

РОЛЬ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ В УЛУЧШЕНИИ РАДИОЛОГИЧЕСКОГО КАЧЕСТВА ЗЕЛЕННОЙ МАССЫ СОРГО САХАРНОГО, ВОЗДЕЛЫВАЕМОГО НА ТЕРРИТОРИИ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Г.В. Седукова, Н.В. Кристова

*Государственное научное учреждение «Институт радиобиологии
Национальной академии наук Беларуси»*

В статье представлено влияние различных фонов минерального питания на накопление ^{90}Sr зеленой массой сорго сахарного. Установлено снижение на 21 % уровня загрязнения зеленой массы при использовании минеральных удобрений. Наименьшие значения коэффициентов перехода ^{90}Sr из почвы в растения получены в варианте с внесением $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{100} - 2,56$ Бк/кг:кБк/м².

Ключевые слова: ^{90}Sr , удельная активность, коэффициент перехода, предельная плотность загрязнения.

На сельскохозяйственных землях Беларуси, пострадавших после чернобыльской аварии, одним из основных дозообразующих радионуклидов является ^{90}Sr . В начале второго периода полураспада основное количество ^{90}Sr находится в доступных для растений формах, обладает высокой миграционной способностью в первом звене трофической цепи «почва–растение» [1]. Благодаря биологическим особенностям кормовые культуры существенно различаются по интенсивности накопления техногенных радионуклидов [2]. Для увеличения устойчивости агроэкосистем в условиях изменения климата рекомендуется увеличение доли засухоустойчивых культур в структуре комового клина. В качестве таковой рассматривается сорго сахарное, отличающиеся не только широкой экологической пластичностью, но и высокой экономической эффективностью производства.

Цель наших исследований направлена на изучение возможности производства на территории радиоактивного загрязнения зеленой массы сорго сахарного, отвечающей нормативным требованиям по содержанию радионуклидов.

Условия и методика проведения исследований.

Исследования по изучению радиологического качества зеленой массы сорго сахарного и роли минеральных удобрений в снижении коэффициентов

перехода ^{90}Sr проводились путем постановки полевого опыта. Почва – дерново-подзолистая супесчаная, имеющая наибольшее распространение на территории радиоактивного загрязнения. Содержание гумуса в пахотном горизонте варьировало в пределах 1,7-3,0%, содержание подвижного калия – 169-228 мг/кг почвы, фосфора – 340-359 мг/кг почвы. Средняя плотность загрязнения пахотного горизонта почвы ^{90}Sr – 0,3-0,4 Ки/км².

В качестве объекта исследований использовали сорго сахарное. Схема опыта включала контроль, 4 фона фосфорно-калийного питания ($\text{P}_{40}\text{K}_{80}$, $\text{P}_{40}\text{K}_{100}$, $\text{P}_{60}\text{K}_{80}$, $\text{P}_{60}\text{K}_{100}$ кг/га д.в.) и 2 уровня азотного питания (N_{70} и N_{90} кг/га д.в.). В качестве удобрений использовались: карбамид, аммонизированный суперфосфат, хлористый калий.

Опыты проводились в 3-кратной повторности с общей и учетной площадью делянок 10 м² и 4 м², соответственно. Способ посева – широкорядный с шириной междурядий 45 см. Норма высева – 20 кг/га. В период наступления у культуры фазы начало выметывания проведен отбор сопряжённых растительных и почвенных проб для установления удельной активности ^{90}Sr и коэффициента перехода радионуклида при разных фонах минерального питания.

Удельную активность ^{90}Sr в почвенных и растительных пробах определяли путём радиохимического выделения радионуклида по стандартной методике ЦИНАО с радиометрическим окончанием на аттестованном α - β счётчике Canberra-2400 [3].

Результаты исследований. На контрольном варианте средняя удельная активность ^{90}Sr в зелёной массе сорго сахарного составила $41,6 \pm 3,0$ Бк/кг при изменениях в целом по выборке от 32,7 до 61 Бк/кг. Коэффициент вариации удельной активности ^{90}Sr в продукции в отдельные годы проведения исследований находился на уровне 2-6 %, что свидетельствует о незначительной изменчивости показателя. В целом же по выборке за все годы исследований коэффициент вариации составил 25 %, что указывает на значительную изменчивость показателя.

Значения удельной активности ^{90}Sr в урожае сорго сахарного при использовании минеральных удобрений изменялись от 16,8 Бк/кг до 55 Бк/кг. На фосфорно-калийных вариантах средний уровень загрязнения зеленой массы радионуклидом снизился на 21 % до $32,7 \pm 2,3$ Бк/кг. При увеличении в составе удобрения дозы фосфора с 40 до 60 кг/га д.в. удельная активность ^{90}Sr в растениях снижалась на 13 % на фоне K_{80} и на 5 % на фоне K_{100} .

При внесении полного минерального удобрения с уровнем азотного питания N_{70} удельная активность ^{90}Sr в растительных образцах находилась на

уровне $31,6 \pm 2,0$ Бк/кг. В вариантах $N_{70}K_{80}$ увеличение дозы фосфорного удобрения на 20 кг/га д.в. способствовало снижению уровня загрязнения продукции на 9 %, тогда как на фонах $N_{70}K_{100}$ только на 4 %.

В вариантах с внесением азота в дозе 90 кг/га д.в. среднее значение удельной активности по годам исследования ровнялось $33,3 \pm 2,2$ Бк/кг. При увеличении дозы фосфора до 60 кг/га д.в. содержание ^{90}Sr в зеленой массе было на 13 % ниже, чем при использовании P_{40} .

В целом, полученная зеленая масса сорго сахарного соответствовала нормативным требованиям по содержанию радионуклида в кормах, используемых для скармливания лактирующим коровам и получения молока-сырья на переработку (норматив 185 Бк/кг). При этом, она либо превышала допустимый уровень содержания радионуклида в кормах для получения молока цельного, либо находилась ближе к верхней границе нормативного значения (37 Бк/кг) [4].

Удельная активность радионуклида в растениях зависит от плотности загрязнения почвы. Учитывая большую пестроту радиоактивных выпадений, даже на небольшом участке, плотность загрязнения почвы может существенно изменяться. Для корректного сравнения выгоды применения различных доз удобрений с целью снижения содержания ^{90}Sr в продукции рассчитаны коэффициенты перехода (Кп) рассматриваемого радионуклида в зеленую массу сорго.

На контрольном варианте значение коэффициентов перехода изменялась от 3,56 до 4,03 Бк/кг:кБк/м² при среднем значении 3,74 Бк/кг:кБк/м².

Установлено, что применение минеральных удобрений является эффективным способом снижения (на 23-32 %) поступления ^{90}Sr в растения сорго сахарного по отношению к варианту без применения удобрений. При внесении только фосфорно-калийных удобрений средние значения коэффициентов перехода находились в диапазоне 2,55-2,82 Бк/кг:кБк/м² (рис. 1).

На безазотных вариантах наименьший Кп ^{90}Sr в зеленую массу сорго сахарного получен при использовании $P_{60}K_{80}$ – 2,55 Бк/кг:кБк/м². Установлено уменьшение параметра перехода в вариантах с P_{60} по сравнению с P_{40} на фоне K_{80} (10 %), тогда как на фоне K_{100} снижение находилось на уровне тенденции (3 %).

Применение азота не оказало существенного влияния на параметр перехода радионуклида в продукцию сорго сахарного. Отмечено, что при использовании систем удобрений с $N_{90}P_{40}K$ коэффициент перехода ^{90}Sr в зеленую массу сорго сахарного имел тенденцию к повышению на 2 % по

сравнению с N₇₀. При внесении N_{70,90} на фоне P₆₀K₈₀ также наблюдалось незначительное (3 %) увеличение Кп ⁹⁰Sr. При внесении полного минерального удобрения наименьший параметр перехода получен при использовании N₉₀P₆₀K₁₀₀ – 2,56 ± 0,05 Бк/кг:кБк/м².

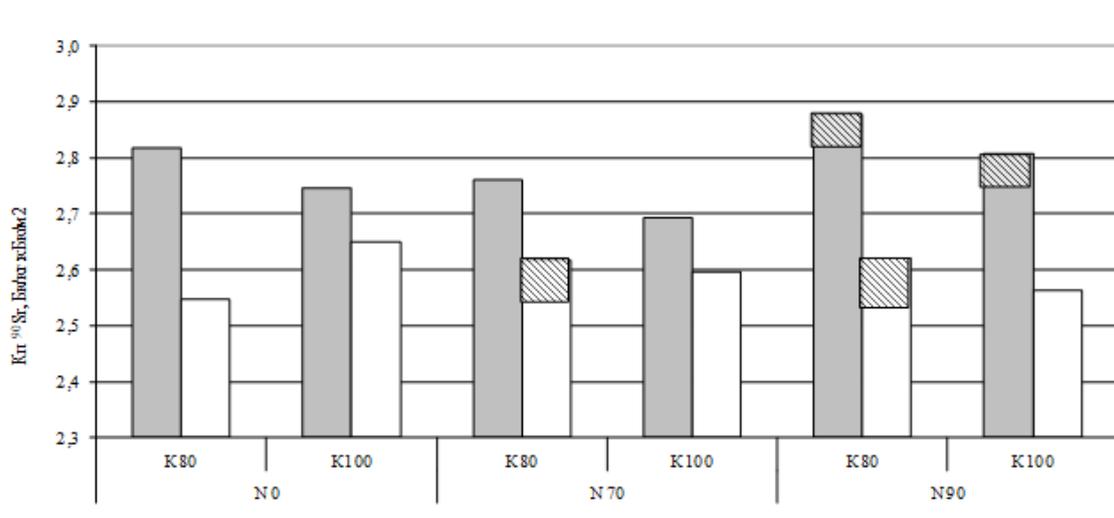


Рис. 1. Коэффициенты перехода ⁹⁰Sr из почвы в зеленую массу сорго сахарного при разных фонах минерального питания

Увеличение дозы фосфора с 40 до 60 кг/га д.в. обеспечивает снижение Кп ⁹⁰Sr в вегетативную массу сорго сахарного на 4-5 % на фонах с N₇₀; на 9 % на фонах с N₉₀.

На основании установленных коэффициентов перехода рассчитаны предельные плотности загрязнения почвы ⁹⁰Sr для производства нормативно чистой зеленой массы сорго сахарного на загрязненных радионуклидом территориях. Для получения цельного молока пригодны дерново-подзолистые супесчаные почвы с полностью загрязнением ⁹⁰Sr до 14,4 кБк/м² (0,39 Ки/км²) и, соответственно, до 72 кБк/м² (1,95 Ки/км²) для производства молока-сырья на переработку. Среди загрязненных сельскохозяйственных земель для выращивания сорго сахарного для получения молока цельного пригодно около 190 тыс. га земель, а для получения молока-сырья на переработку – около 260 тыс. га из 279 тыс. га загрязненных ⁹⁰Sr свыше 0,15 Ки/км².

Библиографический список

1. Цыбулько Н.Н., Путятин Ю.В. Биологическая доступность ¹³⁷Cs и ⁹⁰Sr в дерново-подзолистых почвах в отдаленный период аварии на Чернобыльской АЭС // Журнал Белорусского государственного университета. Экология. 2022. №4. С. 108-117.

2. Рекомендации по ведению сельскохозяйственного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2021–2025 годы / Нац. акад. наук Беларуси, М-во сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь, Ин-т почвоведения и агрохимии; Н. Н. Цыбулько [и др.]. – Минск: ИВЦ Минфина, 2021. 144 с.
3. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / Центр. науч.-исслед. ин-т агрохим. обслуживания сел. хоз-ва; А. В. Кузнецов [и др.]. – М.: ЦИНАО, 1985. 64 с.
4. Республиканские допустимые уровни содержания цезия-137 и стронция-90 в сельскохозяйственном сырье и кормах: утв. зам. министра сел. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь 3 авг.1999 г. [Электронный ресурс]. – URL: <https://mshp.gov.by/docs/radiolog/normy.pdf>. (дата обращения: 09.03.2022).