



Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы и продуктивности клевера лугового в зависимости от уровня минерального питания на фоне последствий известкования в условиях юго-востока Волго-Вятского региона

© 2022. А. В. Ивенин✉, А. П. Саков, Ю. А. Богомолова, Т. С. Бузынина

ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», г. Киров, Российская Федерация

Исследования проведены в длительном стационарном опыте, заложенном в 1978 г. на светло-серой лесной почве в условиях Нижегородской области. В 2020–2021 гг. изучали эффективность различных доз минеральных удобрений ($N_0P_0K_0$, $N_{15}P_{40}K_{60}$, $N_{30}P_{80}K_{120}$, $N_{45}P_{120}K_{180}$) на фоне известкования при закладке опыта (в дозах 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 гидролитической кислотности) на урожайность клевера лугового Мартум 1 и 2 годов пользования. Установлено, что дозы извести, внесенные в 1978 г., к августу 2021 года не влияли на изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы (кислотность, содержание подвижных форм фосфора и калия, гумуса) и урожайность клевера лугового 1 и 2 г. п. Длительное применение (1978–2021 гг.) одинарных и двойных доз минеральных удобрений не обеспечило накопления гумуса, подвижных форм фосфора и калия по сравнению с их исходным содержанием в пахотном слое светло-серой лесной почвы. Увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия (P_2O_5 на 34,1 мг/кг, K_2O – на 22,3 мг/кг) наблюдалось при длительном внесении тройных доз минеральных удобрений. Использование минеральных удобрений в дозе $N_{45}P_{120}K_{180}$ позволило получить 36,5 и 37,9 т/га зеленой массы клевера в 1- и 2-й год пользования и самую высокую суммарную урожайность – 74,4 т/га (на 12,0–22,2 т/га выше контроля и остальных изучаемых вариантов внесения минеральных удобрений).

Ключевые слова: *Trifolium pratense* L., подвижный калий, подвижный фосфор, гумус, известь, продуктивность, минеральные удобрения, длительный стационарный опыт

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого» (тема № 0528-2019-0100).

Авторы благодарят рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Конфликт интересов: авторы заявили об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Ивенин А. В., Саков А. П., Богомолова Ю. А., Бузынина Т. С. Изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы и продуктивности клевера лугового в зависимости от уровня минерального питания на фоне последствий известкования в условиях юго-востока Волго-Вятского региона. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2022;23(3):378–385. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.378-385>

Поступила: 04.02.2022

Принята к публикации: 24.05.2022

Опубликована онлайн: 23.06.2022

Changes in agrochemical indicators of light gray forest soil and productivity of meadow clover depending on the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the South-East of the Volga-Vyatka region

© 2022. Alexey V. Ivenin✉, Alexander P. Sakov, Yulia A. Bogomolova, Tatiana S. Buzynina

Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, Kirov, Russian Federation

The research was carried out in a long-term stationary experiment, launched in 1978 on light gray forest soil in the conditions of the Nizhny Novgorod region. In 2020–2021, the effectiveness of various doses of mineral fertilizers ($N_0P_0K_0$, $N_{15}P_{40}K_{60}$, $N_{30}P_{80}K_{120}$, $N_{45}P_{120}K_{180}$) was studied against the background of liming when laying the experiment (in doses 0; 0.5; 1.0; 1.5; 2.0; 2.5 of hydrolytic acidity) on the yield of meadow clover Martum of the 1st and 2nd years of use. It has been established that the studied lime doses introduced in 1978, by August 2021 had not affected the change in agrochemical parameters of light gray forest soil (acidity, content of mobile forms of phosphorus and potassium, humus) and the yield of meadow clover of the 1st and 2nd year of use. A long-term use (1978–2021) of single and double doses of mineral fertilizers did not provide the accumulation of humus, mobile forms of phosphorus and potassium as compared to their initial content in arable layer of light gray forest soil. Increased content of mobile forms of phosphorus and potassium (P_2O_5 per 34.1 mg/kg, K_2O per 22.3 mg/kg) was observed by long-term application of three-fold doses of mineral fertilizers. Application of mineral fertilizers in a dose of $N_{45}P_{120}K_{180}$ enabled to obtain 36.5 and 37.9 t/ha of green mass during the 1st and the 2nd year of use and the highest total yield of 74.4 t/ha that is 12.0–22.2 t/ha higher than the control and all the rest variants of mineral fertilizers application.

Keywords: *Trifolium pratense* L., mobile potassium, mobile phosphorus, humus, lime, productivity, mineral fertilizers, long-term stationary experiment

Acknowledgements: the research was carried out under the support of the Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation within the state assignment of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky (theme No. 0528-2019-0100).

The authors thank the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

Conflict of interest: the authors stated no conflict of interest.

For citations: Ivenin A. V., Sakov A. P., Bogomolova Yu. A., Buzynina T. S. Changes in agrochemical indicators of light gray forest soil and productivity of meadow clover (*Trifolium pratense*) depending on the level of mineral nutrition against the background of the aftereffect of liming in the conditions of the South-East of the Volga-Vyatka region. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2022;23(3):378-385. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2022.23.3.378-385>

Received: 04.02.2022

Accepted for publication: 23.05.2022

Published online: 23.06.2022

Важным условием ведения современного сельскохозяйственного производства является получение не только стабильно высоких урожаев возделываемых культур, но и сохранение почвенного плодородия [1, 2]. Это возможно только при строгом соблюдении производственных технологий с применением, в том числе, и современных средств химизации (минеральных удобрений, известковых материалов и т. п.) [3, 4, 5].

Проведение известкования кислых почв с внесением минеральных удобрений является важным приемом комплексной мелиорации. Избыточная кислотность среды – одна из главных причин низкой продуктивности сельскохозяйственных культур. В частности, растения клевера лугового на кислых почвах плохо растут и изреживаются при перезимовке. Кроме того, кислая реакция среды оказывает отрицательное влияние на доступность элементов питания из почвы. Растения клевера способны частично усваивать, в симбиозе с клубеньковыми бактериями, атмосферный азот. Но при повышенной кислотности почвы происходит угнетение развития почвенной микрофлоры (в том числе и клубеньковых бактерий). В этой связи мероприятия, направленные на оптимизацию кислотности почвы не только актуальны, но и необходимы [6, 7].

Основным источником элементов питания растений (кроме доступных форм, содержащихся в почвах) остаются минеральные удобрения, применение которых, в первую очередь, и обеспечивает стабильно высокие урожаи сельскохозяйственных культур и повышение плодородия почвы [8, 9].

Поэтому возникает необходимость в стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур и плодородия почвы путем оптимизации применения средств химизации, в частности, минеральных удобрений и известковых материалов [10, 11].

Цель исследований – изучить влияние минеральных удобрений и последствия различных доз извести на продуктивность клевера лугового и изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы в условиях Нижегородской области (юго-восток Волго-Вятского региона).

Новизна исследований заключается в получении экспериментальных данных для оценки плодородия серых лесных почв при их длительном сельскохозяйственном использовании с различной интенсивностью агрохимической нагрузки, а также в выявлении высокоэффективных доз применения минеральных удобрений в посевах клевера 1 и 2 г. п. с учетом почвенно-климатических особенностей Нижегородской области.

Материал и методы. Исследования проводили в 2020-2021 гг. в длительном стационарном опыте, заложенном в 1978 г. на опытном поле Нижегородского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Стационар включен в Реестр длительных полевых опытов Россельхозакадемии (№ 073) и является достоянием российской аграрной науки, имеет аттестат и строго регламентированную методику проведения.

Почва опытного участка светло-серая лесная легкосуглинистая по гранулометрическому составу, на момент закладки опыта (1978 г.) – сильнокислая ($pH_{kcl} = 4,3$), высокообеспеченная подвижными формами фосфора (252,0 мг/кг) и калия (225,0 мг/кг), слабогумусированная (1,60 %).

Сельскохозяйственные культуры изучаются в ротации восьмипольного севооборота: викоовсяная смесь + клевер; клевер 1, 2, 3 г. п.; озимая пшеница; картофель; яровая пшеница; ячмень.

Опыт проводили по следующей схеме: Фактор А – дозы минеральных удобрений (вносимых под клевер 1 и 2 г. п.): $N_0P_0K_0$ (контроль),

$N_{15}P_{40}K_{60}$ (одинарная), $N_{30}P_{80}K_{120}$ (двойная), $N_{60}P_{160}K_{180}$ (тройная); Фактор В – известкование в дозах 0; 0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5 гидrolитической кислотности (г. к.). Известкование проведено доломитовой мукой, внесенной при закладке опыта в 1978 году.

Полевой опыт включает 24 варианта, повторность – 4-кратная, расположение делянок в опыте рендомизированное. Общая площадь делянки 108,0 м², учетная – 64,0 м².

В 2019 г. началась шестая ротация севооборота: возделывание викоовсяной смеси с одновременным подсевом клевера. В 2020-2021 гг. в полевом опыте проводили наблюдения и исследования в посевах клевера лугового Мартум 1 и 2 г. п. Сорт клевера Мартум – среднеранний двуукосный. Период от весеннего отрастания до цветения – 50-78 суток, до созревания семян – 102-116 суток. Высота растений в первом укосе – 51-76 см, во втором – 29-50 см. Масса 1000 семян 1,8-2,1 г. Зимостойкость высокая. Включен в Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации с 1999 г., допущен к использованию в производстве по Центральному, Волго-Вятскому, Средневолжскому и Дальневосточному регионам.

Агротехника возделывания клевера: семена подсеивались одновременно с севом покровной культуры, викоовсяной смеси в 2019 г., внесение минеральных удобрений проводили согласно схеме опыта вразброс вручную: в 2020-2021 гг. (20 апреля) по пласту клевера 1 и 2 г. п. с заделкой зубовой бороной БЗСС-1,0 на глубину 4-6 см. Минеральные удобрения: диаммофоска ($N:P_2O_5:K_2O = 10:26:26\%$) и хлористый калий (60 % K_2O). Уборку клевера путем скашивания зеленой массы проводили роторной косилкой КРН-2,1 в период от бутонизации до начала цветения (18 июня в 2020 г. и 15 июня в 2021 г.). Зеленую массу клевера учитывали сплошным методом с пересчетом на абсолютно сухое вещество.

Отбор почвенных образцов для проведения агрохимических анализов осуществляли 25 августа в 2020 и 2021 гг. Содержание подвижных форм фосфора и калия определяли по методике Кирсанова ГОСТ Р 54650-2011, гумуса – по Тюрину. Математическая обработка результатов исследований проведена

по Б. А. Доспехову¹ с использованием программы статистической обработки Statist.

Результаты и их обсуждение. Погодные условия вегетационного периода 2020 г. полностью соответствовали требованиям роста и развития растений клевера 1 г. п., ГТК Селянинова составил величину 1,41 (при средне-многолетнем значении 1,24). Погодные условия вегетационного периода 2021 г. были в целом неблагоприятны (ГТК = 0,70), при этом ГТК за первую декаду июня (2,0) был выше средних многолетних значений июня (1,30). Но, 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 года.

К моменту посева клевера под покров викоовсяной смеси в 2019 г. обменная кислотность почвы по вариантам полевого опыта находилась в интервале 4,12-4,35 единиц pH_{KCl} , на уровне исходных показателей при закладке опыта. Таким образом, последствий от внесенных в 1978 г. доз извести уже не наблюдалось как по показателям обменной кислотности, так и обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия: среднее содержание P_2O_5 находилось в интервале 218,8-245,8 мг/кг почвы ($HCP_{05} = 32,0$ мг/кг) в слое 0-20 см и 178,4-189,9 мг/кг почвы ($HCP_{05} = 32,4$ мг/кг) в слое 20-40 см; K_2O – 195,9-228,3 мг/кг почвы ($HCP_{05} = 52,4$ мг/кг) в слое 0-20 см и 180,9-197,5 мг/кг почвы ($HCP_{05} = 49,9$ мг/кг) в слое 20-40 см (табл. 1, 2).

Длительное (с 1978 года) применение изучаемых доз минеральных удобрений позволило повысить среднее содержание подвижного фосфора по сравнению с вариантом без внесения удобрений (контроль) на 46,0-113,8 мг/кг почвы ($HCP_{05} = 26,1$ мг/кг) в слое 0-20 см (табл. 1). Применение двойных и тройных доз минеральных удобрений привело к обогащению подвижными фосфатами слоя почвы 20-40 см по сравнению с контролем и вариантом внесения одинарных доз NPK (табл. 2).

Длительное применение тройных доз минеральных удобрений позволило повысить среднее содержание подвижного калия по сравнению с вариантом без применения минеральных удобрений (контроль) на 67,6 мг/кг почвы ($HCP_{05} = 42,8$ мг/кг) в 0-20 см (табл. 1).

¹Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Таблица 1 – Влияние удобрений и последствие известкования на агрохимические показатели почвы в слое 0-20 см (среднее за 2020-2021 гг.) /

Table 1 – The effect of fertilizers and the aftereffect of liming on the agrochemical parameters of the soil in a layer of 0-20 cm (average for 2020-2021)

Фон NPK (фактор A) / Background NPK (factor A)	Доза CaCO ₃ , г. к. (фактор B) / Dose of CaCO ₃ , h. a. (factor B)						Среднее по фактору A / Average by factor A	HCP ₀₅ (фактор A) / LSD ₀₅ (factor A)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
P ₂ O ₅ , мг/кг почвы / P ₂ O ₅ , mg/kg of soil								
N ₀ P ₀ K ₀	194,3	185,1	154,2	166,0	166,7	167,2	172,3	26,1
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	238,5	214,1	234,4	204,5	176,2	242,3	218,3	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	249,0	253,0	256,4	269,4	254,8	263,5	257,7	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	301,4	290,4	271,2	292,5	277,3	283,6	286,1	
Среднее по фактору B / Average by factor B	245,8	235,7	229,1	233,1	218,8	239,2	-	
HCP ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)					32,0			
HCP ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)					64,0			
K ₂ O, мг/кг почвы / K ₂ O, mg/kg of soil								
N ₀ P ₀ K ₀	208,6	197,7	166,0	163,0	166,5	176,5	179,7	42,8
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	244,5	179,5	197,5	237,3	205,6	167,4	205,3	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	250,5	204,5	216,0	239,6	218,4	176,3	217,6	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	209,6	201,8	238,5	273,0	252,5	308,5	247,3	
Среднее по фактору B / Average by factor B	228,3	195,9	204,5	228,2	210,8	207,2	-	
HCP ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)					52,4			
HCP ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)					104,9			
Гумус, % / Humus, %								
N ₀ P ₀ K ₀	1,65	1,48	1,42	1,35	1,51	1,55	1,49	0,12
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	1,42	1,44	1,36	1,48	1,40	1,67	1,46	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	1,39	1,56	1,70	1,48	1,35	1,68	1,53	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	1,67	1,64	1,46	1,35	1,58	1,61	1,55	
Среднее по фактору B / Average by factor B	1,53	1,53	1,49	1,42	1,46	1,62	-	
HCP ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)					0,21			
HCP ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)					0,36			

Гумус является одним из основных показателей почвенного плодородия, его содержание в почве величина относительно стабильная. Существенных различий в изменении данного показателя плодородия почвы не выявлено ни в одном из вариантов как в пахотном, так и подпахотных горизонтах. Содержание гумуса в слое 0-20 см находилось в интервале 1,35...1,70 % (HCP₀₅ факторов AB = 0,36 %), в 20-40 см – 0,80...1,25 % (HCP₀₅ факторов AB = 0,46 %) (табл. 1, 2).

Обобщая результаты исследований, можно констатировать, что к августу 2021 года по истечении изучаемого периода времени ротации севооборота в пахотном слое почвы (0-20 см) содержание подвижных форм фосфора и калия, гумуса в вариантах опыта без внесения удобрений снизилось по сравнению с содержанием на момент его закладки: P₂O₅ – на 79,7 мг/кг (в 1978 г. – 252,0 мг/кг), K₂O – на 45,3 мг/кг (в 1978 г. – 225,0 мг/кг) и гумуса – на 0,11 % (в 1978 г. – 1,60 %).

Таблица 2 – Влияние удобрений и последействия известкования на агрохимические показатели почвы в слое 20-40 см (среднее за 2020-2021 гг.) /

Table 2 – The effect of fertilizers and the aftereffect of liming on the agrochemical parameters of the soil in a layer of 20-40 cm (average for 2020-2021)

Фон NPK (фактор A) / Background NPK (Factor A)	Доза CaCO ₃ , г. к. (фактор B) / Dose of CaCO ₃ h. a., (factor B)						Среднее по фактору A / Average by factor A	HCP ₀₅ (фактор A) / LSD ₀₅ (factor A)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
P ₂ O ₅ , мг/кг почвы / P ₂ O ₅ , mg/kg of soil								
N ₀ P ₀ K ₀	172,5	159,7	144,6	154,3	151,5	130,1	152,1	26,4
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	156,8	168,8	177,1	187,5	143,9	177,0	168,5	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	189,0	191,2	192,8	183,5	222,4	193,0	195,3	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	220,1	240,2	199,0	215,5	219,7	241,7	222,7	
Среднее по фактору B / Average by factor B	184,6	189,9	178,4	185,2	184,4	185,5	-	
HCP ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)						32,4		
HCP ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)						64,8		
K ₂ O мг/кг почвы / K ₂ O, mg/kg of soil								
N ₀ P ₀ K ₀	203,7	212,1	174,0	185,5	166,5	171,0	185,5	40,8
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	174,0	175,0	175,5	162,5	186,7	152,9	171,1	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	186,0	205,5	197,1	198,3	165,7	145,8	183,1	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	204,1	197,5	194,0	193,0	204,5	285,5	213,1	
Среднее по фактору B / Average by factor B	192,0	197,5	185,2	184,8	180,9	188,8	-	
HCP ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)						49,9		
HCP ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)						99,8		
Гумус, % / Humus, %								
N ₀ P ₀ K ₀	1,21	1,17	1,02	0,97	0,93	1,04	1,06	0,16
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	0,95	0,92	1,04	0,98	0,88	1,35	1,02	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	1,17	1,25	0,98	0,80	1,21	0,95	1,06	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	1,18	1,18	0,98	0,87	1,04	1,23	1,08	
Среднее по фактору B / Average by factor B	1,13	1,13	1,01	0,91	1,02	1,14	-	
HCP ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)						0,25		
HCP ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)						0,46		

Длительное применение одинарных и двойных доз минеральных удобрений не обеспечивает прирост содержания в почве подвижных форм фосфора и калия. Двойная доза применяемых минеральных удобрений позволяет сохранить содержание подвижного фосфора в почве к 2021 году на исходном уровне – 257,7 мг/кг (в 1978 г. – 252,0 мг/кг). Применение тройных доз минеральных удобрений обеспечивает положительную динамику накопления подвижных форм фосфора и калия в пахотном слое почвы: P₂O₅ на 34,1 мг/кг (в 1978 г. – 252,0 мг/кг), K₂O на 22,3 мг/кг (в 1978 г. – 225,0 мг/кг) (табл. 1).

По результатам наших исследований видно, что как в 2020 г., так и в 2021 г. последействия изучаемых доз известки на уровень продуктивности клевера не обнаружено: средняя продуктивность зеленой массы (в пересчете на абсолютно сухое вещество) находится в интервале 28,0-34,2 т/га (HCP₀₅ по фактору B = 6,3 т/га) в 2020 г. и 29,6-33,3 т/га (HCP₀₅ по фактору B = 6,6 т/га). Суммарная продуктивность клевера за два года пользования, по фактору применения различных доз известкового материала, составила величину 60,6-64,7 т/га (табл. 3)

Таблица 3 – Влияние удобрений и последствие разных доз известкования на урожайность зеленой массы клевера 1 и 2 г. п. за 2020-2021 гг. (в пересчете на абсолютно сухое вещество), т/га /

Table 3 – The effect of fertilizers and the aftereffect of different doses of liming on the yield of the green mass of clover on the 1st and 2nd years of use for 2020-2021 (in terms of absolutely dry matter), t/ha

Фон NPK (фактор A) / Background NPK (factor A)	Доза CaCO ₃ , г.к. (фактор B) / Dose of CaCO ₃ , h. a (factor B)						Среднее по фактору A / Average by factor A	НСР ₀₅ (фактор A) / LSD ₀₅ (factor A)
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5		
Урожайность клевера 1 г. п. 2020 г. / The yield of clover of the 1st year of use, 2020								
N ₀ P ₀ K ₀	22,6	16,4	29,0	20,9	36,2	25,3	25,1	4,0
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	21,6	31,5	32,8	34,2	31,5	34,3	29,3	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	35,9	25,5	39,5	28,2	28,7	37,1	32,5	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	41,4	38,6	31,3	40,9	34,8	40,2	37,9	
Среднее по фактору B / Average by factor B	30,4	28,0	33,2	31,1	32,8	34,2	-	
НСР ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)					6,3			
НСР ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)					12,7			
Урожайность клевера 2 г. п. 2021 / The yield of clover of the 2 nd year of use, 2021								
N ₀ P ₀ K ₀	25,6	33,3	26,8	20,7	28,4	29,2	27,3	4,8
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	35,6	27,4	34,4	28,9	32,0	29,9	31,4	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	28,6	34,0	26,8	33,9	24,8	22,9	28,5	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	32,4	38,3	30,6	34,7	43,2	39,8	36,5	
Среднее по фактору B / Average by factor B	30,6	33,3	29,7	29,6	32,1	30,5	-	
НСР ₀₅ (фактор B) / LSD ₀₅ (factor B)					6,6			
НСР ₀₅ (факторов AB) / LSD ₀₅ (factors AB)					12,8			
Суммарная урожайность за 2020-2022 гг. / Total yield for 2020-2022								
N ₀ P ₀ K ₀	48,2	49,7	55,8	41,6	63,6	54,5	52,2	-
N ₁₅ P ₄₀ K ₆₀	57,2	58,9	67,2	63,1	63,5	64,2	62,4	
N ₃₀ P ₈₀ K ₁₂₀	64,5	59,5	66,3	62,1	53,5	60,0	60,9	
N ₆₀ P ₁₆₀ K ₁₈₀	73,8	76,9	61,9	75,6	78,0	80,0	74,4	
Среднее по фактору B / Average by factor B	60,9	61,3	62,8	60,6	64,7	64,6	-	

При благоприятных погодных условиях вегетации (2020 г., ГТК = 1,41) применение минеральных удобрений (одинарных, двойных, тройных доз) в сравнении с контрольным вариантом N₀P₀K₀ повышало среднюю урожайность зеленой массы клевера 1 г. п. на 4,2-12,8 т/га (НСР₀₅ по фактору A = 4,0), до 29,3-37,9 т/га.

В засушливых погодных условиях вегетации (2021 г., ГТК = 0,70), когда коэффициент использования элементов питания минеральных удобрений уменьшается, применение только тройных доз NPK позволило повысить среднюю урожайность зеленой массы клевера 2 г.п. по сравнению с контролем без удобрений и вариантами внесения одинарных

и двойных доз NPK на 5,1-9,2 т/га (НСР₀₅ по фактору A = 4,8 т/га), до 36,5 т/га.

Тройные дозы минеральных удобрений обеспечили самую высокую среднюю суммарную продуктивность клевера за два года применения – 74,4 т/га, что на 12,0-22,2 т/га выше контроля и остальных изучаемых вариантов внесения минеральных удобрений (табл. 3).

Заключение. Выявлено, что в условиях Нижегородской области дозы извести, внесенные в 1978 г., к августу 2021 года не влияли на изменение агрохимических показателей светло-серой лесной почвы (кислотность, содержание подвижных форм фосфора и калия, гумуса) и урожайность клевера лугового Мартум 1 и 2 г. п.

Установлено, что длительное применение (1978-2021 гг.) одинарных и двойных доз минеральных удобрений не обеспечило накопления гумуса, подвижных форм фосфора и калия по сравнению с их исходным содержанием в пахотном слое светло-серой лесной почвы. Увеличение содержания подвижных форм фосфора и калия (P_2O_5 – на 34,1 мг/кг, K_2O – на 22,3 мг/кг) наблюдалось при дли-

тельном внесении тройных доз минеральных удобрений.

На светло-серых лесных почвах Нижегородской области (юго-восток Волго-Вятского региона) применение в посевах клевера Мартум 1 и 2 г. п. минеральных удобрений в дозе $N_{45}P_{120}K_{180}$ позволило получить 36,5 и 37,9 т/га зеленой массы и самую высокую суммарную урожайность за два года пользования – 74,4 т/га.

Список литературы

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. DOI: <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):3-7. DOI: <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(73)):43-46. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36394582>
4. Комиссарова В. С., Богомолова Ю. А., Сябаева А. О. Влияние длительного последствия известкования и систематического применения удобрений на кислотность светло-серой лесной почвы. *Плодородие*. 2018;(2(101)):6-8. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35176663>
5. Тиранова Л. В., Тиранов А. Б. Эффективность комплексного использования минеральных и микробиологических удобрений на урожайность озимой ржи в условиях Новгородской области. *Аграрная наука*. 2021;(2):81-83. DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-345-2-81-83>
6. Борисова Е. Е. Роль клевера лугового в экологизации и биологизации земледелия. *Символ науки: Международный научный журнал*. 2016;(4-4(16)):56-61. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25948851>
7. Сирокин И. Б., Сиротина Е. А. Известкование - один из факторов повышения плодородия почв Томской области. *Агрохимический вестник*. 2019;(1):7-10. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36984579>
8. Ивенин В. В., Михалев Е. В., Кривенков В. А. Эффективность возделывания пшеницы яровой на фоне полного минерального удобрения при внедрении ресурсосберегающей технологии No-till в зернотравяном севообороте на светло-серых лесных почвах Нижегородской области. *Аграрная наука*. 2017;(11-12):22-25. Режим доступа: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/134>
9. Ивенин В. В., Ивенин А. В., Шубина К. В., Минеева Н. А. Сравнительная эффективность технологий возделывания зерновых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона. *Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии*. 2018;(3(6)):27-31.
10. Бикинина Л. М.-Х., Яппаров И. А., Ломако Е. И., Алиев Ш. А., Газизов Р. Р., Суханова И. М., Ильясов М. М. Химическая мелиорация в условиях безотвальной системы основной обработки почвы. *Достижения науки и техники АПК*. 2018;32(9):5-8. DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10901>
11. Кодочилова Н. А., Бузынина Т. С., Варламова Л. Д., Катерова Е. А. Влияние систематического внесения минеральных удобрений и длительного последствия известкования на органическое вещество светло-серой лесной почвы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2020; 21(2): 160-168. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.160-168>

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. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2020;(10):83-87. (In Russ.). DOI: <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):3-7. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0044-3913-2019-10201>
3. Shapovalova N. N., Menkina E. A. Agrochemical state and biological activity of soil conditioned by the effect of long-term application of mineral fertilizers. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta = Izvestia Orenburg State Agrarian University*. 2018;(5(73)):43-46. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36394582>
4. Komissarova V. S., Bogomolova Yu. 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. *Plodorodie*. 2018;(2(101)):6-8. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35176663>
5. Tiranova L.V., Tiranov A.B. Efficiency of integrated use of mineral and microbiological fertilizers on winter rye yield in the Novgorod region. *Agrarnaya nauka = Agrarian science*. 2021;(2):81-83. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.32634/0869-8155-2021-345-2-81-83>

6. Borisova E. E. The role of meadow clover in ecologization and biologization of agriculture. Simvol nauki: Mezhdunarodnyy nauchnyy zhurnal. 2016;(4-4(16)):56-61. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=25948851>
7. Sirokin I. B., Sirotina E. A. Liming of acid soils – improvement of soil fertility in the Tomsk region. Agrokhimicheskii vestnik = Agrochemical Herald. 2019;(1):7-10. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36984579>
8. Ivenin V. V., Mikhalev E. V., Krivenkov V. A. Efficiency of spring wheat cultivation on the background of full mineral fertilizer with the introduction of resource-savin No-till technology in grain-grass crop rotation on light gray forest soils of nizhny Novgorod region. Agramaya nauka = Agrarian science. 2017;(11-12):22-24. (In Russ.). URL: <https://www.vetpress.ru/jour/article/view/134>
9. Ivenin V. V., Ivenin A. V., Shubina 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 Chuvashskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii = Vestnik Chuvash State Agricultural Academy. 2018;(3(6)):27-31. (In Russ.).
10. Bikkina L. M.-Kh., Yapparov I. A., Lomako E. I., Aliev Sh. A., Gazizov R. R., Sukhanova I. M., Iliasov M. M. Chemical amelioration under conditions of nonmoldboard tillage system. Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis. 2018;32(9):5-8. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.24411/0235-2451-2018-10901>
11. Kodochilova N. A., Buzynina T. S., Varlamova L. D., Katerova E. A. Effect of systematic application of mineral fertilizers and long-term aftereffect of liming on the organic matter of light-grey forest soil. Agramaya nauka Evro-Severo-Vostoka = Agricultural Science Euro-North-East. 2020;21(2):160-168. (In Russ.). DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.2.160-168>

Сведения об авторах

✉ **Ивенин Алексей Валентинович**, доктор с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д.38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7072-4029>, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Саков Александр Петрович, кандидат с.-х. наук, директор, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д.38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

Богомолова Юлия Александровна, кандидат с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д.38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3727-1157>

Бузынина Татьяна Сергеевна, лаборант-исследователь, мл. научный сотрудник, Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», с.п. Селекционной Станции, д.38, Кстовский район, Нижегородская область, Российская Федерация, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4027-3113>

Information about the authors

✉ **Alexey V. Ivenin**, DSc in Agricultural Science, associate professor, senior researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, s.p. Breeding Station, 38, Kstovsky district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-7072-4029>, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Alexander P. Sakov, PhD in Agricultural Science, Director, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, s.p. Breeding Station, 38, Kstovsky District, Nizhny Novgorod Region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-1288-5988>

Yulia Al. Bogomolova, PhD in Agricultural Science, associate professor, senior researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, s.p. Breeding Station, 38, Kstovsky district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3727-1157>

Tatiana S. Buzynina, research assistant, junior researcher, Nizhny Novgorod Research Institute of Agriculture – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, s.p. Breeding Station, 38, Kstovsky district, Nizhny Novgorod region, Russian Federation, 607686, e-mail: nnovniish@rambler.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-4027-3113>

✉ – Для контактов / Corresponding author