

ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И БИОПРЕПАРАТА АЛЬБИТ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ ПРОСА

В.Ф. ШАПОВАЛОВ, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: bishutina@rambler.ru
Л.И. БИШУТИНА, старший преподаватель e-mail: bishutina@rambler.ru
Н.М. БЕЛОУС, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: belous-nm@mail.ru
Г.П. МАЛЯВКО, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: gpmalyavko@yandex.ru
Л.П. ХАРКЕВИЧ, доктор сельскохозяйственных наук, e-mail: malyavkogp@bgsha.com

ФГБОУ ВО «БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

В полевом опыте на дерново-подзолистой песчаной радиоактивно загрязненной почве изучено влияние минеральных удобрений различной степени насыщенности и некорневой обработки стимулятором роста Альбит на урожайность и качество зерна проса сорта Квартет. Установлено положительное действие возрастающих доз азотного и калийного удобрения в составе НРК на величину урожая, биологические и технологические показатели качества зерна проса. Максимальная урожайность 4,61 т/га и сбор сырого белка 0,622 т/г получены по фону $N_{120}P_{60}K_{120}$ в сочетании со стимулятором роста Альбит. Применяемые системы удобрения способствовали повышению содержания сырого белка с 11,0 на контроле до 13,5% по вариантам опыта и повышению общей суммы аминокислот в зерне проса. Наибольшая натура зерна 781 г/л, масса 1000 зерен 7,9 г, выход крупы 86% и наименьшая плёнчатость 11,2% получены на варианте $N_{120}P_{60}K_{120}$ в комплексе со стимулятором роста Альбит. Концентрация остаточных нитратов в зерне проса не превышала ПДК. Удельная активность ^{137}Cs в зерне проса под влиянием изучаемых средств химизации уменьшилась в 1,1 - 3,3 раза.

Ключевые слова: просо, удобрения, биопрепарат Альбит, урожайность, качество.

Для цитирования: Шаповалов В.Ф., Бишутина Л.И., Белоус Н.М., Малявко Г.П., Харкевич Л.П. Оценка применения минеральных удобрений и биопрепарата Альбит при возделывании проса. *Зернобобовые и крупяные культуры*. 2022; 4(44):107-115. DOI: 10.24412/2309-348X-2022-4-107-115

EVALUATION OF THE USE OF MINERAL FERTILIZERS AND BIOLOGICAL PREPARATION ALBIT IN THE CULTIVATION OF MILLET

V.F. Shapovalov, L.I. Bishutina, N.M. Belous, G.P. Malyavko, L.P. Kharkevich

FSBEI HE «BRYANSK STATE AGRARIAN UNIVERSITY»

Abstract: *In a field experiment on sod-podzolic sandy radioactively contaminated soil, the effect of mineral fertilizers of various degrees of saturation and non-root treatment with the growth stimulant Albit on the yield and quality of millet grain of the Quartet variety was studied. The positive effect of increasing doses of nitrogen and potash fertilizers in the composition of NPK on the yield, biological and technological indicators of the quality of millet grain has been established. The maximum yield of 4.61 t/ha and the collection of crude protein of 0.622 t/g were obtained from the background of $N_{120}P_{60}K_{120}$ in combination with the growth stimulator Albit. The applied fertilizer systems contributed to an increase in the crude protein content from 11.0% in the control to 13.5% according to the experimental variants and an increase in the total amount of amino acids in millet grain. The largest grain size is 781 g/l, the mass of 1000 grains is 7.9 g, the yield of*

cereals is 86% and the lowest film content is 11.2% were obtained using the $N_{120}P_{60}K_{120}$ variant in combination with the growth stimulator Albit. The concentration of residual nitrates in millet grain did not exceed the MPC. The specific activity of ^{137}Cs in millet grain under the influence of the studied chemicalization agents decreased by 1.1 - 3.3 times.

Keywords: millet, fertilizers, Albit biopreparation, yield, quality.

Введение. Решение проблемы продовольственной безопасности страны напрямую зависит от увеличения объемов производства товарного зерна, отвечающего мировым стандартам качества не менее чем на 95%, достижение которого в определенной степени определяется оптимизацией уровня минерального питания [1]. В современной земледелии России важнейшим фактором, способствующим увеличению объемов производства зерна, является выход на более высокий уровень технологических приемов возделывания зерновых культур, в основу которых положен принцип экологизации, интенсификации и энергосбережения, базирующийся на внедрении в производство новейших биологически активных и малозатратных препаратов, повышающих наравне с увеличением продуктивности рентабельность производства [2,3].

Одной из важнейших зернобобовых культур, относящихся к хлебам второй группы, является просо, которое в структуре мирового производства зерна занимает около 4,6%. В Российской Федерации урожайность проса, как одной из ведущих крупяных культур, находится на уровне 0,7-1,15 т/га, при этом его биологический потенциал используется не более чем на 50% [4-6].

Изучение агротехнических, агрохимических и технологических приемов возделывания проса, особенно актуально в специфических условиях радиоактивного загрязнения обширных территорий юго-запада Центрального Нечерноземья. Особую значимость имеет научно-обоснованный подход по оптимизации минерального питания, где ведущую роль играет калий, применяемый в повышенных дозах и обеспечивающий производство растениеводческой продукции, отвечающей требованиям радиологического норматива [7-10]. В связи с этим разработка научно обоснованных, экономически оправданных, экологически безопасных приемов возделывания проса, позволяющих повысить продуктивность и качество зерна, при сохранении и улучшении плодородия почвы является актуальной.

Цель исследования – оценка эффективности действия минеральных удобрений в комплексе с биопрепаратом Альбит на урожайность и качество зерна проса при радиоактивном загрязнении почвы в отдаленный период после аварии на ЧАЭС.

Методика исследований

Исследования проводили в 2019-2021 годах на кафедре агрохимии, почвоведения и экологии Брянского ГАУ. Изучали особенности формирования продуктивности проса сорта Квартет в зависимости от систем удобрения различной степени насыщенности и биопрепарата Альбит.

Полевые опыты закладывали на опытном поле Новозыбковской СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в пятипольном плодосменном севообороте: картофель – овес – люпин – просо – озимая рожь.

Схема опыта включала следующие варианты: 1. Контроль (без удобрений); 2. Альбит; 3. $P_{60}K_{60}$; 4. $N_{60}P_{60}K_{60}$; 5. $N_{90}P_{60}K_{90}$; 6. $N_{120}P_{60}K_{120}$; 7. $N_{60}P_{60}$ + Альбит; 8. $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Альбит; 9. $N_{90}P_{60}K_{90}$ + Альбит; 10. $N_{120}P_{60}K_{120}$ + Альбит. Почва опытного участка дерново-подзолистая песчаная с содержанием органического вещества 1,93-1,98 % (по Тюрину), подвижных форм фосфора и подвижного калия (по Кирсанову) соответственно 326-348 и 82-118 мг/кг почвы, pH_{KCl} 6,6-6,8. Плотность загрязнения почвы ^{137}Cs 282-318 Бк/кг. Повторность вариантов опыта трехкратная, расположение делянок систематическое, площадь посевной делянки 120 м². Учетная площадь делянки первого порядка 50 м², второго – 50 м². Объект исследований просо, сорт Квартет, предшественник люпин на зерно. За исключением изучаемых агроприемов технология возделывания проса соответствовала общепринятой для региона.

Минеральные удобрения: аммиачную селитру (34,4% N), суперфосфат двойной гранулированный (48% P₂O₅), калий хлористый (56% K₂O) вносили под предпосевную обработку почвы. Посев осуществляли сеялкой СЗ-3,6 на глубину 4-6 см в первой декаде мая с нормой высева 2,5 млн. шт/га. Система защиты растений включала применение протравителя Оплот ВСК + Табу (1,6+1,5 л/т), против сорняков посевы в фазе кущения обрабатывали гербицидом Балерина (0,3 л/га), против болезней применяли фунгицид Колосаль Про КМЭ (0,4 л/га). Некорневую обработку посевов препаратом Альбит проводили в начале фазы выхода в трубку из расчета 50 мл/га, расход рабочей жидкости – 300 л/га. Уборку урожая проводили сплошным методом, поделячно, комбайном «Сампо-500». Урожайность зерна приводили к стандартной влажности (14%). Лабораторно-аналитические исследования выполняли в соответствии с общепринятыми методиками в Центре коллективного пользования научным оборудованием ФГБОУ ВО Брянский ГАУ. Удельную активность ¹³⁷Cs в зерне и почве определяли используя измерительный комплекс УСК «Гамма +» с программным обеспечением «Прогресс-2000» в геометрии «Маринелли». Статистическую обработку экспериментальных данных осуществляли по Б.А. Доспехову (1985). Метеорологические условия в годы исследований различались. Более благоприятными по увлажнению и температурному режиму были 2020-2021 годы, 2019 год характеризовался как менее влагообеспеченный.

Результаты исследований

Уровень урожайности растений является важнейшим и наиболее объективным интегрирующим показателем благоприятности условий внешней среды для произрастания растений. Наименьшая урожайность зерна проса формировалась в погодно-климатических условиях вегетационного периода 2019 года изменяясь по вариантам опыта в пределах от 2,32 до 4,44 т/га при средней урожайности 3,28 т/га (табл. 1). Наиболее высокая урожайность была получена в более благоприятном 2020 году, варьируя по вариантам опыта от 2,47 на контроле до 4,72 т/га. В среднем за годы исследований на контроле урожайность зерна проса составила 2,41 т/га, обработка растений биопрепаратом Альбит позволила её повысить на 0,17 т/га, применение фосфорно-калийного удобрения P₆₀K₆₀ – до 2,56 т/га, где прибавка урожайности составила 0,16 т/га.

Таблица 1

Урожайность зерна проса в зависимости от применяемых средств химизации, т/га

Год Вариант	Прибавка						Окупаем ость удобр. прибавк. урожая, кг/кг
	2019	2020	2021	Среднее	К контро лю	От Альби- та	
Контроль	2,35	2,47	2,42	2,41	-	-	-
Альбит	2,32	2,64	2,58	2,58	0,17	0,17	-
P ₆₀ K ₆₀	2,48	2,62	2,61	2,57	0,16	-	1,3
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,18	3,48	3,39	3,35	0,94	-	5,2
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	3,53	3,67	3,61	3,60	1,19	-	5,0
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	3,96	4,12	4,10	4,06	1,65	-	5,5
N ₆₀ P ₆₀ + Альбит	2,80	2,86	2,72	2,79	0,38	0,22	3,2
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Альбит	3,59	3,93	3,85	3,79	1,38	0,44	7,7
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Альбит	3,93	4,15	4,20	4,09	1,68	0,49	7,0
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Альбит	4,44	4,72	4,67	4,61	2,20	0,55	7,9
В среднем по опыту	3,28	3,47	3,41	3,38	-	-	-
НСР ₀₅	0,16	0,12	0,11	-	-	-	-

Внесение дополнительно азотного удобрения в дозе N_{60} к $P_{60}K_{60}$ увеличило урожайность зерна до 3,35 т/га при величине прибавки 0,94 т/га. При увеличении дозы азотного удобрения до 90 кг/га д.в. в составе NPK, урожайность зерна проса увеличилась до 3,60 т/га, при величине прибавки относительно контроля 1,19 т/га. При дальнейшем увеличении дозы азота до 120 кг/га ($N_{120}P_{60}K_{120}$) урожайность зерна проса повысилась в сравнении с контролем, на 1,65 т/га составляя 4,06 т/га.

Обработка вегетирующих растений проса регулятором роста Альбит на фоне применения $N_{60}P_{60}$ позволила увеличить урожайность зерна проса до 2,79 т/га при величине прибавки в сравнении с контролем на 0,38 т/га (11,6%), а относительно варианта $P_{60}K_{60}$ на 0,21 т/га (10,6%). При обработке посевов проса препаратом Альбит в комплексе с полным минеральным удобрением $N_{60}P_{60}K_{60}$ урожайность зерна проса увеличилась до 3,79 т/га, прибавка достигла уровня 1,38 т/га. Последовательно возрастающие дозы полного минерального удобрения $N_{90}P_{60}K_{90}$ и $N_{120}P_{60}K_{120}$ позволили повысить урожайность зерна проса до 4,09 и 4,61 т/га соответственно при величине прибавок 1,68 и 2,20 т/га. Таким образом, максимальная урожайность зерна проса 4,61 т/га достигнута при применении полного минерального удобрения $N_{120}P_{60}K_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит и окупаемости 1кг NPK прибавкой урожая зерна равной 7,9 кг/кг.

В среднем за годы исследований содержание сырого белка в зависимости от применяемых систем удобрения изменялось от 11,0 до 13,5% при максимуме в варианте $N_{120}P_{60}K_{120}$ + Альбит и величине его сбора с единицы площади 0,622 т/га (табл. 2).

Таблица 2

Влияние удобрений и биопрепарата Альбит на содержание и сбор белка с урожаем проса, %

Вариант \ Год	Год			Среднее	Сбор сырого белка, т/га
	2019	2020	2021		
Контроль	11,2	10,8	11,0	11,0	0,265
Альбит	11,6	11,4	11,3	11,4	0,294
$P_{60}K_{60}$	11,6	11,2	11,5	11,4	0,293
$N_{60}P_{60}K_{60}$	12,4	11,8	12,1	12,1	0,405
$N_{90}P_{60}K_{90}$	12,6	12,2	12,4	12,4	0,446
$N_{120}P_{60}K_{120}$	12,9	12,3	12,6	12,5	0,507
$N_{60}P_{60}$ + Альбит	12,8	11,8	12,4	12,3	0,343
$N_{60}P_{60}K_{60}$ + Альбит	13,2	12,6	12,9	12,9	0,489
$N_{90}P_{60}K_{90}$ + Альбит	13,6	12,8	13,3	13,2	0,540
$N_{120}P_{60}K_{120}$ + Альбит	13,8	13,2	13,6	13,5	0,622
НСР ₀₅	0,4	0,3	0,3	-	-

Известно, что аминокислотный состав зерна зерновых культур определяется условиями минерального питания. Улучшение условий минерального питания способствовало изменению аминокислотного состава зерна проса (табл. 3).

Под влиянием систем удобрения отмечено увеличение содержания отдельных аминокислот в зерне проса, а также общей суммы аминокислот. Следует отметить более высокое содержание аланина (11,31-12,82 г/кг), аргинина (8,41-10,18 г/кг), пролина (7,16-9,81 г/кг) и серина (6,18-8,13 г/кг).

Среди незаменимых аминокислот более высоким содержанием выделялось содержание лейцина и изолейцина (14,71-17,88 г/кг). Применение минеральной системы $N_{120}P_{60}K_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит оказало наибольшее влияние на аминокислотный состав зерна проса, при этом отмечено увеличение суммы как незаменимых, так и свободных аминокислот в зерне проса.

Таблица 3

Аминокислотный состав зерна проса в зависимости от применяемых средств химизации, г/кг (2019-2021 гг.)

Аминокислоты \ Вариант	Контроль	Альбит	P ₆₀ K ₆₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ +Альбит
Незаменимые					
Валин	3,48	4,16	5,17	5,26	5,83
Лизин	2,25	1,92	1,73	1,46	1,35
Лейцин + Изолейцин	14,71	15,18	16,37	16,84	17,88
Метионин	2,18	2,45	2,82	3,13	3,38
Треонин	3,62	4,07	5,09	5,16	5,33
Триптофан	0,53	0,55	0,86	0,88	0,91
Фенилаланин	5,92	4,08	4,61	4,35	3,46
Сумма незаменимых аминокислот	32,69	32,41	36,71	37,08	38,14
Свободные					
Аланин	11,31	10,72	11,26	12,07	12,82
Аргинин	8,41	9,66	9,82	9,94	10,18
Гистидин	2,52	1,86	1,73	2,16	1,52
Глицин	2,54	2,59	4,03	4,42	7,09
Пролин	7,16	8,06	8,72	9,28	9,81
Серин	6,18	7,63	7,46	8,08	8,13
Тирозин	2,73	1,99	1,77	1,46	1,35
Сумма свободных аминокислот	40,85	42,51	44,79	47,41	50,90
Общая сумма аминокислот	73,54	74,92	81,50	84,49	89,04

К важнейшим технологическим показателям качества зерна хлебных злаков, определяющим их пищевую ценность принято относить: натурную массу зерна, массу 1000 зерен, содержание белка, крахмала, жиров, сахаров и др. Натуру зерна относят к наиболее важным показателям, определяющим его добротность. Обычно зерно, обладающее большой натурной массой характеризуется, как правило, повышенным выходом продукции лучшего качества. В наших исследованиях натура зерна проса была достаточно высокой и отвечала уровню базисных кондиций (табл. 4).

Таблица 4

Влияние средств химизации на технологические показатели качества зерна проса (2019-2021 гг.)

Вариант \ Показатель	Натура, г/л	Масса 1000 зерен, г	Выход крупы, %	Пленчатость, %
Контроль	746	6,4	81	14,2
Альбит	751	6,6	82	13,5
P ₆₀ K ₆₀	767	6,8	83	12,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	769	7,2	84	11,7
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀	772	7,4	84	13,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀	779	7,6	85	13,1
N ₆₀ P ₆₀ + Альбит	767	6,9	83	12,7
N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Альбит	772	7,5	84	12,4
N ₉₀ P ₆₀ K ₉₀ + Альбит	776	7,7	85	11,5
N ₁₂₀ P ₆₀ K ₁₂₀ + Альбит	781	7,9	86	11,2
НСР ₀₅	4,5	0,27	2,6	0,48

В среднем за годы исследований натурная масса зерна проса варьировала по изучаемым системам удобрения в пределах 746-781 г/л. Наибольшего значения натурная масса зерна проса в среднем за годы исследований достигла в вариантах с комплексным применением средств химизации (варианты 7-10).

Масса 1000 зерен – наименее изменчивый элемент в структуре продуктивности зерновых, но и она в определенной степени подвержена регулированию. Повысить этот показатель можно поздними (колосовыми) подкормками, но еще более важно обеспечить продление жизнедеятельности верхних листьев, предотвратив поражение их грибковыми болезнями обработкой вегетирующих растений фунгицидами.

Масса 1000 зерен на контрольном варианте формировалась на уровне 6,4 г. Под влиянием биопрепарата Альбит она увеличилась до 6,6 г. Применение минерального удобрения позволило повысить массу 1000 зерен до 6,8-7,6 г. При комплексном применении удобрений и биопрепарата Альбит отмечено повышение массы 1000 зерен проса до 6,9-7,9 г, максимальную массу 7,9 г обеспечило применение полного минерального удобрения в дозе $N_{120}P_{60}K_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит.

Важная роль среди физических показателей зерна принадлежит выходу крупы и пленчатости, поскольку значимость этих показателей возрастает в процессе переработки зерна на крупу. Выход крупы по изучаемым системам удобрения изменялся в пределах 81-86 %. Наибольший выход крупы проса, в наших исследованиях, формировался при применении полного минерального удобрения, при этом повышение доз калия в его составе повышало выход крупы, как без обработки растений биопрепаратом Альбит, так и на фоне обработки вегетирующих растений проса. Максимальный выход крупы проса 86% в среднем был отмечен в варианте $N_{120}P_{60}K_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит.

К числу весьма значимых показателей качества зерна, особенно при производстве крупы проса, относят пленчатость, которая представлена массой мякинной оболочки выраженной через отношение веса пленок к весу зерна. Изучаемые системы удобрения способствовали снижению пленчатости зерна проса в среднем с 14,7 до 11,2%, то есть на 0,7 – 3,0% при наибольшем снижении пленчатости в вариантах со средней и повышенной дозой калия в составе NPK на фоне применения биопрепарата Альбит.

Являясь одним из основных источников азотного питания растений нитраты при избыточном их накоплении в растениях – один из основных факторов ухудшения качества растениеводческой продукции.

Содержание остаточных нитратов в зерне проса изменялось от 41 до 64 мг/кг (ПДК – 93 мг/кг) при наиболее высокой их концентрации на варианте $N_{120}P_{60}K_{120}$ с применением биопрепарата Альбит (табл. 5).

Таблица 5

Влияние средств химизации на концентрацию остаточных нитратов в зерне проса, мг/кг

Год \ Вариант	2019	2020	2021	Среднее
Контроль (без удобрений)	40	42	41	41
Альбит	36	38	37	37
$P_{60}K_{60}$	46	48	52	49
$N_{60}P_{60}K_{60}$	54	56	53	54
$N_{90}P_{60}K_{90}$	56	58	61	55
$N_{120}P_{60}K_{120}$	63	65	69	66
$P_{60}K_{60}$ +Альбит	33	31	37	34
$N_{60}P_{60}K_{60}$ +Альбит	52	56	53	54
$N_{90}P_{60}K_{90}$ +Альбит	54	55	58	56
$N_{120}P_{60}K_{120}$ +Альбит	61	65	66	64
HCP_{05}	3,1	2,9	2,5	

Применяемые системы удобрения с возрастающими дозами калия в целом способствовали нормализации метаболических процессов в растениях проса с более полным вовлечением нитратного азота в реакции синтеза, действие биопрепарата Альбит проявилось в слабой степени.

Применяемые системы удобрения уменьшали удельную активность ^{137}Cs в урожае зерна проса (табл. 6).

Таблица 6

Влияние средств химизации на удельную активность ^{137}Cs в зерне проса, Бк/кг

Год Вариант	2019	2020	2021	Среднее	Кратность снижения, раз	Кн
Контроль (без удобрений)	14	12	14	13	-	0,0093
Альбит	12	10	11	11	1,2	0,0088
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	10	8	10	9	1,4	0,0070
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$	16	14	13	14	-	0,0104
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$	13	11	12	12	1,1	0,0087
$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$	12	10	11	11	1,2	0,0080
$\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Альбит	9	8	10	8	1,6	0,0056
$\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ +Альбит	10	6	9	8	1,6	0,0054
$\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ +Альбит	8	6	8	7	1,9	0,0047
$\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ +Альбит	5	3	4	4	3,3	0,0026
HCP_{05}	4	3	4	-	-	-

Применение биопрепарата Альбит уменьшало удельную активность ^{137}Cs в зерне овса в 1,2 раза, при этом сокращался и коэффициент накопления (Кн). Под влиянием фосфорно-калийного удобрения отмечено снижение удельной активности ^{137}Cs в зерне проса в сравнении с контролем в 1,4 раза. Применение азота в дозе N_{60} в составе $\text{N}_{60}\text{P}_{60}\text{K}_{60}$ способствовало увеличению удельной активности ^{137}Cs в зерне проса. Увеличение дозы полного минерального удобрения до $\text{N}_{90}\text{P}_{60}\text{K}_{90}$ снизило удельную активность ^{137}Cs в 1,1 раза, при увеличении дозы полного минерального удобрения до $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ удельная активность уменьшилась в 1,2 раза. При комплексном применении минерального удобрения и препарата Альбит удельная активность ^{137}Cs уменьшилась в 1,6-3,3 раза, что связано с повышением урожайности зерна проса и эффектом биологического разбавления. Полученное в исследованиях зерно проса по удельной активности ^{137}Cs в нём не превышало допустимый уровень 60 БК/кг (ВП 13.5.13/06-01) и может быть использовано на продовольственные цели без ограничений.

Заключение

Наиболее эффективной является минеральная система удобрения $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит. Прибавка урожайности от применения биопрепарата Альбит достигла 0,55 т/га при ее окупаемости 7,9 кг/кг. Содержание сырого белка в зерне проса от действия полного минерального удобрения изменялось от 11,0 до 13,5% как при отдельном применении, так и в комплексе с биопрепаратом Альбит. Максимальный сбор сырого белка 0,622 т/га с единицы площади обеспечило применение полного минерального удобрения в дозе $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит.

Наибольшую общую сумму аминокислот в зерне проса обеспечила система удобрения $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ в комплексе с биопрепаратом Альбит.

Применяемые системы удобрения как отдельно, так и в комплексе с биопрепаратом Альбит улучшали физические показатели качества зерна проса, при этом натура зерна изменялась по изучаемым вариантам опыта в пределах от 746 до 781 г/л, масса 1000 зёрен - от 6,4 до 7,9 г, выход крупы - от 81 до 86%, плёчатость снижалась на 3,0%.

Концентрация остаточных нитратов в зерне проса по изучаемым системам удобрения изменялась в пределах от 41 до 64 мг/кг, что не превышало ПДК для зерна 93 мг/кг.

Под влиянием изучаемых систем удобрения переход ^{137}Cs в растения проса снижался в 3,6 раза. Наибольшее уменьшение удельной активности ^{137}Cs в урожае зерна проса в 3,3 раза относительно контрольного варианта получено в варианте $\text{N}_{120}\text{P}_{60}\text{K}_{120}$ +Альбит. Полученная товарная продукция может быть использована на продовольственные цели без ограничений.

Литература

1. Сычев В. Г., Милащенко И. З., Шафран. С. А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России. // Плодородие. – 2018. – № 1 (100). – С. 18-19.
2. Вакуленко В. В. Применение регуляторов роста на зерновых культурах. // Зерновое хозяйство России. – 2013. – № 3 (27). – С. 36.
3. Садовой А.С., Барановский А.В. Биоэнергетическая оценка применения регуляторов роста растений на посевах проса в условиях Донбасса // Зерновое хозяйство России. – 2021. – № 1 (73). – С. 63-67.
4. Зотиков В.И., Полухин А.А., Грядунова Н.В., Сидоренко В.С., Хмызова Н.Г. Развитие производства зернобобовых и крупяных культур в России на основе использования селекционных достижений // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2020. – № 4 (36). – С. 5-17. DOI: 10.24411/2309-348X-2020-11198.
5. Лозина Н.А., Зотиков В.И. Изменчивость элементов продуктивности проса в результате применения микроудобрений // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2021. – № 4. – С. 46-52. DOI: 10.24411/2309-348X-2021-4-46-52
6. Скороходов В.Ю. Продуктивность проса в монокультуре и севооборотах на двух агрофонах при долголетнем исследовании в регионе с неустойчивым увлажнением // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. – 2022. – № 1 (57). – С. 70-76.
7. Панов А.В., Переволоцкая Т.В. Методология оценки рисков для агроэкосистем в условиях техногенного загрязнения // Сельскохозяйственная биология. – 2020. – Т. 55, – № 3. – С. 468-480.
8. Сычев В.Г., Лунёв В.И., Орлов П.М., Белоус Н.М. Чернобыль: радиационный мониторинг сельскохозяйственных угодий и агрохимические аспекты снижения последствий радиоактивного загрязнения почв (к 30-летию техногенной аварии на Чернобыльской АЭС): монография – М.: ВНИИА, – 2016. – 184 с.
9. Белоус И.Н., Шаповалов В.Ф., Малявко Г.П. Применение систем удобрения при возделывании озимой ржи в условиях юго-запада Нечерноземья // Агрохимия. – 2017. – № 9. – С. 49-57.
10. Полухин А.А., Зотиков В.И., Сидоренко В.С., В.И. Панарина, Бобков С.В., Бударина Г.А., Грядунова Н.В., Хмызова Н.Г. и другие. Селекционные достижения Федерального научного центра зернобобовых и крупяных культур. Каталог. Орёл: ООО ПФ «Картуш». – 2022. – 204 с.

References

1. Sychev V. G., Milashchenko I. Z., Saffron S.A. Agrochemical aspects of obtaining high-quality grain in Russia. *Fertility*. 2018. no. 1 (100), pp. 18-19. (In Russian)
2. Vakulenko V. V. The use of growth regulators on grain crops. *Grain farming in Russia*. 2013, no. 3 (27), p. 36. (In Russian)
3. Sadovoy A.S., Baranovsky A.V. Bioenergetic assessment of the use of plant growth regulators on millet crops in the conditions of Donbass. *Grain farming of Russia*, 2021, 1 (73), pp. 63-67. (In Russian)
4. Zotikov V.I., Polukhin A.A., Grydunova N.V., Sidorenko V.S., Khmyzova N.G. Development of the production of legumes and cereals in Russia based on the use of breeding achievements. *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2020, no. 4 (36), pp. 5-17. (In Russian)

5. Lozina N.A., Zotikov V.I. Variability of millet productivity elements as a result of the use of micronutrients . *Зернобобовые и крупяные культуры*, 2021, no. 4 pp. 46-52. (In Russian)
6. Skorokhodov V.Yu. Millet productivity in monoculture and crop rotations on two agrophones during a long-term study in a region with unstable moisture . *Bulletin of the Ulyanovsk State Agricultural Academy*. 2022, no. 1 (57), pp. 70-76. (In Russian)
7. Panov A.V., Perevolotskaya T. V. Methodology of risk assessment for agroecosystems in conditions of technogenic pollution. *Agricultural biology*, 2020, Vol. 55, no. 3. pp. 468-480. (In Russian)
8. Sychev V.G., Lunev V.I., Orlov P.M., Belous N.M. Chernobyl: radiation monitoring of agricultural lands and agrochemical aspects of reducing the effects of radioactive contamination of soils (to the 30th anniversary of the technogenic accident at the Chernobyl NPP):monograph Moscow, VNIIA, 2016, 184 p. (In Russian)
9. Belous I.N., Shapovalov V.F., Malyavko G.P. The use of fertilizer systems in the cultivation of winter rye in the conditions of the south-west of the Non-Chernozem region . *Agrochemistry*, 2017, no. 9, pp. 49-57. (In Russian)
10. Polukhin A.A., Zotikov V.I., Sidorenko V.S., V.I. Panarina, Bobkov S.V., Budarina G.A., Gryadunova N.V., Khmyzova N.G. et al. Seleksionnye dostizheniya Federal'nogo nauchnogo tsentra zernobobovykh i krupyanykh kul'tur [Breeding achievements of the Federal Scientific Center of Legumes and Groat Crops]. Catalogue. Orel: Kartush Publ. 2022, 204 p. (In Russian)