

Влияние различных видов калийных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля сорта Гала

Н. Е. Завьялова[✉], М. Т. Васбиева, Д. Г. Шишков, И. В. Казакова, Д. Р. Сафиуллина
Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра
Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия
[✉]E-mail: nezavyalova@gmail.com

Аннотация. Цель работы – дать агрономическую оценку влияния различных видов калийных удобрений на урожайность и качественные показатели клубней картофеля сорта Гала. **Методы.** В полевом опыте изучено влияние трех видов минеральных и одного вида органо-минеральных калийных удобрений. **Научная новизна.** Впервые проведено сравнение калийных удобрений растительного («ЭкоКалий») и минерального происхождения по влиянию на урожайность и показатели качества картофеля. **Результаты.** Применение всех изучаемых видов калийных удобрений в дозе 90 кг д. в. / га обеспечило увеличение урожайности на 23,8–27,6 % относительно контроля и 26,6–38,0 % по фону азотно-фосфорных удобрений. Наибольшая урожайность (23,45 т/га) получена при использовании удобрения «ЭкоКалий». Изучаемые виды калийных удобрений не оказали математически доказуемого влияния на содержание крахмала в клубнях картофеля, его величина изменялась от 12,8 до 14,8 %. Содержание сухого вещества в клубнях варьировало в диапазоне от 22,7 до 24,3 %. Установлено, что внесение калийных удобрений по фону азотно-фосфорных удобрений привело к превышению допустимого значения содержания нитратов в свежем картофеле в 1,6–1,7 раза. Внесение «ЭкоКалия» обеспечило наибольшую агрономическую окупаемость удобрения – 56,3 кг клубней. Для сульфата, нитрата и хлорида калия окупаемость составила 48,6–49,1 кг. Наибольшая рентабельность производства картофеля была достигнута при применении KCl как в чистом виде, так и в сочетании с азотно-фосфорными удобрениями, которая составила 42,1 и 36,7 % соответственно. Все изучаемые виды удобрений по итогам двух лет исследований обеспечивали положительную рентабельность производства.

Ключевые слова: картофель, дерново-подзолистая почва, крахмал, нитраты, агрономическая окупаемость, рентабельность

Благодарности. Работа выполнена в рамках темы государственного задания № АААА-А18-118021990053-3.

Для цитирования: Завьялова Н. Е., Васбиев М. Т., Шишков Д. Г., Казакова И. В. Сафиуллина Д. Р. Влияние различных видов калийных удобрений на урожайность и качество клубней картофеля сорта Гала // Аграрный вестник Урала. 2025. Т. 25, № 07. С. 1014–1024. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-07-1014-1024>.

Дата поступления статьи: 02.08.2024, **дата рецензирования:** 10.03.2025, **дата принятия:** 04.04.2025.

The influence of various types of potash fertilizers on the yield and quality of potato tubers of the Gala variety

N. E. Zavyalova[✉], M. T. Vasbieva, D. G. Shishkov, I. V. Kazakova, D. R. Safiullina

Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo village, Perm Krai, Russia

[✉]E-mail: nezavyalova@gmail.com

Abstract. The purpose of this study is to give an agronomic assessment of the effect of various types of potash fertilizers on the yield and quality indicators of potato tubers of the Gala variety. **Methods.** The influence of three types of mineral and one type of organo-mineral potash fertilizers was studied in the field experiment. **Scientific novelty.** For the first time, potash fertilizers of vegetable (“EkoKaliy”) and mineral origin were compared in terms of their effect on potato yields and quality indicators. **Results.** The use of all studied types of potash fertilizers at a dose of 90 kg a. i. / ha provided an increase in yield by 23.8–27.6 % relative to the control and 26.6–38.0 % for the background of nitrogen-phosphorus fertilizers. The highest yield (23.45 t/ha) was obtained using the fertilizer “EkoKaliy”. The studied types of potash fertilizers did not have a mathematically provable effect on the starch content in potato tubers, its value varied from 12.8 to 14.8 %. The dry matter content in the tubers ranged from 22.7 to 24.3 %. It was found that the application of potash fertilizers based on the background of nitrogen-phosphorus fertilizers led to an excess of the permissible nitrate content in fresh potatoes by 1.6–1.7 times. The introduction of “EkoKaliy” provided the highest agronomic payback of the fertilizer – 56.3 kg of tubers, for sulfate, nitrate and potassium chloride, the payback was 48.6–49.1 kg. The highest profitability of potato production was achieved with the use of KCl both in pure form and in combination with nitrogen-phosphorus fertilizers, which amounted to 42.1 and 36.7 %, respectively. According to the results of two years of research, all the studied types of fertilizers provided positive profitability of production.

Keywords: potatoes, sod-podzolic soil, starch, nitrates, agronomic payback, profitability

Acknowledgements. The study was carried out within the framework of the state assignment No. AAAA-A18-118021990053-3.

For citation: Zavyalova N. E., Vasbieva M. T., Shishkov D. G., Kazakova I. V., Safiullina D. R. The influence of various types of potash fertilizers on the yield and quality of potato tubers of the Gala variety. *Agrarian Bulletin of the Urals*. 2025; 25 (07): 1014–1024. <https://doi.org/10.32417/1997-4868-2025-25-07-1014-1024>. (In Russ.)

Date of paper submission: 02.08.2024, **date of review:** 10.03.2025, **date of acceptance:** 04.04.2025.

Постановка проблемы (Introduction)

Картофель (*Solanum tuberosum* L.) занимает большое значение в рационе питания россиян, является важнейшей продовольственной, кормовой и технической культурой в Российской Федерации [1–3]. Россия по производству картофеля занимает второе место в мире после Китая, при этом почти весь картофель (в разные годы до 96 % общего количества) производится в частных хозяйствах населения. Площади под картофелем в Пермском крае для всех категорий хозяйств составляют 41,3 тыс. га, в т. ч. в сельхозпредприятиях – 4,5–4,7 тыс. га, средняя урожайность варьирует в интервале 10,1–15,9 т/га [3]. Эффективным фактором повышения урожайности картофеля является использование адаптивных к местным почвенно-климатическим условиям сортов, высококачественного посадочного материала,

современных агротехнологий и сбалансированного минерального питания [4–6]. В условиях Среднего Предуралья в 2020 и 2022 годах внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствовало увеличению урожайности картофеля сорта Гала в 1,3–1,5 раза относительно контрольного варианта (21,4 и 14,4 т/га соответственно) [7]. В длительных стационарных опытах Пермского НИИСХ в вариантах с органической и органо-минеральной системами удобрения урожайность картофеля составляла 26,7–27,7 т/га [8; 9]. Картофель дает значительный прирост урожайности от внесения калийных удобрений [10]. В качестве калийных удобрений чаще всего используют хлористый калий. В научной литературе приводятся сведения о том, что хлоридное засоление почвы при внесении высоких доз калийных удобрений оказывает негативное действие на почвенные параметры, ка-

качественные показатели растениеводческой продукции и имеет серьезные последствия для здоровья человека [11]. Производители овощей и картофеля переходят на применение бесхлорных экологически безопасных и эффективных калийных удобрений.

Цель исследований – провести агрономическую оценку влияния различных видов калийных удобрений на урожайность и качественные показатели клубней картофеля сорта Гала.

Методология и методы исследования (Methods)

В 2021–2022 годах на опытном поле Пермского НИИСХ – филиала ПФИЦ УрО РАН были заложены краткосрочные полевые опыты с различными видами калийных удобрений по следующей схеме:

1. Контроль (без удобрений).
2. «ЭкоКалий».
3. K_2SO_4 .
4. KNO_3 .
5. KCl .
6. $N_{60}P_{60}$ – фон.
7. Фон + «ЭкоКалий».
8. Фон + K_2SO_4 .
9. Фон + KNO_3 .
10. Фон + KCl .

«ЭкоКалий» – бесхлорное калийное удобрение, имеет растительное происхождение. Удобрение получено в результате переработки лузги подсолнечника, содержание действующего вещества (K_2O) составляет 37 % [12].

Повторность в опыте трехкратная. Доза калийных удобрений – 90 кг д. в. / га. Удобрения вносили вручную, под предпосевную обработку. Размещение делянок систематическое, общая площадь делянки – 73,5 м². Схема посадки – 50 × 75. Агротехника общепринятая для Пермского края. Посадку картофеля производили 20.05.21 и 01.06.22. Учет урожайности производили косвенным методом 13.09.21 и 12.09.22.

Почва дерново-слабоподзолистая тяжелосуглинистая, до закладки обладала следующими характеристиками: pH_{KCl} 5,0 ± 0,6, гидролитическая кислотность 3,2 ± 0,6 мг-экв / 100 г, сумма поглощенных оснований 20,0 ± 3,5 мг-экв / 100 г, содержание подвижных форм фосфора и калия 222 ± 89 и 180 ± 48 мг/кг, содержание гумуса 2,27 ± 0,43 %.

В опыте возделывали картофель сорта Гала немецкой селекции, который рекомендован для выращивания в северных и центральных регионах. Сорт столового назначения, период созревания 65–80 дней.

Показатели качества клубней картофеля определяли общепринятыми методами: содержание сухого вещества – по ГОСТ 28561-90, содержание крахмала – по ГОСТ 7194-81, содержание нитратов ионометрическим методом – по ГОСТ 29270-95. Статистическая обработка результатов проведена с использованием пакета программ Microsoft Excel.

Вегетационный период 2021 года характеризовался засушливыми условиями. Май и июнь 2021 года были сухими и жаркими: гидротермический коэффициент Селянинова (ГТК) составил 1,0 при среднемноголетнем показателе 1,4. В июле наблюдали немногочисленные, но обильные дожди ливневого характера, ГТК за месяц составил 2,5. В августе на территории Пермского края установилась жаркая и сухая погода, ГТК составил 0,4. Вегетационный период 2022 года также был засушливым. Май и июнь были умеренно прохладными, май характеризовался небольшим избытком осадков (118 % от нормы), июнь, наоборот, недостатком (85 % от нормы). Июль характеризовался как очень засушливый: ГТК составил 0,1 (среднемноголетнее значение – 1,4). В августе сохранилась жаркая погода с небольшим количеством осадков (ГТК составил 0,2).

Результаты (Results)

Формирование урожая картофеля сорта Гала в годы исследований проходило в условиях повышенного уровня тепла и пониженной влагообеспеченности. В вегетационный период 2021 года самая низкая урожайность была получена в варианте без применения минеральных удобрений – 18,31 т/га, наибольшая – в варианте с применением KCl по фону NP – 25,84 т/га (таблица 1). Все изучаемые в опыте удобрения увеличивали урожайность клубней картофеля, тем не менее математически доказуемое увеличение можно отметить среди калийных удобрений, применяемых в чистом виде только для KCl : прибавка составила 6,95 т/га при $НСР_{05} = 4,24$ т/га. При внесении калийных удобрений по фону азотно-фосфорных по всем вариантам отмечено достоверное повышение урожайности относительно контроля, однако относительно фона увеличение урожайности под действием калийных удобрений математически не доказуемо. По данным В. Н. Якименко [13], хлор повышает водоудерживающую способность растений, что, возможно, при условии дефицита влаги в почве сыграло положительную роль.

В условиях 2022 года минимальная урожайность картофеля была получена также на неудобренном варианте, наиболее высокая – при применении «ЭкоКалия» на фоне NP . Все исследуемые удобрения обеспечивали прибавку урожайности, однако математическая обработка урожайных данных на вариантах с хлористым калием и одних азотно-фосфорных удобрений не доказала увеличение урожайности изучаемой культуры. Внесение «ЭкоКалия» сопровождалось математически доказуемым увеличением урожайности клубней как относительно контроля (6,46 т/га при $НСР_{05} = 3,43$ т/га), так и относительно фона (5,99 т/га при $НСР_{05} = 3,43$ т/га). Аналогичная закономерность отмечена при внесении KNO_3 , однако величина прибавки была не-

сколько ниже. Применение K_2SO_4 , обеспечивало достоверную прибавку относительно контроля, однако относительно фоновового варианта прибавка была математически не доказуема.

По результатам двух лет исследований выявлено, что на дерново-подзолистых тяжелосуглинистых почвах Предуралья при выращивании картофеля, применение минеральных удобрений, содержащих только азот и фосфор, без калийных является недостаточным (прибавка урожайности 2,44 т/га при $HCP_{05} = 3,01$ т/га). Эффективным приемом повыше-

ния урожайности картофеля является применение калийных удобрений, обеспечивающих прибавку 23,8–27,6 % относительно контроля без удобрений и 26,6–38,0 % по фону NP. Достоверное увеличение урожайности отмечено при применении «Эко-Калия» и KNO_3 , которые обеспечивали достоверную прибавку как относительно контроля (5,07 и 4,42 т/га соответственно при $HCP_{05} = 3,01$ т/га), так и относительного фоновового NP-удобрения (4,55 и 3,95 т/га соответственно).

Таблица 1
Урожайность картофеля сорта Гала в полевом опыте, т/га

Вариант	2021 г.		2022 г.		В среднем за два года		
	Урожай- ность	Прибавка к контролю	Урожай- ность	Прибавка к контролю	Урожай- ность	Прибавка	
						к контролю	к фону
Без удобрений	18,31	–	18,45	–	18,38	–	–
«ЭкоКалий»	21,99	3,68	24,91	6,46	23,45	5,07	–
K_2SO_4	21,85	3,54	23,65	5,20	22,75	4,37	–
KNO_3	20,84	2,53	24,75	6,30	22,80	4,42	–
KCl	25,26	6,95	20,27	1,82	22,77	4,39	–
Фон – NP	21,77	3,46	19,86	1,41	20,82	2,44	–
Фон + «ЭкоКалий»	24,89	6,58	25,85	7,40	25,37	6,99	4,55
Фон + K_2SO_4	24,16	5,85	22,39	3,94	23,27	4,89	2,46
Фон + KNO_3	24,79	6,48	24,74	6,29	24,77	6,39	3,95
Фон + KCl	25,84	7,53	21,25	2,80	23,55	5,17	2,73
HCP_{05}	4,24		3,43		3,01		

Table 1
Yield of Gala potatoes in field experience, t/ha

Variant	2021		2022		Average for 2 years		
	Yield	Increase to control	Yield	Increase to control	Yield	Increase	
						to control	to back- ground
No fertilizers	18.31	–	18.45	–	18.38	–	–
“EkoKaliy”	21.99	3.68	24.91	6.46	23.45	5.07	–
K_2SO_4	21.85	3.54	23.65	5.20	22.75	4.37	–
KNO_3	20.84	2.53	24.75	6.30	22.80	4.42	–
KCl	25.26	6.95	20.27	1.82	22.77	4.39	–
Background – NP	21.77	3.46	19.86	1.41	20.82	2.44	–
Background + “EkoKaliy”	24.89	6.58	25.85	7.40	25.37	6.99	4.55
Background + K_2SO_4	24.16	5.85	22.39	3.94	23.27	4.89	2.46
Background + KNO_3	24.79	6.48	24.74	6.29	24.77	6.39	3.95
Background + KCl	25.84	7.53	21.25	2.80	23.55	5.17	2.73
LSD_{05}	4.24		3.43		3.01		

Таблица 2
Структура урожайности картофеля сорта Гала в полевом опыте, 2021–2022 гг.

Вариант	Масса клубней, г/куст	Количество клубней шт/куст	Средняя масса клубня, г	Товарная фракция, %	Семенная фракция, %
Без удобрений	516,9	10,6	54,7	79,2	52,2
«ЭкоКалий»	668,5	13,3	58,0	80,9	47,0
K ₂ SO ₄	665,9	13,3	55,1	81,4	45,1
KNO ₃	677,1	13,1	56,8	79,7	48,1
KCl	735,5	12,5	68,2	82,1	35,8
Фон – NP	633,9	13,4	53,2	76,5	47,2
Фон + «ЭкоКалий»	659,7	11,5	66,0	80,9	47,8
Фон + K ₂ SO ₄	694,7	12,1	63,3	82,8	47,3
Фон + KNO ₃	751,9	13,2	64,7	80,0	43,4
Фон + KCl	650,7	10,6	64,7	85,2	43,0
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$

Table 2
Yield structure of Gala potatoes in field experiment, 2021–2022 years

Variant	Weight of tubers, g/bush	Number of tubers pieces/bush	Average weight of tuber, g	Commercial fraction, %	Seed fraction, %
No fertilizers	516.9	10.6	54.7	79.2	52.2
“EkoKaliy”	668.5	13.3	58.0	80.9	47.0
K ₂ SO ₄	665.9	13.3	55.1	81.4	45.1
KNO ₃	677.1	13.1	56.8	79.7	48.1
KCl	735.5	12.5	68.2	82.1	35.8
Background – NP	633.9	13.4	53.2	76.5	47.2
Background + “EkoKaliy”	659.7	11.5	66.0	80.9	47.8
Background + K ₂ SO ₄	694.7	12.1	63.3	82.8	47.3
Background + KNO ₃	751.9	13.2	64.7	80.0	43.4
Background + KCl	650.7	10.6	64.7	85.2	43.0
LSD ₀₅	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$

Таблица 3
Величина массы надземной части и корней по фазам развития картофеля, 2021–2022 гг., г а. с. в. / м²

Вариант	Всходы		Цветение		Уборка	
	1	2	1	2	1	2
Без удобрений	11,9	4,5	100,3	10,8	103,9	14,9
«ЭкоКалий»	14,6	5,3	112,8	12,1	114,8	18,3
K ₂ SO ₄	12,7	4,1	97,3	9,4	113,6	17,3
KNO ₃	14,4	4,5	104,4	12,8	131,1	20,4
KCl	14,5	4,4	121,3	12,9	147,2	18,7
Фон – NP	14,2	4,9	123,5	11,8	141,2	18,9
Фон + «ЭкоКалий»	12,4	5,2	150,6	14,3	139,9	19,2
Фон + K ₂ SO ₄	13,7	4,5	129,6	12,1	138,6	18,2
Фон + KNO ₃	15,7	4,3	145,6	12,1	173,4	20,7
Фон + KCl	11,9	4,3	155,7	13,3	150,8	17,9
HCP ₀₅	$F_{\phi} < F_{\tau}$	$F_{\phi} < F_{\tau}$	27,6	$F_{\phi} < F_{\tau}$	35,1	$F_{\phi} < F_{\tau}$

Примечание. 1 – надземная масса, 2 – корни.

Table 3

The weight of the aboveground biomass and roots according to the stage of plant potato development, 2021–2022 years, gram of absolutely dry matter / m²

Variant	Seedling		Blooming		Harvesting period	
	1	2	1	2	1	2
No fertilizers	11.9	4.5	100.3	10.8	103.9	14.9
“EkoKaliy”	14.6	5.3	112.8	12.1	114.8	18.3
K ₂ SO ₄	12.7	4.1	97.3	9.4	113.6	17.3
KNO ₃	14.4	4.5	104.4	12.8	131.1	20.4
KCl	14.5	4.4	121.3	12.9	147.2	18.7
Background – NP	14.2	4.9	123.5	11.8	141.2	18.9
Background + “EkoKaliy”	12.4	5.2	150.6	14.3	139.9	19.2
Background + K ₂ SO ₄	13.7	4.5	129.6	12.1	138.6	18.2
Background + KNO ₃	15.7	4.3	145.6	12.1	173.4	20.7
Background + KCl	11.9	4.3	155.7	13.3	150.8	17.9
LSD ₀₅	$F_f < F_t$	$F_f < F_t$	27.6	$F_f < F_t$	35.1	$F_f < F_t$

Note. 1 – aboveground biomass, 2 – the roots.

Проведение анализа структуры урожая выявило, что в среднем за 2 года исследований минимальная масса клубней и их количество на куст были сформированы на контрольном варианте (516,9 г и 10,6 г на куст соответственно), наименьшая средняя масса клубня была получена в варианте с внесением NP – 53,2 г (таблица 2). Максимальная средняя масса клубня определена в варианте с применением только KCl и составила 68,2 г. По показателю количества клубней на куст не удалось выявить какую-либо тенденцию. Усредненные за 2 года данные показали наименьшее содержание в структуре урожайности картофеля товарной фракции (клубни весом от 40 г и больше) в варианте с применением азотно-фосфорного удобрения (76,5 %), наибольшее было сформировано в варианте с совместным применением азотно-фосфорных и калийных удобрений (85,2 %). Наибольшее количество картофеля семенной фракции было получено в варианте без удобрений (52,2 %), наименьшее при применении KCl в чистом виде. Для других сортов картофеля, перспективных для Пермского края, получены аналогичные результаты [14]. Стоит отметить, что по всем исследуемым показателям установленные закономерности математически не доказуемы. Урожайность картофеля определялась в первую очередь массой клубней с куста, теснота связи характеризовалась как средняя – коэффициент линейной корреляции составил 0,59 ($p < 0,05$, $n = 30$).

Внесение калийных удобрений повлияло на формирование ботвы и корней картофеля (таблица 3). В целом за 2 года исследований были выявлены следующие закономерности. В фазу всходов применение всех видов калийных удобрений в чистом виде приводило к небольшому увеличению массы надземной части с 11,9 г а. с. в. / м² на контроле до 14,2–14,6 г а. с. в. / м² за исключением варианта с применением K₂SO₄. При применении калийных удобрений совместно с азотно-фосфор-

ными происходило некоторое снижение массы надземной части за исключением варианта фон + KCl. В фазу цветения тенденция к увеличению надземной массы была при применении калийных удобрений в чистом виде отмечена только при внесении KCl (на 21 г при НСР₀₅ = 27,6 г а. с. в. / м²), при сочетании с фоновым применением NP увеличение происходило при внесении всех удобрений на 22,1–32,2 г а. с. в. / м², за исключением варианта с применением K₂SO₄. К фазе уборки закономерности по влиянию применения калийных удобрений в чистом виде сохранились: применение KCl увеличивало массу надземной части на 43,6 г при НСР₀₅ = 35,1 г а. с. в. / м², что может быть причиной снижения эффективности данного удобрения по результатам наших исследований. В вариантах с совместным применением калийных удобрений и азотно-фосфорных тенденция увеличения массы надземной части была характерна только для варианта с применением KNO₃. Закономерностей влияния различных видов калийных удобрений на массу корней ни в одну из изучаемых фаз развития в наших исследованиях не выявлено.

Основным показателем питательной ценности картофеля является наличие в клубнях сухого вещества, крахмала и нитратов [15; 16]. Оценивая двухлетние данные исследований, было выявлено, что содержание крахмала в клубнях картофеля имело тенденцию к увеличению при внесении «ЭкоКалия» на 0,7 % при НСР₀₅ = 0,9 %, другие калийсодержащие удобрения не оказывали влияния на показатель (таблица 4). Совместное внесение азотных и фосфорных удобрений привело к снижению содержания крахмала на 1,3 %, применение всех калийных удобрений, кроме KNO₃, нивелировало негативное влияние NP, в особенности это было характерно для KCl. Исследуемые удобрения не оказывали математически доказуемого влияния на содержание сухого вещества в клубнях, которое варьировало в диа-

пазоне от 22,7 до 24,3 %. Достоверное влияние на увеличение содержания нитратного азота в клубнях оказывали KNO_3 и KCl при совместном внесении с NP: отмечено увеличение на 179 и 201 мг/кг относительно фона при $HCP_{05} = 96$ мг/кг. Количество нитратного азота в клубнях превышало допустимое значение содержания нитратов в свежем картофеле (250 мг/кг) в 1,6–1,7 раза.

В среднем за 2 года исследований применение удобрения растительного происхождения и не со-

державшего хлор обеспечило самую высокую агрономическую окупаемость среди изучаемых видов калийных удобрений. Внесение «ЭкоКалия» под картофель 1 кг д. в. в чистом виде приводило к получению дополнительно 56,3 кг клубней, при совместном внесении с NP – 13,0 кг клубней (таблица 5). Следует отметить, что применение всех исследуемых калийных удобрений в чистом виде приводило к относительно высокой окупаемости 1 кг д. в. урожаем картофеля на уровне 48,6–49,1 кг.

Таблица 4
Показатели качества клубней картофеля, 2021–2022 гг.

Вариант	Крахмал, %	Сухое вещество, %	Нитраты, мг/кг
Без удобрений	14,1	23,7	97
«ЭкоКалий»	14,8	24,0	143
K_2SO_4	14,4	24,3	126
KNO_3	14,1	24,1	189
KCl	14,1	22,7	149
Фон – NP	12,8	23,5	218
Фон + «ЭкоКалий»	13,3	23,7	280
Фон + K_2SO_4	13,2	23,4	304
Фон + KNO_3	12,9	22,9	397
Фон + KCl	14,1	23,7	419
HCP_{05}	0,9	$F_{\phi} < F_{\tau}$	96

Table 4
Quality indicators of potato tubers, 2021–2022

Variant	Starch, %	Dry matter, %	Nitrates, mg/kg
No fertilizers	14.1	23.7	97
“EkoKaliy”	14.8	24.0	143
K_2SO_4	14.4	24.3	126
KNO_3	14.1	24.1	189
KCl	14.1	22.7	149
Background – NP	12.8	23.5	218
Background + “EkoKaliy”	13.3	23.7	280
Background + K_2SO_4	13.2	23.4	304
Background + KNO_3	12.9	22.9	397
Background + KCl	14.1	23.7	419
LSD_{05}	0.9	$F_f < F_t$	96

Таблица 5
Агрономическая окупаемость видов калийных удобрений прибавкой урожайности картофеля, 2021–2022 гг.

Вариант	Прибавка, т/га	Окупаемость 1 кг д. в. урожаем, кг	
		NPК	К
«ЭкоКалий»	5,07	–	56,3
K_2SO_4	4,37	–	48,6
KNO_3	4,41	–	49,1
KCl	4,39	–	48,8
Фон – NP	2,44	–	20,3
Фон + «ЭкоКалий»	6,99	33,3	13,0
Фон + K_2SO_4	4,89	23,3	3,0
Фон + KNO_3	6,39	30,4	10,1
Фон + KCl	5,17	24,6	4,3

Table 5

Agronomic payback of potash fertilizers by increasing potato yield, 2021–2022 years

Variant	Increase, t/ha	Payback of 1 kg of active ingredient by harvest, kg	
		NPK	K
“EkoKaliy”	5.07	—	56.3
K_2SO_4	4.37	—	48.6
KNO_3	4.41	—	49.1
KCl	4.39	—	48.8
Background – NP	2.44	—	20.3
Background + “EkoKaliy”	6.99	33.3	13.0
Background + K_2SO_4	4.89	23.3	3.0
Background + KNO_3	6.39	30.4	10.1
Background + KCl	5.17	24.6	4.3

Agrotechnologies

Таблица 6

Экономическая эффективность применения различных видов калийных удобрений при возделывании картофеля сорта Гала, 2021–2022 гг.

Вариант	Затраты		Стоимость продукции, руб.	Прибыль, руб.	Рентабельность, %
	на 1 т	на 1 га			
Без удобрений	8 345	153 385	183 803	30 418	19,8
«ЭкоКалий»	7 590	177 976	234 488	56 512	31,8
K_2SO_4	7 146	162 560	227 507	64 947	40,0
KNO_3	7 961	181 506	227 953	46 447	25,6
KCl	7 037	160 238	227 681	67 442	42,1
Фон – NP	7 970	165 939	208 156	42 217	25,4
Фон + «ЭкоКалий»	7 503	190 343	253 705	63 362	33,3
Фон + K_2SO_4	7 496	174 441	232 732	58 291	33,4
Фон + KNO_3	7 828	193 904	247 690	53 786	27,7
Фон + KCl	7 307	172 216	235 486	63 270	36,7

Table 6

Economic efficiency of the use of various types of potash fertilizers in the cultivation of Gala potatoes, 2021–2022 years

Variant	Costs		Value of production, rubles	Profit, rubles	Profitability, %
	per 1 ton	per 1 ha			
No fertilizers	8 345	153 385	183 803	30 418	19.8
“EkoKaliy”	7 590	177 976	234 488	56 512	31.8
K_2SO_4	7 146	162 560	227 507	64 947	40.0
KNO_3	7 961	181 506	227 953	46 447	25.6
KCl	7 037	160 238	227 681	67 442	42.1
Background – NP	7 970	165 939	208 156	42 217	25.4
Background + “EkoKaliy”	7 503	190 343	253 705	63 362	33.3
Background + K_2SO_4	7 496	174 441	232 732	58 291	33.4
Background + KNO_3	7 828	193 904	247 690	53 786	27.7
Background + KCl	7 307	172 216	235 486	63 270	36.7

Расчет экономической эффективности применения калийных удобрений показал, что наиболее рентабельным является производство картофеля при применении хлористого калия как в чистом виде, так и в сочетании с азотно-фосфорными удобрениями: рентабельность составила 42,1 и 36,7 % соответственно (таблица 6). Наименьшая рентабельность производства была отмечена при применении KNO_3 ввиду его высокой стоимости, а

также при возделывании картофеля без калийных удобрений и без удобрений вообще рентабельность составила соответственно 25,6, 25,4 и 19,8 %. Стоит отметить, что все изучаемые виды удобрений обеспечивали положительную рентабельность производства.

Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion)

1. Применение всех изучаемых видов калийных удобрений в дозе 90 кг д. в. / га обеспечило прибав-

ку урожая на 23,8–27,6 % относительно контроля без удобрений и 26,6–38,0 % по фону азотно-фосфорных. Среди калийных удобрений наибольшая урожайность (23,45 т/га) получена при использовании удобрения растительного происхождения «ЭкоКалий», данный вид удобрения обеспечивал максимальную урожайность и при совместном его внесении с азотно-фосфорными удобрениями.

2. По итогам двух лет исследований установлено, что содержание крахмала в клубнях картофеля имело тенденцию к увеличению при внесении «ЭкоКалия» на 0,7 % при $НСР_{05} = 0,9$ %. Остальные виды калийных удобрений не оказывали влияния на этот показатель. Содержание сухого вещества в клубнях варьировало в диапазоне от 22,7 до 24,3 %. Внесение калийных удобрений по фону азотно-фосфорных в 1,25–1,50 раза превысило допустимый уровень содержания нитратов в свежем картофеле

3. Наибольшая агрономическая окупаемость среди изучаемых видов калийных удобрений в среднем за 2 года исследований была отмечена при внесении «ЭкоКалия». Применение 1 кг д. в. органического удобрения в чистом виде приводило к получению 56,3 кг клубней. Агрономическая окупаемость сульфата, нитрата и хлорида калия составила 48,6–49,1 кг. Использование калийных удобрений по фону NP в 1,6–2,1 раза снижало их окупаемость прибавкой урожая.

4. Наибольшая рентабельность производства картофеля была достигнута при применении KCl как в чистом виде, так и в сочетании с азотно-фосфорными удобрениями, которая составила 42,1 и 36,7 % соответственно. Все изучаемые виды удобрений обеспечивали положительную рентабельность производства.

Библиографический список

1. Тихомиров А. И., Фомин А. А. Технологическая импортозависимость АПК России: современные вызовы и возможности // Международный сельскохозяйственный журнал. 2023. № 1 (391). С. 16–19. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_1_16.
2. Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С. Сорт – основа успешного развития органического картофелеводства в северной лесостепи Тюменской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (84). С. 77–81.
3. Марченко А. В. Проблемы эффективного производства картофеля в Пермском крае // Московский экономический журнал. 2019. № 9. С. 3–13. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-19051.
4. Дергилев В. П., Глаз Н. В., Дергилева Т. Т. Экологическая пластичность сортов картофеля в Челябинской области // АПК России. 2019. Т. 26, № 5. С. 741–749.
5. Логинов Ю. П., Гайзатулин А. С., Казак А. А. Получение оздоровлённых клубней картофеля из ботанических семян // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2022. № 2 (94). С. 37–41.
6. Шабанов А. Э., Киселев А. И., Федотова Л. С., Тимохина Н. А., Князева Е. В. Оценка перспективных сортов картофеля отечественной селекции в агроэкологических условиях центрального региона России // Плодородие. 2020. № 2. С. 66–69. DOI: 10.25680/S19948603.2020/113/20.
7. Завьялова Н. Е., Шишков Д. Г., Иванова О. В. Влияние возрастающих доз минеральных удобрений на урожайность и показатели качества клубней картофеля // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2023. № 24 (3). С. 409–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2023/24/3409-416.
8. Ямалтдинова В. Р., Фомин Д. С., Шишков Д. Г. Влияние длительного применения удобрений на азотный режим дерново-подзолистой почвы и урожайность картофеля (*Solanum Tuberosum* L.) // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 1. С. 10–13. DOI: 10.26178/АЕ.2019.52.19002.
9. Васбиева М. Т., Ямалтдинова В. Р. Эффективность применения различных систем удобрения на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве в условиях Предуралья // Агрохимия. 2023. № 3. С. 29–42. DOI: 10.31857/S0002188123030110.
10. Якименко В. Н. Баланс калия, урожайность культур и калийное состояние почвы в длительном полевом опыте в лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2019. № 10. С. 16–24. DOI: 10.1134/S0002188119100156.
11. Pereira D. G. C., Santana I. A., Megda M. M., Megda M. X. V. Potassium chloride: impacts on soil microbial activity and nitrogen mineralization // Ciência Rural. 2019. Vol. 49, No. 5. DOI: 10.1590/0103-8478cr20180556.
12. Ладыженская О. В., Тазина С. В., Тазин И. И., Фильцына Ю. Г., Шарафутдинов Х. В. Влияние удобрений различного действия на рост и развитие растений травосмеси Barenbrug Sport // Вестник КрасГАУ. 2020. № 11. С. 3–10. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-3-10.
13. Якименко В. Н. Влияние разных форм и доз калийных удобрений на баланс калия, хлора и серы в серой лесной почве лесостепи Западной Сибири // Агрохимия. 2022. № 5. С. 3–12. DOI: 10.31857/S000218812205012X.

14. Цема Л. Г., Латыпова А. Л. Перспективные сорта картофеля для возделывания в условиях пермского края // Пермский аграрный вестник. 2022. № 3 (39). С. 39–45. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_39_39.

15. Синцова Н. Ф., Лыскова И. В., Кратюк Е. И., Архипов В. М. Оценка гибридов картофеля по динамике накопления урожайности и содержанию крахмала в клубнях в агроэкологических условиях Волго-Вятского региона // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 4. С. 423–432. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.423-432.

16. Гольдштейн В. Г., Дегтярев В. А., Коваленок В. А., Семенова А. В., Морозова А. А. Определение пригодности различных сортов картофеля (*Solanum tuberosum* L.) с белой и пигментированной мякотью для переработки на картофелепродукты // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022. Т. 23, № 1. С. 98–109. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109-432.

Об авторах:

Нина Егоровна Завьялова, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия; ORCID 0000-0003-4005-8998, AuthorID 617500.

E-mail: nezavyalova@gmail.com

Марина Тагирьяновна Васбиева, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник, Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия; ORCID 0000-0003-4048-6319, AuthorID 664381.

E-mail: vashbieva@mail.ru

Данил Глебович Шишков, младший научный сотрудник, Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия; ORCID 0000-0002-6869-9722, AuthorID 1005938. E-mail: danil.shishkov@gmail.com

Инна Владимировна Казакова, младший научный сотрудник, Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия; ORCID 0009-0009-5962-2967, AuthorID 1071187.

E-mail: innakazakova1988@mail.ru

Диана Рафисовна Сафиуллина, младший научный сотрудник, Пермский НИИСХ – филиал Пермского федерального исследовательского центра Уральского отделения Российской академии наук, с. Лобаново, Пермский край, Россия; ORCID 0009-0006-3749-7825, AuthorID 1194784. E-mail: safiullinad551@gmail.com

References

1. Tikhomirov A. I., Fomin A. A. Technological import dependence of the Russian AIC: modern challenges and opportunities. *International Agricultural Journal*. 2023; 1 (391): 16–19. DOI: 10.55186/25876740_2023_66_1_16. (In Russ.)

2. Loginov Yu. P., Gayzatulin A. S. The plant variety is the basis for successful development of organic potato production in the northern forest-steppe zone of Tyumen region. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2020; 4 (84): 77–81. (In Russ.)

3. Marchenko A. V. The problem of effective production of the potato in the Perm region. *Moscow Economic Journal*. 2019; 9: 3–13. DOI: 10.24411/2413-046X-2019-19051. (In Russ.)

4. Dergilev V. P., Glaz N. V., Dergileva T. T. Ecological flexibility of potato varieties in Chelyabinsk region. *Agro-Industrial Complex of Russia*. 2019; 5: 741–749. (In Russ.)

5. Loginov Yu. P., Gaizatulin A. S., Kazak A. A. Production of improved potato tubers from botanical seeds. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2022; 2 (94): 37–41. (In Russ.)

6. Shabanov A. J., Kiselev F. I., Fedotova L. S., Timoshina N. A., Knyazeva E. V. Evaluation of promising potato varieties of domestic selection in agroecological conditions of the central region of Russia author details. *Plodorodie*. 2020; 2: 66–69. DOI: 10.25680/S19948603.2020/113/20. (In Russ.)

7. Zavyalova N. E., Shishkov D. G., Ivanova O. V. The effect of increasing rates of mineral fertilizers on the yield and quality parameters of potato tubers. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2023; 24 (3): 409–416. DOI: 10.30766/2072-9081.2023.24.3.409-416. (In Russ.)

8. Yamaltdinova V. R., Fomin D. S., Shishkov D. G. The influence of long-term application of fertilizers on nitrogen regime of soddy-podzolic soil and yield of potato (*Solanum Tuberosum* L.). *Agrochemistry and Ecology Problems*. 2019; 1: 10–13. DOI: 10.26178/AE.2019.52.19002. (In Russ.)

9. Vashbieva M. T., Yamaltdinova V. R. Efficiency of application of organic, organo-mineral and mineral fertilizer systems on sod-podzolic heavy loamy soil in Sis-Urals. *Agrohimiâ*. 2023; 3: 29–42. DOI: 10.31857/S0002188123030110. (In Russ.)

10. Yakimenko V. N. Balance of potassium, yield and potash status of the soil in long-term field experiments in forest-steppe of Western Siberia. *Agrohimia*. 2019; 10: 16–24. DOI: 10.1134/S0002188119100156. (In Russ.)
11. Pereira D. G. C., Santana I. A., Megda M. M., Megda M. X. V. Potassium chloride: impacts on soil microbial activity and nitrogen mineralization. *Ciência Rural*. 2019; 49 (5): e20180556. DOI: 10.1590/0103-8478cr20180556.
12. Ladyzhenskaya O. V., Tazina S. V., Tazin I. I., Filtsyna Yu. G., Sharafutdinov H. V. The influence of the fertilizers of various action on the growth and development of the plants of Barenburg Sport grass mixture. *The Bulletin of KrasGAU*. 2020; 11: 3–10. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-11-3-10. (In Russ.)
13. Yakimenko V. N. Influence of different forms and doses of potash fertilizers on the balance of potassium, chlorine and sulfur in the gray forest soil of the forest-steppe of Western Siberia. *Agrohimia*. 2022; 5: 3–12. DOI: 10.31857/S000218812205012X. (In Russ.)
14. Tsema L. G., Latypova A. L. Promising potato varieties for cultivation under the conditions of the Perm Krai. *Perm Agrarian Journal*. 2022; 3: 39–45. DOI: 10.47737/2307-2873_2022_39_39. (In Russ.)
15. Sintsova N. F., Lyskova I. V., Kratyuk E. I., Arkhipov V. M. Evaluation of potato hybrids by the dynamics of accumulation of yield and starch content in tubers in agro-ecological conditions of the Volga-Vyatka region. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23 (4): 423–432. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.4.423-432. (In Russ.)
16. Goldstein V. G., Degtyarev V. A., Kovalenok V. A., Semenova A. V., Morozova A. A. Determination of suitability of different potato (*Solanum Tuberosum* L.) varieties with white and pigmented pulp for processing into potato products *Agricultural Science Euro-North-East*. 2022; 23 (1): 98–109. DOI: 10.30766/2072-9081.2022.23.1.98-109-432. (In Russ.)

Authors' information:

Nina E. Zavyalova, doctor of biological sciences, chief researcher, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo village, Perm Krai, Russia; ORCID 0000-0003-4005-8998, AuthorID 617500. *E-mail: nezavyalova@gmail.com*

Marina T. Vasbieva, candidate of biological sciences, senior researcher, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo village, Perm Krai, Russia; ORCID 0000-0003-4048-6319, AuthorID 664381. *E-mail: vasbieva@mail.ru*

Danil G. Shishkov, junior researcher, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo village, Perm Krai, Russia; ORCID 0000-0002-6869-9722, AuthorID 1005938. *E-mail: danil.shishkov@gmail.com*

Inna V. Kazakova, junior researcher, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo village, Perm Krai, Russia; ORCID 0009-0009-5962-2967, AuthorID 1071187. *E-mail: innakazakova1988@mail.ru*

Diana R. Safiullina, junior researcher, Perm Research Institute of Agriculture – a branch of the Perm Federal Research Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences, Lobanovo village, Perm Krai, Russia; ORCID 0009-0006-3749-7825, AuthorID 1194784. *E-mail: safiullinad551@gmail.com*