

АГРОНОМИЯ

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений

Научная статья

УДК 631.87:636.085.51:631.452

doi: 10.28983/asj.y2024i7pp55-60

Влияние биологических факторов и минеральных удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество кормов в севообороте в условиях Северо-Запада

Александр Борисович Тиранов, Александр Владимирович Григорьев

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук» – филиал Новгородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства. Новгородская область, Россия, e-mail: zevs1947@yandex.ru

Аннотация. В улучшенном пятипольном севообороте на дерново-подзолистой почве (83 % пахотных земель) в условиях Новгородской области изучили три способа применения биоудобрений при возделывании кормовых культур на двух фонах минеральных удобрений и запахивании побочной продукции соломы на удобрение. Двукратное использование микробиологических удобрений Азотовита и Фосфатовита (протравливание семенного материала по 2 л/т и некорневое опрыскивание по 1 л/га) при внесении полного минерального удобрения на прогнозируемый урожай обеспечило в среднем за ротацию лучшие количественные показатели качества кормов: продуктивность – 6,0 тыс. т к. ед./га; переваримый протеин – 0,64 т/га с низким показателем энергозатрат на тысячу тонн кормовых единиц 2,3 ГДж и высокую энергетическую эффективность производства выше 5 единиц. Четырехкратное использование за ротацию в севообороте соломы зерновых и зернобобовых в качестве органического удобрения и гумификация пожнивно-корневых остатков повысили энергопотенциал почвы по всем вариантам опыта на 45–96 ГДж/га.

Ключевые слова: биоудобрения; минеральные удобрения; дерново-подзолистая почва; севооборот; плодородие; продуктивность; солома

Для цитирования: Тиранов А. Б., Григорьев А. В. Влияние биологических факторов и минеральных удобрений на плодородие почвы, урожайность и качество кормов в севообороте в условиях Северо-Запада // Аграрный научный журнал. 2024. № 7. С. 55–60. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i7pp55-60>.

AGRONOMY

Original article

The influence of biological factors and mineral fertilizers on soil fertility, yield and feed quality in crop rotation in the North-West

Alexander B. Tyranov, Alexander V. Grigoriev

St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences - a branch of the Novgorod Scientific Research Institute of Agriculture. Novgorod region, Russia, e-mail: zevs1947@yandex.ru .

Abstract. In an improved five-field crop rotation on sod-podzolic soil (83 % of arable land) in the conditions of the Novgorod region, three methods of using biofertilizers in the cultivation of forage crops on two backgrounds of mineral fertilizers and plowing straw by-products for fertilizer were studied. The double use of microbiological fertilizers Azotovite and Phosphatovite (pickling of seed material at 2 l/t and non-root spraying at 1 l/ha) when applying a complete mineral fertilizer to the projected harvest provided, on average, the best quantitative indicators of feed quality per rotation: productivity 6.0 thousand tons of feed units/ha; digestible protein 0.64 t/ha with a low energy consumption per thousand tons of feed units of 2.3 GJ and high energy efficiency of production above 5 units. The four-fold use of grain and leguminous straw as an organic fertilizer during rotation in crop rotation and the humification of crop and root residues increased the energy potential of the soil in all experimental variants by 45–96 GJ/ha.

Keywords: biofertilizers; mineral fertilizers; sod-podzolic soil; crop rotation; soil fertility; productivity; straw

For citation: Tyranov A. B., Grigoriev A. V. The influence of biological factors and mineral fertilizers on soil fertility, yield and feed quality in crop rotation in the North-West. *Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal*. 2024;(7):55–60. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2024i7pp55-60>.





Введение. Развитие отрасли животноводства напрямую связано с производством кормов хорошего качества. Во многом это зависит от эффективной системы севооборота. При разработке усовершенствованного пятипольного кормового севооборота использовали такие биологические факторы, как азотфиксация (насыщение зернобобовыми культурами на 40 %), запахивание побочной продукции на удобрение, бактериальные удобрения для активизации процессов разложения фосфорорганических и калийсодержащих минералов, оптимальное чередование культур. На дерново-подзолистых почвах Новгородской области, на долю которых приходится более 65 % общей площади почвенного покрова [5], были изучены 3 способа применения микробных удобрений – Азотовита (А) и Фосфатовита (Ф) совместно с минеральными и органическими удобрениями.

Одним из отечественных разработчиков и производителей микробиологических удобрений марки Азотовит и Фосфатовит является компания ООО «Промышленные инновации». Азотовит обеспечивает азотфиксацию атмосферного азота и повышает эффективность потребления промышленного азота. Потребляемый различными растениями из аммиачной селитры азот составляет не 40–60 %, а значительно больше. Бактерии Фосфатовита переводят труднодоступный фосфор и калий в подвижные (водорастворимые) доступные формы. В различных регионах РФ установлена высокая эффективность применения Азотовита и Фосфатовита [7, 8, 12–15], что связано с их экологичностью, многофункциональностью, экономичностью, эффективностью и универсальностью.

В различных регионах России, в том числе и Северо-Западной зоне, исследователи РАСХН изучали в основном 7–9-польные севообороты. Одно из основных условий усовершенствования севооборотов – оптимальное насыщение их бобовыми культурами, позволяющее решать проблему повышения плодородия почв и продуктивности пашни при экономии затрат. Расширение в севообороте доли бобовых трав – один из главных факторов, обеспечивающих снижение энергозатрат при возделывании сельскохозяйственных культур.

В современных условиях система севооборотов должна быть гибкой, учитывать конъюнктуру рынка и не нарушать экологическую безопасность ландшафта. Поэтому на дерново-подзолистых почвах целесообразно использовать севообороты с короткой ротацией (4–5 лет). Они наиболее приемлемы для небольших фермерских, крестьянских хозяйств и могут быть освоены в производстве в течение 2–3 лет. Для разработки усовершенствованных кормовых севооборотов использовали современный подход к построению севооборотов.

Для молочно-животноводческих хозяйств Северо-Западных регионов Нечерноземной зоны России рекомендуют включать в севообороты зернобобовые на зеленую массу и зерно, озимую рожь, яровой ячмень и яровой овес на зерно, многолетние травы, в основном клевер с тимофеевкой, которые и включали в изучаемый севооборот.

В исследуемом севообороте 40 % занимает викоовсяная смесь. Яровая вика и другие зернобобовые культуры должны стать важнейшим источником кормового белка в стране. Яровая вика представляет большую ценность для севооборотов, так как обладает высокой азотфиксирующей способностью и обогащает почву органическим веществом и азотом. Яровую вику на зеленый корм и сено обычно высевают с овсом. Яровой овес выступает в качестве поддерживающей культуры.

Цель исследований – изучить влияние биологических факторов на двух фонах минеральных удобрений на плодородие почвы, урожайность и количественные показатели кормовых культур за ротацию севооборота в условиях Новгородской области.

Материалы и методы. В 2019–2023 гг. проводили исследования в коротком ротационном кормовом севообороте на дерново-подзолистой подстилаемой глинами почве. В пахотном слое почвы 0–20 см содержится 215–235 мг/кг подвижного фосфора, 220–240 мг/кг обменного калия (по Кирсанову), 3,0–3,3 % гумуса (по Тюрину), $pH_{\text{кел}}$ 5,5–6,0. Чередование культур в севообороте: вика-овес на зеленую массу; озимая рожь на зерно + солома*; яровой ячмень на зерно + солома*; вика-овес на зерно + солома*; овес на зерно + солома* (*солома на удобрение).

Измельченную солому зерновых и зернобобовых использовали вместо навоза. Ее измельчали при уборке и равномерно распределяли по делянкам опыта, по соломе вносили азот по 10 кг на 1 т. Азотные удобрения предназначены для того, чтобы уменьшить соотношение С:N в соломе. Измельченную солому заделывали в верхний слой почвы сельскохозяйственным орудием

БДТ-3 на глубину 10–12 см и через 2–3 недели запахивали плугом ПЛН 3-35 при зяблевой вспашке. Агрехимические анализы, проведенные в лаборатории Новгородского НИИСХ, показали, что в 1 т соломы викоовса, озимой ржи, ячменя и овса содержится азота 4,1; 4,3; 4,1; 5,0 кг, фосфорного ангидрида – 2,2; 1,7; 3,6; 3,2 кг, окиси калия – 11,2; 7,7; 8,1; 8,3 кг соответственно.

В полевом опыте исследовали следующие факторы.

Фактор В – минеральные удобрения: V_1 – дозы минеральных удобрений на планируемый урожай – викоовсяная смесь на з/м (30,0 т/га) $N_{82}P_{105}K_{142}$, озимая рожь на зерно (4 т/га) $N_{68}P_{42}K_{80}$, ячмень на зерно (3 т/га) $N_{61}P_0K_{60}$, викоовес на зерно (3 т/га) $N_{76}P_{16}K_{10}$, овес на зерно (3 т/га) $N_{58}P_{22}K_{20}$; V_2 – дозы минеральных удобрений под возделываемые кормовые культуры – 50 % от фактора V_1 .

Фактор Н – применение биоудобрений: H_0 – контроль без (А + Ф) + фунгицид; H_1 – протравливание семян перед посевом А (2 л/т) + Ф (2 л/т) + фунгицид; H_2 – некорневое опрыскивание вегетирующих растений при высоте до 30 см (А + Ф по 1 л/га каждого препарата); H_3 – использование в технологиях двух факторов $H_1 + H_2$.

Схема опыта 2×4 представлена в таблице 1. Опыт закладывали с трехкратным повторением, в севообороте по годам испытаний культуры высевали последовательно. Площадь делянки – 100 м². Делянки разделены на две равные половины, учетная площадь – 25 м² по изучаемым факторам. Посев проводили в оптимальные сроки. Нормы высева семян: викоовес на з/м – овес 2,0, вика 3,0; вико-овес на семена – овес 4,5, вика 0,8–1,0; овес – 4,0; озимая рожь – 6,0; яровой ячмень – 5,5 млн. шт. всхожих семян на 1 га. Семена, обработанные только фунгицидами, высевали на ½ делянки, на другой половине – высевали семена, обработанные пестицидами с добавлением биопрепаратов по 2 л на 1 т. Обработку штанговым опрыскивателем вегетирующих посевов проводили на следующих стадиях развития растений: зернобобовых (викоовсяная смесь) – в фазу кущения – начала трубкования овса и образования ветвления у вики; зерновых – кущения – начала трубкования.

Дозы минеральных удобрений на планируемый урожай рассчитывали балансовым методом с учетом основных элементов питания в почве и коэффициентов использования питательных веществ из почвы и удобрений, а также выноса элементов питания всем планируемым урожаем [2]. Расчет баланса питательных веществ азота, фосфора, калия и гумуса проводили по методическим указаниям [3] и рекомендациям по составлению проекта по применению удобрений [9]. Данные гумификации соломы и пожнивно-корневых остатков взяли из этих же источников [3, 9]. Семена кормовых культур от болезней протравливали разрешенными пестицидами.

На урожай кормовых культур оказывали влияние погодные условия в периоды вегетации и гидротермический коэффициент Г.Т. Селянинова (ГТК), который характеризует степень увлажнения территории. В годы исследований ГТК составил 1,7; 1,3; 2,0; 0,9 и 1,0 ед., что свидетельствует об избыточных (1,7–2,0), хороших (1,3) и средних условиях увлажнения территории в вегетационный период.

Определение урожайности кормовых культур, содержания переваримого протеина, дисперсионный анализ при обработке экспериментальных данных, расчет ресурсно-экономической эффективности технологий проводили по методикам [1, 4, 6].

Учет урожайности возделываемых кормовых культур (зерновых и зернобобовых) проводили при полной спелости зерна, викоовса на зеленую массу – в фазу образования зеленых лопаток у вики. Растительные образцы исследовали по ГОСТ 27548-97, ГОСТ ISO 712-2015.

Результаты исследований. В 5-польном кормовом севообороте (насыщенность однолетними бобово-злаковыми культурами на 40 %) за ротацию в варианте 4 самая высокая урожайность возделываемых культур: викоовса на з/м, зерна озимой ржи, ячменя, викоовса и овса – 42,4; 7,3; 4,1; 4,7 и 4,2 т/га соответственно при использовании в технологических операциях дважды новых микробиологических удобрений (Азотовит и Фосфатовит) и полного минерального удобрения на прогнозируемый урожай и побочной продукции зерновых и зернобобовых в качестве органических удобрений (см. таблицу 1).

Повышение содержания белка в растительных культурах является актуальной проблемой животноводства. При нехватке кормового белка происходит перерасход кормов, что увеличивает себестоимость животноводческой продукции [12]. Лучшую продуктивность кормов с 1 га в сред-





Таблица 1 – Влияние минеральных и биоудобрений Азотовита и Фосфатовита на урожайность культур в севообороте за ротацию (2019–2023 гг.), т/га

Table 1 – The effect of mineral and biofertilizers of Azotovite and Phosphatovite on crop yields in crop rotation for rotation (2019–2023), t/ha

Вариант	Фактор В	Фактор Н	Викоовес, зеленая масса	Оз. рожь, зерно	Ячмень, зерно	Викоовес, зерно	Овес, зерно
1	В ₁ – фон 1	H ₀	37,2	5,6	2,9	3,4	3,1
2		H ₁	39,9	6,1	3,0	4,2	3,6
3		H ₂	39,6	6,3	3,4	4,3	3,8
4		H ₃	42,4	7,3	4,1	4,7	4,2
5	В ₂ – фон 2	H ₀	32,1	4,9	2,3	2,8	2,6
6		H ₁	35,9	5,6	2,7	3,4	3,1
7		H ₂	35,8	5,7	2,8	3,5	3,2
8		H ₃	37,3	6,2	3,5	3,9	3,5
Фактор В НСР ₀₅			1,2	0,6	0,3	0,2	0,2
Фактор Н НСР ₀₅			1,0	0,5	0,3	0,3	0,2
НСР ₀₅ для сравнения частных средних			2,3	1,0	0,6	0,6	0,4

нем за ротацию севооборота обеспечил вариант 4 – 6,0 тыс. т к. ед. при двукратном воздействии микробных удобрений по фону 1 (таблица 2). Также в этом варианте отмечали максимальный выход переваримого протеина (0,64 т/га) и лучшие энерго-экономические показатели – низкую удельную энергоёмкость основной продукции (2,3 ГДж/тыс. т к. ед.), высокую энергоэффективность производства (5,4 ед.), а рентабельность свыше 150 % и условную чистую прибыль 39 тыс. руб./га (таблица 2).

Таблица 2 – Продуктивность, кормовые и энерго-экономические показатели возделываемых культур за ротацию севооборота при комплексном использовании органических, минеральных и биологических удобрений

Table 2 – Productivity, feed and energy-economic indicators of cultivated crops for rotation of crop rotation with the integrated use of organic, mineral and biological fertilizers

Вариант	Продуктивность, тыс. т к. ед./га	Переваримый протеин, т/га	Энергоёмкость основной продукции, ГДж/тыс. т к. ед.	Энергетическая эффективность, ед.	Рентабельность, %	Условная чистая прибыль*, тыс. руб./га
1	4,6	0,50	3,1	4,4	126	27
2	5,2	0,56	2,8	4,9	138	33
3	5,3	0,58	2,8	5,0	140	33
4	6,0	0,64	2,3	5,4	156	39
5	3,9	0,42	2,9	4,7	130	23
6	4,5	0,50	2,8	5,1	136	29
7	4,6	0,50	2,8	5,1	138	28
8	5,1	0,55	2,5	5,2	147	33

* в ценах 2019 г.

По вариантам опыта запаховали всю измельченную солому зерновых и зернобобовых как альтернативу традиционным органическим удобрениям. Вместо навоза за ротацию в почву запахали солому по вариантам 1–8: 20,3; 23,3; 24,1; 27,4; 17,1; 20,1; 20,6 и 23,1 т/га соответственно. Вместе с соломой в почву поступило азота 82; 94; 97; 110; 68; 81; 83 и 93 кг/га; фосфора – 49; 57; 59; 67; 41; 48; 50 и 57 кг/га; калия – 186; 216; 223; 253; 156; 184; 189 и 212 кг/га. Интенсивность баланса за ротацию по фону 1 варианты 1–4 составила по азоту 103–114 %; по фосфору 105–128 %; по калию – 80–87 %. Это вполне благоприятный баланс питательных веществ, который способствует сохранению и повышению плодородия почвы. Д. Н. Прянишников предлагал так планировать внесение удобрений, чтобы возместить вынос азота и калия на 75–80 %, фосфора на 100 %. По фону 2 варианты 5–8 баланс питательных веществ по азоту составил 90–94 %, по фосфору – 80–90 %, по калию – выше 70 %.

Среднее содержание органического вещества в 1 т соломы у зерновых 800 кг, у зернобобовых 780 кг при 16 % влажности [10]. Расчет баланса гумуса за ротацию, проведенный по методичес-

ким указаниям ЦИНАО (Москва, 2000) и рекомендациям Росинформагротех (Москва, 2000) при использовании коэффициентов гумификации корневых и пожнивных остатков и соломы, показал, что с соломой в почву поступило 1,94–3,10 т/га органических удобрений, с поживно-корневыми остатками 3,36–4,38 т/га (таблица 3). В итоге плодородие дерново-подзолистой почвы повысилось за ротацию по всем вариантам на 1,96–4,14 т/га, что согласуется с предыдущими исследованиями [11].

Таблица 3 – Баланс гумуса дерново-подзолистой почвы за ротацию севооборота, т/га

Table 3 – Humus balance of sod-podzolic soil for rotation of crop rotation, t/ha

Вариант	Гумификация поживно-корневых остатков	Гумификация органических удобрений	Минерализация гумуса	Баланс гумуса, +/-
1	3,87	2,30	3,33	+2,83
2	3,82	2,58	3,33	+3,06
3	3,95	2,72	3,33	+3,34
4	4,38	3,10	3,33	+4,14
5	3,36	1,94	3,33	+1,96
6	3,79	2,27	3,33	+2,73
7	3,87	2,33	3,33	+2,87
8	3,99	2,61	3,33	+3,27

Заключение. Предпосевная обработка семян перед посевом новыми биоудобрениями (Азотовит и Фосфатовит) в дозе по 2 л/т и некорневое опрыскивание в ранние фазы развития растений (по 1 л/га каждого препарата с внесением под предпосевную культивацию расчетных доз минеральных удобрений в соответствии с планируемой урожайностью) дали положительные результаты. Урожайность вико-овса на з/м и зерно, зерна озимой ржи, ячменя и овса составила 6,8; 5,2; 8,6; 5,0 и 4,2 тыс. т к. ед./га с низкой энергоемкостью производства 1,9; 2,2; 3,3; 2,4 и 3,6 ГДж/ тыс. т к. ед. соответственно. Рентабельность производства составила свыше 150 %.

Применение побочной продукции (соломы) как органического удобрения и используемые технологические операции повысили плодородие почвы, а баланс почвенного гумуса в севообороте за ротацию по всем вариантам увеличился в среднем более чем на 1,9 т/га.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта: с основами статистической обработки результатов исследований. М.: Книга по Требованию, 2013. С. 248–255.
2. Каюмов М. К. Программирование урожаев сельскохозяйственных культур. М.: Агропромиздат, 1989. 320 с.
3. Методические указания по определению баланса питательных веществ азота, фосфора, калия, гумуса, кальция. М.: Изд-во ЦИНАО, 2000. 40 с.
4. Методика ресурсно-экологической оценки эффективности земледелия на биоэнергетической основе / РАСХН. Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии. Курск: ЮМЭКС, 1999. 48 с.
5. Покровская Е. В., Ефимова В. С. Динамика плодородия почв Новгородской области // Плодородие. 2003. № 2(11). С. 13–14.
6. Программа и методика исследований в географической сети полевых опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. М.: Тип. ВГУ, 1990. С. 57–59.
7. Резанова Г. И., Иванченко Т. В. Влияние микробиологических удобрений Азотовит и Фосфатовит на развитие и продуктивность зерновых культур // Научно-агрономический журнал. 2012. № 1(90). С. 15–21.
8. Семинченко Е. В. Урожайность севооборотов в зависимости от приёмов биологизации // Аграрная наука. 2021. № 1. С. 121–124.
9. Составление проекта на применение удобрений (Рекомендации) / Министерство сельского хозяйства РФ. М.: Росинформагротех, 2000. 153 с.
10. Технология эффективного использования растительных остатков как органических удобрений на черноземах лесостепи ЦЧЗ / Р. Ф. Еремина [и др.]. Курск, 2005. 20 с.
11. Тиранова Л. В. Влияние микробиологических и минеральных удобрений на качество кормов и плодородие почвы в Новгородской области // Плодородие. 2022. № 2. С. 26–29.





12. Тошина Е. А., Амбарцумова К. А. Однолетние бобовые как источник решения проблемы кормового белка для сельскохозяйственных предприятий Новгородской области // Наука, бизнес, власть – триада регионального развития: сб. ст. СПб.: ГРИИ «Нацразвитие», 2019. С. 163–167.

13. Тупицина В. В., Резанова В. И. Влияние баковых смесей современных препаратов на продуктивность и качество ярового ячменя // Вестник Прикаспия. 2016. № 2(13). С. 28–32.

14. Юдина И. Н., Попова Л. Д. Влияние бактериальных удобрений Азотовит и Фосфатовит на урожайность зерна ячменя в условиях Калужской области // Инновационные разработки для развития отраслей сельского хозяйства региона: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием; под ред. В. Н. Мазурова. Калуга: ФГБНУ «Калужский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», 2019. С. 208–211.

15. Ivanova I., Ilyina S., Dementiev D. Influence of microbiological preparations on spring wheat yield. In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference: AGRITECH-III-2020: Agribusiness, Environmental Engineering and Biotechnologies. Krasnoyarsk Science and Technology City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52001.

REFERENCES

1. Dospikhov B. A. Methodology of field experience: with the basics of statistical processing of research results. M.: Book on Demand; 2013. P. 248–255. (In Russ.).

2. Kayumov M. K. Programming of agricultural crops. M.: Agropromizdat; 1989. 320 p. (In Russ.).

3. Methodological guidelines for determining the balance of nutrients nitrogen, phosphorus, potassium, humus, calcium. M.: QINGAO publishing house; 2000. 40 p. (In Russ.).

4. The methodology of resource and environmental assessment of the efficiency of agriculture on a bioenergy basis / RASKHN. All-Russian Scientific Research Institute of Agriculture and Soil Protection from Erosion. Kursk: Publishing house of the YUMEX Center. 1999. 48 p. (In Russ.).

5. Pokrovskaya E. V., Efimova V. S. Dynamics of soil fertility in the Novgorod region. *Fertility*. 2003;2(11):13–14. (In Russ.).

6. Program and methodology of research in the geographical network of field experiments on the integrated use of chemicals in agriculture. M.: Type. VSU; 1990. P. 57–59. (In Russ.).

7. Rezanova G. I., Ivanchenko T. V. The influence of microbiological fertilizers Azotovite and Phosphatovite on the development and productivity of grain crops. *Scientific and Agronomic Journal*. 2012;1(90):15–21. (In Russ.).

8. Seminchenko E. V. Crop rotation productivity depending on biologization techniques. *Agricultural Science*. 2021;(1):121–124. (In Russ.).

9. Drawing up a project for the use of fertilizers (Recommendations) / M-in the village. economy of the Russian Federation. M.: Rosinformagrotech; 2000. 153 p. (In Russ.).

10. Technology of effective use of plant residues as organic fertilizers on chernozems of the forest-steppe of the Central Forest area / R. F. Eremina, S. S. Mashchenko, N. A. Chuyan, A. E. Fedorchenko, A. A. Ermakova. Kursk; 2005. 20 p. (In Russ.).

11. Tupitsina V. V., Rezanova V. I. Influence of tank mixtures of modern preparations on productivity and quality of spring barley. *Bulletin of the Caspian Sea*. 2016;2(13):28–32. (In Russ.).

12. Toshina E. A., Ambartsumova K. A. Annual legumes as a source of solving the problem of feed protein for agricultural enterprises of the Novgorod region. Collection of articles: “Science, business, power-the triad of regional development”. St. Petersburg: GRI “National Development”; 2019. P. 163–167. (In Russ.).

13. Tiranova L. V. Influence of microbiological and mineral fertilizers on feed quality and soil fertility in the Novgorod region. *Soil Fertility*. 2022;(2):26–29. (In Russ.).

14. Yudina I. N., Popova L. D. The effect of bacterial fertilizers Azotovite and Phosphatovite on the yield of barley grain in the Kaluga region. In the collection: Innovative developments for the development of agricultural sectors in the region. Collection of scientific papers based on the materials of a scientific and practical conference with international participation. Edited by V.N. Mazurov. Kaluga: Kaluga State Budgetary Institution “Kaluga Scientific Research Institute of Agriculture”. 2019. P. 208–211. (In Russ.).

15. Ivanova I., Ilyina S., Dementyev D. The effect of microbiological preparations on the yield of spring wheat. In the collection: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. III International Scientific Conference “AGROTECH-III-2020: Agribusiness, environmental engineering and Biotechnology”. Krasnoyarsk Scientific and Technical City Hall of the Russian Union of Scientific and Engineering Associations. 2020. P. 52001. (In Russ.).

Статья поступила в редакцию 27.12.2023; одобрена после рецензирования 02.02.2024; принята к публикации 19.02.2024.

The article was submitted 27.12.2023; approved after reviewing 02.02.2024; accepted for publication 19.02.2024.