

ЭФФЕКТИВНОСТЬ НОВЫХ АГРОМЕЛИОРАНТОВ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

Дмитрий Георгиевич Свириденко, кандидат биологических наук

Светлана Петровна Арышева, кандидат биологических наук

Константин Владимирович Петров, научный сотрудник

Николай Геннадьевич Иванкин, научный сотрудник

Олеся Юрьевна Баланова, научный сотрудник

Алексей Афанасьевич Суслов, кандидат сельскохозяйственных наук

Национальный исследовательский центр «Курчатовский институт» –

«Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии»,

г. Обнинск, Калужская обл., Россия

E-mail: sedelnikov167@gmail.com

Аннотация. По результатам трехлетних производственных испытаний дана оценка эффективности новых агромелиорантов (комплексное удобрение ФосАгро NPK и органо-минеральный комплекс Гумитон) при выращивании ячменя на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых супесчаных почвах Новоzybkovского района Брянской области. Показано, что некорневая обработка посевов ячменя в фазе колошения Гумитоном (1 л/га) способствовала росту урожая зерна на 17–29% по отношению к контролю в зависимости от года. Внесение удобрения ФосАгро NPK (0,3 т/га) дало прибавку урожая зерна 22–39%. Совместное применение удобрения и препарата повысило урожайность на 18–72%. Кратность снижения перехода ^{137}Cs в зерно при обработке посевов Гумитоном составляет до 2,3 раза, при использовании препарата и удобрения – 4,7 раза по сравнению с контролем. Применение Гумитона и ФосАгро NPK гарантировало получение зерна с содержанием ^{137}Cs , соответствующим нормативам СанПиН 2.3.2. 2650-10. Условно чистый доход на 1 руб. затрат при обработке Гумитоном посевов ячменя составил 3,75–17,6 руб. Как внесение ФосАгро NPK в почву, так и обработка Гумитоном посевов ячменя достоверно не повлияли на показатели качества зерна (содержание протеина, золы, жира, клетчатки). Показано, что органо-минеральный комплекс Гумитон и комплексное удобрение ФосАгро NPK – эффективные агромелиоранты в технологиях возделывания ячменя на радиоактивно загрязненных почвах.

Ключевые слова: Гумитон, ФосАгро NPK, дерново-подзолистая почва, коэффициент перехода ^{137}Cs , ячмень, урожайность, качество зерна

EFFECTIVENESS OF NEW AGROMELIORATIONS UNDER BARLEY CULTIVATION IN RADIONUCLIDE SOIL CONTAMINATION

D.G. Sviridenko, *PhD in Biological Sciences*

S.P. Arysheva, *PhD in Biological Sciences*

K.V. Petrov, *Researcher*

N.G. Ivankin, *Researcher*

O.Yu. Balanova, *Researcher*

A.A. Suslov, *PhD in Agricultural Sciences*

National Research Center “Kurchatov Institute” – Russian Institute of Radiology and Agroecology,

Obninsk, Kaluga region, Russia

E-mail: sedelnikov167@gmail.com

Abstract. Based on the results of three-year production tests, the effectiveness of new agromeliorants (PhosAgro NPK complex fertilizer and Gumiton organo-mineral complex) was evaluated when growing barley on radioactively contaminated sandy loam soddy-podzolic soils of Novozybkovsky district of Bryansk region. It is shown that non-root treatment of barley crops in the earing phase with Gumiton (1 l/ha) without the use of fertilizer contributed to an increase in grain yield by 17–29% relative to the control, depending on the year. The introduction of PhosAg-ro NPK fertilizer (0.3 t/ha) gave an increase in yield of 22–39%. The combined use of fertilizer and the drug increased the yield by 18–72%. The multiplicity of the decrease in the intake of ^{137}Cs in grain during the treatment of crops with Gumiton was up to 2.3 times, with the combined use of the drug and fertilizer – up to 4.7 times compared with the control. The use of Gumiton and PhosAgro NPK guaranteed the production of grain with a content of ^{137}Cs corresponding to the standards of Sanitary Rules and Regulations 2.3.2. 2650-10. The conditional net income per 1 ruble of costs for processing barley crops with Gumiton amounted to 3.75–17.6 rubles, depending on the year. Both the introduction of PhosAgro NPK and the treatment of barley crops with Gumiton did not significantly affect the grain quality indicators: the content of protein, ash, fat, fiber. Thus, it is shown that the organo-mineral complex Gumiton and complex fertilizer PhosAgro NPK are effective agromeliorants in barley cultivation technologies in conditions of radioactive contamination of soils.

Keywords: Gumiton, PhosAgro NPK, soddy-podzolic soil, transition coefficient ^{137}Cs , barley, yield, grain quality

Авария 1986 года на Чернобыльской АЭС привела к масштабному радиоактивному загрязнению территории бывшего СССР. На более 150 тыс. км² содержание ^{137}Cs превысило 37 кБк/м². [4, 7] Сель-

скохозяйственные угодья на отдельных территориях оказались непригодными для использования из-за высокой степени загрязнения. После 30 лет процесса естественного радиоактивного распада

Таблица 2.
Оценка эффективности нового удобрения ФосАгро NPK и Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления ¹³⁷Cs в зерне ячменя (2020 год)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %	Содержание ¹³⁷ Cs в зерне, Бк/кг	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Кп ¹³⁷ Cs	Кратность снижения Кп ¹³⁷ Cs, раз
ФосАгро NPK						
1. Фон	22,0	–	15,2	541	0,028	–
2. Фон+ФосАгро NPK	30,6	39,1	6,1	634	0,010	2,8
НСР ₀₅	2,8	–				
Гумитон						
1. Фон+Гумитон	28,4	29,1	5,5	473	0,012	2,3
2. Фон+ФосАгро NPK+Гумитон	37,9	72,2	3,5	606	0,006	4,7
НСР ₀₅	3,9					

Таблица 3.
Оценка эффективности нового удобрения ФосАгро NPK и Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления ¹³⁷Cs в зерне ячменя (2021 год)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %	Содержание ¹³⁷ Cs в зерне, Бк/кг	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Кп ¹³⁷ Cs	Кратность снижения Кп ¹³⁷ Cs, раз
ФосАгро NPK						
1. Фон	14,0	–	3,3	600	0,006	–
2. Фон+ФосАгро NPK	17,5	25,0	6,6	611	0,011	–
НСР ₀₅	1,7	–				
Гумитон						
1. Фон+Гумитон	16,5	17,9	1,7	610	0,003	2,0
2. Фон+ФосАгро NPK+Гумитон	17,5	25,0	3,4	641	0,005	1,2
НСР ₀₅	1,8					

Несмотря на достаточно высокую плотность загрязнения почвы, содержание ¹³⁷Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе и в контроле, оказалось не выше 30 Бк/кг, что гораздо ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10 (70 Бк/кг) [2]. Кп¹³⁷Cs в зерно – 0,006...0,028.

По кратности снижения поступления ¹³⁷Cs в зерно ячменя эффективным оказалось удобрение ФосАгро NPK (2,8 раза по сравнению с фоном).

Определение содержания в зерне сырого протеина, золы, жира, клетчатки показало, что внесение удобрения и обработка Гумитоном посевов ячменя достоверно не повлияли на показатели качества зерна.

Окупаемость затрат (условно чистый доход на 1 руб. затрат) при обработке Гумитоном посевов ячменя в 2020 году – 17,6 руб.

Опыт 2021 года

Результаты исследований по оценке эффективности ФосАгро NPK и Гумитона в технологиях производства ячменя представлены в табл. 3.

Урожайность ячменя была низкой (14,0 ц/га на контроле и 17,5 ц/га в варианте ФосАгро NPK + Гумитон). По данным Новозыбковской метеостанции условия для роста и развития яровых зерновых культур в мае-августе были неблагоприятными: избыток влаги в мае (126,7 мм осадков при норме 54,0 мм), высокие температуры воздуха при дефиците осадков в июне и июле (температура на 4,1...5,0°C выше нормы, а осадков в июне всего 48% нормы). В августе высокие температуры воздуха (на 1,9°C выше нормы) сопровождалась выпадением осадков, в 2,2 раза превышающих норму. [14] Все это вызвало ускоренное созревание, низкорослость растений ячменя, слабую озерненность колоса. Эффективность удобрения для повышения урожайности ячменя без применения Гумитона составила 25%.

Плотность загрязнения почвы по всем вариантам опыта высокая (600...641 кБк/м² или 16,2...17,3 Ку/км²). Содержание ¹³⁷Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе контроле, было 1,7...6,6 Бк/кг, что в 10,6...41,2 ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10.

Обработка вегетирующих растений Гумитоном повышала урожай зерна ячменя в контроле на 17,9%.

Наибольший эффект по снижению перехода ¹³⁷Cs в зерно в эксперименте с применением Гумитона получен в контроле и при внесении ФосАгро NPK (2,0 и 1,2 раза соответственно).

Условно чистый доход на 1 руб. затрат при обработке Гумитоном посевов ячменя в 2021 году составил 6,13 руб.

Опыт 2022 года

Результаты исследований по оценке эффективности нового удобрения и Гумитона при выращивании ячменя для повышения урожая зерна и снижения накопления ¹³⁷Cs в продукции представлены в таблице 4.

Урожайность ячменя была средней (от 23 ц/га на контроле до 32 ц/га при совместном применении ФосАгро NPK и Гумитона).

Внесение ФосАгро NPK повысило урожай зерна ячменя на 21,7% по сравнению с контролем.

Содержание ¹³⁷Cs в зерне во всех вариантах опыта, в том числе в контроле, составило 1,8...4,9 Бк/кг, что в 14,3...38,9 раза ниже нормативов СанПиН 2.3.2. 2650-10 (70 Бк/кг). Кп¹³⁷Cs в зерно – 0,004...0,011.

Обработка вегетирующих растений Гумитоном повышала урожай зерна ячменя в контроле на 17,4%, при применении с ФосАгро NPK – на 39,1% соответственно.

Снижение перехода ¹³⁷Cs в зерно при применении Гумитона составило 1,3 раза.

Условно чистый доход на 1 руб. затрат при обработке Гумитоном посевов ячменя в 2022 году – 3,75 руб.

Таким образом, по результатам трехлетних опытов с применением комплексного удобрения ФосАгро NPK и органико-минерального комплекса Гумитон на радиоактивно загрязненных дерново-подзолистых почвах Новозыбковского района Брянской области показано, что некорневая обработка посевов ячменя в фазе колошения Гумитоном (1 л/га) без применения удобрения способствовала росту урожая зерна на 17...29% по

Таблица 4.

Оценка эффективности нового удобрения ФосАгро НРК и Гумитона для повышения урожайности и снижения накопления ¹³⁷Cs в зерне ячменя (2022 год)

Вариант	Урожайность, ц/га	Прибавка урожая, %	Содержание ¹³⁷ Cs в зерне, Бк/кг	Плотность загрязнения почвы, кБк/м ²	Кп ¹³⁷ Cs	Кратность снижения Кп ¹³⁷ Cs, раз
ФосАгро НРК						
1.Фон	23,0	–	1,8	439	0,004	
2.Фон+ФосАгро НРК	28,0	21,7	4,9	446	0,011	–
НСР ₀₅	2,5					
Гумитон						
1.Фон+Гумитон	27,0	17,4	1,7	610	0,003	1,3
2.Фон+ФосАгро НРК+Гумитон	32,0	39,1	3,4	641	0,005	–
НСР ₀₅	1,8					

отношению к контролю, в зависимости от года. Внесение удобрения ФосАгро НРК (0,3 т/га) дало прибавку урожая 22...39%. Совместное применение удобрения и препарата повысило урожайность на 18...72%. Кратность снижения поступления ¹³⁷Cs в зерно при обработке посевов Гумитоном составила до 2,3 раза, при совместном использовании препарата и удобрения – до 4,7 раза по сравнению с контролем. Применение Гумитона и ФосАгро НРК гарантировало получение зерна с содержанием ¹³⁷Cs, соответствующим нормативам СанПиН 2.3.2. 2650-10.

В технологиях возделывания ячменя на радиоактивно загрязненных почвах органо-минеральный комплекс Гумитон и комплексное удобрение ФосАгро НРК показали высокую эффективность.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Актуальные вопросы радиоэкологии: Труды ФГБНУ ВНИИРАЭ. Вып. Под ред. чл.-корр. РАН Н.И. Санжаровой. Обнинск: ФГБНУ ВНИИРАЭ, 2018. 170 с.
2. Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов. Санитарно-эпидемиологические правила и нормативы. СанПиН 2.3.2.2650-10.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Колос, 1985. 336 с.
4. Информация об аварии на Чернобыльской АЭС и ее последствиях, подготовленная для МАГАТЭ // Атомная энергия. 1986. Т. 61. Вып. 5. С. 301–320.
5. Панов А.В., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г. и др. Реабилитация сельскохозяйственных земель при масштабном радиоактивном загрязнении (к 35-летию аварии на Чернобыльской АЭС) // Российская сельскохозяйственная наука. 2021. № 3. С. 46–50.
6. Патент на изобретение № 2709737 «Биологически активный органо-минеральный комплекс и способ его получения» (авторы – Санжарова Н.И., Петров К.В., Ратников А.Н. и др.). Описание изобретения к патенту. Бюл. № 35. 19.12.2019. 6 с.
7. Радиоэкологические последствия аварии на чернобыльской АЭС: биологические эффекты, миграция, реабилитация загрязненных территорий. Под ред. чл.-

корр. РАН Н.И. Санжаровой и проф. С.В. Фесенко. М.: РАН. 2018. 278 с.

8. Ратников А.Н., Петров К.В., Иванкин Н.Г. и др. Влияние нового органо-минерального препарата «Гумитон» на продуктивность и качество зерна озимой пшеницы // Таврический вестник аграрной науки. 2019. № 4(20). С. 86–95.
9. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П. и др. Оценка применения органо-минерального комплекса Гумитон на яровых зерновых культурах // Агробиохимический вестник. 2020. № 4. С. 21–24.
10. Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П., Семешкина П.С. Влияние нового органо-минерального комплекса ГУМИТОН на продуктивность и качество зерновых культур на различных типах почв // Аграрный вестник Урала. 2020. № 4 (195). С. 29–37.
11. Свидетельство о депонировании файла «Применение органо-минерального комплекса Гумитон при возделывании зерновых культур». Рег. № 384-693-589. ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт радиологии и агроэкологии», соавторы: Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Арышева С.П. и др. Хэш файла MD5. Сертификат ЭЦП № 5469A10072A-B698E43EE0436E40B99EB.
12. Электронный ресурс: <https://www.phosagro.ru/production/fertilizer/azotno-fosforno-kalijnye-udobreniya/169553/>. Date of access 31.03.2023.
13. Электронный ресурс: <https://dacha-dacha.ru/sorta/yachmen-yarovoj/vladimir>. Date of access 31.03.2023.
14. Электронный ресурс: https://nowohistory.ru/w/Климат_Новозыбкова_в_2021_году. Date of access 31.03.2023.
15. Mazurov V.N., Semeshkina P.S., Ratnikov A.N. et al. Gumiton – New Organo-Mineral Complex to Increase the Productivity of Agricultural Cultures // International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878. Volume 8. Issue 4. November 2019. P. 3374–3381.
16. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Petrov K.V. et al. Yield and quality of carrots when using the Gumiton organo-mineral complex in conditions of radioactive contamination // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. 2021. Vol. 12. № 5. P. 1955–1959.

REFERENCES

1. Aktual'nye voprosy radioekologii: Trudy FGBNU VNIIRAE. Vyp. 1. Pod red. chl.-korr. RAN N.I. Sanzharovoj. Obninsk: FGBNU VNIIRAE, 2018. 170 s.
2. Gigienicheskie trebovaniya bezopasnosti i pishchevoj cennosti pishchevyh produktov. Sanitarno-epidemiologicheskie pravila i normativy. SanPiN 2.3.2.2650-10.
3. Dosphekhov B.A. Metodika polevogo opyta. M.: Kolos, 1985. 336 s.
4. Informaciya ob avarii na Chernobyl'skoj AES i ee posledstviyah, podgotovlennaya dlya MAGATE//Atomnaya energiya. 1986. T. 61. Vyp. 5. S. 301–320.
5. Panov A.V., Ratnikov A.N., Sviridenko D.G. i dr. Reabilitaciya sel'skohozyajstvennyh zemel' pri masshtabnom radioaktivnom zagryaznenii (k 35-letiyu avarii na Chernobyl'skoj AES) // Rossijskaya sel'skohozyajstvennaya nauka. 2021. № 3. S. 46–50.
6. Patent na izobretenie № 2709737 «Biologicheskii aktivnij organo-mineral'nyj kompleks i sposob ego polucheniya (avtory – Sanzharova N.I., Petrov K.V., Ratnikov A.N. i dr.). Opisanie izobreteniya k patentu. Byul. № 35. 19.12.2019. 6 s.

7. Radioekologicheskie posledstviya avarii na chernobyl'skoj AES: biologicheskie efekty, migraciya, reabilitaciya zagryaznennyh territorij. Pod red. chl.-korr. RAN N.I. Sanzharovoj i prof. S.V. Fesenko. M.: RAN. 2018. 278 s.
8. Ratnikov A.N., Petrov K.V., Ivankin N.G. i dr. Vliyanie novogo organomineral'nogo preparata "Gumiton" na produktivnost' i kachestvo zerna ozimoj pshenicy // Tavricheskij vestnik agrarnoj nauki. 2019. № 4 (20). S. 86–95.
9. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P. i dr. Ocenka primeneniya organomineral'nogo kompleksa Gumiton: na yarovyh zernovyh kul'turah // Agrohimicheskij vestnik. 2020. № 4. S. 21–24.
10. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P., Semeshkina P.S. Vliyanie novogo organo-mineral'nogo kompleksa GUMITON na produktivnost' i kachestvo zernovyh kul'tur na razlichnyh tipah pochv // Agrarnyj vestnik Urala. 2020. № 4 (195). S. 29–37.
11. Svidetel'stvo o deponirovanii fajla "Primenenie organo-mineral'nogo kompleksa Gumiton pri vzdelyvanii zernovyh kul'tur". Reg. № 384-693-589. FGBNU "Vserossijskij nauchno-issledovatel'skij institut radiologii i agroekologii", soavtory: Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Arysheva S.P. i dr. Hesh fajla MD5. Sertifikat ECP № 5469A10072AB698E43EE0436E40B99EB.
12. Elektronnyj resurs: <https://www.phosagro.ru/production/fertilizer/azotno-fosforno-kalijnye-udobreniya/169553/>. Date of access 31.03.2023.
13. Elektronnyj resurs: <https://dacha-dacha.ru/sorta/yachmen-yarovoj/vladimir>. Date of access 31.03.2023.
14. Elektronnyj resurs: https://nowohistory.ru/w/Klimat_Novozybkova_v_2021_godu. Date of access 31.03.2023.
15. Mazurov V.N., Semeshkina P.S., Ratnikov A.N. et al. Gumiton – New Organo-Mineral Complex to Increase the Productivity of Agricultural Cultures//International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878. Volume 8. Issue 4. November 2019. R. 3374–3381.
16. Ratnikov A.N., Sviridenko D.G., Petrov K.V. et al. Yield and quality of carrots when using the Gumiton organo-mineral complex in conditions of radioactive contamination // Turkish Journal of Computer and Mathematics Education. 2021. Vol. 12. № 5. R. 1955–1959.

Поступила в редакцию 06.04.2023

Принята к публикации 20.04.2023