

**ВЛИЯНИЕ АЗОТНОГО ПИТАНИЯ РАСТЕНИЙ
НА НАКОПЛЕНИЕ ^{137}Cs ЗЕРНОВЫМИ КУЛЬТУРАМИ**

Nitrogen fertilizers increase the migration of ^{137}Cs in the soil–plant system. Fractional application of nitrogen on the accumulation of ^{137}Cs in the product is not significantly different from a single introduction of the same dose. Minimal accumulation of radionuclide observed in nitrogen content in barley grain 2,0-2,50%, rye – 1,5-1,65%.

Регулированию азотного питания растений на загрязненных радионуклидами почвах принадлежит важнейшая роль, поскольку недостаток доступного азота в почве приводит к снижению урожайности сельскохозяйственных культур, а высокие дозы азотных удобрений усиливают поглощение радионуклидов растениями [1]. Предусмотрены ограничения максимальных доз азота удобрений под сельскохозяйственные культуры, возделываемые на загрязненных радионуклидами почвах. На минеральных почвах максимально допустимая годовая доза под яровые зерновые культуры (ячмень, пшеница, овес) составляет 90 кг/га действующего вещества, под озимые зерновые (рожь, пшеница, тритикале) – 120 кг/га [2].

Цель данной работы – изучить действие доз и сроков внесения азотных удобрений на накопление ^{137}Cs в зерне ячменя и озимой ржи на окультуренной дерново-подзолистой супесчаной почве и установить зависимости между удельной активностью ^{137}Cs и концентрацией общего азота в зерне возделываемых культур.

Схема опыта включала следующие варианты:

Ячмень

1. без удобрений – контроль
2. P_6K_{12} – фон
3. Фон + N_6
4. Фон + N_9
5. Фон + N_6 + N_3^{II}
6. Фон + N_9 + N_3^{II}

Озимая рожь

1. без удобрений – контроль
2. P_6K_{12} – фон
3. Фон + N_6
4. Фон + N_9
5. Фон + N_6 + N_3^{II}
6. Фон + N_9 + N_3^{II}

В опыте возделывали яровой ячмень сорта Тюрингия и озимую рожь сорта Игуменская. Азотные удобрения в форме карбамида (мочевины) вносили в виде водного раствора перед посевом и по фазам роста и развития растений согласно схеме опыта (N – до посева ячменя и при возобновлении весенней вегетации озимой ржи; N^{II} – фаза выхода в трубку). Фосфорные и калийные удобрения вносили общим фоном перед посевом (дозы удобрений приведены из расчета грамм на 1 м^2).

В зерне ячменя содержание ^{137}Cs колебалось по вариантам опыта с азотными удобрениями от 7,1 до 11,9 Бк/кг. Активность радионуклида в зерне на контроле составила 11,7 Бк/кг, на фоне P_6K_{12} составила 7,1 Бк/кг. В варианте с предпосевным внесением 60 кг/га азота удобрений на фоне РК содержание ^{137}Cs в продукции было достоверно ниже (на 27%) по отношению к контролю, а различие с вариантом P_6K_{12} было несущественным – 1,5 Бк/кг при $\text{HCP}_{05} = 2,3 \text{ Бк/кг}$ (таблица 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	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 + $\text{N}_6 + \text{N}_3$ ''	11,1	-0,6	95	4,0	156
6. Фон + $\text{N}_9 + \text{N}_3$ ''	11,9	0,2	102	4,8	168
HCP_{05}	2,3	-	-	-	-
Озимая рожь					
1. Контроль	12,9	-	-	-	-
2. Фон – P_6K_{12}	8,6	-4,3	67	-	-
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 + $\text{N}_6 + \text{N}_3$ ''	12,5	-0,4	97	3,9	145
6. Фон + $\text{N}_9 + \text{N}_3$ ''	13,0	0,1	101	4,4	151
HCP_{05}	1,6	-	-	-	-

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 и существенно – по сравнению с вариантом $\text{N}_6\text{P}_6\text{K}_{12}$.

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 азотных удобрений в дозе 120 кг/га удельная 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 $\text{N}_6\text{P}_6\text{K}_{12}$, 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, колебалась от 10,8 до 13,0 Бк/кг. Ранневесенняя подкормка азотом в дозе 60 кг/га привела к существенному (на 2,2 Бк/кг при $\text{HCP}_{05} = 1,6$) увеличению содержания ^{137}Cs в зерне по отношению к варианту P_6K_{12} . С повышением доз азотных удобрений 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 $\text{N}_6\text{P}_6\text{K}_{12}$.

Следует отметить, что удельная активность ^{137}Cs в зерне возделываемых культур даже при внесении высоких доз азотных удобрений (120 кг/га действующего вещества) 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, то есть была ниже в 3,0 и 1,8 раза, соответственно.

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

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+N_3''	0,020	0,022
N_9+N_3''	0,023	0,025
HCP_{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} .

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 радиоцезия по сравнению с N_6 . Существенное повышение его наблюдалось только при дробном применении 120 кг/га азота удобрений.

В своих исследованиях мы установили зависимости между удельной активностью ^{137}Cs и концентрацией общего азота в зерне возделываемых культур, позволяющие определить пороговые значения содержания этого макроэлемента, до которых наблюдаются снижение или увеличение радионуклида в урожае зерновых культур. По результатам анализа растительных образцов (зерно) рассчитаны корреляционные зависимости.

Зависимость между концентрацией общего азота ($N_{\text{общ}}$) и удельной активностью ^{137}Cs в зерне наиболее тесно описывалась квадратичным уравнением с полиномиальной линией тренда. Взаимосвязь средней силы ($R = 0,76$, $R^2 = 0,58$) установлена между содержанием $N_{\text{общ}}$ и активностью ^{137}Cs в зерне ячменя (рисунок 1).

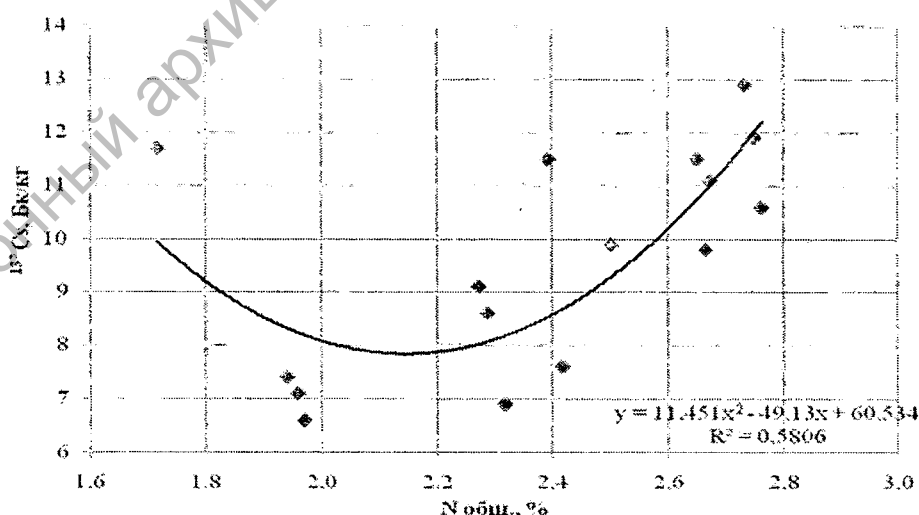


Рисунок 1 – Зависимость удельной активности ^{137}Cs от содержания общего азота в зерне ячменя

Как показывают данные, повышенное накопление радиоцезия в зерне наблюдалось как при низком, так и при высоком содержании азота в растениях ячменя. Низкая концентрация $N_{\text{общ}}$ обуславливает, как правило, низкую урожайность, что способствует увеличению активности ^{137}Cs в продукции. Высокий уровень азотного питания растений приводит к увеличению поглощения азота и цезия растениями. Минимальное накопление радионуклида наблюдалось в диапазоне содержания общего азота в зерне от 2,0 до 2,50%.

Более слабая корреляционная зависимость ($R = 0,56$, $R^2 = 0,31$) между содержанием общего азота и концентрацией ^{137}Cs в зерне получена на озимой ржи (рисунок 2). Повышенное накопление радиоцезия в растениях отмечалось при содержании $N_{\text{общ}}$ при низком диапазоне от 1,35 до 1,50% и высоком диапазоне – от 1,70 до 1,85%. Минимальной удельной активностью ^{137}Cs отличалось зерно при содержании общего азота в пределах 1,50–1,65%.

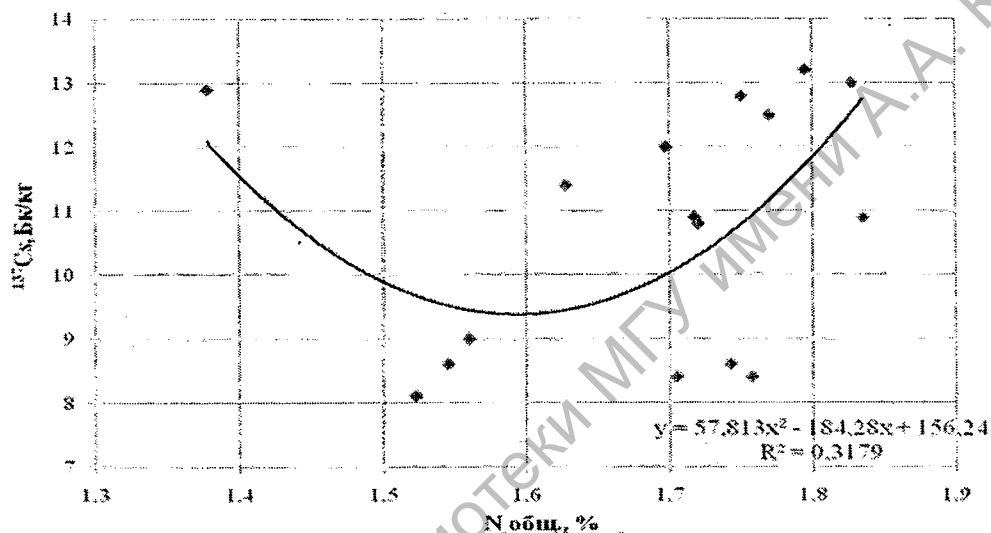


Рисунок 2 – Зависимость удельной активности ^{137}Cs от содержания общего азота в зерне озимой ржи

Таким образом, азотные удобрения усиливают миграцию ^{137}Cs в системе почва-растение. Дробное применение азота по накоплению ^{137}Cs в продукции не существенно отличается от однократного внесения той же дозы. Усиление поступления ^{137}Cs в зерно наблюдается как при низком, так и при высоком содержании азота в растениях. Низкая концентрация общего азота обуславливает низкую урожайность и, соответственно, увеличение активности ^{137}Cs в продукции. Высокий уровень азотного питания растений приводит к увеличению поглощения азота и цезия растениями. Минимальное накопление радионуклида наблюдалось при содержании общего азота в зерне ячменя 2,0–2,50%, озимой ржи – 1,5–1,65%.

Список литературы:

1. Радиационная безопасность: учебное пособие / Г.А. Чернуха, Н.В. Лазаревич, Т.В. Лаломова. – Горки: Белорусская государственная сельскохозяйственная академия, 2005. – 176 с.
2. Рекомендации по ведению агропромышленного производства в условиях радиоактивного загрязнения земель Республики Беларусь на 2003-2005 годы / Министерство сельского хозяйства и продовольствия Республики Беларусь. – Минск, 2002. – 72 с.