

# ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МНОГОЛЕТНИХ ТРАВ В РЕШЕНИИ ПРОБЛЕМЫ БИОЛОГИЗАЦИИ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ РЕСПУБЛИКИ КАРЕЛИЯ<sup>1</sup>

**Л.П. Евстратова\*, Е.В. Николаева, Г.В. Евсеева**

Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Федеральный исследовательский центр  
«Карельский научный центр Российской академии наук», Петрозаводск, Россия

\* Эл. почта: levstratova@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 06.09.2022; принята к печати 11.11.2022

Одно из направлений биологизации земледелия в условиях Карелии – широкое использование многолетних трав, которые являются источником получения кормов и выполняют важную экологическую функцию. При двухкосном режиме скашивания зеленой массы изучены урожайность и протеиновая продуктивность одно- и трехвидовых травостоев с участием клевера лугового *Trifolium pratense*, козлятника восточного *Galega orientalis*, люцерны изменчивой *Medicago varia* Mart, костреца безостого *Bromus inermis*, тимофеевки луговой *Phleum pratense* без применения минеральных удобрений и при внесении  $N_{45}P_{60}K_{90}$ . Наибольшей продуктивностью (т/га) выделялся клевер (сухая масса – до 8,6, сырой протеин – 1,51), а также люцерна + клевер + тимофеевка (9,4 и 1,32 соответственно). Ежегодное весеннее использование минеральных удобрений вызвало несущественное увеличение урожайности биомассы клевера, что исключает необходимость их внесения. Для биологизации северного земледелия рекомендовано возделывание (два-три года) чистого травостоя клевера лугового, а также трехвидового агрофитоценоза с участием этого вида, люцерны изменчивой и тимофеевки луговой (шесть-семь лет). На пастбище бобово-злаковые многолетние травостои за пятилетний период накапливают в почве до 9,0 т/га укосных, корневых остатков с содержанием общего азота до 113,0 кг/га, чем способствуют небольшому увеличению содержания гумуса и снижению кислотности почвы

**Ключевые слова:** одновидовые, смешанные многолетние травостои, продуктивность, биологизация земледелия.

## THE EFFECTIVENESS OF THE USE OF PERENNIAL GRASSES IN SOLVING THE PROBLEM OF BIOLOGIZATION OF AGRICULTURE IN THE REPUBLIC OF KARELIA

**L.P. Yevstratova, Ye.V. Nikolayeva, G.V. Yevseyeva**

Karelian Research Centre, the Russian Academy of Sciences, Petrozavodsk, Russia

Email: levstratova@yandex.ru

One of approaches to biologization of agriculture in Karelia is a widespread use of perennial grasses, which are a source of fodder and perform important ecological functions. We compared yield and protein productivity (tons/hectare) of one- and three-species grass stands including foxtail clover *Trifolium pratense*, eastern galega *Galega orientalis*, alfalfa *Medicago varia* Mart, smooth brome grass *Bromus inermis*, and timothy *Phleum pratense* grown without mineral fertilizers or with  $N_{45}P_{60}K_{90}$  using the two-cut mode of mowing the green mass. Clover (dry weight up to 8.6, crude protein 1.51), as well as alfalfa + clover + timothy (9.4 and 1.32, respectively) featured the highest productivity. The annual spring application of mineral fertilizers caused but an insignificant increase in the yield of clover biomass, which suggests that there is no need for their application. For the biologization of a northern agriculture, it is recommended to cultivate (for two to three years) a pure grass stand of red clover, as well as a three-species stand including clover, alfalfa and timothy (six to seven years). In a pasture, legume-cereal perennial grass stands accumulate in the soil up to 9.0 ton/hectare of mowing root residues, total nitrogen content being up to 113.0 kg/ha over a five-year period, thus contributing to a slight increase in humus content and a decrease in soil acidity.

**Keywords:** single-species, mixed perennial herbage, productivity, biologization of agriculture.

<sup>1</sup> По материалам, представленным на II Международной научно-практической конференции «Проблемы экологии и сельское хозяйство в XXI веке», посвященной 135-летию со дня рождения Н.И. Вавилова и 300-летию Российской академии наук. Москва, 3–6 октября 2022 г.

## Введение

Биологизация земледелия как составная часть программы экологизации сельского хозяйства [1] включает широкое применение органических удобрений, сидератов, а также увеличение в севообороте доли многолетних трав, которые чрезвычайно важны не только для формирования высокого урожая биомассы с целью заготовки кормов в повышении плодородия почв, но и для оптимизации их фитосанитарного состояния и активизации микробиологических процессов [2].

Многолетние травы имеют большое экологическое значение. Их почвозащитная роль заключается в формировании мощного травостоя, надежно укрывающего поверхностный слой от ливней и ветра, и хорошо развитой корневой системы, укрепляющей почву [3].

В условиях ограничения материальных и энергетических ресурсов возникает необходимость увеличения в структуре посевов удельного веса различных представителей семейства бобовых для реализации их биологического потенциала без затрат на приобретение дорогостоящих азотных удобрений [4, 5]. В севообороте бобовые культуры рассматриваются как мощный биологический фактор интенсификации земледелия и энергосбережения [2].

В мировой практике широко применяют смешанные посевы многолетних бобовых и злаковых трав, и при правильном подборе компонентов по видовому и сортовому составу они имеют существенное преимущество перед одновидовыми посевами [6, 7]. Поливидовые травостои характеризуются более высокими показателями урожайности и качества растительного сырья за счет лучшего использования питательных веществ почвы, влаги и солнечной энергии благодаря различному строению надземных органов и корневой системы растений [8–10]. В бобово-злаковом агроценозе возрастает суммарная площадь листьев, усиливается интенсивность фотосинтеза. С ее увеличением у бобового растения возрастает и азотфиксация, так как эти процессы находятся в тесной взаимосвязи [11]. Ценность бобовых и злаковых многолетних трав связана также с их комплексным воздействием на плодородие почвы [12]. Кроме накопления азота бобовыми растениями злаковый компонент одновременно создает и оставляет в почве большую массу хорошо разветвленной корневой системы. За 14-летний период использования наибольшую подземную массу (10,3–12,4 т/га сухого вещества) формируют люцерна изменчивая, а также кострцово-тимофеечный травостой на фоне внесения азотных удобрений [13]. Регулярное использование последних вызывает подкисление почвенного раствора, поэтому для оптимизации экологического состояния почв представляет интерес более широкое применение бобовых трав. И корни, и продукты их разложения положительно влияют на структуру почвы, ее гумусовый баланс и азотный

фонд [3]. Исследованиями С.Т. Эседуллаева [12] на дерново-подзолистых почвах Верхневолжья установлено, что укосно-корневые остатки (УКО) козлятника (16,6 т/га), люцерны (19,2) и клевера (10,2 т/га) богаты азотом. В одновидовом посеве первой культуры аккумулируется 315 кг/га общего и 236 кг/га симбиотического азота, второй – 338 и 187, третьей – 156 и 130 кг/га. Люцерна превосходила козлятник в накоплении УКО в 1,4, клевер – в 2,3 раза, симбиотического азота – в 1,25 и 2,27 раза соответственно.

В современном кормопроизводстве Карелии основная причина низкой доли бобовых компонентов в травостоях – преимущественное использование клевера лугового, отличающегося коротким периодом хозяйственного использования (2–3 года). Поэтому перспективно выращивание интродуцированных бобовых культур – люцерны изменчивой и козлятника восточного. Сорты люцерны нового поколения, созданные селекционерами Всероссийского научно-исследовательского института кормов им. В.Р. Вильямса, менее чувствительны к кислым почвам, сохраняются в травостоях значительно дольше – от 7 до 8 лет. На мелиорированных сельскохозяйственных угодьях Карельской государственной сельскохозяйственной опытной станции (2006–2019) травостой с включением *Medicago varia* Mart. (сорты Селена, Пастбищная 88, Агния, Таисия) обеспечили с 1 га урожайность сухой массы 7,6–8,5 т, сбор сырого протеина – 0,97–1,1 т по сравнению с клевером луговым – 6,1 и 0,64 соответственно [13].

Большой интерес представляет и козлятник восточный *Galega orientalis* Lam, который характеризуется высокой экологической пластичностью и кормовой ценностью. Преимущество выращивания заключается в его долголетию (12 лет и более). Однако эта культура медленно развивается в год посева и малопродуктивна в первые два года пользования. Хорошие результаты козлятник восточный показывает при возделывании его в смешанных травостоях с включением клевера лугового, который, наоборот, отличается высокой урожайностью в вышеуказанный период развития.

Конструирование высокопродуктивных и экологически устойчивых агрофитоценозов на основе широкого использования видов и сортов бобовых и злаковых многолетних трав, адаптированных к конкретным почвенно-климатическим условиям, является одним из элементов перехода к органическому сельскому хозяйству.

Цель работы – изучить продуктивность одновидовых, смешанных многолетних травостоев, выделить лучшие из них на естественном фоне питания и с внесением минеральных удобрений для обоснования эффективности отдельных элементов биологизации земледелия в условиях Карелии.

## Объекты и методы исследования

Исследования проводили на базе лаборатории агротехнологий «Вилга» ФИЦ «Карельский научный центр Российской академии наук».

Объектом изучения явились одно- и трехвидовые травостой с использованием клевера лугового – *Trifolium pratense* L. (сорт Добряк), козлятника восточного – *G. orientalis* (Юбиляр), люцерны изменчивой – *M. varia* (Благодать), костреца безостого – *Bromopsis inermis* Leys. (Воронежский 17), тимофеевки луговой – *Phleum pratense* L. (Олонецкая местная).

Опыт был заложен в 2018 году, посев рядовой, без покрова. Семена бобовых культур предварительно обрабатывали специфическими для каждого вида штаммами ризоторфина: 339<sup>6</sup> (клевер), 415<sup>6</sup> (люцерна), К-2 (козлятник). Считается, что нитрагинизация семян бобовых культур является резервом увеличения количества фиксированного азота [2].

Многолетние травы выращивали в естественных условиях (контроль) и ежегодного однократного внесения N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> в начале весеннего отрастания трав.

Периоды вегетации растений (2018–2021) были неоднородны по метеорологическим показателям. В год посева благоприятный комплекс абиотических факторов среды способствовал росту и развитию многолетних трав. При двукратном отчуждении урожай зеленой массы растений в первой половине полевого сезона 2019 года формировался на фоне повышенной температуры воздуха и дефицита влаги, а во второй – недостаточной тепло- и избыточной влагообеспеченности. В последующие годы ресурсы тепла и влаги распределялись крайне неоднородно: оптимальные условия во время роста и развития надземной массы до первого укоса сочетались с недостатком влаги – до второго.

Почва опытного поля – дерново-подзолистая, легкосуглинистая. По показателю углерода в органическом веществе почвы содержание гумуса – 3,53%, подвижных форм калия – от 280 до 301 и фосфора – от 250 до 439 мг/кг, pH 5,2–5,3.

Исследования проведены по методикам полевого опыта [14]. Учетная площадь делянки – 10 кв. м, повторность четырехкратная, размещение вариантов в опыте – рандомизированное. Со второго года жизни растений двукратно учитывали урожай зеленой массы сплошным способом в начале бутонизации бобовых и фазе массового колошения злаковых трав. С учетом связи между содержанием сырого протеина в продукции растениеводства и азота в почве [15] в вариантах опыта рассчитывали протеиновую продуктивность одного гектара.

Биохимические показатели определяли на оборудовании Центра коллективного пользования КарНЦ РАН (спектрофотометр СФ-2000, атомно-абсорбционный спектрофотометр АА-7000, потенциометр Анион

4100, весы Sartorius CP1245). Обработку экспериментальных данных проводили на персональном компьютере с использованием программного пакета Excel.

## Результаты и обсуждение

Урожайность надземной вегетативной массы многолетних трав является интегральным показателем, зависящим от комплекса абиотических факторов среды, биологических особенностей компонентов моно- и поливидовых травостоев, способности бобовых культур к азотфиксации, фона питания растений и др. Минеральные удобрения повышают фотосинтетическую активность растений, улучшают их рост и развитие. Злаковые травы наиболее отзывчивы на внесение азотных, а бобовые – фосфорных и калийных удобрений. Фосфор как составная часть АТФ участвует в азотфиксации атмосферного азота. Калий способствует передвижению углеводов из листьев к расположенным на корневой системе ризобияльным клубенькам, увеличивая азотфиксирующую способность бактерий. В процессе аккумуляции азота из воздуха происходит его накопление в биомассе растений и почве [16].

В первый год пользования трав среди бобовых представителей наибольшей интенсивностью роста, фитocenотической активностью и урожайностью сухой массы характеризовался клевер луговой (табл. 1).

На фоне использования удобрений урожай кормовой массы за два укоса существенно превышал в одновидовых травостоях *G. orientalis*, *M. varia*, *B. inermis*, а также клеверо-тимофеечных травосмесей с участием одного из последних видов, в основном, за счет *T. pratense*. Наиболее высокая протеиновая продуктивность с гектара (табл. 2) установлена в одновидовом посеве клевера лугового, а также комбинированных травостоях с добавлением в клеверо-тимофеечную смесь козлятника восточного или люцерны изменчивой. Полученные данные согласуются с выводами Т.И. Володиной с соавт. [15] о высоком сборе протеина при возделывании бобовых и злаковых многолетних трав на дерново-подзолистых легкосуглинистых почвах, особенно на фоне применения удобрений.

Во второй год пользования среди одновидовых травостоев по урожайности за два укоса выделился клевер луговой на фоне N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>, однако прибавка от этого агроприема недостоверна. Внесение удобрений оказало существенное влияние на формирование остальных чистых посевов. С улучшением режима питания смешанных агроценозов высокие значения продуктивности, достоверно превышающие показатели контроля, получены в варианте люцерна + клевер + тимофеевка. В других гетерогенных травостоях урожай приближался к уровню одновидового посева клевера лугового. По протеиновой продуктивности независимо от фона питания выделился травостой *T. pratense*.

Урожайность сухой биомассы моно- и гетерогенных многолетних агроценозов на разном фоне питания (2019–2021), т/га

Видовой состав трав	Фон**	Год пользования								
		первый			второй			третий		
		1-й укос	2-й укос	за два укоса	1-й укос	2-й укос	за два укоса	1-й укос	2-й укос	за два укоса
Козлятник восточный	1	1,2	1,2	2,4	4,0	2,6	6,6	3,7	2,4	6,1
	2	3,6*	1,5	5,1*	5,3*	2,9	8,2*	4,1	2,1	6,2
Клевер луговой	1	3,4	3,5	6,9	3,8	4,5	8,3	3,6	3,2	6,8
	2	5,5*	2,9	8,3	4,9*	3,7*	8,6	4,2	2,1	6,3
Люцерна изменчивая	1	1,5	0,8	2,3	2,2	1,5	3,7	3,1	2,6	5,7
	2	3,3*	0,9	4,2*	4,2*	1,8	6,0*	4,4	2,8	7,2
Тимофеевка луговая	1	2,6	0,6	3,2	3,3	–	3,3	2,9	–	2,9
	2	3,7	0,8	4,5	5,9*	–	5,9*	5,1	–	5,1
Кострец безостый	1	2,6	1,2	3,8	3,6	1,2	4,8	2,5	1,4	3,9
	2	4,6*	2,0	6,6*	4,8*	1,6	6,4*	4,4	1,5	5,9
Козлятник + клевер + тимофеевка	1	3,4	2,8	6,2	4,6	3,4	8,0	4,8	2,8	7,6
	2	5,5*	3,0	8,5*	6,1*	2,8*	8,9	6,9	2,1	9,0
Козлятник + клевер + кострец	1	4,3	3,3	7,6	4,7	3,7	8,4	4,4	2,8	7,2
	2	5,4	2,1*	7,5	4,5	3,3	7,8	5,6	2,5	8,1
Люцерна + клевер + тимофеевка	1	4,2	2,9	7,1	4,4	3,4	7,8	4,7	2,7	7,4
	2	6,7*	2,7	9,4*	5,6*	3,6	9,2*	5,9	2,4	8,3
Люцерна + клевер + кострец	1	4,2	3,4	7,6	4,9	3,7	8,6	4,8	2,8	7,6
	2	5,4	3,2	8,6	5,2	3,5	8,7	5,2	2,8	8,0
НСР <sub>05</sub> для фона		1,6	1,1	1,8	0,9	0,5	1,0	–	–	–

\* Достоверные отклонения от контроля на 5%-м уровне значимости.

\*\* 1 – без внесения удобрений (контроль), 2 – N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>.

Несмотря на колебания погодных условий третьего года пользования трав (2021) использование удобрений положительно повлияло на ростовые процессы только злаковых видов. Однако ко второму укосу тимофеевка луговая не достигла оптимальных линейных показателей для скашивания травостоя. Максимальную продуктивность одного гектара среди одновидовых посевов обеспечил клевер луговой без удобрений, а поливидовых – козлятник + клевер + тимофеевка на фоне внесения удобрений. По содержанию сырого протеина в растительной надземной массе одновидовые агроценозы бобовых превосходили злаковые.

Значение многолетних трав для улучшения почвы показано нами на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах. В течение пяти лет выращивания бобово-злаковых многолетних травостоев на пастбищных угодьях накопилось 7,1–9,0 т/га укосных и корневых остатков при содержании общего азота – 83,4–113,0 кг/га. Эти агрофитоценозы способствова-

ли также увеличению содержания гумуса на 0,4% и снижению кислотности почвенного раствора на 0,2 единицы рН<sub>сол</sub>.

## Выводы

В условиях Карелии среди одновидовых посевов многолетних трав с учетом уровня питания растений максимальной продуктивностью характеризуется клевер луговой (сухой массы до 8,3–8,6 т/га, сырого протеина 1,43–1,51 т/га), а среди бобово-злаковых травостоев – люцерна + клевер + тимофеевка (7,8–9,4 т/га, 1,10–1,32 т/га, соответственно). Применение N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> не оказало существенного влияния на урожай сухой массы клевера лугового, что свидетельствует о нерациональности использования минеральных удобрений при выращивании этой культуры в чистом виде. Интродуцированные виды – козлятник восточный и люцерна изменчивая – в первые годы жизни растений уступают по продуктивности клеверу луговому. Ввиду этого, при конструирова-

## Протеиновая продуктивность одновидовых и смешанных агроценозов (2019–2021), т/га

Видовой состав трав	Фон*	Год пользования								
		первый			второй			третий		
		1-й укос	2-й укос	Два укоса	1-й укос	2-й укос	Два укоса	1-й укос	2-й укос	Два укоса
Козлятник восточный	1	0,21	0,23	0,44	0,71	0,53	1,24	0,72	0,36	1,08
	2	0,58	0,32	0,90	0,83	0,57	1,40	0,82	0,28	1,10
Клевер луговой	1	0,54	0,74	1,28	0,72	0,71	1,43	0,55	0,69	1,24
	2	0,83	0,63	1,46	0,74	0,77	1,51	0,72	0,34	1,06
Люцерна изменчивая	1	0,15	0,12	0,27	0,23	0,29	0,52	0,38	0,39	0,77
	2	0,37	0,13	0,50	0,35	0,36	0,71	0,59	0,31	0,90
Тимофеевка луговая	1	0,19	0,05	0,24	0,17	–	0,17	0,22	–	0,22
	2	0,26	0,07	0,33	0,37	–	0,37	0,43	–	0,43
Кострец безостый	1	0,21	0,1	0,31	0,26	0,09	0,35	0,16	0,10	0,26
	2	0,51	0,17	0,68	0,36	0,07	0,43	0,29	0,06	0,35
Козлятник + клевер + тимофеевка	1	0,49	0,56	1,05	0,55	0,42	0,97	0,59	0,32	0,91
	2	0,75	0,54	1,29	0,65	0,31	0,96	0,73	0,32	1,05
Козлятник + клевер + кострец	1	0,55	0,53	1,08	0,61	0,62	1,23	0,46	0,43	0,89
	2	0,71	0,34	1,05	0,59	0,41	1,00	0,62	0,21	0,83
Люцерна + клевер + тимофеевка	1	0,49	0,61	1,10	0,36	0,46	0,82	0,67	0,37	1,04
	2	0,73	0,47	1,20	0,68	0,64	1,32	0,63	0,24	0,87
Люцерна + клевер + кострец	1	0,44	0,50	0,94	0,49	0,49	0,98	0,59	0,27	0,86
	2	0,56	0,53	1,09	0,52	0,46	0,98	0,47	0,18	0,65

\* 1 – без внесения удобрений (контроль); 2 –  $N_{45}P_{60}K_{90}$ .

нии высокопродуктивных и экологически устойчивых агроценозов целесообразно в состав травосмеси включать злаковый и два бобовых компонента, различающихся по продуктивному долголетию, качеству растительного сырья и способности повышать почвенное плодородие. В решении вопросов биологизации северного земледелия перспективно выращивание одновидового травостоя клевера лугового до трех лет, а также травосмеси с добавлением к нему люцерны изменчивой и тимофеевки луговой для увеличения продолжительности использования трав до семи лет.

В агроклиматических условиях республики бобово-злаковые многолетние травостои на пастбище за пять лет накапливают 7,1–9,0 т/га укосных, корневых остатков, при содержании общего азота 83,4–113,0 кг/га, способствуют небольшому увеличению содержания гумуса и подщелачиванию почвенного раствора.

*Материалы подготовлены в рамках Программы фундаментальных научных исследований в Российской Федерации на долгосрочный период (2021–2030 годы). Код (шифр) научной темы FMEN – 2022-0013, Рег. № НИОКТР 122031000202-1.*

## Литература

### Русскоязычная литература

1. Кирюшин ВИ. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель). Достижения науки и техники АПК. 2012;(12):3-9.
2. Цветков МЛ, Лысенко ЛМ. Элементы биологизации в земледелии Алтайского края: монография. Барнаул: АЗБУКА; 2019.
3. Борисова ЕЕ. Роль в севооборотах многолетних трав. Вестник НГИЭИ. 2015;(7):12-9.
4. Исаков АН, Лукашов ВН. Роль бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей в создании кормовой базы и биологизации земледелия. Природообустройство. 2018;(3):105-9. DOI 10.26897/1997-6011/2018-3-105-109.

5. Павлова СА, Пестерева ЕС, Захарова ГЕ, Кузьмина АВ. Возделывание многолетних бобово-злаковых травосмесей на зеленый конвейер в условиях Центральной Якутии. *Аграрная наука*. 2019;(2):64-6. DOI: 10.32634/0869-8155-2019-322-2-64-66.
6. Бобылев ВС. Факторы, влияющие на подбор компонентов травосмеси многолетних трав. *Вестник Курской ГСХА*. 2021;(9):41-2.
7. Дьяченко ВВ, Дронов АВ, Дьяченко ОВ. Высокоурожайные бобово-мятликовые травосмеси для агроклиматических условий юго-западной части Центрального региона. *Земледелие*. 2016;(7):31-5.
8. Вагунин ДА, Иванова НН, Амбросимова НН. Многолетние травостои на основе новых сортов козлятника восточного и интенсивных видов злаковых трав. *Международный научно-исследовательский журнал*. 2019;(6):97-100. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.021>.
9. Лукашов ВН, Исаков АН. Продуктивное долголетие козлятника восточного и травосмесей с его участием. *Земледелие*. 2017;2:26-8.
10. Богатырева ЕВ, Корельская ЛА, Фоменко ПА, Щекуньева НА. Продуктивность люцерны изменчивой в одновидовых и смешанных посевах и сравнительная оценка силоса из люцерны в чистом виде и в смеси с бобовыми и злаковыми травами в условиях Вологодской области. *Молочнохозяйственный вестник*. 2019;4:8-28.
11. Кононов АС. Физиология процесса азотфиксации и фотосинтез в гетерогенном посеве. *Бюллетень Брянского отделения русского ботанического общества*. 2013;1:42-50.
12. Эседуллаев СТ. Влияние одновидовых и смешанных посевов многолетних трав на плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность последующих культур. *Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии*. 2019;6:29-35.
13. Смирнов СН, Евстратова ЛП, Евсеева ГВ. Возделывание люцерны изменчивой (*Medicago varia* Mart.) в составе бобово-злаковых травосмесей в условиях Европейского Севера. *Кормопроизводство*. 2018;11:23-6.
14. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами. Москва; 1997.
15. Володина ТИ, Чухина ОВ, Демидова АИ. Потребление азота, сбор протеина культурами севооборота под влиянием минеральной и органических систем удобрений. *Молочнохозяйственный вестник*. 2019;4(36):31-45.
16. Козырева МЮ, Басиева ЛЖ. Формирование симбиотического аппарата люцерны в зависимости от типа азотного питания. *Вестник Казанского государственного аграрного университета*. 2020; 15.1(57):10-6. DOI 10.12737/2073-0462-2020-10-16.
- Общий список литературы/List of references**
1. Kiryushin VI. [The problem of ecologization of agriculture in Russia (Belgorod model)]. *Dostizheniya Nauki i Tekhniki APK*. 2012;(12):3-9. (In Russ.)
  2. Tsvetkov ML, Lysenko LM. *Elementy Biologizatsii v Zemledelii Altayskogo Kraya*. [Elements of Biologization of Agriculture in Altai Territory]. Barnaul: Azbuka; 2019. (In Russ.)
  3. Borisova YeYe. [Role of perennial grasses in crop rotations]. *Vestnik NGIEI*. 2015;(7):12-9. (In Russ.)
  4. Isakov AN, Lukashov VN. [The role of legumes and legume-cereal grass mixtures in the creation of a fodder base and biologization of agriculture]. *Prirodoobustroystvo*. 2018;(3):105-9 DOI 10.26897/1997-6011/2018-3-105-109. (In Russ.)
  5. Pavlova SA, Pestereva YeS, Zakharova GYe, Kuzmina AV. [Cultivation of perennial legume-cereal grass mixtures on a green conveyor in the conditions of Central Yakutia]. *Agrarnaya Nauka*. 2019;(2):64-6 DOI: 10.32634/0869-8155-2019-322-2-64-66. (In Russ.)
  6. Bobylev VS. [Factors influencing the selection of components of the herb mixture of perennial herbs]. *Vestnik Kurskoy GSKhA*. 2021;(9):41-2. (In Russ.)
  7. Dyachenko VV, Dronov AV, Dyachenko OV. [High-yielding bean-bluegrass grass mixtures for agro-climatic conditions of the southwestern part of the Central region]. *Zemledeliye*. 2016;(7):31-5. (In Russ.)
  8. Vagunin DA, Ivanova NN, Ambrosimova NN. [Perennial herbage based on new varieties of Eastern goat and intensive types of grasses]. *Mezhdunarodnyi Nauchno-Issledovatel'skiy Zhurnal*. 2019;(6):97-100. DOI: <https://doi.org/10.23670/IRJ.2019.84.6.021>. (In Russ.)
  9. Lukashov VN, Isakov AN. [Productive longevity of goat's rue and grass mixtures with its participation]. *Zemledeliye*. 2017;2:26-8. (In Russ.)
  10. Bogatyreva YeV, Korelskaya LA, Fomenko PA, Shekutyeva NA. [The productivity of variable alfalfa in single-species and mixed crops and a comparative assessment of silage from alfalfa in its pure form and mixed with legumes and cereal grasses in the conditions of the Vologda region]. *Molochnokhoziaystvennyi Vestnik*. 2019;4:8-28. (In Russ.)
  11. Kononov AS. [Physiology of the process of nitrogen fixation and photosynthesis in heterogeneous

- sowing]. Biulleten Brianskogo Otdeleniya Russkogo Botanicheskogo Obschestva. 2013;1:42-50. (In Russ.)
12. Esedullayev ST. [Influence of single-species and mixed crops of perennial grasses on the fertility of soddy-podzolic soil and the productivity of subsequent crops]. Vestnik Kurskoy Gosudarstvennoy Selskokhoziaystvennoy Akademii. 2019;6:29-35. (In Russ.)
  13. Smirnov SN, Yevstratova LP, Yevseyeva GV. Cultivation of alfalfa (*Medicago varia* Mart.) as part of legume-grass mixtures in the conditions of the European North. Kormoproizvodstvo. 2018;11:23-6. (In Russ.)
  14. Metodicheskiye Ukazaniya po Provedeniyu Polevykh Rabot s Kormovymi Kulturami. [Guidelines for Conducting Field Experiments with Fodder Crops]. Moscow; 1997. (In Russ.)
  15. Volodina TI, Chukhina OV, Demidova AI. [Nitrogen consumption, protein harvesting by crop rotation under the influence of mineral and organic fertilizer systems]. Molochnokhoziaystvennyi Vestnik. 2019;4(36):31-45. (In Russ.)
  16. Kozyreva MYu, Basiyeva LZh. [Formation of the symbiotic apparatus of alfalfa depending on the type of nitrogen nutrition]. Vestnik Kazanskogo Gosudarstvennogo Agrarnogo Universiteta. 2020;15.1(57):10-6. DOI 10.12737/2073-0462-2020-10-16. (In Russ.)

