

<https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.223-233>

УДК 631.153.3:632.911.4

**Влияние средств химизации на продуктивность севооборотов с бобовыми и злаковыми травами в условиях неустойчивого увлажнения юга Нечерноземья России**

© 2021. Л. Н. Прокина✉, С. В. Пугаев

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

В статье обобщены результаты исследований (1990-2012 гг.), проведенных в стационарном опыте на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом в условиях Республики Мордовия. Объект исследования – два севооборота (зернотравяно-паропропашной и зернотравяно-пропашной), в которых в качестве бобового компонента использовали люцерну посевную сорта Вега 87, злакового – костреч безостый сорта Пензенский 1. Установлено, что минеральные удобрения в зернотравяно-паропропашных севооборотах с бобовыми травами увеличивали продуктивность на 0,34-0,55, со злаковыми – на 0,31-0,73 т корм. ед./га, что позволило получить дополнительный доход от 1,19 до 1,40 и 1,09 до 1,47 руб/руб соответственно. Рекомендуемые дозы минеральных удобрений на фоне известкования почвы по 0,5 гидролитической кислотности (г. к.) составили для зернотравяно-паропропашного севооборота с люцерной  $N_{22-39}P_{42}K_{52}$ , с костречом –  $N_{27-71}P_{42}K_{52}$ . В зернотравяно-пропашном севообороте с бобовым и злаковым компонентами окупаемость 1 кг д. в. полного минерального удобрения составила 6,13 и 6,17 кг корм. ед., дополнительный доход – 2,00 и 1,99 руб/руб, продуктивность увеличилась на 0,86-1,08 и 0,84-1,22 т корм. ед./га соответственно. Окупаемость 1 кг д. в. азота в составе полного минерального удобрения в данном севообороте составила в среднем 13,04 кг корм. ед. против 11,5 кг в бобовом. Рекомендуемые дозы минеральных удобрений:  $N_{26-87}P_{46}K_{65}$  на фоне известкования почвы по 0,5-1,0 г. к. В севообороте с костречом из-за низкого дополнительного дохода (0,97-1,07 руб/руб) фосфорно-калийные удобрения вносить нецелесообразно.

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, известкование, окупаемость, дополнительный доход, кормовая единица

**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 вклад в экспертную оценку работы.

**Конфликт интересов:** автор заявил об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Прокина Л. Н., Пугаев С. В. Влияние средств химизации на продуктивность севооборотов с бобовыми и злаковыми травами в условиях неустойчивого увлажнения юга Нечерноземья России. Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2021;22(2):223-233. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.223-233>

Поступила: 18.02.2021

Принята к публикации: 26.03.2021

Опубликована онлайн: 19.04.2021

**The effect of chemical agents on the productivity of crop rotations with legumes and cereals in the conditions of unstable moisture in the south of the Non-Black Soil Zone of Russia**

© 2021. Lyudmila N. Prokina✉, Sergey V. Pugaev

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

The article summarizes the results of 1990-2012 research conducted during the stationary experiment on leached heavy loam chernozem in the Republic of Mordovia. The objects of the study are two crop rotations (grain-grass-fallow and grain-grass crop rotations) where alfalfa of the VEGA 87 variety was used as a bean component, smooth brome (*Bromus inermis*) Penza 1 was used as a grain component. It has been established that mineral fertilizers in grain-grass-fallow crop rotations with legumes increased productivity by 0.34-0.55, with cereals – by 0.31-0.73 tons of feed units/ha. That provided to get additional income from 1.19 to 1.40 and 1.09 to 1.47 rub/rub, respectively. Recommended doses of mineral fertilizers against soil liming by 0.5 hydrolytic acidity (h.a.) were  $N_{22-39}P_{42}K_{52}$  for grain-grass-fallow crop rotation with alfalfa and  $N_{27-71}P_{42}K_{52}$  with smooth brome. In the grain-grass crop rotation with legume and cereal components the payback of 1 kg active ingredient (a.i.) of complete mineral fertilizer was 6.13 and 6.17 kg feed units, additional income was 2.00 and 1.99 rub/rub, the productivity increased by 0.86-1.08 and 0.84-1.22 tons of feed units/ha, respectively. The payback of 1 kg of a. i. nitrogen as part of a complete mineral fertilizer in this crop rotation averaged 13.04 kg feed units versus 11.5 kg in legumes. Recommended doses of mineral fertilizers were  $N_{26-87}P_{46}K_{65}$  against the background of liming of the soil by 0.5-1.0 h. a. In crop rotation with smooth brome phosphorus-potash fertilizers should not be applied due to the low additional income (0.97-1.07 rub/rub).

**Keywords:** mineral fertilizers, liming, payback, additional income, feed unit

**Acknowledgement:** 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 author stated that there was no conflict of interest.

**For citations:** Prokina L. N., Pugaev S. V. The effect of chemical agents on the productivity of crop rotations with legumes and cereals in the conditions of unstable moisture in the south of the Non-Black Soil Zone of Russia. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* = Agricultural Science Euro-North-East. 2021;22(2):223-233. (In Russ.).

DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2021.22.2.223-233>

Received: 18.02.2021

Accepted for publication: 26.03.2021

Published online: 19.04.2021

В современном сельскохозяйственном производстве не представляется возможным повышение его продуктивности без применения минеральных удобрений, которые остаются важнейшим фактором роста урожайности сельскохозяйственных культур (от 30 до 50-60 %), сохраняя и повышая плодородие почвы [1, 2]. Применение удобрений на черноземах выщелоченных в условиях юга лесостепи Нечерноземья существенно повышает урожайность отдельных сельскохозяйственных культур и продуктивность севооборотов в целом. В зернопропашном севообороте наиболее эффективно внесение минеральных удобрений в умеренных дозах ( $N_{45-65}P_{45-60}K_{30-50}$ ) отдельно или в сочетании с навозом (5-6 т/га в год) [3]. Минеральные удобрения были наиболее окупаемыми в зернотравяно-пропашных севооборотах с люцерной и кострцом в дозах  $N_{26-59}P_{46}K_{65}$  [4]. Внесение высоких доз удобрений, как правило, не всегда обеспечивает адекватного с умеренными дозами повышения урожайности культур.

В настоящее время основное требование к системе удобрения сельскохозяйственных культур – это повышение их окупаемости, снижение затрат на применение и эффективное использование достигнутого потенциала. В условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья на черноземе обыкновенном наиболее высокая продуктивность севооборота (в среднем за 5 ротаций составила 2,9-3,04 тыс. з. е. /га, или 23-29 % к контролю) была достигнута при внесении полного минерального удобрения. В качестве оптимальной дозы удобрений рекомендуется внесение 60 кг/га фосфора отдельно и на фоне НК, а также 60 кг/га азота на фоне РК. Систематическое применение азотных удобрений без улучшения фосфорного режима почвы малоэффективно [5].

В научном мире растет интерес к достижению сбалансированных систем питания растений и проводится много исследований, направленных на вовлечение в агроценозы

биологического азота [6]. При введении бобовых культур в севообороты в качестве предшественника или смешанных посевов, благодаря их азотфиксирующей способности, происходит накопление биологического азота, что в свою очередь позволяет сократить нормы вносимых удобрений [7, 8]. Специфика данных севооборотов требует особого внимания при использовании удобрений, особенно минеральных. В Ростовской области на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом для максимально эффективного использования посевной площади зернотравяного севооборота (люцерна 2 г. п.) рекомендуют вносить полное минеральное удобрение в дозе  $N_{60}P_{36}K_{60}$ , способствующей увеличению его продуктивности на 34,8 %, или до 37,2 ц з. е. /га (контроль 27,6 ц з. е./га) [9].

Проведение исследований на основе длительных опытов, осуществляемых в одном регионе, дает возможность выявить наиболее удачные технологические приемы и условия, обеспечивающие адаптацию систем земледелия к условиям региона [10].

В связи с этим длительные стационарные полевые опыты являются важным источником получения информации о влиянии систем минерального питания растений и элементов биологического земледелия на урожай. Наиболее результативные системы могут служить основой для разработки соответствующих нормативов по их применению, направленных на биологизацию систем земледелия посредством обоснования адаптивной структуры посевных площадей, ресурсосберегающих систем удобрения с использованием сочетания биологического азота, умеренных доз и способов применения макро- и микроудобрений, химических мелиорантов [11]. В результате реформ XX века в научных учреждениях Поволжья были закрыты многие стационарные опыты, тем не менее полученные в них данные до сих пор имеют большое теоретическое и практическое значение и позволяют давать

научно обоснованные рекомендации для современного земледелия [12].

Продуктивность севооборотов на черноземах выщелоченных в условиях Мордовии изучали [4], но исследований о влиянии удобрений на фоне известкования на продуктивность севооборотов с бобовым и злаковым компонентами практически нет, что и послужило необходимостью изучения данного вопроса.

**Цель исследований** – на основе данных длительного стационарного опыта оценить влияние средств химизации на продуктивность севооборотов с бобовыми и злаковыми травами в условиях неустойчивого увлажнения юга Нечерноземья России.

**Материал и методы.** Исследования проводили на опытном поле Мордовского НИИСХ – филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока в 1990-2012 гг. в соответствии с планом НИР учреждения на базе длительного стационарного полевого опыта, заложенного в 1972-1973 гг. последовательно в двух полях по методике Б. А. Доспехова<sup>1</sup>. Объектом исследований были два севооборота (зернотравяно-паропропашной и зернотравяно-пропашной), где многолетние травы были представлены люцерной и кострцом.

Месторасположение опыта: Республика Мордовия, Мордовский НИИСХ, опытное поле. Географические координаты: широта 54°17', долгота 45°28'. Первый стационарный участок (3,0 га) заложен в поле № 2, второй (3,2 га) – в поле № 4 агротехнического севооборота. Посевная площадь делянки составляет 157,5 м<sup>2</sup> (7,5х21 м), учетная для зерновых – 105 м<sup>2</sup> (5х21 м), для трав – 30 м<sup>2</sup> (4х7,5 м). Опыт заложен методом рендомизированных повторений и расщепленных делянок. Повторность в опыте трехкратная.

На делянках первого порядка изучали действие известкования: 1 – без известкования с 1972 года (контроль); 2 – известкование по 0,5 гидролитической кислотности (г. к.); 3 – известкование по 1,0 г. к. В блоке второго порядка оценивали продуктивность культур в двух севооборотах – бобовом и злаковом, которые представлены люцерной и кострцом соответственно.

Последовательность культур зернотравяно-паропропашного севооборота (3-я ротация):

1-й бобовый: ячмень + люцерна – люцерна 1 г. п. – люцерна 2 г. п. – люцерна 3 г. п.

– люцерна 4 г. п. – черный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – соя – яровая пшеница – соя – яровая пшеница;

2-й злаковый: ячмень + кострец – кострец 1 г. п. – кострец 2 г. п. – кострец 3 г. п. – кострец 4 г. п. – черный пар – озимая пшеница – яровая пшеница – соя – яровая пшеница – соя – яровая пшеница.

По причине изреженности и гибели растений озимой пшеницы в первой (1995 г.) и во второй (1996 г.) закладках посевы списали, и чередование культур прервали полем чистого пара.

Последовательность культур зернотравяно-пропашного севооборота (4-я ротация):

1-й бобовый: яровая пшеница – яровая пшеница – яровая пшеница + люцерна – люцерна 1 г. п. – люцерна 2 г. п. – люцерна 3 г. п. – озимая пшеница – яровая пшеница – соя – овес;

2-й злаковый: яровая пшеница – яровая пшеница – яровая пшеница + кострец – кострец 1 г. п. – кострец 2 г. п. – кострец 3 г. п. – озимая пшеница – яровая пшеница – соя – овес.

В блоке третьего порядка сравнивали действие различных уровней минерального питания на продуктивность севооборотов: 1 – без удобрений с 1972 года (контроль); 2 – фосфорно-калийные удобрения (РК – фон); 3 – фон + N<sub>1</sub>; 4 – фон + N<sub>2</sub>; 5 – фон + N<sub>3</sub>. Схема внесения минеральных удобрений дана в таблице 1.

Известкование проводили один раз за ротацию севооборота перед закладкой опыта и в 2000-2001 гг. Мелиорант – известняковая мука ГУП «Атемарский завод стройматериалов». Минеральные удобрения вносили поделочно вручную в соответствии со схемой опыта: под травы фосфорно-калийные удобрения в основную обработку почвы в запас на годы пользования; азотные – ежегодно весной. Уход за посевами озимых культур и многолетних трав заключался в весеннем бороновании и обработке. Обработку гербицидами и инсектицидами проводили по мере необходимости для всех культур.

Почва опытного участка – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. Почвообразующая порода – делювиальная глина, в которой мелкими включениями на глубине 105-110 см встречаются типичные для неё карбонатные «журавчики», образовавшиеся

<sup>1</sup>Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1979. 416 с.

в результате выщелачивания карбонатов кальция и магния. Мощность гумусового горизонта – 50-60 см. Пахотный слой сильно выпахан, имеет пылеватую и комковато-глыбистую структуру. За гумусовым горизонтом начинается переходный

горизонт. Грунтовые воды находятся на глубине более 5 м.

Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы опытного участка перед закладкой опыта представлена в таблице 2.

**Таблица 1 – Внесение минеральных удобрений в опыте, кг/га д. в. (в сумме за ротацию севооборота) /**  
**Table 1 – Application of mineral fertilizers in the experiment, kg/ha a. i. (in total for the rotation of the crop rotation)**

Удобрение / Fertilizers	3-я ротация (1990-2001 гг.) / 3rd rotation (1990-2001)		4-я ротация (2001-2012 гг.) / 4rd rotation (2001-2012)	
	севооборот / crop rotation		севооборот / crop rotation	
	с люцерной / with alfalfa	с кострцом / with smooth brome	с люцерной / with alfalfa	с кострцом / with smooth brome
1. Контроль / Control	1. Без удобрений / 1. Without fertilizers		1. Без удобрений / 1. Without fertilizers	
2. PK	2. P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	2. P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	2. P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>	2. P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>
3. N <sub>1</sub> PK	3. N <sub>240</sub> P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	3. N <sub>300</sub> P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	3. N <sub>285</sub> P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>	3. N <sub>330</sub> P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>
4. N <sub>2</sub> PK	4. N <sub>430</sub> P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	4. N <sub>540</sub> P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	4. N <sub>555</sub> P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>	4. N <sub>645</sub> P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>
5. N <sub>3</sub> PK	5. N <sub>620</sub> P <sub>460</sub> K <sub>570</sub>	5. N <sub>780</sub> 460K <sub>570</sub>	5. N <sub>825</sub> P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>	5. N <sub>960</sub> P <sub>510</sub> K <sub>720</sub>

**Таблица 2 – Агрохимическая характеристика пахотного слоя почвы перед закладкой опыта (1972-1973 гг.) /**  
**Table 2 – Agrochemical characteristics of the arable soil layer, before laying experiment (1972-1973)**

Закладка / Laying	Гумус, % / Humus, %	pH		Hr	S	V, %	Подвижные формы, мг/кг / Movable forms mg/kg	
		водн. / wa- ter-based	сол. / saline				P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
1	8,7±0,5	6,3±0,1	5,4±0,1	6,2±0,3	32,6±0,8	84±2	46±4	82±7
2	8,4±0,4	6,3±0,2	5,5±0,2	6,8±0,4	34,6±1,0	84±2	74±6	156±10

Агротехника культур – рекомендованная для условий Мордовии, кроме изучаемых факторов<sup>2</sup>. В опытах высевали семена районированных сортов: люцерны – Вега 87, кострца безостого – Пензенский 1, озимой пшеницы – Мироновская 808, яровой пшеницы – Прохорова и Тулайковская 10, ячменя – Зазерский 85, сои – Магева, овса – Горизонт.

Лабораторные исследования, наблюдения и анализы проводили в соответствии с принятыми методиками<sup>3,4</sup>. Статистическая обработка данных выполнена методом дисперсионного анализа<sup>5</sup>.

**Результаты и их обсуждение.** Агроклиматические условия за время проведения исследований (1990-2012 гг.) были различ-

ными, но типичными для зоны неустойчивого увлажнения. Вегетационные периоды с нормальным увлажнением (ГТК = 0,90-1,26) составили 9 лет, недостаточным (ГТК = 0,61-0,89) – 11 лет. Сильно засушливыми были два года (ГТК = 0,51 и 0,32), с повышенным и избыточным увлажнением (ГТК = 1,46-2,45) – три года исследований.

Как показали результаты исследований, продуктивность севооборотов значительно различалась как при использовании средств химизации, так и без них. В третьей ротации продуктивность севооборотов в естественных условиях составляла: бобового – 1,76 т корм. ед./га, злакового – 1,47 т корм. ед./га (табл. 3).

<sup>2</sup>Адаптивные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях Республики Мордовии: методическое руководство. Под ред. А. М. Гурьянова. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2003. 428 с. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=26117135>

<sup>3</sup>Паников В. Д. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. Ч. 2. Программа и методы исследования почв. М.: ВИУА, 1983. 172 с.

<sup>4</sup>Доспехов Б. А. Указ. соч.

<sup>5</sup>Там же.

Таблица 3 – Влияние средств химизации на продуктивность зерноотравно-паропропашного севооборота, т корм. ед./га (в среднем за год) /  
Table 3 – Effect of chemical agents on crop rotation productivity grain-fallow-grass, tons of feed units/ha (average per year)

Вариант / Variant														
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)			2. РК			3. N <sub>1</sub> РК			4. N <sub>2</sub> РК			5. N <sub>3</sub> РК		
Продуктивность / Productivity														
общая / total	разница** / difference	общая / total	разница / difference	прибавка от внесения РК / increase from РК	общая / total	разница / difference	прибавка от внесения / increase		общая / total	разница / difference	прибавка от внесения / increase			
							N <sub>1</sub> РК	N			N <sub>2</sub> РК	N	N <sub>3</sub> РК	N
Без известкования (контроль) / Without liming (control)														
1,73*	0,27	2,07	0,29	0,34	2,24	0,26	0,51	0,17	2,23	0,07	0,50	0,16	0,53	0,19
1,46		1,78		0,32	1,98		0,52	0,20	2,16		0,70	0,38	0,74	0,42
Известкование по 0,5 г. к. / Liming by 0.5 h. a.														
1,79	0,31	2,14	0,34	0,35	2,28	0,22	0,49	0,14	2,34	0,20	0,55	0,20	0,57	0,22
1,48		1,80		0,32	2,06		0,58	0,26	2,14		0,66	0,34	0,74	0,42
Известкование по 1,0 г. к. / Liming by 1.0 h. a.														
1,75	0,29	2,10	0,35	0,35	2,24	0,22	0,49	0,14	2,30	0,20	0,55	0,20	0,55	0,20
1,46		1,75		0,29	2,02		0,56	0,27	2,10		0,64	0,35	0,72	0,43

\*Числитель – бобовый севооборот, знаменатель – злаковый, \*\* разность между севооборотами с бобовым и злаковым компонентами /  
\*Numerator – legume crop rotation, denominator – cereal, \*\* difference between crop rotations with legume and cereal components

Внесение минеральных удобрений способствовало повышению продуктивности обоих севооборотов соответственно на 19-31 и 21-50 %. Как и следовало ожидать, прибавка от применения фосфорно-калийных удобрений в среднем по севообороту с люцерной получена несколько выше (0,34 т корм. ед./га), чем в злаковом (0,30 т корм. ед./га) и независимо от фона известкования.

В среднем по опыту в бобовом севообороте внесение полного минерального удобрения с различными дозами азота повышало продуктивность на 28-31 %, злаковом – на 37-50 % по сравнению с контролем (1,76 и 1,47 т корм. ед./га соответственно). От дозы азота в составе полного минерального удобрения прибавки составили 0,15-0,21 и 0,24-0,42 т корм. ед./га по сравнению с соответствующими фосфорно-калийными вариантами (2,10 и 1,78 т корм. ед./га).

Известкование почвы в севообороте с люцерной увеличивало его продуктивность на 0,03-0,07 т корм. ед./га, в злаковом – на 0,02 т корм. ед./га. В бобовом севообороте наибольшую продуктивность (2,36 т корм. ед./га) получили в варианте с внесением полного минерального удобрения с дозой N<sub>71</sub> на фоне известкования почвы по 0,5 г. к., но данный уровень азотного питания (N<sub>3</sub>) оказался с агрономической точки менее эффективным по сравнению с вариантами, где дозы азота меньше, о чем свидетельствует расчет окупаемости 1 кг д. в. удобрений (табл. 4). Из данных таблицы видно, что более высокая окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений получена в варианте N<sub>1</sub>РК на фоне без известкования – 4,4 кг корм. ед. и наибольший дополнительный доход – 1,45 руб/руб. С увеличением дозы азота в составе полного минерального удобрения независимо от известкования почвы в среднем окупаемость 1 кг д. в. минеральных удобрений и дополнительный доход снижались на 8-16 и 6-18 % соответственно. Для фосфорно-калийного варианта дополнительный доход в среднем составил 1,22 руб/руб, а окупаемость 1 кг д. в. – 3,7 кг корм. ед.

Таблица 4 – Окупаемость минеральных удобрений в зависимости от изучаемых факторов  
 (зернотравяно-паропропашной севооборот, в среднем за год) /

Table 4 – Payback of mineral fertilizers depending on the studied factors (grain-fallow-grass crop rotation. average per year)

Удобрения / Fertilizers	Продуктивность в контроле и прибавка от внесения, т корм. ед./га / Productivity under control and increase, t feed units/ha		Окупаемость 1 кг д. в. удобрений / Payback of 1 kg a. i. of fertilizers	
	PK	NPK	дополнительным количеством корм. ед., кг / additional number of feed units, kg	дополнительным доходом руб/руб / additional income of rub/rub
<b>Севооборот с люцерной / Crop rotation with alfalfa</b>				
Без известкования (контроль) / Without liming (control)				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1,73	1,73	-	-
2. P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	0,34	-	3,6	1,20
3. N <sub>22</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,51	4,4	1,45
4. N <sub>39</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,50	3,8	1,25
5. N <sub>56</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,53	3,5	1,13
Известкование по 0,5 г. к. / Liming by 0.5 h. a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1,79	1,79	-	-
2. P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	0,35	-	3,7	1,23
3. N <sub>22</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,49	4,2	1,38
4. N <sub>39</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,55	4,1	1,35
5. N <sub>56</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,57	3,8	1,23
Известкование по 1,0 г. к. / Liming by 1.0 h. a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1,75	1,75	-	-
2. P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	0,35	-	3,7	1,23
3. N <sub>22</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,49	4,2	1,38
4. N <sub>39</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,55	4,1	1,35
5. N <sub>56</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,55	3,7	1,20
<b>Севооборот с кострцом / Crop rotation with smooth brome</b>				
Без известкования (контроль) / Without liming (control)				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1,46	1,46	-	-
2. P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	0,32	-	3,4	1,13
3. N <sub>27</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,52	4,3	1,36
4. N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,70	4,9	1,54
5. N <sub>71</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,74	4,5	1,42
Известкование по 0,5 г. к. / Liming by 0.5 h. a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1,48	1,48	-	-
2. P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	0,32	-	3,4	1,13
3. N <sub>27</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,58	4,8	1,52
4. N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,66	4,6	1,45
5. N <sub>71</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,74	4,5	1,42
Известкование по 1,0 г. к. / Liming by 1.0 h. a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	1,46	1,46	-	-
2. P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	0,29	-	3,1	1,03
3. N <sub>27</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,56	4,6	1,46
4. N <sub>49</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,64	4,5	1,42
5. N <sub>71</sub> P <sub>42</sub> K <sub>52</sub>	-	0,72	4,4	1,38



Продуктивность злакового севооборота при использовании полного минерального удобрения возрастала на 0,24-0,42 т корм. ед./га по сравнению с фосфорно-калийным вариантом (1,78 т корм. ед./га). По окупаемости варианты с полным минеральным удобрением различались незначительно: в варианте N<sub>27</sub>P<sub>42</sub>K<sub>52</sub> окупаемость 1 кг д. в. удобрений составила 4,6 кг корм. ед., что на 0,1 кг корм. ед. меньше и на столько же больше, чем в вариантах с N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>52</sub> и N<sub>71</sub>P<sub>42</sub>K<sub>52</sub> соответственно. Дополнительный доход распределился следующим образом N<sub>49</sub>P<sub>42</sub>K<sub>52</sub> > N<sub>27</sub>P<sub>42</sub>K<sub>52</sub> > > N<sub>71</sub>P<sub>42</sub>K<sub>52</sub> > P<sub>42</sub>K<sub>52</sub>, или 1,47 > 1,45 > 1,41 > 1,09 руб/руб.

Таким образом, в зернотравяно-паропропашных севооборотах минеральные удобрения способствовали росту продуктивности на 19-31 % в бобовом и на 21-50 % в злаковом, что позволило получить дополнительный доход от 1,19 до 1,40 и 1,09 до 1,47 и руб/руб соответственно.

Продуктивность севооборотов в четвертой ротации (табл. 5) различалась на 0,49 т корм. ед./га в пользу севооборота с бобовым компонентом (3,82 т корм. ед./га), где от внесения минеральных удобрений дополнительно получено 0,47-1,08 т корм. ед./га продукции по сравнению с контрольным вариантом (3,13 т корм. ед./га). Действие азота в составе полного минерального удобрения оценивалось прибавкой 0,39-0,61 т корм. ед./га в сравнении с РК вариантом (3,60 т корм. ед./га). По окупаемости 1 кг д. в. минеральных удобрений можно выделить варианты с полным минеральным удобрением с дозой азота 26 и 50 кг д. в. на фоне известкования почвы по 0,5 г. к., где величина данного показателя составила 6,4 и 6,5 кг корм. ед. (табл. 6). Здесь получили и самый высокий дополнительный доход – 2,10 и 2,11 руб/руб.

В злаковом севообороте наименьшая прибавка продуктивности получена в варианте с внесением РК удобрений (0,34 т корм. ед./га) в сравнении с контролем (2,64 т корм. ед./га).

Таблица 5 – Влияние средств химизации на продуктивность зернотравяно-пропашного севооборота, т корм. ед./га (в среднем за год) /  
Table 5 – Effect of chemical agents on crop rotation productivity grain-grass, t feed units/ha (average per year)

Вариант / Variant														
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)		2. РК		3. N <sub>1</sub> РК		4. N <sub>2</sub> РК		5. N <sub>3</sub> РК						
Продуктивность / Productivity														
общая / total	разница** / difference	общая / total	разница / difference	прибавка от внесения РК / increase from РК	общая / total	разница / difference	прибавка от внесения / increase		общая / total	разница / difference	прибавка от внесения / increase			
							N <sub>1</sub> РК	N			N <sub>2</sub> РК	N	N <sub>3</sub> РК	N
Без известкования (контроль) / Without liming (control)														
3,08*	0,49	3,50	0,55	0,42	3,92	0,46	0,84	0,42	1,00	0,58	4,16	0,30	1,08	0,66
2,59		2,95		0,36	3,46		0,87	0,51	1,09	0,73	3,86		1,27	0,91
Известкование по 0,5 г. к. / Liming by 0.5 h. a.														
3,20	0,37	3,68	0,65	0,48	4,08	0,56	0,88	0,40	1,04	0,56	4,35	0,45	1,15	0,67
2,83		3,03		0,20	3,52		0,69	0,49	0,95	0,75	3,90		1,07	0,87
Известкование по 1,0 г. к. / Liming by 1.0 h. a.														
3,12	0,50	3,61	0,65	0,49	3,98	0,52	0,86	0,37	1,02	0,53	4,12	0,29	1,00	0,51
2,62		2,96		0,34	3,46		0,84	0,50	1,04	0,70	3,83		1,21	0,87

\*Числитель – бобовый севооборот, знаменатель – злаковый, \*\* разница между севооборотами с бобовым и злаковым компонентами /  
\*Numerator – legume crop rotation, denominator – cereal, \*\* difference between crop rotations with legume and cereal components

Таблица 6 – Окупаемость минеральных удобрений в зависимости от изучаемых факторов  
(зернотравяно-пропашной севооборот, в среднем за год) /

Table 6 – Payback of mineral fertilizers depending on the studied factors (grain-grass crop rotation, average per year)

Удобрения / Fertilizers	Продуктивность в контроле и прибавка от внесения, т корм. ед./га / Productivity un- der control and increase, t feed units/ha		Окупаемость 1 кг д. в. удобрений / Payback of 1 kg a. i. of fertilizers	
	PK	NPK	дополнительным количеством корм. ед., кг / additional number of feed units, kg	дополнительным доходом руб/руб / additional income of rub/rub
<b>Севооборот с люцерной / Crop rotation with alfalfa</b>				
Без известкования (контроль) / Without liming (control)				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	3,08	3,08	-	-
2. P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	0,42	-	3,8	1,27
3. N <sub>26</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	0,84	6,1	2,01
4. N <sub>50</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,00	6,2	2,02
5. N <sub>75</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,08	5,8	1,88
Известкование по 0,5 г.к. / Liming by 0.5 h.a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	3,20	3,20	-	-
2. P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	0,48	-	4,3	1,43
3. N <sub>26</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	0,88	6,4	2,10
4. N <sub>50</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,04	6,5	2,11
5. N <sub>75</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,15	6,2	2,00
Известкование по 1,0 г.к. / Liming by 1.0 h.a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	3,12	3,12	-	-
2. P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	0,49	-	4,4	1,47
3. N <sub>26</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	0,86	6,3	2,07
4. N <sub>50</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,02	6,3	2,05
5. N <sub>75</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,00	5,4	1,74
<b>Севооборот с кострцом / Crop rotation with smooth brome</b>				
Без известкования (контроль) / Without liming (control)				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	2,59	2,59	-	-
2. P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	0,36	-	3,2	1,07
3. N <sub>30</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	0,87	6,2	2,04
4. N <sub>59</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,09	6,4	2,07
5. N <sub>87</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,27	6,4	2,06
Известкование по 0,5 г. к. / Liming 0.5 h. a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	2,71	2,71	-	-
2. P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	0,32	-	2,9	0,97
3. N <sub>30</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	0,81	5,7	1,87
4. N <sub>59</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,07	6,3	2,04
5. N <sub>87</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,19	6,0	1,93
Известкование по 1,0 г. к. / Liming by 1.0 h. a.				
1. Без удобрений (контроль) / Without fertilizers (control)	2,62	2,62	-	-
2. P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	0,34	-	3,1	1,03
3. N <sub>30</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	0,84	6,0	1,97
4. N <sub>59</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,04	6,1	1,98
5. N <sub>87</sub> P <sub>46</sub> K <sub>65</sub>	-	1,21	6,1	1,96



При внесении полного минерального удобрения сбор кормовых единиц с 1 га был больше на 0,50-0,88 т корм. ед., чем в варианте с фосфорно-калийным удобрением (2,98 т корм. ед./га). Преимущество по окупаемости 1 кг д. в. удобрений имели варианты с полным удобрением с дозой азота 59 и 87 кг д. в. на фоне без известкования (6,4 кг корм. ед.) с дополнительным доходом 2,07 и 2,06 руб/руб. От известкования почвы более заметный эффект получили в бобовом севообороте, где в вариантах, произвесткованных по 0,5 г. к., прибавка составила 0,16 т корм. ед./га (без известкования – 3,75 т корм. ед./га), тогда как в злаковом 0,10 т корм. ед./га и 3,31 т корм. ед./га соответственно. Наши данные согласуются с исследованиями [4], где было показано, что применение удобрений в зернотравяно-пропашных севооборотах было более результативным, чем в севообороте с чистым паром.

**Выводы.** В результате исследований выявлено, что окупаемость 1 кг д. в. полного минерального удобрения в зернотравяно-паро-пропашном севообороте с люцерной и кострцом составила 4,0 и 4,6 кг корм. ед., 1 кг д. в. азота в составе полного минерального 5,08 и 7,40 кг корм. ед., дополнительный доход 1,30

и 1,44 руб/руб соответственно. Рекомендуемые дозы минеральных удобрений на фоне известкования почвы по 0,5 г. к.:  $N_{22-39}P_{42}K_{52}$  – для бобового севооборота и  $N_{27-71}P_{42}K_{52}$  – для злакового.

В зернотравяно-пропашном севообороте с бобовым и злаковым компонентами окупаемость 1 кг д. в. полного минерального удобрения составила 5,64 и 5,37 кг корм. ед., дополнительный доход – 2,00 и 1,99 руб/руб соответственно. В севообороте с кострцом из-за низкого дополнительного дохода (0,97-1,07 руб/руб) фосфорно-калийные удобрения вносить нецелесообразно. Окупаемость 1 кг д. в. азота в составе полного минерального удобрения в зерновом севообороте составила в среднем 13,04 кг корм. ед., в бобовом – 11,5 кг. Рекомендуемые дозы минеральных удобрений  $N_{26-87}P_{46}K_{65}$  на фоне известкования почвы по 0,5-1,0 г. к.

Зернотравяно-пропашной севооборот показал более высокие показатели, чем зернотравяно-паропропашной: продуктивность на 1,55 т корм. ед./га, окупаемость 1 кг д. в. удобрений на 1,4 кг корм. ед., и дополнительный доход на 0,68 руб/руб выше.

#### *Список литературы*

1. Чекмарев П. А., Сидоров А. В., Моисеев А. А. Динамика плодородия пахотных почв Республики Мордовия. Достижения науки и техники АПК. 2017;31(1):4-9. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29008693>
2. Бортник Т. Ю., Башков А. С. Эффективность систем удобрений и перспективы научных исследований в длительном полевом опыте на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 гг.: мат-лы Всероссийск. координац. совещ. научных учреждений-участников географической сети опытов с удобрениями. Под ред. акад. РАН В. Г. Сычева. М.: ВНИИ агрохимии имени Д.Н. Прянишникова, 2018. С. 26-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35672845>
3. Ивойлов А. В. Эффективность удобрения и известкования выщелоченных черноземов. Саранск: Изд-во Мордовского ун-та, 2015. 264 с. Режим доступа: [https://mrsu.ru/ru/i\\_chair/docs.php?ELEMENT\\_ID=32771](https://mrsu.ru/ru/i_chair/docs.php?ELEMENT_ID=32771)
4. Пугаев С. В., Прокина Л. Н. Эффективность комплекса агрохимических средств в зернопропашных севооборотах. Агрохимия. 2016;(7):44-51. Режим доступа: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26470164>
5. Шаповалова Н. И., Шустикова Е. П., Воропаева А. А. Влияние длительного внесения минеральных удобрений на продуктивность полевого севооборота в прямом действии и последствии. Достижения науки и техники АПК. 2017;(31 (2)):11-14. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29008707>
6. Козлова Л. М. Актуальные проблемы земледелия и пути их решения в Северо-Восточном регионе европейской части РФ. Развитие и внедрение современных технологий и систем ведения сельского хозяйства, обеспечивающих экологическую безопасность окружающей среды: мат-лы Международ. научн.-практ. конф., посвящ. 100-летию Пермского НИИСХ. Т.1. Ч.2. Агрохимия и земледелие. Пермь: изд-во «От и До», 2013. С. 282-292.
7. Gan Y., Hamel C., O'Donovan J. T., Cutforth H., Zentner R. P., Campbell C. A., Niu Y., Poppy L. Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. Sci. Rep. 2015;5:14625. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep14625>
8. Niu V., Bainard L. D., Bandara M., Hamel C., Gan Y., Soil residual water and nutrients explain about 30 % of the rotational effect in 4-yr pulseintensified rotation systems. Canadian Journal of Plant science. 2017;97 (5):852-864. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0282>

9. Федюшкин А. В., Парамонов А. В., Медведева В. И. Влияние систематического применения удобрений на продуктивность зернотравяного севооборота. Бюллетень науки и практики. 2018;(4(6)):107-112. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35120947>
10. Сычев В. Г., Беличенко М. В., Романенков В. А. Этапы развития, результаты исследований и актуальные проблемы длительных агрохимических полевых опытов Географической сети опытов с удобрениями. Агрохимия. 2018;(1):3-16. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246765>
11. Карабутов А. П., Соловиченко 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>
12. Пронько В. В. Основные итоги деятельности учреждений географической сети опытов с удобрениями в Поволжье. Агрохимия. 2018;(1):30-38. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246767>

### References

1. Chekmarev P. A., Sidorov A. V., Moiseev A. A. *Dinamika plodorodiya pakhotnykh pochv Respubliki Mordoviya*. [Dynamics of fertility of arable lands in the Republic of Mordovia]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis*. 2017;31(1):4-9. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=29008693>
2. Bortnik T. Yu., Bashkov A. S. *Effektivnost' sistem udobreniy i perspektivy nauchnykh issledovaniy v dlitel'nom polevom opyte na derno-vo-podzolistoy srednesuglinistoy pochve*. [Efficiency of fertilizer systems and prospects for scientific research in long-term field experience on sod-podzolic medium-loamy soil]. *Itogi vypolneniya programmy fundamental'nykh nauchnykh issledovaniy gosudarstvennykh akademiy na 2013-2020 gg.: mat-ly Vserossiys. koordinats. soveshch. nauchnykh uchrezhdeniy-uchastnikov geograficheskoy seti opytov s udobreniyami. Pod red. akad. RAN V. G. Sycheva*. [Results of the implementation of the program of fundamental scientific research of state academies for 2013-2020: Proceedings of the All-Russian coordinator meeting of scientific institutions participating in the geographical network of experiments with fertilizers. Ed. acad. RAS V. G. Sycheva]. Moscow: *VNI agrokhimii imeni D. N. Pryanishnikova*, 2018. pp. 26-31. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35672845>
3. Ivoylov A. V. *Effektivnost' udobreniya i izvestkovaniya vyshchelochennykh chernozemov*. [Efficiency of fertilization and liming of leached chernozems]. Saransk: *Izd-vo Mordovskogo un-ta*, 2015. 264 p. URL: [https://mrsu.ru/ru/i\\_chair/docs.php?ELEMENT\\_ID=32771](https://mrsu.ru/ru/i_chair/docs.php?ELEMENT_ID=32771)
4. Pugaev S. V., Prokina L. N. *Effektivnost' kompleksa agrokhimicheskikh sredstv v zernopropashnykh sevooborotakh*. [The effectiveness of the complex of agrochemicals for grain grass-tilled crop rotation]. *Agrokhimiya*. 2016;(7):44-51. (In Russ.). URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=26470164>
5. Shapovalova N. I., Shustikova E. P., Voropaeva A. A. *Vliyanie dlitel'nogo vneseniya mineral'nykh udobreniy na produktivnost' polevogo sevooborota v pryamom deystvii i posledeystvii*. [Influence of long-term application of mineral fertilizers on the productivity of field crop rotation in the direct action and their aftereffect]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK = Achievements of Science and Technology of AICis* 2017;(31 (2)):11-14. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=29008707>
6. Kozlova L. M. *Aktual'nye problemy zemledeliya i puti ikh resheniya v Severo-Vostochnom regione evropeyskoy chasti RF*. [Actual problems of agriculture and ways of their solution in the North-Eastern region of the European part of the Russian Federation]. *Razvitie i vnedrenie sovremennykh tekhnologiy i sistem vedeniya sel'skogo khozyaystva, obespechivayushchikh ekologicheskuyu bezopasnost' okruzhayushchey sredy: mat-ly Mezhdunarod. nauchn.-prakt. konf., posvyashch. 100-letiyu Permskogo NIISKh. T.1. Ch.2. Agrokhimiya i zemledelie*. [Development and implementation of modern technologies and systems of agriculture that ensure environmental safety of the environment: Proceedings of International scientific and practical conf., dedicated to the 100th anniversary of the Perm Research Institute of Agriculture. Vol. 1. Part 2. Agrochemistry and agriculture]. Perm: *izd-vo «Ot i Do»*, 2013. pp. 282–292
7. Gan Y., Hamel C., O'Donovan J. T., Cutforth H., Zentner R. P., Campbell C. A., Niu Y., Poppy L. Diversifying crop rotations with pulses enhances system productivity. *Sci. Rep.* 2015;5:14625. DOI: <https://doi.org/10.1038/srep14625>
8. Niu V., Bainard L. D., Bandara M., Hamel C., Gan Y., Soil residual water and nutrients explain about 30 % of the rotational effect in 4-yr pulseintensified rotation systems. *Canadian Journal of Plant Science*. 2017;97 (5):852-864. DOI: <https://doi.org/10.1139/cjps-2016-0282>
9. Fedushkin A. V., Paramonov A. V., Medvedeva V. I. *Vliyanie sistemicheskogo primeneniya udobreniy na produktivnost' zernotravyanogo sevooborota*. [Influence of the systematic application of inorganic fertilizers on the ley farming efficiency]. *Byulleten' nauki i praktiki = Bulletin of Science and Practice*. 2018;(4(6)):107-112. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=35120947>
10. Sychev V. G., Belichenko M. V., Romanenkov V. A. *Etapy razvitiya, rezul'taty issledovaniy i aktual'nye problemy dlitel'nykh agrokhimicheskikh polevykh opytov Geograficheskoy seti opytov s udobreniyami*. [Geo-

graphical network of long-term field experiments with fertilizers: stages of development, research results and actual problems of long-term agrochemical trails]. *Agrokimiya*. 2018;(1):3-16. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246765>

11. Karabutov A. P., Solonichenko V. D., Nikitin V. V., Navolneva E. V. *Vosproizvodstvo plodorodiya pochv, produktivnost' i energeticheskaya effektivnost' sevooborotov*. [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>

12. Pron'ko V. V. *Osnovnye itogi deyatel'nosti uchrezhdeniy geograficheskoy seti opytov s udobreniyami v Povolzh'e*. [The main results of activity of geographical network of long-term field experiments with fertilizers in the Volga region]. *Agrokimiya*. 2018;(1):30-38. (In Russ.). URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=32246767>

#### **Сведения об авторах**

✉ **Прокина Людмила Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, зав. лабораторией агрохимии, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 5, ул. Мичурина, р.п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: [niish-mordovia@mail.ru](mailto:niish-mordovia@mail.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

**Пугаев Сергей Васильевич**, кандидат биол. наук, старший научный сотрудник лаборатории агрохимии, Мордовский НИИ сельского хозяйства – филиал ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н. В. Рудницкого», д. 5, ул. Мичурина, р. п. Ялга, г. Саранск, Республика Мордовия, Российская Федерация, 430904, e-mail: [niish-mordovia@mail.ru](mailto:niish-mordovia@mail.ru),

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8421-2913>

#### **Information about the authors**

✉ **Lyudmila N. Prokina**, PhD in Agricultural science, leading researcher, Head of the Laboratory of Agricultural Chemistry, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 5, Michurin str., Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: [niish-mordovia@mail.ru](mailto:niish-mordovia@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0376-7031>

**Sergey V. Pugaev**, PhD in Biology, senior researcher, the Laboratory of Agricultural Chemistry, Mordovia Research Agricultural Institute – branch of Federal Agricultural Research Center of the North-East named N. V. Rudnitsky, 5, Michurin str., Yalga, Saransk, Republic of Mordovia, Russian Federation, 430904, e-mail: [niish-mordovia@mail.ru](mailto:niish-mordovia@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8421-2913>

✉ – Для контактов / Corresponding author