

**АГРОХИМИЯ, АГРОПОЧВОВЕДЕНИЕ, ЗАЩИТА И КАРАНТИН РАСТЕНИЙ/AGROCHEMISTRY,
AGROSOIL SCIENCE, PLANT PROTECTION AND QUARANTINE**DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22> EDN: FYEHID**ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ВЫНОС ЭЛЕМЕНТОВ ПИТАНИЯ
И УРОЖАЙНОСТЬ ПШЕНИЦЫ, ГОРОХА И РАПСА В УСЛОВИЯХ ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ**

Научная статья

Сиюткина Г.А.^{1,*}, Созинов А.В.², Плотников А.М.³, Комиссарова И.В.⁴, Мирошниченко Н.В.⁵, Зайцев Д.⁶, Зотова А.⁷, Алхазуров Д.⁸¹ ORCID : 0009-0005-7816-0244;² ORCID : 0000-0002-5286-1561;³ ORCID : 0000-0002-9145-976X;⁴ ORCID : 0000-0002-9106-5509;⁵ ORCID : 0000-0002-7064-6929;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Курганский государственный университет, Курган, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (siutgalina[at]yandex.ru)

Предложена: 08.06.2026; Принята: 17.07.2026; Опубликовано: 20.07.2026

Аннотация

В статье рассмотрены результаты двухлетнего исследования влияния расчетных доз минеральных удобрений на урожайность и содержание азота, фосфора, калия в основной и побочной продукции яровой пшеницы сорта Икар, гороха сорта Саламанка и ярового рапса сорта Мираклъ. Представлены прогнозируемые величины выноса питательных элементов урожаем из почвы, их баланса, коэффициентов использования элементов почвы и удобрений, которые сопоставлены со значениями фактически полученными в ходе исследований. Величина урожайности во многом зависела от сроков и количества выпавших осадков — в 2024 г. урожайность изучаемых культур не достигла планируемого уровня, в 2025 г. благодаря своевременно проведенным защитным мероприятиям и сравнительно равномерному распределению осадков в течение вегетационного периода, она оказалась выше, чем планировалось и достигла 4,47 т/га зерна яровой пшеницы, 3,97 т/га гороха, 3,92 т/га ярового рапса. Баланс азота и калия складывался отрицательный, фосфора — нейтральный или положительный.

Ключевые слова: удобрение, пшеница, горох, рапс, вынос элементов питания, содержание элементов питания.**THE INFLUENCE OF MINERAL FERTILISERS ON THE CHEMICAL COMPOSITION, NUTRIENT UPTAKE
AND YIELD OF WHEAT, PEAS AND RAPE PLANT IN THE FOREST-STEPPE ZONE OF THE TRANS-URAL
REGION**

Research article

**Siutkina G.A.^{1,*}, Sozinov A.V.², Plotnikov A.M.³, Komissarova I.V.⁴, Miroshnichenko N.V.⁵, Zaitsev D.⁶, Zotova A.⁷,
Alkhazurov D.⁸**¹ ORCID : 0009-0005-7816-0244;² ORCID : 0000-0002-5286-1561;³ ORCID : 0000-0002-9145-976X;⁴ ORCID : 0000-0002-9106-5509;⁵ ORCID : 0000-0002-7064-6929;^{1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8} Kurgan State University, Kurgan, Russian Federation

* Corresponding author (siutgalina[at]yandex.ru)

Suggested: 08.06.2026; Accepted: 17.07.2026; Published: 20.07.2026

Abstract

The article presents the results of a two-year study into the influence of recommended mineral fertiliser rates on yield and the nitrogen, phosphorus and potassium content in the main and by-products of spring wheat of the Ikar variety, peas of the Salamanca variety and spring rape plant of the Miracle variety. The predicted values for nutrient uptake by the crop from the soil, nutrient balance, and utilisation coefficients for soil nutrients and fertilisers are presented and compared with the values actually obtained during the studies. Yield levels depended largely on the timing and amount of rainfall — in 2024, the yield of the studied crops did not reach the planned level. In 2025, thanks to timely protective measures and a relatively even distribution of rainfall throughout the growing season, yields were higher than planned, reaching 4.47 t/ha of spring wheat, 3.97 t/ha of peas and 3.92 t/ha of spring rape plant. The nitrogen and potassium balances were negative, whilst the phosphorus balance was neutral or positive.

Keywords: fertiliser, wheat, peas, rape plant, nutrient uptake, nutrient content.**Введение**

Значительная часть сельхозтоваропроизводителей в Российской Федерации уделяет мало внимания вопросам сохранения и воспроизводства плодородия пахотных угодий. Применение удобрений зачастую проводится по

усредненным зональным рекомендациям, без учёта агрохимических особенностей отдельных полей и почвенно-климатических условий хозяйств. В качестве органических удобрений в лучшем случае используются солома и стебли, заделываемые после уборки культуры. Нормы минеральных удобрений рассчитываются без учета рекомендуемых нормативов возврата питательных элементов. Безусловно, на такое отношение к системе удобрения повлияла текущая экономическая ситуация. Однако, следует помнить, что отрицательный баланс элементов питания, в конце концов, приведет к истощению почвы и неуклонному снижению продуктивности агроценозов [1]. В связи с чем необходимо четко понимать величину потребности в минеральных удобрениях под основные сельскохозяйственные культуры, не только для получения продукции, но и для сохранения плодородия почвы [2], [3]. Целью наших исследований было сравнение химического состава, выноса и баланса элементов питания при возделывании яровой пшеницы, гороха и ярового рапса на удобренном и удобренном для получения плановой урожайности вариантах.

Методы и условия исследования

Исследования проводили в 2024, 2025 гг. на опытном поле Курганской государственной сельскохозяйственной академии имени Т.С. Мальцева — филиала ФГБОУ ВО «Курганский государственный университет», расположенном в центральной агроклиматической зоне Курганской области в 20 км южнее г. Кургана.

Отбор образцов почвы проводили из слоя 0-20 см. Гранулометрический состав почвы определяли методом пипетки по Н.А. Качинскому, плотность сложения почвы в естественных условиях и твердой фазы пикнометрическим методом, гидролитическую кислотность (Нг) — по Каппену (ГОСТ 26212-2021), максимальную гигроскопичность (МГ) ГОСТ 28268-89, общую пористость — расчётным методом, содержание обменных катионов кальция и магния — из 1 н вытяжки NaCl титрованием [4], общего гумуса — по методу И.В. Тюрина в модификации Симакова (ГОСТ 26213-91), подвижного фосфора спектрофотометрически, подвижного калия — методом пламенной фотометрии (ГОСТ 26204-91). В растениях определяли содержание азота, фосфора и калия в одной навеске методом мокрого озоления [4], сырой клейковины (ГОСТ Р 54478-2011). Учет урожайности проводили методом пробного снопа с 1 м² в пятикратной повторности. Статистическая обработка экспериментальных данных проводилась методом вариационного анализа при количественной изменчивости и однофакторным дисперсионным анализом по Б.А. Доспехову [5].

Почва опытных участков чернозём выщелоченный слабогумусированный среднесуглинистый — типичная для данной зоны. Содержание фракции физической глины составило 34,2–38,1%, что соответствует среднесуглинистой разновидности. Характеристика почвенных условий представлена в таблицах 1, 2.

Таблица 1 - Агрофизические свойства чернозёма выщелоченного

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.1>

Год	Культура	Плотность, г/см ³		Общая пористость	МГ	Содержани е фракции физической глины, <0,01 мм	Разновидно сть почвы по Н.А. Качинскому
		сложения	твердой фазы	%			
2024	Пшеница	1,15	2,35	61,2	10,6	38,1	среднесугл инистая иловато- песчаная
	Горох	1,15	2,36	61,3	10,5		
	Рапс	1,15	2,38	61,0	10,1		
2025	Пшеница	1,09	2,50	63,7	7,5	34,2	
	Горох	1,10	2,36	61,5	9,1		
	Рапс	1,02	2,30	61,7	6,5		

Примечание: слой 0-20 см

Таблица 2 - Физико-химические свойства чернозёма выщелоченного

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.2>

Год	Культура	Содержани е гумуса, %	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Нг,	ЕКО	V, %
			м.-экв. / 100 г почвы				
2024	Пшеница	3,4	24,5	11,2	6,45	42,2	84,7
	Горох	3,6	23,8	9,1	6,02	38,9	84,5
	Рапс	3,2	22,7	9,3	5,58	37,6	85,2
2025	Пшеница	3,4	24,6	9,6	4,81	39,0	87,7
	Горох	3,4	22,5	8,9	5,20	36,6	85,8
	Рапс	4,1	16,5	8,0	4,41	28,9	84,8

Общая пористость за годы исследований составляла от 61,0 до 63,7% и характеризовалась как отличная. Максимальная гигроскопическая влажность при содержании фракции физической глины 38,1% в первый год исследований на полях была в среднем 10,4%. В 2025 г. при облегченном гранулометрическом составе до 34,2% (фракция <0,01 мм) показатель МГ на полях был в интервале от 6,5 до 9,7 (в среднем 7,7%).

При рассмотрении физико-химических свойств чернозема на полях отмечен относительно высокий уровень насыщенности обменными основаниями — 84,5–87,7%, при этом доля обменного кальция в составе почвенного поглощающего комплекса (ППК) составляла 57,1–63,1%.

Количество доступного растениям нитратного азота рассчитывали исходя из содержания гумуса на опытных участках. Обеспеченность элементами питания — средняя подвижным фосфором и очень высокая — калием (таблица 3).

Таблица 3 - Обеспеченность почвы подвижными формами элементов питания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.3>

Год	Культура	Содержание и запас элементов питания				
		N-NO ₃	P ₂ O ₅		K ₂ O	
		кг/га	мг/кг	кг/га	мг/кг	кг/га
2024	Пшеница	39±10,8	68,3±3,9	196±11,2	224±11,0	644±31,6
	Горох	41±12,0	65,7±4,2	189±12,1	227±11,6	653±33,4
	Рапс	37±12,1	68,4±4,8	197±13,8	193±12,3	555±35,4
2025	Пшеница	102±22,2	67,5±3,5	184±9,5	192±10,3	523±28,1
	Горох	37±13,2	68,5±4,4	188±12,1	185±10,1	509±27,8
	Рапс	114±20,8	65,0±4,5	166±11,5	225±10,8	574±27,6

Погодные условия вегетационного периода 2024 г. отличались холодным и очень дождливым маем (выпало две месячных нормы осадков), таким же дождливым июнем и в меньшей степени июлем. Температурный режим вегетационного периода мало отличался от среднееголетних значений. Гидротермический коэффициент (ГТК) за период май–сентябрь составил 1,57 единицы, что характеризует условия как влажные. Погодные условия вегетационного периода 2025 г. незначительно отличались от среднееголетних значений по количеству тепла и выпавших осадков. Только август оказался довольно сухим (22% от нормы осадков), что способствовало ускоренному созреванию культур. ГТК за май–сентябрь составил 0,87 единицы, что характеризует условия как засушливые.

Нормы удобрений были рассчитаны по разностным коэффициентам использования питательных элементов почвы и удобрений на плановую урожайность яровой пшеницы 3,0, гороха 2,5, ярового рапса 1,5 т/га, что выше средних значений урожайности в производственных посевах центральной части региона. Высекали сорт яровой пшеницы Икар и ярового рапса — Мираль по черному пару, гороха — Саламанка по пшенице. Норма высева пшеницы 5,5 млн всхожих семян на гектар, гороха — 1,2 млн/га, рапса — 0,7 млн/га. Технология возделывания культур общепринятая для зоны. В качестве удобрений использовали аммофос, аммиачную селитру и двойной суперфосфат. Удобрения вносили перед посевом разбросным способом с последующей заделкой на глубину 10–12 см.

Основные результаты и обсуждение

При расчете нормы удобрений на планируемую урожайность учитывалось содержание в почве доступных форм азота, фосфора и калия по результатам агрохимического анализа, текущая минерализация — 40 кг нитратного азота на гектар с вегетационный период [6], а также приход азота за счёт симбиотической азотфиксации в посевах гороха — 25 кг/га в 2024 г. и 10 кг/га в 2025 г.

В 2024 г. для расчета на основании результатов предыдущих исследований был взят коэффициент использования элементов почвы (КИП) по азоту 0,70 на пшенице, горохе и 0,60 на рапсе, по фосфору — 0,12 на пшенице, горохе и 0,13 на рапсе, по калию — 0,25 на всех культурах. По итогам анализа результатов первого года исследования, в 2025 г. значения КИП были скорректированы — по азоту на горохе — 0,60, по фосфору на горохе и рапсе — 0,14.

Коэффициент использования питательных элементов удобрений (КИУ) в 2024 г. взят в соответствии с литературными значениями — 0,60 по азоту и калию, 0,15 по фосфору. В 2025 г. КИУ скорректирован на фактические значения, полученные в опыте 2024 года.

Расчёт норм удобрений в 2024 г. представлен в таблице 4. Для достижения планируемой урожайности яровой пшеницы необходимо внести N₂₈P₂₃, гороха — N₁₀P₃₂, рапса — N₂₂P₃₀. При данных уровнях планируемой урожайности калийные удобрения не вносили в связи с очень высокой обеспеченностью сельскохозяйственных культур этим элементом.

Таблица 4 - Расчет норм удобрений на планируемую урожайность

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.4>

Культура	Кол-во используемых питательных веществ из почвы с учетом КИП, кг/га			Вынос элементов питания с 1 т основной продукции, кг			Вынос элементов питания при запланированном уровне урожайности, кг/га			Требуется внести с учетом КИУ, кг/га			Баланс элементов питания при возврате побочной продукции, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Яровая пшеница	67	24	161	28	9	23	84	27	69	28	23	-	-35	+2	-28
Горох	94	23	163	40	11	20	100	28	50	10	32	-	-56	+14	-32
Яровой рапс	62	26	139	50	20	40	75	30	60	22	30	-	-10	+13	-32

Примечание: 2024 г

При внесении расчетных норм удобрений, учитывая, что побочная продукция на опытном поле после уборки измельчается и заделывается в почву, баланс фосфора на поле с пшеницей складывается бездефицитный, а под горохом и рапсом — положительный [7]. Баланс азота и калия был отрицательный. То есть, придерживаясь данных норм удобрения, сельхозтоваропроизводитель, будет сохранять и даже увеличивать запасы фосфора в почве, но терять азот и калий [8].

В связи с тем, что в 2024 г. опыты были проведены на производственных посевах, фактические нормы внесения составили: на пшенице $N_{24}P_{24}$, горохе — N_7P_{31} , рапсе — $N_{30}P_{30}$, которые были достаточно близки к расчетным.

Урожайность основной и побочной продукции культурных растений на удобренном и неудобренном вариантах, а также содержание азота, фосфора, калия в растениях представлены в таблице 5.

Таблица 5 - Урожайность и содержание питательных элементов в растениях

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.5>

Культур а	Вид продукц ии	Урожайность, т/га		Прибавк а от удобрен ий, т/га	Содержание элементов, %					
		без удобрен ий	с удобрен иями		без удобрений			с удобрениями		
					N	P	K	N	P	K
Яровая пшениц а	основна я	2,28	2,55	+0,27*	1,98	0,29	0,74	2,05	0,31	0,75
	побочна я	3,26	3,69	+0,43*	0,50	0,15	1,09	0,56	0,17	1,11
Горох	основна я	1,96	2,02	+0,06	3,38	0,51	0,98	3,41	0,55	0,98
	побочна я	2,90	2,91	+0,01	1,12	0,23	0,55	1,15	0,33	0,60
Яровой рапс	основна я	1,13	1,37	+0,24*	3,45	0,34	0,68	3,54	0,42	0,72
	побочна я	3,42	4,25	+0,83*	0,94	0,30	0,64	1,00	0,31	0,66

Примечание: * - достоверно на уровне вероятности $P_{0,95}$; 2024 г

По результатам опыта 2024 г. достичь уровня планируемой урожайности не удалось по всем трем культурам, несмотря на достаточное количество осадков за вегетационный период. По нашим наблюдениям, сроки выпадения осадков не совсем совпадали с критическими фазами развития растений. Так, за третью декаду мая, когда растения только всходят, выпало всего 7,9 мм осадков. В середине июня, то есть в фазу выхода в трубку у пшеницы, фазу розетки у рапса, фазу стеблевания у гороха, выпало всего 6,0 мм осадков. В первой-второй декаде июля — в период максимального нарастания вегетативной массы выпало только 10,5 мм.

Вынос элементов питания растениями из почвы на удобренном варианте предсказуемо был выше, чем без удобрений [9], баланс элементов оказался близок к расчетному — положительный по фосфору и отрицательный по азоту и калию (таблица 6). Коэффициент использования элементов удобрений составил для азота 0,48–0,66, для фосфора 0,11–0,16 по изучаемым культурам.

Таблица 6 - Вынос, баланс и КИУ элементов питания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.6>

Культура	Фактический вынос элементов питания, кг/га						Баланс элементов питания при внесении удобрений, кг/га			Коэффициент использования элемента из удобрений, %		
	без удобрений			с удобрениями								
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Яровая пшеница	61	12	52	73	14	60	-48	+16	-19	48	11	-
Горох	99	17	35	102	21	37	-62	+20	-20	52	13	-
Яровой рапс	71	14	30	91	19	38	-18	+25	-10	66	16	-

Примечание: 2024 г

Полученные в опыте 2024 года КИУ были использованы для расчёта норм удобрений на планируемую урожайность в 2025 г. Аналогично исследованию 2024 г., в расчете было использовано содержание подвижных форм азота, фосфора, калия в почве (таблица 7). Расчет показал, что для получения планируемой урожайности основной продукции яровой пшеницы требуется внести P_{36} , гороха — $N_{53}P_9$, рапса — P_{42} . Фактически внесённое количество удобрений соответствовало расчётным значениям.

Таблица 7 - Расчет норм удобрений на планируемую урожайность

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.7>

Культура	Кол-во используемых питательных веществ из почвы с учетом КИП, кг/га			Вынос элементов питания с 1 т основной продукции, кг			Вынос элементов питания при запланированном уровне урожайности, кг/га			Требуется внести с учетом КИУ, кг/га			Баланс элементов питания при возврате побочной продукции, кг/га		
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Яровая пшеница	112	23	131	28	9	23	84	27	69	-	36	-	-63	+15	-28
Горох	72	26	127	40	11	20	100	28	50	53	9	-	-14	-9	-32
Яровой рапс	108	23	143	50	20	40	75	30	60	-	42	-	-32	+25	-32

Примечание: 2025 г

Урожайность основной и побочной продукции культурных растений на удобренном и неудобренном вариантах, а также содержание азота, фосфора, калия в растениях представлены в таблице 8.

Таблица 8 - Урожайность и содержание питательных элементов в растениях

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.8>

Культур а	Вид продукц ии	Урожайность, т/га		Прибавк а от удобрен ий, т/га	Содержание элементов, %					
		без удобрен ий	с удобрен иями		без удобрений			с удобрениями		
					N	P	K	N	P	K
Яровая пшениц а	основна я	4,19	4,47	+0,28*	2,43	0,12	0,40	2,45	0,13	0,51
	побочна я	6,06	6,39	+0,33*	0,58	0,19	1,15	0,63	0,24	1,21
Горох	основна я	3,79	3,97	+0,18*	3,29	0,34	0,94	3,33	0,36	0,95
	побочна я	5,46	5,62	+0,16*	1,09	0,33	0,63	1,38	0,32	0,69
Яровой рапс	основна я	3,12	3,92	+0,80*	3,48	0,36	0,72	3,54	0,42	0,80
	побочна я	9,68	10,28	+0,60*	1,18	0,33	0,68	1,22	0,34	0,70

Примечание: * - достоверно на уровне вероятности $P_{0,95}$; 2025 г

Интерес вызывает уровень урожайности всех культур в 2025 г. — он превысил планируемые значения даже на варианте без внесения удобрений. Сложившиеся условия — погодные, фитосанитарные — оказались оптимальными для культурных растений, в результате чего более полно были использованы запасы питательных элементов, влаги из почвы. Более равномерное распределение осадков по декадам обусловило наличие продуктивной влаги практически на протяжении всего периода вегетации культур. Помимо этого, своевременно проведенные защитные мероприятия устранили негативное влияние сорняков, заболеваний и вредителей на рост и развитие растений. Многие хозяйства региона также получили в этом году рекордный урожай с.-х. культур, что еще раз подтверждает существенную роль погодных условий вегетационного периода при формировании урожайности [10]. Тем не менее, вынос элементов питания растениями из почвы на удобренном варианте, как и в 2024 г. был выше, чем без удобрений, баланс элементов по фосфору остался положительным, а под горохом — бездефицитным и отрицательным по азоту и калию (таблица 9).

Таблица 9 - Вынос, баланс и КИУ элементов питания

DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.9>

Культура	Фактический вынос элементов питания, кг/га						Баланс элементов питания при внесении удобрений, кг/га			Коэффициент использования элемента из удобрений, %		
	без удобрений			с удобрениями								
	N	P	K	N	P	K	N	P	K	N	P	K
Яровая пшеница	137	16	86	150	21	100	-110	+30	-23	-	13	-
Горох	184	31	70	210	32	76	-79	-5	-38	48	15	-
Яровой рапс	223	43	88	264	51	103	-139	+24	-31	-	21	-

Примечание: 2025 г

Коэффициент использования элементов удобрений составил для фосфора 0,13–0,21 по изучаемым культурам. Азотное удобрение было внесено только под горох и значение КИУ равнялось 0,48, что достаточно невелико и, возможно, связано с тем, что норма азота оказалась несколько избыточной.

Баланс питательных элементов кардинально зависит от применения минеральных и органических удобрений. Нормы удобрений, даже не полностью покрывающие вынос элементов культурой, позволяют снизить темпы истощения почвы, что подтверждается многочисленными, как отечественными, так и зарубежными, исследованиями [11], [12], [13]. Расчет требуемых норм удобрений позволяет более взвешенно подойти к их применению, несмотря на большое разнообразие факторов, влияющих на эффективность удобрений и различные методики, применяемые для расчета норм [14].



Для оценки качества зерна яровой пшеницы при использовании удобрений было проведено определение содержания в нём сырой клейковины. Без удобрений содержание клейковины в 2024 г. составило 25,4%, в 2025 г. — 31,1%. Применение удобрений оказало положительное влияние на данный показатель — содержание клейковины выросло на 1,4% в 2024 г. и на 0,5% в 2025 г.

Заключение

Таким образом, урожайность полевых культур определяется большим количеством факторов, от сочетания которых, сложившихся в течение вегетационного периода, зависит эффективность применяемых удобрений. Нормы удобрений, рассчитанные на планируемую урожайность, позволяют не только повысить продуктивность агроценоза, но и обеспечить возврат питательных элементов, а в случае с фосфором, его накопление в почве. Коэффициент использования питательных элементов удобрений зависит от возделываемой культуры, погодных условий, других факторов и нуждается в уточнении для использования при определении норм питательных элементов. Хозяйствам, занимающимся возделыванием с.-х. культур в лесостепной зоне Зауралья, рекомендуется применять удобрения исходя из обеспеченности почв питательными элементами с учетом текущей нитрификации и симбиотической азотфиксации бобовыми культурами. Как показали наши исследования, для получения 3,0 т/га зерна яровой пшеницы достаточно внесения $N_{28}P_{23-36}$, 2,5 т/га гороха — $N_{10-53}P_{9-32}$, 1,5 т/га семян ярового рапса — $N_{22}P_{30-42}$.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Спиридонов А.Ю., ФГБНУ Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, Москва Российская Федерация
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.10>

Conflict of Interest

None declared.

Review

Spiridonov A.Y., Federal Scientific Agroengineering Center VIM, Moscow Russian Federation
DOI: <https://doi.org/10.60797/JAE.2026.71.22.10>

Список литературы / References

1. Тучкова Л.Е. Оценка уровня плодородия почв ЗАО «Сахарный комбинат «Отрадинский» / Л.Е. Тучкова, Т.Л. Иванеха, И.А. Верховец и др. // Плодородие. — 2021. — № 2 (119). — С. 30–35. — DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.08
2. Сычев В.Г. Потребность в минеральных удобрениях с учётом роста урожаев и воспроизводства плодородия почв России / В.Г. Сычев, А.Н. Налиухин // Плодородие. — 2024. — № 4 (139). — С. 5–10. — DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01
3. Самарханов Т.Г. Производство в ущерб экологии: урожайность растёт, а плодородие падает / Т.Г. Самарханов // Экономика сельского хозяйства России. — 2022. — № 7. — С. 21–27. — DOI: 10.32651/227-21
4. Ягодин Б.А. Практикум по агрохимии / Б.А. Ягодин, И.П. Дерюгин, Ю.П. Жуков. — Москва: Агропромиздат, 1987. — 511 с.
5. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) / Б.А. Доспехов. — Москва: Агропромиздат, 1985. — 351 с.
6. Абрамов Н.В. Азот текущей нитрификации и хозяйственный вынос как факторы программирования урожайности яровой пшеницы в условиях Северного Зауралья / Н.В. Абрамов, Д.И. Еремин // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. — 2009. — № 2 (194). — С. 25–29.
7. Шафран С.А. О балансе питательных веществ в современном земледелии / С.А. Шафран, С.Б. Виноградова // Агрохимия. — 2025. — № 5. — С. 3–12. — DOI: 10.31857/S0002188125050016
8. Коваленко А.А. Баланс питательных веществ в зернотравяном севообороте на дерново-подзолистой тяжелосуглинистой почве Подмоскovie / А.А. Коваленко, Т.М. Забугина, О.В. Рухович // Плодородие. — 2024. — № 1 (136). — С. 40–43. — DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.10
9. Постников П.А. Влияние удобрений на урожайность культур и вынос питательных элементов в зернопаросидеральном севообороте / П.А. Постников, В.В. Попова // Агрохимия. — 2021. — № 4. — С. 42–48. — DOI: 10.31857/S000218812104013X
10. Конищев А.А. Анализ приемов повышения продуктивности зерновых культур для снижения межгодовой вариации их урожайности / А.А. Конищев, И.И. Гарифуллин, Е.Н. Конищева // Агрохимия. — 2024. — № 2. — С. 95–102. — DOI: 10.31857/80002188124020118
11. Pinchuk V. Agroecological soil status in agroecosystems with monoculture / V. Pinchuk, L. Symochko, N. Palapa // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. — 2021. — Vol. 11. — № 1. — P. 1–12. — DOI: 10.31407/ijees11.101
12. Paramasivam R. Assessment of Soil Phosphorus Balance: Application of Dynamic Nutrient Balance Approach to South Indian Agricultural Farming System / R. Paramasivam, P. Paramasivam, M. Umanath et al. // Communications in Soil Science and Plant Analysis. — 2017. — Vol. 48. — № 17. — P. 2032–2048. — DOI: 10.1080/00103624.2017.1406100
13. Sankeev Kumar K.G. Phosphorus status and strategies to increase P use efficiency for sustainable crop production / K.G. Sankeev Kumar, P. Parasuraman, P. Kannan et al. // Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements. — 2025. — Vol. 200. — № 11. — P. 821–839. — DOI: 10.1080/10426507.2025.2548584
14. Shenwu L. Simple and Reasonable Calculation Equation of Balanced Fertilization / L. Shenwu, W. Xuemei, L. Gangcai // Agronomy. — 2015. — Vol. 5. — P. 180–187. — DOI: 10.3390/agronomy5020180



Список литературы на английском языке / References in English

1. Tuchkova L.E. Ocenka urovnya plodorodiya pochv ZAO «Saxarnyj kombinat «Otradinskij» [Assessment of the level of soil fertility of CJSC "Sugar Plant" Otradinsky"] / L.E. Tuchkova, T.L. Ivanexa, I.A. Verxovec et al. // Fertility. — 2021. — № 2 (119). — P. 30–35. — DOI: 10.25680/S19948603.2021.119.08 [in Russian]
2. Sy'chev V.G. Potrebnost' v mineral'ny'x udobreniyax s uchytom rosta urozhaev i vosproizvodstva plodorodiya pochv Rossii [The need for mineral fertilizers taken into account of yield growth and soil fertility replacement in Russia] / V.G. Sy'chev, A.N. Naliuxin // FERTILITY. — 2024. — № 4 (139). — P. 5–10. — DOI: 10.25680/S19948603.2024.139.01 [in Russian]
3. Samarxanov T.G. Proizvodstvo v ushherb e'kologii: urozhajnost' rastet, a plodorodie padaet [Production in environmental protection: yield grows and fertility falls] / T.G. Samarxanov // Economics of Agriculture of Russia. — 2022. — № 7. — P. 21–27. — DOI: 10.32651/227-21 [in Russian]
4. Yagodin B.A. Praktikum po agroximii [Agrochemistry Workshop] / B.A. Yagodin, I.P. Deryugin, Yu.P. Zhukov. — Moscow: Agropromizdat, 1987. — 511 p. [in Russian]
5. Dospexov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij) [Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results)] / B.A. Dospexov. — Moscow: Agropromizdat, 1985. — 351 p. [in Russian]
6. Abramov N.V. Azot tekushhej nitrifikacii i xozyajstvenny'j vy'nos kak faktory' programmirovaniya urozhajnosti yarovoj pshenicy' v usloviyax Severnogo Zaural'ya [Nitrogen of current nitrification and economic carry-over as yield-programming factors for spring wheat under conditions of Northern Transural region] / N.V. Abramov, D.I. Eremin // Siberian Bulletin of Agricultural Science. — 2009. — № 2 (194). — P. 25–29. [in Russian]
7. Shafran S.A. O balanse pitatel'ny'x veshhestv v sovremennom zemledelii [About the balance of nutrients in modern agriculture] / S.A. Shafran, S.B. Vinogradova // Agrochemistry. — 2025. — № 5. — P. 3–12. — DOI: 10.31857/S0002188125050016 [in Russian]
8. Kovalenko A.A. Balans pitatel'ny'x veshhestv v zernotravyanom sevooborote na dernovo-podzolistoj tyazhelosuglinistoj pochve Podmoskov'ya [Nutrient balance in the grain-grass crop rotation on sod-podzolic heavy loamy soil of the Moscow region] / A.A. Kovalenko, T.M. Zabugina, O.V. Ruxovich // Fertility. — 2024. — № 1 (136). — P. 40–43. — DOI: 10.25680/S19948603.2024.136.10 [in Russian]
9. Postnikov P.A. Vliyanie udobrenij na urozhajnost' kul'tur i vy'nos pitatel'ny'x e'lementov v zernoparosideral'nom sevooborote [Influence of fertilizers on crop yield and removal of nutrient elements in grain-steam-sideral crop rotation] / P.A. Postnikov, V.V. Popova // Agrochemistry. — 2021. — № 4. — P. 42–48. — DOI: 10.31857/S000218812104013X [in Russian]
10. Konishhev A.A. Analiz priemov povysheniya produktivnosti zernovy'x kul'tur dlya snizheniya mezhgodovoj variacii ix urozhajnosti [Analysis of methods of increasing the productivity of grain crops to reduce the interannual variation of their yield] / A.A. Konishhev, I.I. Garifullin, E.N. Konishheva // Agrochemistry. — 2024. — № 2. — P. 95–102. — DOI: 10.31857/80002188124020118 [in Russian]
11. Pinchuk V. Agroecological soil status in agroecosystems with monoculture / V. Pinchuk, L. Symochko, N. Palapa // International Journal of Ecosystems and Ecology Science. — 2021. — Vol. 11. — № 1. — P. 1–12. — DOI: 10.31407/ijees11.101
12. Paramasivam R. Assessment of Soil Phosphorus Balance: Application of Dynamic Nutrient Balance Approach to South Indian Agricultural Farming System / R. Paramasivam, P. Paramasivam, M. Umanath et al. // Communications in Soil Science and Plant Analysis. — 2017. — Vol. 48. — № 17. — P. 2032–2048. — DOI: 10.1080/00103624.2017.1406100
13. Sankeev Kumar K.G. Phosphorus status and strategies to increase P use efficiency for sustainable crop production / K.G. Sankeev Kumar, P. Parasuraman, P. Kannan et al. // Phosphorus, Sulfur, and Silicon and the Related Elements. — 2025. — Vol. 200. — № 11. — P. 821–839. — DOI: 10.1080/10426507.2025.2548584
14. Shenwu L. Simple and Reasonable Calculation Equation of Balanced Fertilization / L. Shenwu, W. Xuemei, L. Gengcai // Agronomy. — 2015. — Vol. 5. — P. 180–187. — DOI: 10.3390/agronomy5020180