УДК 631.84:546.36:633.1:631.445.24

Д.В. Киселева, И.И. Жукова
(г. Могилев, Беларусь)

ПОСТУПЛЕНИЕ ^{137}CS В ЗЕРНОВЫЕ КУЛЬТУРЫ ПРИ РАЗНОМ УРОВНЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ НА ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУПЕСЧАНОЙ ПОЧВЕ

Введение. Начальным звеном экологического цикла поступления радионуклидов из внешней среды в организм человека является система почва – растение. Накопление радионуклидов в растениях зависит от режима азотного питания. Усиление поглощения ^{137}Cs при внесении азотных удобрений объясняется увеличением подвижного радионуклида в почве под влиянием гидратированных ионов аммония, имеющих с радиоцезием сходный по величине ионный радиус, и способных вытеснять его из мест сорбции в почвенный раствор [1, 2]. С другой стороны, внесение нитратной формы азота также усиливает поглощение ^{137}Cs растениями, хотя и в меньшей степени (в среднем в 2 раза), чем азот в аммиачной форме [3]. Существует также предположение, согласно которому увеличение поступления ^{137}Cs из почвы в растения может происходить в результате сдвига в соотношениях элементов в почвенном растворе при внесении азотных удобрений [2]. Из результатов некоторых авторов можно увидеть, что азотные удобрения обладают мобилизующим действием на ^{137}Cs почвы [4], однако механизмы такой мобилизации ими не обсуждаются. Цель настоящей работы – определить влияние азотных удобрений на поступление ^{137}Cs в растения ячменя и озимой ржи и установить коэффициенты перехода радионуклида из почвы в продукцию (зерно). Исследования проводили в микрополевом опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве. Плотность загрязнения пахотного горизонта почвы ^{137}Cs составляла 554 кБк/м^2 (15,0 Ки/км^2). Схема опыта включала варианты с разными дозами и сроками внесения азотных удобрений. Общая площадь делянок в опыте 1,0 м^2. Повторность опыта – четырехкратная. Изучаемые сельскохозяйственные культуры – яровой ячмень и озимая рожь. Фосфорные и калийные удобрения вносили перед посевом культур, азотные удобрения в форме карбамида согласно схеме опыта в следующие сроки: N – перед посевом ячменя и в ранневесеннюю подкормку озимой ржи; N$^{//}$ – в фазу выхода в трубку растений. Дозы удобрений вносили из расчета грамм на 1 м^2. Анализ растительных образцов на содержание общего азота проводили после их мокрого озоления по методу ЦИНАО [5]. Удельную активность ^{137}Cs в почвенных пробах определяли на спектрометре МКС-АТ1315, в растительных – на спектрометрическом комплексе «Canberra» [6]. Для оценки поступления ^{137}Cs из почвы в растения рассчитывали коэффициент перехода (*Кп*) по формуле: $Кп = УА / П$, где *УА* – удельная активность товарной продукции при стандартной влажности, Бк/кг, *П* – плотность радиоактивного загрязнения почвы, кБк/м^2.

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного и корреляционно-регрессионного анализа с использованием стандартного компьютерного программного обеспечения (*Excel 7.0, Statistic 7.0*).

Электронный архив библиотеки МГУ имени А.А. Кулешова

Результаты исследований. В результате исследований установлено, что активность ^{137}Cs в зерне возделываемых культур даже при высоких дозах азота удобрений (N_{12}) не превысила 30 Бк/кг, при допустимом уровне на зерно для переработки на пищевые цели 90 Бк/кг, на зерно на детское питание – 55 Бк/кг (табл. 1).

Таблица 1

Влияние доз и сроков внесения азотных удобрений на содержание ^{137}Cs в зерне ячменя и озимой ржи

Вариант	Активность ^{137}Cs в зерне, Бк/кг	Снижение (увеличение) активности ^{137}Cs			
		к контролю		к фону РК	
		Бк/кг	%	Бк/кг	%
Ячмень					
1. Контроль (без уд.)	11,7	-	100	-	-
2. Фон – P_6K_{12}	7,1	-4,6	61	-	100
3. Фон + N_6	8,6	-3,1	73	+1,5	121
4. Фон + N_9	9,9	-1,8	85	+2,8	139
5. Фон + N_6 + $N_3^{//}$	11,1	-0,6	95	+4,0	156
6. Фон + N_9 + $N_3^{//}$	11,9	+0,2	102	+4,8	168
$НСР_{05}$	*2,3*	-	-	-	-
Озимая рожь					
1. Контроль (без уд.)	12,9	-	100	-	-
2. Фон – P_6K_{12}	8,6	-4,3	67	-	100
3. Фон + N_6	10,8	-2,1	84	+2,2	126
4. Фон + N_9	10,9	-2,0	84	+2,3	127
5. Фон + N_6 + $N_3^{//}$	12,5	-0,4	97	+3,9	145
6. Фон + N_9 + $N_3^{//}$	13,0	+0,1	101	+4,4	151
$НСР_{05}$	*1,6*	-	-	-	-

В зерне ячменя содержание ^{137}Cs колебалось по вариантам опыта от 7,1 до 11,9 Бк/кг. Активность радионуклида на контроле составила 11,7 Бк/кг, на фоне P_6K_{12} – 7,1 Бк/кг. В варианте с предпосевным внесением 6 г/м^2 (60 кг/га) азота удобрений на фоне РК содержание ^{137}Cs в зерне было достоверно ниже (на 27%) по отношению к контролю, а различие с вариантом P_6K_{12} несущественным – 1,5 Бк/кг при $НСР_{05}$ = 2,3 Бк/кг. При повышении доз азотных удобрений наблюдалось увеличение накопления ^{137}Cs в растениях. В варианте с внесением перед посевом N_9 содержание его в зерне было значительно (в 1,5 раза) выше по сравнению с фоном P_6K_{12}, но не существенно по сравнению с вариантом $N_6P_6K_{12}$. По накоплению ^{137}Cs в продукции дробное применение азота (N_6 – перед посевом + N_3 – в подкормку в начале фазы выхода в трубку) не существенно отличалось от однократного (N_9 – перед посевом) внесения той же дозы. При дробном внесении азота в дозе N_{12} (120 кг/га) активность ^{137}Cs в зерне ячменя увеличилась в 1,7 раза по сравнению с фоном P_6K_{12}, в 1,4 раза – по сравнению с вариантом $N_6P_6K_{12}$, однако была несущественно выше вариантов с однократным и дробным применением 90 кг/га азота удобрений.

В зерне озимой ржи активность ^{137}Cs на контроле составила 12,9 Бк/кг, на фоне РК – 8,6 Бк/кг, а по вариантам опыта, где вносили азотные удобрения, колеба-

Электронный архив библиотеки МГУ имени А.А. Кулешова

лась от 10,8 до 13,0 Бк/кг. Ранневесенняя подкормка азотом в дозе 60 кг/га привела к существенному (на 2,2 Бк/кг) увеличению содержания ^{137}Cs в зерне по отношению к варианту P_6K_{12}. С повышением доз азота до 90 и 120 кг/га наблюдалось увеличение накопления радионуклида к фону РК на 27-51%, соответственно, и было также существенным по отношению к варианту $N_6P_6K_{12}$.

Данные, представленные в таблице 2, показывают, что внесение азотных удобрений привело к повышению параметров перехода (Кп) ^{137}Cs в урожай зерновых культур.

Таблица 2

Коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно в зависимости от доз и сроков внесения азотных удобрений (Бк/кг: кБк/м²)

Дозы и сроки внесения азотных удобрений	Ячмень	Озимая рожь
N_0	0,013	0,016
N_6	0,017	0,021
N_9	0,020	0,021
N_{6+3} //	0,020	0,022
N_{9+3} //	0,023	0,025
$НСР_{05}$	*0,003*	*0,003*

При возделывании ячменя применение N_6 перед посевом существенно повысило коэффициенты перехода ^{137}Cs в зерно по отношению к фону. Однократное (до посева) и дробное (до посева и в фазу выхода в трубку растений) внесение 90 кг/га азота удобрений достоверно увеличило Кп по отношению к варианту с $N_6P_6K_{12}$. Такая же закономерность отмечалась при дробном применении N_{12}.

Выводы. На озимой ржи действие азотных удобрений на коэффициенты перехода радиоцезия в продукцию было несколько иным. Ранневесенняя азотная подкормка озимой ржи дозой N_6 достоверно повысила Кп по отношению к вариантам РК. Азотная подкормка в дозе N_9 (в один прием и дробно) не привела к увеличению Кп по сравнению с N_6. Существенное повышение его наблюдалось только при дробном применении 120 кг/га азота удобрений.

Литература:

1. **Алексахин, Р.М.** Поведение ^{137}Cs в системе почва – растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае / Р.М. Алексахин, И.Т. Моисеев, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1992. – № 8. – С. 127-138.
2. **Моисеев, И.Т.** К вопросу о влиянии минеральных удобрений на доступность ^{137}Cs из почвы сельскохозяйственными растениями / И.Т. Моисеев, Л.А. Рерих, Ф.А. Тихомиров // Агрохимия. – 1986. – № 2. – С.89.
3. **Evans, E.J.** Effect of nitrogen on caesium-137 in soils and its uptake by oat plants / E.J. Evans, A.J. Dekker // Canadian Journal of Soil Science. 1968. – Vol. 49. – P. 349-355.
4. **Моисеев, И.Т.** К оценке влияния минеральных удобрений на динамику обменного ^{137}Cs в почвах и доступность его овощным культурам / И.Т. Моисеев [и др.] // Агрохимия. – 1988. – № 5. – С. 86-92.
5. Методические указания по анализу почв, кормов и удобрений. – М.: ЦИНАО, 1976. – 56 с.

Электронный архив библиотеки МГУ имени А.А. Кулешова

6. Методические указания по определению ^{90}Sr и ^{137}Cs в почвах и растениях / А.В. Кузнецов [и др.]. – Минск: ЦИНАО, 1985. – 64 с.