

3. Гольцов, А.А. Рапс, сурепица / А.А. Гольцов, А.М. Ковальчук, В.Ф. Абрамов. – М.: Колос, 1983. – 47 с.
4. Доспехов, Б.А. Методика полевого опыта / Б.А. Доспехов. – Москва: Агропромиздат, 1985. – 351 с.
5. Кравцов, С.В. Влияние сроков сева и густоты стояния растений на урожайность семян озимой сурепицы / С.В. Кравцов, Т.Н. Казаченко // Земледелие, растениеводство, селекция: настоящее и будущее: мат. междунауч.-практ. конф. (15-16 ноября 2012 г. Жодино). – Минск: ИВЦ Минфина, 2012. – Т. 1. – С. 69-71.
6. Милащенко, Н.З. Технология выращивания и использование рапса и сурепицы / Н.З. Милащенко, В.Ф. Абрамова. – М.: Агропромиздат, 1989. – 223 с.
7. Растениеводство / под ред. Г.С.Посыпанова. – М.:Колос, 1997. – 447 с.
8. Сельское хозяйство Республики Беларусь. Статистический сборник. Национальный статистический комитет Республики Беларусь. Минск, 2017. – 317 с.
9. Упманис, В.П. Выращивание озимого рапса и озимой сурепицы в условиях Латвийской ССР: автореф. дис. канд. с.-х. наук. / В.П. Упманис – Елгава, 1964. – 28 с.
10. Шнаар, Д. Рапс и сурепица (выращивание, уборка, использование) / под ред. Д. Шнаара, 2-е пераб. и расширен. изд.-ие. – Москва, 2007. – 320 с.

**YIELD AND QUALITY OF “000” TYPE BRASSICA CAMPESTRIS
DEPENDING ON SOWING TERMS AND RATES
Y.E. Piliuk, V.M. Belyavsky, E.P. Reshetnik**

Research results of the effects of sowing terms and rates on yield and quality of Brassica campestris oilseeds growing for food aims are presented in the article. It was established that the highest oilseed yield (2.73 t/ha) was obtained at sowing in the second ten-day period of August; the rate of sowing was 2.0 mln./ha. Using the above mentioned term and rate provided the maximum fat and protein yields, i.e. 28 and 0.54 t/ha, respectively. Improvement of cultivation technology elements contributed to the increase of fat yield per area unit by a factor of 1.7 and the increase of protein yield per area unit by a factor of 1.3.

УДК 633.853.494«324»:574

**ПАРАМЕТРЫ НАКОПЛЕНИЯ И ПРЕДЕЛЬНЫЕ ПЛОТНОСТИ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ РАДИОНУКЛИДАМИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА
НОРМАТИВНО ЧИСТОЙ ПРОДУКЦИИ ОЗИМОГО РАПСА
НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ**

Г.В. Седукова, кандидат с.-х. наук, С.А. Исаченко

*Республиканское научно-исследовательское унитарное предприятие
«Институт радиологии», г. Гомель
(Поступила 02.02.2018)*

Рецензент: канд. с.-х. наук Я.Э. Пилиук

Аннотация. *Представлены данные по параметрам перехода ^{137}Cs и ^{90}Sr в продукцию озимого рапса, возделываемого на почвах разного генезиса и гранулометрического состава. Показано, что коэффициенты перехода радионуклидов в продукцию озимого рапса уменьшаются при возделывании культуры на*

почвах, содержащих большее количество физической глины. Определены предельные плотности загрязнения почв радионуклидами для возделывания и получения нормативно чистой продукции озимого рапса при различном направлении ее использования. Установлено, что возделывание озимого рапса на территории радиоактивного загрязнения в Республике Беларусь ограничивается плотностью загрязнения почв ^{90}Sr .

Введение. На территориях радиоактивного загрязнения посевы рапса занимают около 45% от общей площади посевов культуры в Республике Беларусь. Это обусловлено наибольшей почвенно-климатической пригодностью Южной зоны республики для возделывания данной культуры. Большие площади посевов рапса на территориях, пострадавших от катастрофы на Чернобыльской АЭС, обуславливаются возможностью переработки основной продукции рапса – семян на масло, содержание радионуклидов в котором незначительно. При переработке семян рапса на масло практически все радионуклиды концентрируются в шроте (жмыхе), который в дальнейшем используется в качестве белкового компонента в рационах сельскохозяйственных животных.

В связи с учащающимися засушливыми периодами, сопровождающимися высоким температурным режимом в южных регионах Республики Беларусь, которые загрязнены радиоактивными веществами после катастрофы на Чернобыльской АЭС, острота вопроса обеспечения кормами нарастает. Актуальным является изучение накопления радионуклидов основной и побочной продукцией озимого рапса при возделывании его на легких по гранулометрическому составу почвах, имеющих наибольшее распространение на территории радиоактивного загрязнения, и являющихся согласно рекомендациям «Пригодность почв Республики Беларусь для возделывания отдельных сельскохозяйственных культур» пригодными для возделывания рапса. В связи с отсутствием данных по параметрам перехода радионуклидов в продукцию озимого рапса представляется целесообразным установить их и определить предельные плотности загрязнения почвы радионуклидами, на которой допустимо без ограничения использовать основную и побочную продукцию озимого рапса.

Методы исследований. Исследования проводились на протяжении 2015-2017 гг. путем отбора сопряженных почвенных и растительных образцов [1], на пробных площадках (20 м на 20 м), расположенных в производственных посевах озимого рапса на территории радиоактивного загрязнения. Плотность загрязнения почвы ^{90}Sr определялась согласно «Методике крупномасштабного агрохимического и радиологического исследования почв сельскохозяйственных угодий Республики Беларусь» [2]. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs определялась в полевых условиях методом *in vitro* спектрометром МКС-АТ6101ДР (производство НПУП «АТОМТЕХ»).

В почвенных пробах определяли основные агрохимические показатели по общепринятым методикам: содержание гумуса – по Тюрину в модификации ЦИНАО [3]; pH_{KCl} – потенциометрическим методом [4]; содержание подвижных форм фосфора и калия – по Кирсанову [5].

Удельная активность ^{137}Cs в исследуемых растительных образцах определяли на γ -спектрометрическом комплексе фирмы Canberra. Радиохимическое выделение ^{90}Sr проводили по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α - β счетчике Canberra-2400 [6]. Аппаратурная ошибка измерений не превышала 15-20%.

Пробные площадки располагались на дерново-подзолистой почве разного гранулометрического состава: связнопесчаная, рыхлосупесчаная, связносупесчаная, легкосуглинистая и на деградированной торфяной почве.

Результаты исследований. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs на пробных площадках варьировала от 37 кБк/м² до 780 кБк/м² (1-21 Ки/км²), ^{90}Sr – от 3,7 кБк/м² до 56 кБк/м² (0,1-1,5 Ки/км²). При этом вариабельность удельной активности ^{137}Cs в зеленой массе озимого рапса составила 1-11 Бк/кг, в зерне – 1-22,4 Бк/кг, соломе – 1,5-34,8 Бк/кг. Удельная активность ^{90}Sr в зеленой массе озимого рапса изменялась от 2,2-113 Бк/кг, в зерне – от 5,2 до 177 Бк/кг, соломе – от 11,5 до 330,7 Бк/кг. По содержанию ^{137}Cs продукция озимого рапса соответствовала республиканским допустимым уровням содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах (РДУ). Наблюдалось превышение норматива по содержанию ^{90}Sr в пробах зеленой массы, зерна и соломы при условии их использования в рационе кормления крупного рогатого скота (КРС) и получения молока цельного. Для получения молока-сырья на переработку продукция озимого рапса соответствовала РДУ.

Установлена прямая корреляционная связь между удельной активностью радионуклидов в почве и продукции озимого рапса. Так, коэффициент корреляции, характеризующий связь между удельной активностью ^{137}Cs в почве и зеленой массе озимого рапса составил $r=0,86$, ^{90}Sr – $r=0,93$. Зависимость между удельной активностью ^{137}Cs в почве и зерне озимого рапса характеризуется коэффициентом корреляции, равным 0,67, ^{90}Sr – $r=0,83$. Коэффициент корреляции, характеризующий связь между удельной активностью ^{137}Cs в почве и соломе озимого рапса, составляет $r=0,62$, ^{90}Sr – $r=0,71$.

Показателем, характеризующим уровни накопления радионуклидов в продукции при различных условиях возделывания культур, является коэффициент перехода (K_p). По обобщенным результатам исследований установлено, что средние значения K_p ^{137}Cs для зеленой массы культуры изменяются от 0,009 Бк/кг:кБк/м² до 0,024 Бк/кг:кБк/м² в зависимости от гранулометрического состава почвы (рисунок 1).

K_p ^{137}Cs для зерна озимого рапса уменьшаются по мере увеличения доли физической глины (показателя, характеризующего гранулометрический состав почв) в дерново-подзолистой почве. При возделывании на связнопесчаной почве K_p ^{137}Cs для зерна озимого рапса составляет в среднем 0,044 Бк/кг:кБк/м², на рыхлосупесчаной – 0,04 Бк/кг:кБк/м², на связносупесчаной – 0,034 Бк/кг:кБк/м², на легкосуглинистой – 0,028 Бк/кг:кБк/м².

Для соломы озимого рапса K_p ^{137}Cs в среднем в 1,7 раза выше, чем для зерна. Тенденция изменения параметров перехода ^{137}Cs для соломы при изменении гранулометрического состава почвы аналогична, как и для зерна.

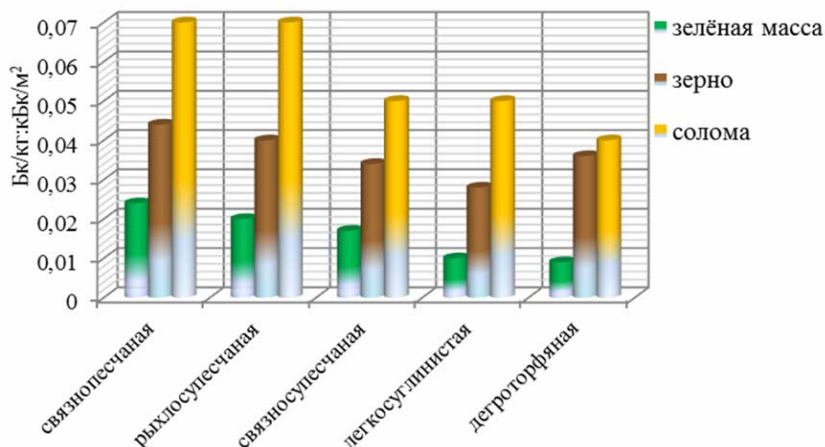


Рисунок 1 – Коэффициенты перехода ^{137}Cs для продукции озимого рапса

Кп ^{137}Cs для зеленой массы озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве находится на уровне $0,009 \text{ Бк/кг:кБк/м}^2$, для зерна – $0,036 \text{ Бк/кг:кБк/м}^2$, для соломы – $0,04 \text{ Бк/кг:кБк/м}^2$.

Кп ^{90}Sr для зеленой массы озимого рапса уменьшаются в 1,4 раза при изменении гранулометрического состава почвы от связнопесчаной до легкосуглинистой (рисунок 2). Для зерна культуры Кп ^{90}Sr уменьшаются в 3,1 раза, для соломы – в 1,6 раза.

Параметры перехода ^{90}Sr для продукции озимого рапса, возделываемого на деградированных торфяных почвах, ниже, чем на дерново-подзолистых.

Следует отметить, что выше представлены усредненные значения Кп радионуклидов по разновидностям почв. При изменении агрохимических показателей почвы в каждой из разновидности параметры перехода радионуклидов варьируют. Исследования по изучению изменений данных параметров продолжаются.

На основании полученных параметров перехода радионуклидов установлено, что ограничений по плотности загрязнения почв ^{137}Cs для получения продукции озимого рапса, соответствующей РДУ, нет. Для получения зерна культуры, соответствующей требованиям Технического регламента таможенного союза ТР ТС 015/2011 «О безопасности зерна», плотность загрязнения почв ^{137}Cs не должна превышать 1295 кБк/м^2 (35 Ки/км^2).

Получение нормативно чистой продукции озимого рапса ограничивается плотностью загрязнения почв ^{90}Sr (таблица 1).

Получить зеленую массу озимого рапса, соответствующую требованиям РДУ, используемую для скормливания КРС и получения в дальнейшем молока-сырья для переработки на масло, возможно при плотности загрязнения дерново-подзолистой связнопесчаной и рыхлосупесчаной почвы ^{90}Sr не более

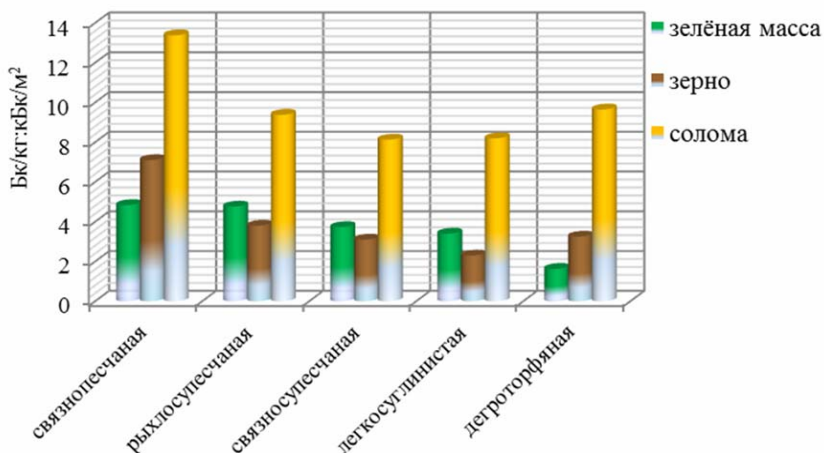


Рисунок 2 – Коэффициенты перехода ⁹⁰Sr для продукции озимого рапса

38 кБк/м² (1 Ки/км²). Ограничения по плотности загрязнения деградированной торфяной почвы ⁹⁰Sr для производства нормативно чистой зеленой массы (в соответствии с РДУ) – отсутствуют.

Таблица 1 – Предельные плотности загрязнения почвы ⁹⁰Sr для использования продукции озимого рапса в качестве корма, соответствующего РДУ, кБк/м² (Ки/км²)

Почва	Вид корма		
	зеленая масса	зерно	солома
Для производства молока цельного			
Связнопесчаная	7,6 (0,21)	14,1 (0,38)	13,8 (0,37)
Рыхлосупесчаная	7,8 (0,21)	26,3 (0,71)	19,7 (0,53)
Связносупесчаная	9,9 (0,27)	32,3 (0,87)	22,8 (0,62)
Легкосуглинистая	10,9 (0,29)	43,5 (1,18)	22,6 (0,61)
Деградаторфяная	22,7 (0,61)	30,8 (0,83)	19,2 (0,52)
Для производства молока-сырья на переработку на масло			
Связнопесчаная	38,2 (1,03)	70,4 (1,9)	67,3 (1,82)
Рыхлосупесчаная	38,9 (1,05)	б/о	95,9 (2,59)
Связносупесчаная	49,6 (1,34)	б/о	110,7 (2,99)
Легкосуглинистая	54,4 (1,47)	б/о	109,8 (2,97)
Деградаторфяная	б/о	б/о	93,3 (2,52)
Связнопесчаная	38,2 (1,03)	70,4 (1,9)	67,3 (1,82)

Примечание: б/о – «без ограничений», т.е. разрешено на всей территории, где ведется сельскохозяйственное производство

Согласно полученным данным, производство зеленой массы озимого рапса, отвечающей требованиям ТР ТС «О безопасности кормов и кормовых добавок», возможно при плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы ^{90}Sr на уровне 10,3-14,7 кБк/м² (0,28-0,4 Ки/км²) в зависимости от гранулометрического состава и при плотности загрязнения ^{90}Sr деградированной торфяной почвы не более 30,7 кБк/м² (0,83 Ки/км²).

Получение зерна озимого рапса, отвечающего требованиям ТР ТС «О безопасности кормов и кормовых добавок», возможно при плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы ^{90}Sr от 14 кБк/м² (0,38 Ки/км²) до 43,5 кБк/м² (1,18 Ки/км²) в зависимости от гранулометрического состава.

Солома озимого рапса будет соответствовать требованиям ТР ТС «О безопасности кормов и кормовых добавок» при возделывании культуры на дерново-подзолистых почвах с плотностью загрязнения ^{90}Sr от 13,5 кБк/м² (0,36 Ки/км²) до 22 кБк/м² (0,59 Ки/км²) в зависимости от гранулометрического состава. Плотность загрязнения ^{90}Sr деградированной торфяной почвы для получения нормативно чистой соломы не должна превышать 18,7 кБк/м² (0,5 Ки/км²).

Выводы

Параметры перехода радионуклидов ^{137}Cs и ^{90}Sr для продукции озимого рапса различны при возделывании культуры на почвах разного генезиса и гранулометрического состава. Кратность различий $\text{Кп } ^{137}\text{Cs}$ для зеленой массы озимого рапса при изменении гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы от связнопесчаной до легкосуглинистой составляет 2,4 раза, для зерна – 1,6 раза, для соломы – 1,4 раза.

Для зеленой массы озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве, $\text{Кп } ^{137}\text{Cs}$ составляет 0,01 Бк/кг:кБк/м², для зерна – 0,036 Бк/кг:кБк/м², для соломы – 0,04 Бк/кг:кБк/м².

Кратность различий $\text{Кп } ^{90}\text{Sr}$ для зеленой массы озимого рапса при изменении гранулометрического состава дерново-подзолистой почвы от связнопесчаной до легкосуглинистой составляет 1,4 раза, для зерна – 3,1 раза, для соломы – 1,6 раза.

Для зеленой массы озимого рапса, выращенного на деградированной торфяной почве, $\text{Кп } ^{90}\text{Sr}$ составляет 1,63 Бк/кг:кБк/м², для зерна – 3,25 Бк/кг:кБк/м², для соломы – 9,65 Бк/кг:кБк/м².

Ограничения по плотности загрязнения почв ^{137}Cs для получения продукции озимого рапса, соответствующей требованиям РДУ, отсутствуют. Для получения зерна культуры, соответствующей требованиям ТР ТС 015/2011, плотность загрязнения почв ^{137}Cs не должна превышать 1295 кБк/м² (35 Ки/км²).

Получение нормативно чистой продукции озимого рапса ограничивает плотность загрязнения ^{90}Sr . При планировании посевов озимого рапса на территории радиоактивного загрязнения для использования зеленой массы, необходимо подбирать участки, плотность загрязнения дерново-подзолистой связно-песчаной и рыхлосупесчаной почвы ^{90}Sr которых не превышает 7,6 кБк/м² (0,21 Ки/км²), связносупесчаной – 9,9 кБк/м² (0,27 Ки/км²), легкосуглинистой –

10,9 кБк/м² (0,29 Ки/км²), деградированной торфяной почвы не превышает 22,7 кБк/м² (0,61 Ки/км²).

Получение зерна озимого рапса, отвечающего требованиям ТР ТС «О безопасности кормов и кормовых добавок», возможно при плотности загрязнения дерново-подзолистой почвы ⁹⁰Sr от 14 кБк/м² (0,38 Ки/км²) до 43,7 кБк/м² (1,18 Ки/км²) в зависимости от гранулометрического состава.

Таким образом, выявлены территории радиоактивного загрязнения, на которых возможно возделывание озимого рапса и получения продукции, отвечающей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов.

Литература

1. Почвы. Отбор проб : ГОСТ 28168–89. – введ. 01.04.1990. – Москва : Издательство стандартов, 1989. – 6 с.
2. Богдевич, И.М. Методика крупномасштабного агрохимического и радиологического обследования почв сельскохозяйственных угодий республики Беларусь / метод. рекомендации / И.М. Богдевич [и др.]. – Минск : Белорус. науч. исслед. Ин-т почвоведения и агрохимии, 1992. – 44 с.
3. Почвы. Определение органического вещества в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26212.–91 – введ. 01.07.1993. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
4. Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение pH по методу ЦИНАО : ГОСТ 26483–85. – введ. 01.07.1986. – Москва : Издательство стандартов, 1987. – 4 с.
5. Почвы. Определение подвижных соединений фосфора и калия по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО : ГОСТ 26207–91 – введ. 01.07.1993. – Москва : Издательство стандартов, 1992. – 6 с.
6. Кузнецов, А.В. Методические указания по определению стронция-90 и цезия-137 в почвах и растениях : метод. Рекомендации / А.В. Кузнецов, В.И. Силин, Ф.И. Павлоцкая. – Москва : ЦИНАО, 1985. – 63 с.

PARAMETERS OF ACCUMULATION AND MAXIMUM DENSITIES OF SOIL RADIONUCLIDE CONTAMINATION FOR PRODUCTION OF REGULATORY CLEAN PRODUCTS OF WINTER RAPESEED ON RADIOACTIVE CONTAMINATION TERRITORY **G.V. Sedukova, S.A. Isachenko**

Data on the ¹³⁷Cs and ⁹⁰Sr transfer factors in the production of winter rapeseed cultivated on soils of different genesis and granulometric composition are presented. It is shown that the radionuclide's transfer factors to winter rapeseed produce decrease when cultivating crops on soils containing more physical clay. The maximum density of radionuclides contamination in soil was determined for cultivation and obtaining of normatively produce of winter rapeseed for different directions of use. It is established that the cultivation of winter rapeseed in the radioactive contaminated territory in the Republic of Belarus is limited by the ⁹⁰Sr contamination density in soil.