



ЭКОБИОТЕХ

ISSN 2618-964X

http://ecobiotech-journal.ru



ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-МИНЕРАЛЬНОГО КОМПЛЕКСА ГУМИТОН С АЗОТНО-ФОСФОРНО-КАЛИЙНЫМ УДОБРЕНИЕМ НА ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРОХО-ОВСЯНОЙ СМЕСИ И ПЕРЕХОД ^{137}Cs В РАСТЕНИЯ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ

Иванкин Н.Г.*, Петров К.В., Свириденко Д.Г.,
Арышева С.П., Суслов А.А.

ФГБНУ ВНИИ радиологии и агроэкологии Национального
исследовательского центра «Курчатовский институт»,
Обнинск, Россия

*E-mail: nikgen74@yandex.ru

В вегетационном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве, в которую был внесен ^{137}Cs , показана эффективность применения нового органо-минерального комплекса Гумитон и азофоски на кормовых культурах. При их совместном применении продуктивность зеленой массы горохо-овсяной смеси (1:1) возрастает на 49-65%, коэффициент накопления ^{137}Cs снижается на 44-47%. Самым эффективным оказался вариант с обработкой Гумитоном вегетирующих растений на фоне внесения азофоски.

Ключевые слова: дерново-подзолистая почва ♦ горохо-овсяная смесь ♦ Гумитон ♦ азофоска ♦ коэффициент накопления ♦ ^{137}Cs

EFFECT OF ORGANIC-MINERAL COMPLEX HUMITON WITH NITROGEN-PHOSPHORUS-POTASSIUM FERTILIZER ON PRODUCTIVITY OF PEA-OAT MIXTURE AND ^{137}Cs TRANSITION INTO PLANTS UNDER CONDITIONS OF RADIOACTIVE POLLUTION

Ivankin N.G.*, Petrov K.V., Sviridenko D.G.,
Arysheva S.P., Suslov A.A.

Russian Institute of Radiology and Agroecology,
National Research Center "Kurchatov Institute",
Obninsk, Russia

*E-mail: nikgen74@yandex.ru

In a vegetative experiment on soddy-podzolic sandy loamy soil, in which ^{137}Cs was introduced, the effectiveness of use of the new organo-mineral complex Humiton and NPK on fodder crops was shown. With their combined use, the productivity of the green mass of the pea-oat mixture (1:1) increases by 49-65%, the accumulation coefficient of ^{137}Cs decreases by 44-47%. The most effective option was the treatment of vegetative plants with Humiton against the background of the introduction of NPK.

Keywords: soddy-podzolic soil ♦ pea-oat mixture ♦ Humiton ♦ NPK ♦ accumulation factor ♦ ^{137}Cs

Поступила в редакцию: 13.06.2023

Цитировать | Cite as

DOI: [10.31163/2618-964X-2023-6-2-97-103](https://doi.org/10.31163/2618-964X-2023-6-2-97-103)

EDN: [DUOSNU](https://www.edn.ru/duosnu)



ВВЕДЕНИЕ

В результате техногенных аварий на химкомбинате «Маяк» (Южный Урал) и на Чернобыльской АЭС более 17 млн. га сельскохозяйственных угодий оказались загрязнены радиоактивными веществами. Наиболее высокие уровни загрязнения фиксировались в Брянской, Калужской, Орловской и Тульской областях [Агроэкология, 2000; Алексахин, 2004]. На техногенно загрязненных территориях в случае превышения допустимого уровня (ДУ) или ПДК радионуклидов в сельскохозяйственной продукции должны проводиться реабилитационные работы по восстановлению почв [Безуглова, 2002]. При этом необходимо дать агроэкологическое обоснование применяемым технологическим приемам возделывания сельскохозяйственных культур. Оно должно обеспечить выполнение задач по сохранению и повышению плодородия почв, получению экологически безопасной продукции, соответствующей существующим санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию в ней загрязнителей (радионуклидов) [Ветеринарные правила и нормы, 2000; Гигиенические требования..., 2010].

Методы реабилитации радиационно-загрязненных земель достаточно разнообразны:

глубокая вспашка с оборотом пласта [Комиссаров, Огура, 2018], промывка почвы водой с последующей очисткой воды от радионуклидов [Овчинников, 1997]; известкование кислых почв [Поляков, 1970]; внесение минеральных и органических удобрений; агро- и фитомелиорация [Fesenko et al., 2006]. Все эти методы имеют свои достоинства и недостатки.

После аварии на ЧАЭС в практике реабилитационных мероприятий на радиоактивно загрязненных кислых малогумусных почвах сельскохозяйственных угодий придается большое значение применению удобрений, содержащих не только макро-, но и микроэлементы (В, Мп, Мо, S и др.), а также биологически активные гумусовые вещества. Из последних разработок отечественной науки следует отметить гуматные препараты для обработки вегетирующих растений и для обработки семенного материала. Их применение приводит к увеличению биомассы сельскохозяйственных культур, что способствует снижению загрязнения продукции радионуклидами. В ФГБНУ ВНИИРАЭ (г. Обнинск) разработан новый биологически активный органо-минеральный высокоэффективный комплекс Гумитон на основе биологически активных компонентов торфа [Патент № 2709737]. Он является усовершенствованием разработанного ранее органо-минерального комплекса Геотон [Патент № 2490241], предназначенного для повышения продуктивности и снижению выноса ^{137}Cs растениями [Баланова и др., 2022]. Отличие Гумитона от аналогов – высокое содержание гуматов калия и микроэлементов. Механизм действия Гумитона основывается на активировании физиологических и биохимических процессов в растениях под действием содержащихся в препарате биологически активных веществ. Он представляет собой комплексный универсальный жидкий концентрат темного цвета, не имеет запаха, безвреден при использовании, хорошо растворим в воде, совместим с большинством используемых минеральных удобрений и средств защиты растений. Применение Гумитона повышает иммунитет растений, увеличивает эффективность корневого питания растений, в результате повышается урожайность сельскохозяйственных культур и качество производимой продукции. Целью данной работы явилось изучение влияния органо-минерального комплекса Гумитон в сочетании с азотно-фосфорно-калийным удобрением (АЗФК) на продуктивность горохо-овсяной смеси и переход ^{137}Cs в растения в условиях радиоактивного загрязнения.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В вегетационном опыте на дерново-подзолистой супесчаной почве изучали влияние использования Гумитона, азофоски (АЗФК) и их сочетания на продуктивность горохо-овсяной смеси (1:1, горох *Pisum sativum* L. сорт Немчиновский-50 и овес *Avena sativa* сорт Яков) и поступление ^{137}Cs в зеленую массу из загрязненной почвы. Выбор культуры обусловлен тем, что горохо-овсяная смесь – одна из основных зональных кормовых культур, выращиваемых в Нечерноземной зоне РФ.

Состав органо-минерального комплекса Гумитон: органического вещества – 18-22 %, N – 12%, P_2O_5 – 23 %, K_2O – 30 % (гуматов калия – 11-14%). Содержание микроэлементов (В – 0,2 %, Мо – 0,1 %, Мп – 0,1 %). Для производства Гумитона используются низинные торфа Российских месторождений.

Азофоска (NPK 16:16:16) и ^{137}Cs (в виде раствора CsCl – 100 кБк/кг почвы) вносились перед посевом в сосуды с 5 кг почвы. Посев овса и гороха производился из расчета по 15 семян каждой культуры/сосуд (к моменту уборки оставили по 7 растений каждой культуры).

Для предпосевной подготовки семян гороха и овса концентрат Гумитона разбавлялся водой в соотношении 1:40. Обработка Гумитоном вегетирующих растений проводилась в фазу выхода в трубку овса, доза 1 л/га посевов, соотношение концентрат Гумитона/вода 1:300.

Повторность опыта 4-х кратная. Планирование вегетационных опытов, учет урожая после уборки горохо-овсяной смеси проводили по [Журбицкий 1968].

Схема опыта:

1. Контроль – почва без удобрений + ^{137}Cs .
2. Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян овса и гороха.
3. Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений.
4. Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений.
5. Почва + азофоска (АЗФК – N:P:K –16:16:16 – 0,94 г/кг почвы – $\text{N}_{0,15}\text{P}_{0,15}\text{K}_{0,15}$ г/кг почвы) + ^{137}Cs .
6. Почва + азофоска + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян.
7. Почва + азофоска + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений.
8. Почва + азофоска + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений.

Агрохимические свойства почвы: pH_{KCl} – 4,7; гидролитическая кислотность – 1,94 смоль(экв)/1 кг почвы; содержание гумуса – 1,22%; Ca – 1,72 смоль(экв)/1 кг, Mg – 0,19 смоль(экв)/1 кг, подвижного фосфора (P_2O_5) – 224 мг/кг почвы, обменного калия (K_2O) – 73 мг/кг почвы, подвижных форм микроэлементов: Cu – 4,1 мг/кг почвы; Zn – 2,5 мг/кг почвы; B – 0,71 мг/кг почвы; Mo – 0,35 мг/кг почвы; Mn – 88,0 мг/кг почвы.

Агрохимические показатели определяли по следующим методикам и ГОСТам: содержание органического вещества по методу Тюрина в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26213-91); pH солевой вытяжки – потенциометрическим методом (ГОСТ 2642385), гидролитической кислотности – по Каппену в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26212-91), определение подвижных форм P_2O_5 и K_2O по методу Кирсанова в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26207-91). Определение биометрических показателей горохо-овсяной смеси за период вегетации (высота растений, сырая биомасса), проводилось до и после обработки вегетирующих растений Гумитоном и в момент окончательной уборки урожая. После уборки урожая определяли содержание ^{137}Cs в почвенных образцах и в вегетативной массе горохо-овсяной смеси. Эти измерения проводили в аккредитованной Испытательной лаборатории радиационного контроля ФГБНУ ВНИИРАЭ (Аттестат аккредитации № RA.RU. 21АД81) на полупроводниковом гамма-спектрометре Canberra с программным обеспечением Genie-2000 по количественному анализу спектров.

Экспериментальные данные анализировали методами непараметрической статистики с помощью программ MS Excel. Статистическую значимость различий оценивали по НСР (наименьшей существенной разнице) при 95% - ном уровне значимости.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На ранних фазах развития растений (фаза кущения овса, до обработки вегетирующих растений Гумитоном) выявлено, что внесение в почву азофоски способствовало увеличению высоты растений овса на 6,6 см или на 21% по отношению к контролю (табл.1). Сырая биомасса гороха (на 1 растение) при этом возросла на 0,24 г, или 17,4%.

Таблица 1. Продуктивность и биометрические показатели горохо-овсяной смеси в фазу кушения овса (до обработки Гумитоном вегетирующих растений)

Вариант	Высота, см		Масса, г/раст.	
	горох	овес	горох	овес
Контроль – почва без удобрений + ^{137}Cs .	23,9	30,9	1,38	0,65
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	23,3	31,6	1,27	0,78
Почва + АЗФК + ^{137}Cs	24,0	37,5	1,62	0,73
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	22,5	32,8	1,50	0,86
НСР ₀₅	2,5	4,9	0,22	0,09

В начале фазы бутонизации гороха обработка Гумитоном (без применения азофоски) не приводила к существенному увеличению высоты растений гороха и не влияла на массу одного растения гороха (табл.2). Обработка семян Гумитоном перед посевом привела к увеличению высоты растений овса на 17%, а увеличение массы одного растения на 51% по сравнению с контролем, соответственно. В варианте с обработкой только вегетирующих растений выявлено повышение массы одного растения овса на 67%.

При внесении азофоски в почву наблюдалось снижение высоты растений гороха на 13%, и в то же самое время – увеличение высоты овса на 23% по сравнению с контролем. При этом масса одного растения овса повысилась на 114%.

Таблица 2. Продуктивность и биометрические показатели горохо-овсяной смеси в начале фазы бутонизации гороха (после обработки Гумитоном вегетирующих растений)

Вариант	Высота, см		Масса, г/раст.	
	горох	овес	горох	овес
Контроль – почва без удобрений + ^{137}Cs .	69,8	45,1	5,86	1,39
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	62,0	52,8	5,29	2,10
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений	70,1	50,1	6,36	2,32
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений	61,9	47,6	6,12	1,82
Почва + АЗФК + ^{137}Cs	60,4	55,3	5,27	2,98
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	60,9	55,5	5,64	2,65
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений	58,5	55,1	5,55	3,16
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений	61,3	51,0	5,60	2,83
НСР ₀₅	8,0	6,0	0,62	0,36

По данным, полученным в ходе уборки урожая горохо-овсяной смеси (в фазу лопатки – образования стручков гороха и после колошения овса), при обработке Гумитоном семян перед посевом в неудобренную почву произошло снижение высоты растений гороха на 14% и массы одного растения гороха на 20% по отношению к контролю, соответственно (табл. 3). Обработка же Гумитоном вегетирующих растений в фазу выхода в трубку овса на удобренной почве повысила массу одного растения овса на 26 %, а общую биомассу горохо-овсяной смеси – на 12%, сравнительно с вариантом без обработки органо-минеральным комплексом.

Таблица 3. Продуктивность и биометрические показатели горохо-овсяной смеси после окончательной уборки урожая

Вариант	Высота, см		Масса, г/раст.		Общая масса, г/сосуд
	горох	овес	горох	овес	
Контроль – почва без удобрений + ^{137}Cs .	79,3	72,8	8,33	4,43	89,34
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	68,1	78,4	7,64	5,12	82,31
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений	83,3	80,0	8,77	5,57	100,39
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений	79,0	83,8	8,22	5,18	93,77
Почва + АЗФК + ^{137}Cs	86,1	80,4	8,98	9,38	132,73
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	79,1	92,0	8,59	12,46	147,39
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений	65,9	88,7	6,93	11,75	135,75
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений	64,7	93,3	7,13	13,06	141,34
НСР ₀₅	8,0	9,1	0,80	0,95	8,10

На фоне без внесения минерального удобрения при совместной обработке семян и вегетирующих растений Гумитоном биометрические показатели горохо-овсяной смеси были на уровне контрольных значений.

Внесение в почву азофоски вызвало увеличение массы одного растения овса на 112, а общей биомассы – на 49% по отношению к контролю. Обработка Гумитоном семян перед посевом способствовала повышению высоты растений овса на 14%, массы одного растения овса на 33%, общей биомассы горохо-овсяной смеси на 11% по сравнению с вариантом почва + АЗФК без использования препарата. При этом высота растений гороха не изменилась. При совместной обработке Гумитоном семян и растений по фону азофоски общая биомасса растений была на 6,5% выше по сравнению с вариантом без применения препарата. Обработка Гумитоном вегетирующих растений, а также совместная обработка семян и растений горохо-овсяной смеси привела к снижению высоты и массы одного растения гороха на 23-25 и 21-23%, соответственно, но повысила массу одного растения овса на 30-39% по отношению к варианту без применения препарата. При совместной обработке семян и растений Гумитоном высота растений овса достоверно повысилась на 16%.

В целом при обработке Гумитоном семян и растений зафиксировано более выраженное позитивное влияние на биометрические показатели злакового компонента в горохо-овсяной смеси. Совместное использование Гумитона и АЗФК оказалось более эффективным, чем их раздельное применение.

При загрязнении почвы радионуклидами важное значение имеет уровень их накопления в растениях. Использование Гумитона без внесения минеральных удобрений не оказало существенного влияния на содержание ^{137}Cs в биомассе горохо-овсяной смеси, в то время как внесение в почву азофоски привело к его снижению на 44-47 % (табл.4). Это связано с тем, что цезий, как и калий, является щелочным металлом, и обменный калий препятствуют накоплению ^{137}Cs в растениях [Coughtrey P.J., Thorne M.C., 1983; Rosen, 1991; Smolders et al., 1997]. Наряду с этим, уменьшению миграции ^{137}Cs в растительную продукцию способствует внесение и фосфорных удобрений, поэтому полное минеральное удобрение должно содержать повышенную долю этих элементов [Fesenko et al., 2006].

Органические удобрения также способствуют уменьшению перехода ^{137}Cs из почвы в растения на 15–30% [Александров, 2007; Harada et al., 2014]. Кроме того, повышение продуктивности при внесении минеральных удобрений вызывает так называемый «эффект разбавления», то есть снижение концентрации загрязнителя в соответствии с увеличением биомассы растений.

Самой эффективной оказалась обработка вегетирующих растений Гумитоном, которая способствовала снижению коэффициента накопления (КН) ^{137}Cs в 1,2 раза на удобренном фоне и почти в 2 раза – по сравнению с контролем.

Таблица 4. Накопление ^{137}Cs вегетативной массой горохо-овсяной смеси после окончательной уборки урожая

Вариант	КН ^{137}Cs в общей биомассе (Бк/кг растений) / (Бк/кг почвы)
Контроль – почва без удобрений + ^{137}Cs .	0,32
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	0,33
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений	0,31
Почва + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений	0,31
Почва + АЗФК + ^{137}Cs	0,21
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян	0,21
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном вегетирующих растений	0,17
Почва + АЗФК + ^{137}Cs + обработка Гумитоном семян и вегетирующих растений	0,19
НСР ₀₅	0,02

Таким образом, в условиях вегетационного опыта на дерново-подзолистой супесчаной почве, в которую был внесен ^{137}Cs , показано положительное влияние Гумитона на продуктивность и биометрические показатели горохо-овсяной смеси, особенно при его совместном применении с минеральными удобрениями, когда продуктивность зеленой массы возросла на 49-65%. При этом коэффициент накопления ^{137}Cs снизился на 44-47%. Самым эффективным оказался вариант с обработкой Гумитоном вегетирующих растений на фоне внесения азофоски.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Агрэкология. Под редакцией В.А. Черникова и А.И. Чекереса. – М.: Колос. – 2000. – 536 с.
2. Александров Ю.А. Основы радиационной экологии. Йошкар-Ола: Мар. гос. ун-т, 2007. 268 с.
3. Алексахин Р.М. Научные основы ведения сельскохозяйственного производства на техногенно загрязненных территориях, обеспечивающего получение продукции, соответствующей нормативам. – Обнинск. – 2004. – 110 с.
4. Баланова О.Ю., Свириденко Д.Г., Ратников А.Н., Арышева С.П., Панов А.В., Ратникова Л.И. Комплексная оценка влияния различных видов агрохимикатов на поступление ^{137}Cs в растения гороха // Радиационная биология. Радиоэкология, 2022, том 62, № 1, С. 86-95.
5. Безуглова О.С. Удобрения и стимуляторы роста. – Ростов-на-Дону: Феникс 2000. – 2002. – 320 с.

6. Ветеринарно-санитарные требования к радиационной безопасности кормов, кормовых добавок, сырья кормового. Допустимые уровни содержания радионуклидов ⁹⁰Sr и ¹³⁷Cs. Ветеринарные правила и нормы. ВП 13.5.13/06-01 (утв. Министерством сельского хозяйства РФ 19 декабря 2000 г.). <https://base.garant.ru/71973506/>
7. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.1078-01, СанПиН 2.3.2.2650-10. Постановление Главного государственного санитарного врача РФ от 28 июня 2010 г. № 71. <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/12077985/>
8. Журбицкий З.И. Теория и практика вегетационного опыта. – М.: Наука. – 1968. – 243 с.
9. Комиссаров М.А., Огура Ш. Эффективность отвальной вспашки при дезактивации и реабилитации радиационно-загрязненных пастбищ северной Японии // Почвоведение. 2018. № 8. С. 1014–1021. DOI: 10.1134/S0032180X18080051
10. Овчинников Н.А. Способ реабилитации почв. Пат. РФ № 2088064 от 27.08.1997. <https://patenton.ru/patent/RU2088064C1>
11. Патент на изобретение № 2490241 от 20 августа 2013 г. «Органо-минеральное комплексное удобрение и способ его получения» (ГЕОТОН) (авторы - Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Петров К.В., Жигарева Т.Л., Свириденко Д.Г., Попова Г.И., Бочкарев С.Н., Иванов И.А., Ульрих В.И.) 9 с. Бюл. № 23. 20.08.2013. <https://patenton.ru/patent/RU2490241C1>
12. Патент на изобретение № 2709737 «Биологически активный органо-минеральный комплекс и способ его получения» (авторы – Санжарова Н.И., Ратников А.Н., Петров К.В., Свириденко Д.Г., Суслов А.А., Иванов И.А., Иванкин Н.Г.). Описание изобретения к патенту. Бюл. № 35. 19.12.2019. 6 с. <https://patenton.ru/patent/RU2709737C1>
13. Поляков Ю.А. Радиоэкология и дезактивация почв. М.: Атомиздат, 1970. 304 с.
14. Coughtrey P.J., Thorne M.C. Radionuclide distribution and transport in terrestrial and aquatic ecosystems. V. 1. Rotterdam, 1983. P. 330–337.
15. Fesenko S.V., Alexakhin R.M., Balonov M.I., Bogdevich I.M., Howard B.J., Kashparov V.A., Sanzharova N.I., Voigt G., Zhuchenko Yu. Chernobyl consequences for agriculture // Nuclear Engineer. Int. 2006. V. 51. № 620. P. 34–37.
16. Harada H., Amaha K., Abe Y., Kojima Y., Sunaga Y., Kawachi T. Transfer factor of radioactive cesium to forage corn (*Zea mays* L.) from soil to which contaminated farmyard manure had been applied // J. Soil Sci. Plant Nutrition. 2014. V. 60. P. 782–789. DOI: 10.1080/00380768.2014.919835
17. Rosen K. Effects of potassium fertilization on cesium transfer to grass, barley and vegetables after Chernobyl // The Chernobyl fallout in Sweden / Ed. L. Moberg. The Swedish Radiation Protection Institute, Stockholm, 1991. P. 305–322.
18. Smolders E., van den Brande K., Merckx R. Concentrations of ¹³⁷Cs and K in soil solution predict the plant availability of ¹³⁷Cs in soils // Environ. Sci. Technol. 1997. V. 31. P. 3432–3438. DOI: 10.1021/es970113r

Цитировать как

Иванкин Н.Г., Петров К.В., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Суслов А.А. Влияние органо-минерального комплекса гумитон с азотно-фосфорно-калийным удобрением на продуктивность горохо-овсяной смеси и переход ¹³⁷Cs в растения в условиях радиоактивного загрязнения // Экобиотех, 2023, Т. 6 № 2. С. 97-103. DOI: 10.31163/2618-964X-2023-6-2-97-103, EDN: DUOSNU

Cited as

Ivankin N.G., Petrov K.V., Sviridenko D.G., Arysheva S.P., Suslov A.A. Effect of organic-mineral complex humiton with nitrogen-phosphorus-potassium fertilizer on productivity of pea-oat mixture and ¹³⁷Cs transition into plants under conditions of radioactive pollution. *Ekobioteh*. 2023, V. 6 (2). P. 97-103. DOI: 10.31163/2618-964X-2023-6-2-97-103, EDN: DUOSNU (In Rus.)