гомель: ГГТУ им. П.О. Сухого, 2001. – 400 с.: 34 ил.
17. Гороновский, И.Т. Краткий справочник по химии / И.Т. Гороновский, Ю.Н. Назаренко, Е.Ф. Некряч. – Киев: Наукова думка, 1974. – 992 с.
18. Таблица растворимостей [Электронный ресурс] / Режим доступа: <http://www.chemport.ru/data/data1047.shtml>. – Дата доступа: 20.02.2015.

**USE OF WOOD ASH AS A FERTILIZER AND AMELIORANT ON THE TERRITORY
CONTAMINATED WITH RADIONUCLIDES
G.V. Sedukova, S.A. Isachenko, E.A. Timchenko**

It is shown that ash does not have a significant effect on the accumulation of ^{137}Cs in vegetable products, while Kn^{90}Sr transfer factor is reduced from 1,9 to 3,0 depending on the crop. Presented is the example of graphic visualization developed in accordance with the results of the research on the model of changing the density of soil contamination when ash with different specific activity of ^{137}Cs and ^{90}Sr is applied.

УДК 633.853.494«324»:631.84

**ЭФФЕКТИВНОСТЬ АЗОТНЫХ УДОБРЕНИЙ В ПОСЕВАХ ОЗИМОГО
РАПСА НА МАСЛОСЕМЕНА**

Я.Э. Пилюк, Т.Н. Лукашевич, В.Н. Безлюдный, кандидаты с.-х. наук,
М.В. Ровдо, научный сотрудник, **А.В. Шаповалов**, мл. научный сотрудник
Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию
(Поступила 29.04.2019)

Рецензент: Берестов И.И., доктор с.-х. наук

Аннотация. В статье представлены результаты исследований по оценке эффективности доз и сроков применения азотных удобрений в посевах озимого рапса сорта Имперал. Установлено, что внесение 150 кг/га азота в два приема (90 кг/га – в начале возобновления весенней вегетации, 60 кг/га – через 2 недели после первой подкормки) обеспечивает получение 41,8 ц/га маслосемян с рентабельностью 150,8 % и себестоимостью полученной продукции - 12,53 долл./ц.

Одним из основных условий получения высоких урожаев семян рапса является рациональное применение минеральных удобрений. Рапс характеризуется высокой потребностью в питательных веществах, большую долю которых (65-70%) он потребляет до фазы цветения. От всходов до конца цветения рапс использует 96-98% азота. Вынос его с 1 ц семян составляет 3,6-3,9 кг, а с учетом соломы – 4,8-5,3 кг [1]. Поэтому в начале весеннего возобновления вегетации культуры после оценки перезимовки очень важно своевременное обеспечение его элементами питания, и, прежде всего, азотом – основным «строительным материалом». Он в этот период необходим для стимулирования отрастания рапса, восстановления поврежденных и опавших листьев, образования больше-