

УДК 631: 631.821: 631.816

Научная статья



Открытый доступ

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85

А.В. Ивенин ✉,
Ю.А. Богомолова,
А.П. Саков

Нижегородский государственный
агротехнологический университет,
Нижний Новгород, Россия

✉ a.v.ivenin@mail.ru

Поступила в редакцию:
04.04.2023

Одобрена после рецензирования:
11.07.2023

Принята к публикации:
25.07.2023

Research article



Open access

DOI: 10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85

Alexey V. Ivenin ✉,
Yulia A. Bogomolova,
Alexander P. Sakov

Nizhny Novgorod State Agrotechnological
University, Nizhny Novgorod, Russia

✉ a.v.ivenin@mail.ru

Received by the editorial office:
04.04.2023

Accepted in revised:
11.07.2023

Accepted for publication:
25.07.2023

Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы от уровня минерального питания на фоне последствия известкования в условиях Нижегородской области

РЕЗЮМЕ

Актуальность. Современный уровень сельскохозяйственного производства немислим без применения средств химизации: извести, минеральных удобрений. Проведение известкования кислых почв с внесением минеральных удобрений является важным приемом комплексной мелиорации. Избыточная кислотность среды является одной из главных причин низкой продуктивности сельскохозяйственных культур.

Методы. Исследование проводили в длительном стационарном опыте в Нижегородской области на светло-серой лесной почве. Изучались влияние различных доз минеральных удобрений на фоне последствия извести на продуктивность звена севооборота и изменение показателей кислотности и степени насыщенности основаниями почвы. Опыт закладывался по двухфакторной схеме.

Результаты. В статье говорится о том, что к 2022 году последствия различных изучаемых доз извести не влияют на изменение уровня продуктивности кормовых культур звена севооборота: викоовес (вика-овес) + клевер — клевер 1 г. п. — клевер 2 г. п. — клевер 3 г. п. Суммарная продуктивность составляет 19,6–20,8 т/га к. е. по фактору применения извести в 1978 г. Наибольшую продуктивность изучаемого звена севооборота обеспечивают тройные дозы минеральных удобрений (24,4 т/га к. е.), двойные и одинарные дозы обеспечивают уровень продуктивности звена севооборота в 20,0–20,1 т/га к. е., выращивание кормовых культур по естественному агрофону обеспечивает уровень продуктивности в 17,2 т/га к. е.

Примененные дозы извести (при закладке опыта) к 2022 г. не влияют на изменения агрохимических (обменная, гидролитическая кислотности и степень насыщенности почвы основаниями) показателей в 20-сантиметровом слое почвы. Применение тройных и двойных доз минеральных удобрений способствует подкисляти почву по сравнению с вариантами без применения минеральных удобрений и одинарными дозами.

Ключевые слова: минеральные удобрения, доза извести, клевер, вико-овсяная смесь, длительный стационарный опыт

Для цитирования: Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П. Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы от уровня минерального питания на фоне последствия известкования в условиях Нижегородской области. *Аграрная наука*. 2023; 373(8): 80–85. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85>

© Ивенин А.В., Богомолова Ю.А., Саков А.П.

The change in agrochemical parameters of light gray forest soil from the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the Nizhny Novgorod region

ABSTRACT

Relevance. The modern level of agricultural production is inconceivable without the use of chemicals: lime, mineral fertilizers. Liming acidic soils with the introduction of mineral fertilizers are important methods of complex land reclamation. Excessive acidity of the medium is one of the main reasons for low productivity of agricultural crops.

Methods. The research was carried out in a long-term stationary experiment in the Nizhny Novgorod region on light gray forest soil. The influence of various doses of mineral fertilizers on the background of lime aftereffect on the productivity of the crop rotation link and changes in the acidity and degree of saturation of the soil bases were studied. The experience was based on a two-factor scheme.

Results. The article says that by 2022, the aftereffects of various studied lime doses do not affect changes in the level of productivity of fodder crops of the crop rotation link: vica-oats (vicoats) + clover — clover 1 g. p. — clover 2 g. p. — clover 3 g. p. The total productivity is 19.6–20.8 t/ha by the factor of lime application in 1978. The greatest productivity of the studied crop rotation link is provided by triple doses of mineral fertilizers (24.4 t/ha by the standard), double and single doses provide the level of productivity of the crop rotation link in 20.0–20.1 t/ha by the standard, the cultivation of forage crops according to the natural agrophon provides a productivity level of 17.2 t/ha k. e.

The applied lime doses, when laying the experiment, by 2022 do not affect the changes in agrochemical (exchange, hydrolytic density and the degree of saturation of the soil with bases) indicators in the twenty-centimeter soil layers. The use of triple and double doses of mineral fertilizers contributes to acidifying the soil compared to options without the use of mineral fertilizers and single doses.

Key words: mineral fertilizers, lime dose, clover, vico-oat mixture, long stationary experience

For citation: Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A., Sakov A.P. The change in agrochemical parameters of light gray forest soil from the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the Nizhny Novgorod region. *Agrarian science*. 2023; 373(8): 80–85 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2023-373-8-80-85>

© Ivenin A.V., Bogomolova Yu.A., Sakov A.P.

Введение/Introduction

Высокий уровень развития сельскохозяйственного производства является основным стимулом для активизации агропромышленного комплекса страны. Однако с целью максимального удовлетворения первичных потребностей общества возникает необходимость не только в повышении плодородия почвы, но и в рационализации использования земельными ресурсами, что невозможно без использования средств химизации, в частности органических и минеральных удобрений, известкования [1–3].

Избыточная кислотность почвы (наличие водородных ионов в почвенном растворе и обменных ионов водорода и алюминия в почвенном поглощающем комплексе (ППК) является одной из первопричин низкой продуктивности сельскохозяйственных культур. На кислых почвах снижается коэффициент усвояемости макро- и микроэлементов питания — как из самой почвы, так и из применяемых агроариями минеральных и органических удобрений [4–6].

Также практически все сельскохозяйственные культуры угнетаются при повышенной кислотности почвы: они относятся к культурам, для которых наиболее благоприятной является кислотность, близкая к нейтральной — pH_{KCl} 6,0–6,5 (пшеница, ячмень, клевер), или переносящим умеренную кислотность и щелочность pH_{KCl} 5,5–7,0 (озимая рожь, овес, гречиха).

Повышение кислотности до pH_{KCl} 4,5–5,0 может повлечь снижение их продуктивности в 1,5–2 раза. При этом необходимо учитывать: несмотря на то что отдельные факторы жизни растений не могут быть заменены другими, создание более благоприятных условий для их роста и развития может ослабить негативное действие лимитирующего фактора (в том числе и неблагоприятную реакцию среды).

Отрицательное влияние повышенного содержания в почве ионов водорода и алюминия на большинство культурных растений может быть минимизировано за счет повышения плодородия почвы (на хорошо гумусированных буферных почвах с высокой степенью насыщенности ППК основаниями, с высоким содержанием элементов питания, оптимальными условиями по увлажнению и тепловому режиму отрицательное влияние повышенной кислотности на развитие сельскохозяйственных растений несколько нивелируется) [7–10]. Поэтому изучение влияния известкования с применением различных доз минерального питания в ротации севооборота является актуальной задачей современного сельскохозяйственного производства.

Цель исследований — изучить влияние различных доз минеральных удобрений и последствий известкования на продуктивность звена севооборота и изменение показателей кислотности и степени насыщенности основаниями светло-серой лесной почвы в условиях Нижегородской области.

Материалы и методы исследований / Materials and methods

Исследования проводили в 2019–2022 гг. в длительном стационарном опыте, заложенном в 1978 г. на опытном поле Нижегородского НИИСХ. Стационар включен

в Реестр длительных полевых опытов Россельхозакадемии (№ 073) и является достоянием российской аграрной науки, имеет аттестат и строго регламентированную методику проведения.

Почва светло-серая лесная, в период закладки опыта (1978 г.) — сильноокислая (pH_{KCl} 4,3, Нг — 3,69 мг-экв. на 100 г почвы), с высоким содержанием подвижных форм фосфора (252,0 мг/кг) и средним содержанием обменного калия (117,0 мг/кг), слабогумусированная (1,60).

Представлены результаты наблюдений звена севооборота: вико-овес (викоовес) + клевер — клевер 1 г. п. — клевер 2 г. п. — клевер 3 г. п.

Опыт проводили по схеме:

- фактор А — дозы минеральных удобрений: $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{45}P_{30}K_{45}$ (одинарная), $N_{90}P_{60}K_{90}$ (двойная), $N_{135}P_{90}K_{135}$ (тройная) под вико-овсяную смесь с подсевом клевера и $N_0P_0K_0$ (контроль), $N_{15}P_{40}K_{60}$ (одинарная), $N_{30}P_{80}K_{120}$ (двойная), $N_{60}P_{160}K_{180}$ (тройная) под клевер 1, 2, 3 г. п.;
- фактор В — известкование в дозах по 0, 0,5, 1,0, 1,5, 2,0, 2,5 гидролитической кислотности (г. к.). Известкование проведено доломитовой мукой в 1978 г.

Повторность четырехкратная. Расположение делянок рендомизированное. Общая площадь делянки — 108,0 м², учетная — 64,0 м².

В 2019 г. началась шестая ротация севооборота: возделывание вико-овсяной смеси с одновременным подсевом клевера. Сорта: овес Яков, вико яровая Белорозовая 109, клевер Мартум.

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур исследуемого звена севооборота: предшественник — ячмень Яромир. После уборки ячменя провели традиционную обработку почвы с использованием зяблевой вспашки на глубину 20–22 см.

Сев вико-овсяной смеси провели 3 мая 2019 г. с одновременным подсевом семян клевера. Внесение минеральных удобрений проводили согласно схеме опыта (вручную): в 2019 г. под предпосевную культивацию АКШ-4.2 на глубину 4–6 см, в 2020–2022 гг. по пласу клевера 1, 2 и 3 г. п. с заделкой зубовой бороной БЗСС-1,0 на глубину 4–6 см.

Минеральные удобрения: диаммофоска ($N:P_2O_5:K_2O$) — 10%:26%:26%, хлористый калий (K_2O) — 60%, аммиачная селитра — 34,4%.

Уборку вико-овсяной смеси и клевера провели роторной косилкой КРН-2,1 путем скашивания зеленой массы (в фазу восковой спелости у вики — 6 августа; от бутонизации до начала цветения у клевера: 18 июня — в 2020 г., 15 июня — в 2021 г., 12 июня — в 2022 г.) Зеленой массу вико-овсяной смеси и клевера учитывали сплошным методом с пересчетом на абсолютно сухое вещество (СВ).

Кислотность почвы определяли: pH солевой вытяжки потенциометрически — по ГОСТ 26483-85¹, гидролитическую кислотность — по ГОСТ 26212-91², сумму поглощенных оснований по Каппену-Гильковицу — по ГОСТ 27821-88³.

Математическая обработка результатов исследований проведена по Б.А. Доспехову⁴ с использованием программы статистической обработки Statist (США).

¹ ГОСТ 26483-85 Почвы. Приготовление солевой вытяжки и определение ее pH по методу ЦИНАО.

² ГОСТ 26212-91 Почвы. Определение гидролитической кислотности по методу Каппена в модификации ЦИНАО.

³ ГОСТ 27821-2020 Почвы. Определение суммы поглощенных оснований по методу Каппена.

⁴ Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). Агропромиздат. 2011; 251.

Результаты и обсуждение / Results and discussion

Погодные условия вегетационного периода 2019 г. были засушливыми (ГТК Селянинова составили величины 1,10, при среднемноголетнем значении — 1,24). Погодные условия вегетационных периодов 2020 г. и 2022 г. полностью соответствовали требованиям роста и развития растений клевера (ГТК Селянинова, соответственно, составили 1,30 и 1,41).

Погодные условия вегетационного периода 2021 г. были в целом неблагоприятными (ГТК — 0,70), при этом ГТК за I декаду июня составил 2,00, что выше средних многолетних значений июня (ГТК — 1,30). Несмотря на неравномерность выпадения осадков в 2021 г., погодные условия в целом за вегетацию позволили сформировать урожай зеленой массы клевера 2 г. п. на уровне 2020 г.

К моменту уборки клевера 3 г. п. в 2022 г. агрохимические показатели почвы находились на уровне своих показателей в период закладки полевого опыта в 1978 г. Средняя обменная кислотность почвы по фактору применения извести в 20-сантиметровом слое почвы (фактор В) находилась в интервале 4,13–4,35 единиц pH_{KCl} (изначальная кислотность составляла ту же величину — pH_{KCl} 4,3; по группировке почв по степени кислотности — сильнокислые при сильной степени нуждаемости почв в известковании) и не имела

существенных различий от применения изучаемых доз известкового материала ($HCP_{0,5}$ по фактору В — 0,23) (последствие проведенного мероприятия не прослеживается).

Гидролитическая кислотность не отличалась по вариантам применения известкового материала и также находилась на уровне ее показателей при закладке полевого опыта (3,69 мг-экв. на 100 г почвы) в интервале 3,27–3,91 мг-экв / 100 г почвы ($HCP_{0,5}$ по фактору В — 0,65).

Сумма поглощенных оснований — в интервале 9,4–10,7 мг-экв / 100 г почвы ($HCP_{0,5}$ по фактору В — 1,36) и соответствует своим показателям в период закладки почвы (10,8 мг-экв / 100 г почвы) (табл. 1).

Применение тройных и двойных доз минеральных удобрений в среднем по фактору А увеличивает обменную кислотность до pH_{KCl} 4,11 по сравнению с вариантами полевого опыта без применения минеральных удобрений (pH_{KCl} 4,36) при $HCP_{0,5}$ по фактору А — 0,19) и применения одинарных доз (pH_{KCl} 4,38 при $HCP_{0,5}$ по фактору А — 0,19).

В целом эта же тенденция просматривается и при рассмотрении показателя гидролитической кислотности в слое почвы 0–20 см: средняя гидролитическая кислотность по фактору применения минеральных удобрений при тройной и двойной дозах способствует увеличению кислотности до H_r 3,76 мг-экв / 100 г почвы,

Таблица 1. Влияние удобрений и последствие известкования на физико-химические показатели почвы в слое 0–20 см (закладка 1978 г.)
Table 1. The effect of fertilizers and the aftereffect of liming on the physico-chemical parameters of the soil in layer of 0–20 cm (bookmark 1978)

Фон NPK (фактор А)	Дозы CaCO ₃ , г. к. (фактор В)						Среднее по фактору А	HCP _{0,5} (фактор А)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
рН _{KCl}								
(NPK) ₀	4,34	4,29	4,23	4,58	4,45	4,27	4,36	0,19
(NPK) ₁	4,21	4,30	4,52	4,40	4,45	4,42	4,38	
(NPK) ₂	4,05	4,09	4,08	4,20	4,25	4,00	4,11	
(NPK) ₃	3,92	3,87	4,51	4,05	4,28	4,05	4,11	
Среднее по фактору В	4,13	4,14	4,34	4,31	4,35	4,19	—	
HCP _{0,5} (фактор В)	0,23							
HCP _{0,5} (факторов А, В)	0,47							
Н _г , мг-экв / 100 г почвы								
(NPK) ₀	3,37	3,16	3,20	2,73	3,83	3,22	3,25	0,48
(NPK) ₁	3,80	3,81	3,37	2,97	3,03	3,16	3,34	
(NPK) ₂	3,82	4,09	3,63	3,56	3,52	3,93	3,76	
(NPK) ₃	4,38	4,57	3,03	3,81	3,07	3,68	3,76	
Среднее по фактору В	3,84	3,91	3,28	3,27	3,36	3,50	—	
HCP _{0,5} (фактор В)	0,65							
HCP _{0,5} (факторов А, В)	1,18							
S, мг-экв / 100 г почвы								
(NPK) ₀	9,9	12,0	11,2	11,6	11,4	10,5	11,1	1,11
(NPK) ₁	9,0	9,2	11,6	11,0	10,3	10,1	10,2	
(NPK) ₂	9,7	8,7	9,9	11,0	9,8	9,6	9,6	
(NPK) ₃	8,8	8,5	10,2	9,0	9,2	8,6	9,8	
Среднее по фактору В	9,4	9,6	10,7	10,7	10,2	9,7	—	
HCP _{0,5} (фактор В)	1,36							
HCP _{0,5} (факторов А, В)	2,73							

что на 0,51 мг-экв / 100 г почвы выше по сравнению с применением нулевых доз минеральных удобрений (3,25 мг-экв / 100 г, НСР₀₅ по фактору А — 0,48) (табл. 1).

Различий по показателю суммы обменных оснований по всем вариантам полевого опыта выявлено не было (табл. 1).

По результатам исследований видно, что к 2022 г. последствия различных изучаемых доз известки в полевом опыте не влияют на изменения уровня урожайности вико-овсяной смеси (9,1–10,6 т/га к. е. при НСР₀₅ по фактору В — 1,7), клевера 1 г. п. (6,7–8,2 т/га к. е. при НСР₀₅ по фактору В — 1,6), клевера 2 г. п. (7,1–8,0 т/га к. е.

Таблица 2. Влияние удобрений и последствие разных доз известкования на урожайность зеленой массы сельскохозяйственных культур за 2019–2022 гг. (в пересчете на абсолютно СВ), т/га к. е.

Table 2. The effect of fertilizers and the aftereffect of different doses of liming on the yield of green mass of agricultural crops for 2019–2022. (in terms of absolutely dry matter), t/ha f. u.

Фон NPK (фактор А)	Дозы СаСО ₃ , г. к. (фактор В)						Среднее по фактору А	НСР _{0,5} (фактор А)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
Урожайность вико-овсяной смеси 2019 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	7,1	5,2	8,4	8,3	8,2	9,1	7,7	1,5
(NPK) ₁	8,8	9,2	9,3	9,4	9,6	10,6	9,5	
(NPK) ₂	10,6	10,6	10,4	10,5	10,7	10,8	10,6	
(NPK) ₃	10,6	11,5	11,6	2,0	11,9	12,1	11,6	
Среднее по фактору В	9,3	9,1	9,9	10,1	10,1	10,6	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,7							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	3,2							
Урожайность клевера 1 г. п. 2020 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	5,4	3,9	7,0	5,0	8,7	6,1	6,0	1,2
(NPK) ₁	5,2	7,6	7,9	8,2	7,6	8,2	7,4	
(NPK) ₂	8,6	6,1	9,5	6,8	6,9	8,9	7,8	
(NPK) ₃	9,9	9,3	7,5	9,8	8,4	9,6	9,1	
Среднее по фактору В	7,3	6,7	8,0	7,5	7,9	8,2	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,6							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	3,0							
Урожайность клевера 2 г. п. 2021 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	6,1	7,9	6,4	5,0	6,8	7,0	6,5	1,3
(NPK) ₁	8,5	6,6	8,3	6,9	7,7	7,2	7,5	
(NPK) ₂	6,9	8,2	6,4	8,1	6,0	5,5	6,9	
(NPK) ₃	7,8	9,2	7,3	8,3	10,4	9,6	8,8	
Среднее по фактору В	7,3	8,0	7,1	7,1	7,7	7,3	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,7							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	3,1							
Урожайность клевера 3 г. п. 2022 г., т/га к. е.								
(NPK) ₀	4,9	4,7	4,3	4,9	4,6	4,3	4,6	1,1
(NPK) ₁	7,0	6,0	4,4	3,4	3,9	6,1	5,1	
(NPK) ₂	4,7	6,0	4,5	4,8	6,1	5,9	5,3	
(NPK) ₃	5,7	6,7	6,7	7,3	6,0	6,7	6,5	
Среднее по фактору В	5,6	5,9	5,0	5,1	5,2	5,8	–	
НСР _{0,5} (фактор В)	1,3							
НСР _{0,5} (факторов А, В)	2,6							
Суммарная урожайность кормовых культур за 2020–2022 гг., т/га к. е.								
(NPK) ₀	16,4	16,5	17,7	14,9	20,1	17,4	17,2	–
(NPK) ₁	20,7	20,2	20,6	18,5	19,2	21,5	20,1	
(NPK) ₂	20,2	20,3	20,4	19,7	19,0	20,3	20,0	
(NPK) ₃	23,4	25,2	21,5	25,4	24,8	25,9	24,4	
Среднее по фактору В	20,2	20,6	20,1	19,6	20,8	21,3	–	

при НСР₀₅ по фактору В — 1,7), клевера розового 3 г. п. (5,0–5,9 т/га к. е. при НСР₀₅ по фактору В — 1,3) (табл. 2).

Применение всех изучаемых доз минеральных удобрений (одинарной, двойной и тройной) обеспечивает прибавку в урожае вико-овсяной смеси и клевера 1 г. п. по сравнению с естественным (нулевая доза) агрофоном полевого опыта (табл. 2).

Применение изучаемых тройных доз минеральных удобрений позволило повысить среднюю урожайность клевера 2 и 3 г. п. по сравнению с вариантами с естественным плодородием почвы и вариантами применения одинарных и двойных доз минерального питания до 8,8 т/га к. е. в 2021 г. и до 6,5 т/га к. е. в 2022-м (табл. 2).

В целом за ротацию изучаемого звена севооборота выявлено, что наибольшую продуктивность обеспечивают тройные дозы изучаемых удобрений (24,4 т/га к. е.), двойные и одинарные дозы обеспечивают уровень продуктивности звена севооборота в 20,0–20,1 т/га к. е., выращивание кормовых культур по естественному агрофону обеспечивает уровень продуктивности в 17,2 т/га к. е. (табл. 2).

Выводы/Conclusion

Изменения агрохимических (обменная, гидролитическая кислотности и степень насыщенности почвы основаниями) показателей в 20-сантиметровом слое почвы к 2022 г. не зависят от изучаемых доз извести, примененных при закладке длительного стационарного опыта в 1978 г.

Установлено, что к 2022 г. последствия различных изучаемых доз извести в полевым опыте не влияют на изменения уровня продуктивности кормовых культур звена севооборота (вика-овес (викоовес) + клевер — клевер 1 г. п. — клевер 2 г. п. — клевер 3 г. п.). Суммарная продуктивность звена севооборота составляет 19,6–20,8 т/га к. е. по фактору применения извести в 1978 г.

Наибольшую продуктивность изучаемого звена севооборота обеспечивают тройные дозы минеральных удобрений (24,4 т/га к. е.), двойные и одинарные дозы обеспечивают уровень продуктивности звена севооборота в 20,0–20,1 т/га к. е., выращивание кормовых культур по естественному агрофону обеспечивает уровень продуктивности в 17,2 т/га к. е.

Все авторы несут ответственность за работу и представленные данные.

Все авторы внесли равный вклад в работу.

Авторы в равной степени принимали участие в написании рукописи и несут равную ответственность за плагиат.

Авторы объявили об отсутствии конфликта интересов.

All authors bear responsibility for the work and presented data.

All authors made an equal contribution to the work.

The authors were equally involved in writing the manuscript and bear the equal responsibility for plagiarism.

The authors declare no conflict of interest.

ФИНАНСИРОВАНИЕ

Исследование выполнено за счет Министерства науки и высшего образования Российской Федерации (госрегистрация № АААА-А19-119042290131-9).

FUNDING

The study was carried out at the expense of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation State registration (No. АААА19-119042290131-9).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхова О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусное состояние почвы в длительном стационарном опыте. *Аграрная наука*. 2020; (10): 83–87. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
2. Карабутов А.П., Соловichenko В.Д., Никитин В.В., Навольнева Е.В. Воспроизводство плодородия почв, продуктивность и энергетическая эффективность севооборотов. *Земледелие*. 2019; (2): 3–8. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>
3. Шаповалова Н.Н., Менькина Е.А. Агрохимическое состояние и биологическая активность почвы в последствии длительного применения минеральных удобрений. *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2018; (5): 43–46. <https://doi.org/10.25930/vaak-2r91>
4. Сорокин И.Б., Сиротина Е.А. Известкование — один из факторов повышения плодородия почв Томской области. *Агрохимический вестник*. 2019; (1): 7–10. <https://elibrary.ru/yxmdil>
5. Комиссарова В.С., Богомолова Ю.А., Сюбаева А.О. Влияние длительного последствия известкования и систематического применения удобрений на кислотность светло-серой лесной почвы. *Плодородие*. 2018; (2): 6–8. <https://elibrary.ru/xrvfwf>
6. Тиранов А.Б., Григорьев А.В. Влияние биологических приемов в звене кормового севооборота на продуктивность и плодородие почвы. *Аграрная наука*. 2022; (9): 79–83. <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-79-83>
7. Антонов В.Г., Ермолаев А.П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018; (4): 87–92. <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>
8. Ивенин В.В., Ивенин А.В., Шубина К.В., Минеева Н.А. Сравнительная эффективность возделывания зерновых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018; (3): 27–32. <https://elibrary.ru/ytnsst>
9. Пилипенко Н.Г., Днепровская В.Н. Эффективность ресурсосберегающих технологий предпосевной обработки почвы в полевым севообороте. *Земледелие*. 2012; (4): 29–30. <https://elibrary.ru/pbyknb>
10. Дригидер В.К., Стукалов Р.С., Гаджимаров Р.Г., Вайцеховская С.С. Влияние севооборота на эффективность использования пашни при возделывании полевых культур без обработки почвы. *Земледелие*. 2019; (6): 28–32. <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

REFERENCES

1. Gladysheva O.V., Svirina V.A., Artyukhova O.A. Influence of crop rotations and mineral fertilizers on the humus state of the soil in a long-term stationary experiment. *Agrarian science*. 2020; (10): 83–87 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-342-10-83-87>
2. Karabutov A.P., Solovichenko V.D., Nikitin V.V., Navolneva E.V. Reproduction of soil fertility, productivity and energy efficiency of crop rotations. *Zemledelie*. 2019; (2): 3–8 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>
3. Shapovalova N.N., Menkina Ye.A. Agrochemical state and biological activity of soil conditioned by the effect of long-term application of mineral fertilizers. *Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018; (5): 43–46 (In Russian). <https://doi.org/10.25930/vaak-2r91>
4. Sorokin I.B., Sirotnina E.A. Liming of acid soils — improvement of soil fertility in the Tomsk region. *Agrochemical Herald*. 2019; (1): 7–10 (In Russian). <https://elibrary.ru/yxmdil>
5. Komissarova V.S., Bogomolova Ju.A., Syubaeva A.O. The influence of long after-effect of liming and systematic application of mineral fertilizers on the acidity indicators of light-grey forest soil. *Plodородie*. 2018; (2): 6–8 (In Russian). <https://elibrary.ru/xrvfwf>
6. Tiranov A.B., Grigoriev A.V. The influence of biological techniques in the feed crop rotation link on soil productivity and fertility. *Agrarian science*. 2022; (9): 79–83 (In Russian). <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2022-362-9-79-83>
7. Antonov V.G., Ermolaev A.P. The efficiency of continuous application of minimum soil tillage methods in crop rotations. *Agricultural Science Euro-North-East*. 2018; (4): 87–92 (In Russian). <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92>
8. Ivenin V.V., Ivenin A.V., Choubina K.V., Mineeva N.A. Comparative efficiency of technologies of cultivation of grain crops in the crop rotation link on light grey forest soils of the Volga-Vyatka region. *Vestnik Chuvash State Agricultural Academy*. 2018; (3): 27–32 (In Russian). <https://elibrary.ru/ytnsst>
9. Pilipenko N.G., Dneprovskaya V.N. Efficiency of resource-saving technologies of pre-sowing soil treatment in field crop rotation. *Zemledelie*. 2012; (4): 29–30 (In Russian). <https://elibrary.ru/pbyknb>
10. Dridiger V.K., Stukalov R.S., Gadzhumarov R.G., Veytsekhovskaya S.S. Influence of crop rotation on the efficiency of arable land use at the cultivation of field crops without soil tillage. *Zemledelie*. 2019; (6): 28–32 (In Russian). <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10607>

ОБ АВТОРАХ

Алексей Валентинович Ивенин,

доктор сельскохозяйственных наук, доцент,
ведущий научный сотрудник,
Нижегородский государственный агротехнологический
университет,
пр. Гагарина, д. 97, Нижний Новгород, 603107, Россия
a.v.ivenin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7072-4029>

Юлия Александровна Богомолова,

кандидат сельскохозяйственных наук,
старший научный сотрудник,
Нижегородский государственный агротехнологический
университет,
пр. Гагарина, д. 97, Нижний Новгород, 603107, Россия
<https://orcid.org/0000-0003-3727-115>

Александр Петрович Саков,

кандидат сельскохозяйственных наук, Нижегородский
государственный агротехнологический университет,
пр. Гагарина, д. 97, Нижний Новгород, 603107, Россия
nnovniish@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

ABOUT THE AUTHORS

Alexey Valentinovich Ivenin,

Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor,
Leading Researcher,
Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,
97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia
a.v.ivenin@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0001-7072-4029>

Yulia Aleksandrovna Bogomolova,

Candidate of Agricultural Sciences,
Senior Researcher,
Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,
97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia
<https://orcid.org/0000-0003-3727-1157>

Alexander Petrovich Sakov,

Candidate of Agricultural Sciences,
Nizhny Novgorod State Agrotechnological University,
97 Gagarin Ave., Nizhny Novgorod, 603107, Russia
nnovniish@rambler.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1288-5988>